UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

RAFAELLA DE PAULA PASETO FERNANDES

ESTABILIDADE DA CARNE DE CORDEIRO EM DIFERENTES
CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

Pirassununga

2011

RAFAELLA DE PAULA PASETO FERNANDES

ESTABILIDADE DA CARNE DE CORDEIRO EM DIFERENTES
CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO
(**versão corrigida**)

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Ciências da Engenharia de Alimentos

Orientador: Prof.^o Dr.^o Marco Antonio Trindade

Pirassununga

2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
da Universidade de São Paulo

F363e Fernandes, Rafaella de Paula Paseto
 Estabilidade da carne de cordeiro em diferentes
condições de armazenamento / Rafaella de Paula Paseto
Fernandes. -- Pirassununga, 2011.
 170 f.
 Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e
Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.
 Departamento de Engenharia de Alimentos.
 Área de Concentração: Ciências da Engenharia de
Alimentos.
 Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Trindade.

1. Cordeiro 2. Estabilidade 3. Estocagem 4. Embalagem
a vácuo 5. Composição gasosa. I. Título.

*Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida,
presentes em todos os momentos:*

*À minha mãe Irma, razão da minha vida, que
comigo compartilha infinitos sonhos e esperanças
e nos méritos de minhas conquistas, há muito de
sua presença. Ao meu irmão Heberty, pelo
companheirismo, e ao meu amigo e namorado
Tharllys pelo incentivo.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à todos que me apoiaram e me estimularam a vencer os obstáculos, principalmente à minha mãe, Irma Aparecida Paseto, pela educação, carinho, constante incentivo e valioso exemplo de vida, ao meu irmão Hebert de Paula Paseto Fernandes, pela amizade e convivência e ao meu namorado Tharlys Eduardo São Pedro, pela paciência, compreensão e apoio durante os anos em que estive em Pirassununga-SP;

Às palavras e sabedoria do Senhor Roberto Butteri (*in memoriam*), que muito influenciaram na decisão de meu futuro;

À FAPESP pelo Auxílio à Pesquisa (Processo n.º 2009/15555-2);

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos;

À empresa CRYOVAC pela doação das embalagens utilizadas neste estudo;

À empresa LINPAC pela doação das bandejas de poliestireno expandido;

Ao Frigorífico-Matadouro Clube do Cordeiro, por autorizar o acompanhamento do abate dos animais utilizados no experimento;

Ao meu orientador Prof.º Dr.º Marco Antonio Trindade pelos valiosos ensinamentos, confiança, dedicação, paciência e constantes incentivos que muito enriqueceram e tornaram possível a realização deste trabalho;

À Prof.ª Dr.ª Maria Teresa de Alvarenga Freire por toda a atenção dispensada, colaboração e preciosas sugestões, e por liberar o uso do laboratório para a realização de algumas análises físicas e químicas e de caracterização das embalagens;

Ao Prof.º Dr.º Rodrigo Petrus pelo empréstimo da seladora, injetora de gás e B.O.D. e por também ceder o laboratório para análises físicas e químicas e de caracterização das embalagens;

Ao Prof.º Dr.º Paulo José do Amaral Sobral pelo empréstimo do analisador de gases e liberação do uso do colorímetro em seu laboratório;

À Prof.ª Dr.ª Judite Lapa Guimarães pelo uso do Laboratório de Análise Sensorial;

À Prof.ª Dr.ª Eliana Setsuko Kamimura pelo uso do fluxo para a realização de análises microbiológicas;

À Dr.^a Ana Lúcia da Silva Corrêa Lemos, pesquisadora do CTC (Centro de Tecnologia de Carnes) do ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos) de Campinas (São Paulo) por me incentivar e acreditar em minha força de vontade;

Ao Prof.^o Ms. Ygor Vinícius de Lima por me mostrar o melhor caminho à seguir;

Ao Prof.^o Dr.^o Júlio Cesar de Carvalho Balieiro pelo auxílio nas análises estatísticas;

Aos professores, mestres e doutores, que me auxiliaram durante todo o período através da transmissão de seus valiosos conhecimentos e experiências de vida;

Aos estagiários Johana Alexandra, Carlos Cirelli Guerra, Fernanda Catunda, Ana Kanashiro, Elisa Maluf e Catharine pela enorme consideração, pelos auxílios durante o andamento dos experimentos e por serem pessoas maravilhosas e amigas;

Aos colegas da pós-graduação com os quais convivi neste período em Pirassununga: Cristina Moncau, Daniela de Lara Pedroso, Patrícia Goldschmidt Lins, Riana, Fernanda Bovo, Renata Barbosa Bodini, Ana Paula Billar do Santos, Márcia Andrade Bernardino, Cristina Chiyoda, Antonio Carlos Rodrigues, Ana Mônica Bittante, Edneli Soraya M. Quintero, Eliane Maria Ferrarezzo, Graziela Veiga de L. Gomes, Manuel Fernando, Lucas Domênico Elmôr, Max, Pamela Montes, Alessandra Fernandes Rosa, entre outros;

Às colegas Ana Paula Chaves e Sandra, pelas boas risadas;

Aos funcionários do matadouro-escola da PCAPS da FZEA-USP, pelo auxílio;

Aos funcionários da biblioteca pela atenção e disposição;

Aos técnicos de laboratório Marcelo, Edneli, Ana Mônica, Nilson, Guilherme, Graziani e Keila pelo respeito, auxílio e amizade;

À todos os animais, pelos quais os estudos puderam ser realizados e os conhecimentos adquiridos, minha eterna gratidão;

Ao Lili, Pitoko e Totó, que mesmo sem saberem me ofereceram muito amor, carinho e atenção todos os dias ajudando desta maneira a superar cada um dos obstáculos encontrados;

À mim mesma, pelos méritos conquistados, pela força de vontade e espírito para vencer;

Enfim, agradeço à Deus pela vida, por todos os desafios superados e por mais este avanço em minha carreira profissional!

*Você nunca sabe que resultados virão da sua ação. Mas se você não fizer nada,
não existirão resultados”*

(Mahatma Gandhi)

RESUMO GERAL

FERNANDES, R.P.P. **Estabilidade da carne de cordeiro em diferentes condições de armazenamento**. 2011. 170p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

Atualmente no Brasil a carne ovina é comercializada quase exclusivamente congelada. No entanto, praticamente não existem estudos no país sobre alterações na qualidade desta carne durante seu armazenamento. Com a crescente demanda do consumidor por produtos de maior conveniência, surge a necessidade de maiores estudos em relação à estabilidade de cortes cárneos ovinos estocados sob refrigeração, principalmente em decorrência de sua curta vida útil. Os objetivos deste trabalho foram avaliar a estabilidade da carne ovina quando estocada sob refrigeração e congelamento e se diferentes sistemas de acondicionamento em atmosfera modificada poderiam aumentar a estabilidade desta carne quando armazenada sob refrigeração. Foram realizados dois experimentos. No primeiro, lombos ovinos foram embalados a vácuo e armazenados sob refrigeração ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$) por 28 dias e congelamento ($-18\pm 1^{\circ}\text{C}$) por 12 meses. No segundo, os cortes foram acondicionados individualmente em 3 diferentes sistemas de embalagem com atmosfera modificada: 1) À vácuo (sistema tradicional); 2) Com injeção de gases na proporção 75% O_2 e 25% CO_2 e 3) Com injeção de 100% de CO_2 . Neste segundo experimento as carnes foram armazenadas sob refrigeração ($1\pm 1^{\circ}\text{C}$) por um período de 28 dias. A estabilidade dos cortes foi avaliada por meio de análises físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais, sendo que no segundo estudo, além destas análises também foi acompanhada a composição gasosa no espaço-livre. Foram realizadas três repetições de cada um dos estudos. A carne de cordeiro, nas diferentes temperaturas de estocagem e nos três sistemas de embalagens, apresentou-se estável ou com índices aceitáveis em relação à maioria dos parâmetros físicos e químicos avaliados e dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira para microrganismos patogênicos durante todo o período. No primeiro estudo, mesmo com uma redução significativa da maciez (de 3 para 8 Kg),

a carne congelada continuou sensorialmente aceitável, com todos os atributos, inclusive a textura, recebendo notas em torno de 7 (“gostei moderadamente”). Portanto, é possível afirmar que a carne de cordeiro apresenta vida de prateleira de no mínimo 12 meses quando armazenada à -18°C. Em relação à avaliação da estabilidade do lombo ovino refrigerado, detectou-se um aumento elevado das contagens de psicotróficos anaeróbios, atingindo valores da ordem de 10^7 UFC/g amostra já aos 14 dias. Esta carne foi avaliada sensorialmente apenas em relação aos atributos cor, aparência geral e aroma. Mesmo considerando as elevadas contagens de microrganismos psicotróficos, os consumidores não detectaram alterações significativas nos atributos avaliados durante os 28 dias de armazenamento refrigerado. No segundo trabalho, os sistemas de embalagem com injeção de gases foram eficientes em reduzir a proliferação de microrganismos deterioradores quando comparados com o sistema tradicional de embalagem à vácuo. Em relação às diferentes composições gasosas, o sistema com 100% de CO₂ apresentou menores contagens microbiológicas do que aquele com 75% O₂ e 25% CO₂, sendo possível concluir que o sistema de embalagem contendo 100% CO₂ garantiu uma maior estabilidade durante 28 dias de armazenamento. No entanto, o lombo de cordeiro acondicionado nesta condição apresentou uma menor preferência sensorial da aparência em relação aos demais tratamentos durante todo o período avaliado.

Palavras-chave: cordeiro, estabilidade, estocagem, embalagem a vácuo, composição gasosa.

GENERAL ABSTRACT

FERNANDES, R.P.P. **Stability of lamb meat at different storage conditions.** 2011. 170p. Dissertation (Master) – College of Animal Science and Food Engineering of University of São Paulo, Pirassununga, 2011.

Nowadays, in Brazil, sheep meat is mainly commercialized as frozen meat. However, in the country studies on possible quality meat changes during frozen storage are scarce. In addition, the increasing consumer demand for higher convenience products supports the need of more studies on of sheep meat cuts stability stored under refrigeration, mainly due to its short shelf life. The objectives of this work were to evaluate the stability of sheep meat when stored under refrigeration and freezing as well as to evaluate different packaging systems under modified atmosphere and the effect of this technology on the meat stability when stored under refrigeration. In order to achieve these objectives, two experiments were performed. In the first study, sheep loins were vacuum packaged and stored under refrigeration ($4\pm1^{\circ}\text{C}$) for 28 days and freezing ($-18\pm1^{\circ}\text{C}$) for 12 months. For the second study, cuts were individually packed in three different atmospheres: 1) vacuum (traditional system), 2) With 75% O_2 and 25% CO_2 and 3) With 100% CO_2 . For second experiment, meat was stored under refrigeration ($1\pm1^{\circ}\text{C}$) for a period of 28 days. Stability of the cuts was evaluated by means of physical, chemical, microbiological and sensory analysis, while for the second study, there were also performed headspace gas composition along the storage. Three replications of each study were carried out. The lamb meat at different storage temperatures and the three packaging systems, presented good stability or acceptable indexes in relation to most physical and chemical parameters evaluated. Samples showed good microbiological stability according to standards established by Brazilian legislation for pathogenic microorganisms throughout the storage period. In the first study, there was a significant reduction in tenderness (3 to 8 kg), nevertheless, the frozen meat continued sensory acceptable, showing texture scores around 7 (like moderately). Therefore, it is clear that the lamb meat has a shelf life of at least 12 months when stored at -18°C . In relation to evaluation of the stability of chilled lamb loin, it was detect a high increase counts of anaerobic psychrotrophic, reaching around 10^7 CFU/g at 14 days storage. For thies reason, this

meat was sensory evaluated only in relation to attributes color, overall appearance and flavor. Even considering the high counts of psychrotrophic, the consumers did not detect significant changes in the attributes evaluated during the 28 days of refrigerated storage. For the second work, it was verified that the gas compositions applied were more effective in reducing the proliferation of deteriorative microorganisms when compared with the traditional vacuum packaging. The system with 100% CO₂ presented lower microbiological counts than that with 75% O₂ and 25% CO₂. Thus the packaging system containing 100% CO₂ assured greater stability during 28 days storage. However, the lamb loin packed in this condition presented a lower preference sensory appearance compared to other treatments during the evaluated period.

Key-words: Lamb, stability, storage, vacuum packaging, gas composition.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Carcaças utilizadas para obtenção dos lombos para o experimento.	67
Figura 2 – Amostras em temperatura ambiente para posterior pesagem e determinação da perda de peso ocorrida.	76
Figura 3 – Corte dos paralelepípedos para análise de textura das amostras em texturômetro com acessório <i>Warner Bratzler</i>	77
Figura 4 – Ficha utilizada para a seleção dos provadores.	78
Figura 5 – Ficha utilizada para avaliação sensorial das amostras do experimento refrigerado.	79
Figura 6 – Amostras dispostas em uma caixa de isopor com gelo para posterior avaliação visual (cor e aparência geral) e de aroma, da esquerda para a direita, respectivamente.	80
Figura 7 – Ficha de avaliação da análise sensorial.	81
Figura 8 – Contagens de microrganismos psicrótróficos anaeróbios ao longo da estocagem refrigerada (4°C) de lombo ovino embalado a vácuo.	84
Figura 9 – Perda de água por cocção ao longo da estocagem refrigerada (4°C) de lombo ovino embalado a vácuo.	85
Figura 10 – Índice de TBARS ao longo da estocagem refrigerada (4°C) de lombo ovino embalado a vácuo.	87
Figura 11 – Gráfico da faixa etária dos provadores totais selecionados.	90
Figura 12 – A: Gráfico da frequência de consumo de carne de cordeiro; B: Gráfico de frequência de compra de carne embalada a vácuo. Quase sempre (1 ou mais vezes por semana); muito (2 ou 3 vezes por mês); moderado (pelo menos 1 vez por mês); pouco (menos de 1 vez por mês; quase nunca (somente em ocasiões especiais). ..	91
Figura 13 – Perda de água por cocção durante o período de armazenamento congelado (-18°C) de lombo ovino.	94
Figura 14 – Força de cisalhamento durante o período de armazenamento congelado (-18°C) de lombo ovino.	95
Figura 15 – Gráfico indicando variações no índice de TBARS ocorridas durante a estocagem das amostras congeladas (-18°C).	97
Figura 16 – Gráfico com valores de cor amarela (b*) durante estocagem congelada (-18°C).	98

Figura 17 – Gráfico da faixa etária dos participantes selecionados para o teste.....	99
Figura 18 – A: Gráfico de frequência de consumo de carne de cordeiro; B: Gráfico de frequência de compra de carne embalada a vácuo. Quase sempre (1 ou mais vezes por semana); muito (2 ou 3 vezes por mês); moderado (pelo menos 1 vez por mês); pouco (menos de 1 vez por mês; quase nunca (somente em ocasiões especiais). 100	
Figura 19 – Regulagem da pressão de gás dos cilindros; equipamento utilizado para vácuo, injeção de gases e selagem das embalagens; amostras após a selagem. .	118
Figura 20 – Amostras de lombos a vácuo (A), contendo 75% O ₂ + 25% CO ₂ (B) e 100% CO ₂ (C) armazenadas sob refrigeração.	119
Figura 21 – Sistema utilizado para verificação da termossoldagem das embalagens.	120
Figura 22 – Determinação da espessura do filme plástico utilizado para embalar as amostras de lombo.	121
Figura 23 – Determinação do volume de gás das embalagens com atmosfera modificada.	122
Figura 24 – Determinação da composição gasosa das embalagens.	123
Figura 25 – Determinação da cor das amostras de lombo.	126
Figura 26 – Determinação do pH das amostras de lombo.	127
Figura 27 – Ficha utilizada para a seleção dos provadores.	129
Figura 28 – Ficha de avaliação da análise sensorial de aceitação.....	130
Figura 29 – Ficha de avaliação para teste de ordenação de preferência.	131
Figura 30 – Concentração de O ₂ e CO ₂ no interior de embalagens para o tratamento a vácuo.....	133
Figura 31 – Concentração de O ₂ e CO ₂ no interior de embalagens para o tratamento 75% O ₂ + 25% CO ₂	134
Figura 32 – Concentração de O ₂ e CO ₂ no interior de embalagens para o tratamento 100% CO ₂	135
Figura 33 – Contagens de microrganismos psicrotróficos aeróbios ao longo da estocagem refrigerada (1°C).	138
Figura 34 – Contagens de microrganismos psicrotróficos anaeróbios ao longo da estocagem refrigerada (1°C).	139
Figura 35 – Contagens de bactérias lácticas ao longo da estocagem refrigerada (1°C).	139

Figura 36 – Índice de TBARS ao longo da estocagem refrigerada (1°C) de lombo ovino embalado a vácuo, com injeção de 75% O ₂ + 25% CO ₂ e 100% CO ₂	145
Figura 37 – Coloração das amostras de carne acondicionadas a vácuo, 75% O ₂ + 25% CO ₂ e 100% CO ₂ , da esquerda para a direita, respectivamente.....	149
Figura 38 – Gráfico da faixa etária dos provadores totais selecionados.	151
Figura 39 – A: Gráfico da frequência de consumo de carne de cordeiro; B: Gráfico de frequência de compra de carne embalada a vácuo. Quase sempre (1 ou mais vezes por semana); muito (2 ou 3 vezes por mês); moderado (pelo menos 1 vez por mês); pouco (menos de 1 vez por mês; quase nunca (somente em ocasiões especiais).	151
Figura 40 – Aceitação sensorial em relação à textura ao longo do tempo de armazenamento para cada tratamento.....	154
Figura 41 – Aceitação sensorial em relação ao sabor ao longo do tempo de armazenamento para cada tratamento.....	154
Figura 42 – Aceitação sensorial em relação à qualidade global ao longo do tempo de armazenamento para cada tratamento.....	155

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Composição centesimal das amostras armazenadas sob refrigeração (4°C) e congelamento (-18°C).	82
Tabela 2 – Resultados finais (médias e erros padrões) das análises sensoriais de aceitação visual e de aroma das amostras de lombo ovino com diferentes tempos de estocagem refrigerada (4°C).	91
Tabela 3 – Resultados finais (médias e desvios padrões) das análises sensoriais de aceitação das amostras de lombo ovino com diferentes tempos de estocagem congelada (-18°C).	100
Tabela 4 – Teores de CO ₂ e O ₂ iniciais.....	132
Tabela 5 – Composição centesimal das amostras armazenadas sob congelamento a -18°C.	137
Tabela 6 – Resultados finais das análises físicas e químicas durante a estocagem das amostras de lombo a 1°C.	142
Tabela 7 – Análise de variância de acordo com o tratamento durante o tempo de armazenamento de 28 dias das amostras de lombo a 1°C.	143
Tabela 8 – Resultados finais da análise sensorial de acordo com o atributo durante a estocagem por 21 dias das amostras de lombo a 1°C.	152
Tabela 9 – Análise de variância de acordo com o tratamento durante o tempo de armazenamento de 21 dias das amostras de lombo a 1°C.	153
Tabela 10 – Resultados das somas de ordenação utilizando a Tabela de Newell e Mac Farlene.	156
Tabela 11 – Resultados finais da análise sensorial de acordo com o atributo durante a estocagem por 28 dias das amostras de lombo a 1°C.	158
Tabela 12 – Análise de variância de acordo com o tratamento durante o tempo de armazenamento de 28 dias das amostras de lombo a 1°C.	158

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	7
ESTABILIDADE DA CARNE DE CORDEIRO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO.....	7
GENERAL ABSTRACT	9
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	11
LISTA DE TABELAS	14
SUMÁRIO.....	15
INTRODUÇÃO GERAL	17
OBJETIVO GERAL	20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
CAPÍTULO I	21
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
1 INTRODUÇÃO	22
2 CONSERVAÇÃO DA CARNE OVINA DURANTE ESTOCAGEM REFRIGERADA E CONGELADA	24
3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS	26
3.1 <i>Cor e sabor – oxidação lipídica e dos pigmentos</i>	26
3.2 <i>Capacidade de Retenção de Água (CRA)</i>	28
3.3 <i>Textura</i>	30
3.4 <i>Potencial hidrogeniônico (pH)</i>	31
4 MICROBIOLOGIA E SEGURANÇA DO ALIMENTO	32
4.1 <i>Origem e principais microrganismos envolvidos</i>	33
4.2 <i>Processo de deterioração microbiana e alterações promovidas durante o armazenamento</i>	35
4.3 <i>Principais fatores que afetam o desenvolvimento microbiano</i>	37
5 SISTEMAS DE EMBALAGEM	39
5.1 <i>Embalagens com Atmosfera Modificada (ATM)</i>	40
5.1.1 <i>Embalagens a vácuo</i>	43
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
CAPÍTULO II	58
RESUMO.....	59
AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE FÍSICA E QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE CARNE OVINA EMBALADA A VÁCUO ESTOCADA SOB REFRIGERAÇÃO E CONGELAMENTO.....	59
ABSTRACT	61
1 INTRODUÇÃO.....	63

2	MATERIAL E MÉTODOS.....	65
2.1	<i>Matérias-primas</i>	65
2.2	<i>Avaliação dos lombos ovinos</i>	67
2.2.1	Análises microbiológicas.....	68
2.2.1.1	Contagem total de microrganismos psicrotróficos anaeróbios.....	68
2.2.1.2	Coliformes termotolerantes à 45°C	69
2.2.1.3	Estafilococos coagulase positiva	69
2.2.1.4	Salmonella	70
2.2.2	Análises físicas e químicas	71
2.2.2.1	Análise de cor objetiva.....	71
2.2.2.2	Análise de pH	71
2.2.2.3	Oxidação lipídica – Análise de TBARS	72
2.2.2.4	Determinação da composição centesimal	73
2.2.2.4.1	Umidade	73
2.2.2.4.2	Cinzas	74
2.2.2.4.3	Lipídeos.....	74
2.2.2.4.4	Proteínas	75
2.2.2.5	Perda de água por cocção (PAC) e força de cisalhamento	75
2.2.3	Análise Sensorial	77
2.3	<i>Análises estatísticas e delineamento experimental</i>	81
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
3.1	<i>Determinação da Composição Centesimal – Amostras refrigeradas e congeladas</i>	82
3.2	<i>Armazenamento refrigerado</i>	83
3.2.1	Estabilidade microbiológica.....	83
3.2.2	Estabilidade física e química.....	84
3.2.3	Estabilidade sensorial	89
3.3	<i>Armazenamento sob congelamento</i>	92
3.3.1	Estabilidade microbiológica.....	92
3.3.2	Estabilidade física e química.....	93
3.3.3	Estabilidade sensorial	98
4	CONCLUSÕES.....	101
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
	CAPÍTULO III	110
	RESUMO.....	111

ESTUDO DA VIDA ÚTIL DE LOMBO OVINO ARMAZENADO SOB REFRIGERAÇÃO E ACONDICIONADO EM DIFERENTES SISTEMAS DE EMBALAGEM COM ATMOSFERA MODIFICADA.....	111
ABSTRACT	113
1 INTRODUÇÃO.....	115
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	117
2.1 <i>Matérias-primas</i>	117
2.2 <i>Avaliação dos lombos ovinos</i>	119
2.2.1 Características da embalagem	120
2.2.1.1 Espessura, gramatura e volume de gás	121
2.2.2 Análise da composição gasosa no espaço-livre	123
2.2.3 Análises microbiológicas.....	124
2.2.3.1 Psicrotróficos aeróbios e anaeróbios.....	124
2.2.3.2 Coliformes termotolerantes à 45°C	124
2.2.3.3 Estafilococos coagulase positiva	125
2.2.3.4 Salmonella.....	125
2.2.3.5 Bactérias lácticas.....	125
2.2.4 Análises físicas e químicas	126
2.2.4.1 Análise de cor objetiva.....	126
2.2.4.2 Análise de pH	126
2.2.4.3 Oxidação lipídica - Análise de TBARS.....	127
2.2.4.4 Determinação da composição centesimal	127
2.2.4.5 Perda de água por cocção (PAC) e força de cisalhamento	128
2.2.5 Análise sensorial.....	128
2.3 <i>Análises estatísticas e delineamento experimental</i>	131
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	132
3.1 <i>Características da embalagem</i>	132
3.2 <i>Análise da composição gasosa no espaço-livre</i>	132
3.3 <i>Determinação da Composição Centesimal</i>	136
3.4 <i>Estabilidade microbiológica</i>	137
3.5 <i>Estabilidade física e química</i>	142
3.6 <i>Estabilidade sensorial</i>	150
4 CONCLUSÕES.....	160
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	161

INTRODUÇÃO GERAL

Os ovinos são uma das espécies mais amplamente estudadas pela ciência (SPEEDY, 1992) e sua criação é bastante econômica se comparada com outras espécies, devido às características rústicas que apresentam (MONTEBELLO e ARAÚJO, 2009). Esta espécie está conquistando os mercados consumidores de vários países do mundo, já que existe uma demanda muito grande por produtos de alta qualidade e a carne continua a ser apreciada através de pratos famosos e tradicionais (MONTEBELLO e ARAÚJO, 2009; SEBRAE, 2009).

Mundialmente, a carne ovina representa aproximadamente apenas 7% de toda a carne produzida, sendo que os maiores exportadores são Nova Zelândia e Austrália e os maiores importadores são os países do Sudeste da Ásia e Norte da África. Mesmo possuindo um clima favorável e um pasto altamente produtivo, o Brasil ainda continua sendo um país importador principalmente do Uruguai, Argentina, Chile e Nova Zelândia, e possui um grande potencial para ampliar sua produção interna e para ser um grande produtor e exportador, apesar do consumo per capita anual estar em torno de 0,7 Kg (FAO, 2007; MORENO, LOUREIRO e SOUZA, 2008; GEPEO, 2009; SANTOS, 2009).

O Estado de São Paulo vem experimentando nos últimos anos um expressivo aumento da produção, oferta e consumo de carne ovina, sendo as raças Santa Inês e Dorper as preferidas nesta região, devido à grande adaptação à temperatura, alto ganho de peso e rendimento de carcaça. A procura por cortes padronizados de carne ovina está se tornando cada vez maior, principalmente em áreas que compreendem a população de alto poder aquisitivo. A crescente oferta poderá provavelmente ampliar o consumo para outras camadas da população e aumentar também o consumo médio brasileiro, já que atualmente, a criação de ovinos está sendo bem mais explorada nas diversas regiões do Brasil, tornando-se uma nova alternativa para o produtor rural (NOGUEIRA e JUNIOR, 2008; TEIXEIRA, 2010).

Estes pequenos ruminantes se adaptam facilmente a vários ambientes, são precoces sexualmente e atingem peso de abate em pouco tempo, ou seja, produzem uma grande quantidade de carne rapidamente. Se essas características forem associadas com a capacidade produtiva de grãos e forrageiras do Brasil, uma situação favorável para a produção de carne de ovinos no país será obtida. No

entanto, considerando os vários segmentos produtivos, é importante pensar numa produção de carne que atenda tanto aos interesses do produtor quanto do consumidor. O produtor precisa ter uma produção maximizada e o consumidor um produto de boa qualidade, tanto nutricional quanto sensorialmente, que incentivem o consumo (BONAGURIO, 2001; SEABRA et al., 2002).

Apesar do progressivo aumento do consumo, a carne ovina é comercializada, na maioria dos casos, principalmente no Estado de São Paulo, na forma congelada. Com a tendência atual de maior procura por produtos de conveniência, vislumbra-se a necessidade do mercado começar a ofertar a carne ovina na forma de cortes refrigerados. Porém, além de um período com vida útil muito menor se comparada com a carne congelada, que pode permanecer estocada por vários meses, o produto refrigerado é susceptível a maiores alterações, que comprometem suas características físicas e químicas e microbiológicas. Apesar disto, o consumidor possui um grande interesse por carnes refrigeradas, principalmente pela rapidez e conveniência durante o preparo (FUNDEPEC, 2009).

Devido à sua composição, a carne é altamente perecível e por isto uma manipulação e acondicionamento adequados são bastante importantes para ampliar a estabilidade do produto (ZHOU, XU e LIU, 2010). Em consequência, a indústria alimentícia utiliza dois tipos de modificação gasosa para aumentar o tempo de preservação de alguns alimentos e retardar a deterioração: aplicação de vácuo, que é considerada a forma mais simples de atmosfera modificada (ATM) ou introdução de mistura de gases em proporções pré-determinadas após evacuação e antes do fechamento da embalagem (CHURCH, 1994; MANO, PEREDA e FERNANDO, 2002). A utilização de embalagens com ATM vem se apresentando muito eficiente principalmente para o acondicionamento de carnes frescas, incluindo a de ovinos. É uma tecnologia em que o alimento é acondicionado em uma embalagem, cuja atmosfera que envolve este produto é alterada (GUERREIRO, 2006; TRINDADE, FREIRE e OLIVEIRA, 2009). Com isso, a função de uma embalagem contendo ATM é manter a qualidade inicial do produto por um período de tempo superior, conservando o alimento tanto em termos microbianos quanto organolépticos (MULLAN, 2002; GUERREIRO, 2006; ROSA, 2009).

Existe uma grande necessidade do estudo da estabilidade da carne de cordeiro ao longo do tempo de estocagem, em condições pré-determinadas (embalagem, tempo e temperatura), para avaliar as alterações promovidas em

relação às características originais do produto estudado, garantindo uma maior segurança para sua comercialização. Portanto, com o atual aumento da produção e da oferta, o grande desafio em relação à carne de cordeiro é o aumento da estabilidade dos cortes comercializados na forma refrigerada a partir do uso de diferentes sistemas de embalagem contendo ATM, na tentativa de maior conservação e redução da deterioração microbiológica, que é um dos principais fatores que podem diminuir sua qualidade (AL-SHEDDY, FUNG e KASTNER, 1995).

OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar a estabilidade da carne de cordeiro estocada em diferentes condições de armazenamento e de embalagem em atmosfera modificada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estudar a estabilidade microbiológica, física e química e sensorial da carne de cordeiro embalada a vácuo armazenada sob refrigeração (4°C) e congelamento (-18°C), durante 28 dias e 12 meses, respectivamente.
2. Estudar a estabilidade microbiológica, física e química e sensorial de lombo de cordeiro embalado a vácuo (sistema tradicional) em comparação com amostras embaladas sob atmosferas contendo 75% O₂ + 25% CO₂ e 100% CO₂, armazenados a 1°C sob refrigeração durante 28 dias.

CAPÍTULO I

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 Introdução

A ovinocultura teve início nos primórdios da civilização, quando os animais, considerados selvagens, foram domesticados pelo homem primitivo durante o período neolítico, próximo aos anos 4 a 5 mil a.C. (CORRADELO, 1988; SOBRINHO, 2001). Registros revelam que estes animais são originários da Pérsia e simbolizam desde épocas remotas o sacrifício de Jesus Cristo (MONTEBELLO e ARAÚJO, 2009).

Historicamente a carne ovina era considerada um subproduto, sendo que na maioria das vezes eram abatidos os animais velhos e/ou de descarte. Além disso, a carne ovina era conhecida como uma carne dura se comparada com as atuais. Isto ocorria devido à criação em pasto, ao abate em idades mais avançadas, à falta de seleção de animais específicos e cruzamentos sistêmicos que permitiam uma baixa deposição de gordura nas carcaças e entre os músculos, e consequentemente queda na produtividade (FIGUEIRÓ e BENAVIDES, 1990; MORENO, LOUREIRO e SOUZA, 2008).

O rebanho ovino no Brasil apresentou um pequeno, porém progressivo aumento nos últimos anos, sendo que em 1999 possuía 14.399.960 cabeças, passando para 16.628.571 cabeças em 2008, obtendo-se um aumento de 2,4% de 2007 a 2008, mantendo desta forma o país em 14º lugar em número de cabeças de ovinos e caprinos (ANUALPEC, 2009; IBGE, 2008). Estas estão distribuídas da seguinte maneira: 49% na região Nordeste, 40% no Sul, 4,9% no Centro-Oeste e uma pequena parcela representada por 2,8% no Sudeste e de acordo com o IBGE (2008), respectivamente 9.371.905, 4.846.667, 1.110.550, 764.971, incluindo o Norte com 534.478 cabeças. Segundo Nogueira e Junior (2008), apesar de a região Nordeste apresentar a maior porcentagem dos animais, estes são utilizados para a subsistência da população rural principalmente através do predominante sistema de criação extensiva.

De acordo com Teixeira (2010), no primeiro semestre de 2010, o Uruguai reduziu a exportação para o Brasil em 40%, sendo que esta situação acabou

incentivando a produção no país para suprir a maior demanda pelo mercado consumidor interno. Para isto, associações estão trabalhando para demonstrar aos criadores que a atividade possui inúmeras vantagens e que o sistema de confinamento é o caminho para aqueles que não têm área extensa para realização da criação. Provavelmente isto promoverá a quebra da sazonalidade da produção e, além disto, ampliará o rebanho, garantindo ao consumidor a compra de carne de qualidade durante todo o ano.

A produção desta espécie não exige uma mão-de-obra intensiva e uma grande infra-estrutura para as instalações, podendo os ovinos até mesmo ocupar construções já existentes no local. Além disto, os animais possuem mecanismos fisiológicos propícios à diferentes climas, inclusive áreas com temperaturas elevadas, e também podem se adaptar à distintos sistemas de produção e em diferentes ambientes do mundo (MARAI e OWEN, 1987; SIQUEIRA, 1990; KNAK, 2009). Por todas estas características, a ovinocultura é uma atividade pela qual atualmente vários programas governamentais e associações de incentivo estão sendo criados para estimular principalmente os pequenos agricultores (SANTOS, 2009).

De acordo com Barsante (2010), atualmente no Brasil, a produção de carne é maior do que a de lã, sendo que com uso de tecnologia de baixo custo, as propriedades de pequeno, médio ou grande porte, existentes em São Paulo, por exemplo, podem utilizar subprodutos da indústria para a alimentação em confinamento. Siqueira (1990) cita que raças especializadas em produção de carne exigem um maior aporte nutricional e devem ser submetidas de preferência ao sistema de criação intensivo para um maior potencial produtivo e viável retorno econômico. De acordo com este mesmo autor as principais são Ile de France, Hampshire Down, Suffolk, Texel e além destas, Sobrinho (2001) também inclui Border Leicester, Dorset Horn, Dorper e Polypay, classificando as raças Santa Inês, Crioula e Morada Nova como rústicas para produção de carne e pele.

Nos dias de hoje, além da qualidade genética estar sendo constantemente aprimorada e explorada através de diferentes estratégias para garantir uma melhor eficiência do sistema de produção e rápida ampliação populacional, o produtor visa o fornecimento de uma carne de alta qualidade, sendo que os diferentes sistemas produtivos e raças existentes definem os tipos de carcaças que serão comercializadas. Estas diferenças podem ser aproveitadas no sentido de atender às

demandas existentes em função da grande variedade de consumidores que possuem diferentes preferências em relação à carne ovina, que dependem basicamente das tradições culturais, aspectos religiosos e hábitos de consumo (SILVA e PIRES, 2000; ZEOLA et al., 2005; OSÓRIO e OSÓRIO, 2006; NOGUEIRA e JUNIOR, 2008; VIANA, 2008; D'ANGIERI e SILVA, 2009).

2 Conservação da carne ovina durante estocagem refrigerada e congelada

A conservação de alimentos tem como objetivos manter a qualidade nutritiva e características organolépticas, além de impedir a ação de microrganismos e de suas toxinas, aumentando a vida de prateleira e estabilidade dos produtos. Os processos de conservação visam eliminar ou inibir a ação dos microrganismos, evitar a proliferação patogênica, impedir reações enzimáticas, reduzir a velocidade das reações químicas de oxidação e preservar as características originais da carne (BRASIL, 2004; MARTINS, 2008).

Segundo Porto (1996), a temperatura é um fator que influencia diretamente no desenvolvimento microbiano, sendo que quanto menor, mais lenta será a multiplicação destes e também a velocidade das reações químicas. De acordo com Warriss (2004), a atividade enzimática depende da temperatura de armazenamento, que vai influenciar na redução do pH a partir da produção de ácido láctico e da velocidade de ocorrência do processo de *rigor mortis*.

A refrigeração permite que ocorra o processo de maturação da carne pela hidrólise parcial das proteínas dos músculos com consequente amaciamento. Durante a estocagem em temperaturas de -1 a 8°C, os microrganismos multiplicam-se mais lentamente favorecendo o prolongamento da vida de prateleira que dependerá essencialmente do tipo e número inicial de microrganismos, sendo que com a refrigeração ocorrerá a inibição ou a suspensão da multiplicação microbiana. Deve-se considerar que em temperaturas menores que 5°C, a maior parte dos microrganismos patogênicos não se proliferam (PORTO, 1996; FEIJÓ, 1999; ORDÓÑEZ et al., 2005b). É importante ressaltar que para o máximo tempo de vida de prateleira, os cortes cárneos devem ser armazenados em menor temperatura de refrigeração possível (JAKOBSEN e BERTELSEN, 2002).

O congelamento é um dos métodos mais eficientes na conservação em longo prazo que pode inibir a multiplicação dos microrganismos responsáveis pela maioria das alterações e também reduzir a velocidade de reação de processos bioquímicos (PARDI et al., 2006), já que cerca de 80% da água contida no produto é transformada em gelo quando é submetida à temperaturas abaixo de -2°C (URBAIN e CAMPBELL, 1994; GENOT, 2003).

O congelamento pode ser lento ou rápido, sendo que este último possui diversas vantagens que auxiliam na manutenção da qualidade do produto, dentre elas a formação de pequenos cristais intracelulares de água. Como consequência, esta característica promove uma menor ocorrência de ruptura celular, exsudação e perda de nutrientes particularmente no processo de descongelamento em ambiente refrigerado, além de minimizar a ocorrência de reações químicas e enzimáticas, devido aos processos de oxidação lipídica e degradação protéica, que são as principais alterações de deterioração em carnes congeladas (ERICKSON e HUNG, 1997; MONTEBELLO e ARAÚJO, 2009; MUELA et al., 2010; TOLDRÁ, 2010).

Em relação às alterações moleculares ocorridas em carne bovina, suína e de aves durante congelamento à temperatura de -18°C , Ballin e Lametsch (2008) citam que cerca de 8 a 10% da água que constitui o tecido animal permanece, mesmo após o congelamento, disponível para a ocorrência de reações químicas e físicas que promovem consequentemente a desnaturação protéica pelo acúmulo de sal e injúrias às organelas celulares devido à atração osmótica.

A carne quando descongelada perde líquidos juntamente com inúmeros nutrientes, que vão oferecer a formação de um ambiente propício para o desenvolvimento de microrganismos, sendo que esta perda, variando de 0,2 a 1,8%, está diretamente relacionada com a capacidade de retenção de água pelas proteínas e modificações físicas e químicas ocasionadas durante o processo de congelamento (GENOT, 2003). Além disto, a formação de cristais de gelo intracelulares pode provocar injúrias e aumentar a liberação de exsudado após o descongelamento (MORENO, LOUREIRO e SOUZA, 2008).

3 Características físicas e químicas

3.1 Cor e sabor – oxidação lipídica e dos pigmentos

A coloração cárnea é um dos atributos sensoriais mais importantes que influencia diretamente na decisão de compra e aceitação final do produto, já que o consumidor analisa a descoloração superficial como um indicador de frescor e salubridade (MANCINI e HUNT, 2005). A mioglobina é a proteína intracelular hidrossolúvel responsável pela pigmentação dos músculos esqueléticos e cardíaco e pode ser encontrada na forma de oximioglobina, deoximioglobina ou metamioglobina, de acordo com o tempo de vida de prateleira e condições de armazenamento (BEKHIT e FAUSTMAN, 2005).

A mioglobina possui uma cor vermelho-arroxeadada e quando é submetida à altas concentrações de oxigênio, se torna vermelho-brilhante novamente, sendo convertida a oximioglobina, que possui o íon ferro na forma reduzida (Fe^{++}). Sob baixa tensão de O_2 , esta é desoxigenada e se transforma em deoximioglobina que está associada à coloração vermelho-púrpura. Esta forma de mioglobina instável em contato com O_2 vai ocasionar em reação de oxidação, sendo que através da ação de radicais livres, se transforma em metamioglobina, permanecendo a carne com coloração marrom e com ferro na forma oxidada (Fe^{+++}). A oximioglobina também pode sofrer reação de redução através de consumo ou baixa pressão de O_2 , em que adquire a forma de metamioglobina e esta é revertida a deoximioglobina, que apresenta a forma ferrosa (Fe^{++}), sendo que por ser um composto estável pode se converter novamente a oximioglobina quando exposta ao O_2 (AL-SHEDDY, FUNG e KASTNER, 1995; SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI, 2001; MANCINI e HUNT, 2005).

King e Whyte (2006) citam que a coloração final da carne pode ser influenciada por diferentes fatores que muitas vezes alteram a concentração de mioglobina tanto antes quanto após o cozimento, como por exemplo, elevado pH, atmosfera modificada (ATM) e rápido descongelamento. Além disto, os mesmos autores ainda complementam que nem sempre a cor é um bom indicador e está

diretamente relacionada com a temperatura adequada de cozimento para a ocorrência da inocuidade da flora patogênica que pode estar presente no alimento.

Moreno, Loureiro e Souza (2008) ressaltam que a cor indica o grau de maturação da carne e depende da condição de armazenamento em que esta é submetida. Pode ser influenciada pelo tipo de alimentação, sendo que os animais a pasto ou que consomem uma grande quantia de volumoso desenvolvem uma carne mais escura se comparada com aqueles oriundos de confinamento, devido ao maior teor de carotenóides existente que estimula o aumento do nível de mioglobina nos músculos. Além disto, revisando o assunto, Bekhit e Faustman (2005) complementam que esta característica pode também ser influenciada por fatores intrínsecos, dentre eles, raça, sexo, idade e pH final; e extrínsecos, principalmente temperatura, disponibilidade de O₂, exposição à luz, embalagem e desenvolvimento microbiano. Contudo, quanto maior o pH final, geralmente mais escura é a carne e esta se torna mais susceptível ao desenvolvimento de microrganismos (TERLOUW, 2005).

A oxidação lipídica com formação de odores indesejáveis (rancidez) tem sido considerada uma das principais causas de perda de qualidade e rejeição pelo consumidor em carnes e produtos cárneos em geral (GRAY, GOMAA e BUCKLEY 1996; MORRISEY et al., 1998), cozidos ou crus, tanto durante o armazenamento refrigerado quanto congelado (RAHARJO e SOFOS, 1993).

O ácido tiobarbitúrico (TBA) pode ser utilizado para a determinação da degradação lipídica ocorrida na carne, que é um dos maiores processos de deterioração que afeta os ácidos graxos poliinsaturados (AGP). A quebra destes AGP origina dentre outros produtos secundários, o malonaldeído, que é um dialdeído formado através da decomposição de hidroperóxidos ou em associação aos fosfolipídeos presentes no produto de origem animal (FERNÁNDEZ, PÉREZ-ÁLVAREZ e FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1997). Segundo Guillén-Sans e Guzmán-Chozas (1998), o TBA pode reagir com diversas substâncias dos alimentos, dentre elas, aldeídos, cetonas, cetosteróides, ácidos, ésteres, açúcares, aminoácidos, proteínas oxidadas, piridinas e pirimidinas, pelas quais detecta a ocorrência do processo de oxidação. Além destas, também é citada na literatura a reação com carboidratos complexos, como por exemplo, amidos (HOYLAND e TAYLOR, 1991).

Nute et al. (2007), citam que o grau de insaturação dos ácidos graxos que constituem a carne diminui a vida de prateleira devido à rápida ocorrência da

oxidação lipídica. De acordo com Wood et al. (2008), a composição de ácidos graxos nos tecidos adiposo e muscular (saturados ou insaturados), determina a textura, pelos diferentes pontos de fusão existentes, e a estabilidade oxidativa, e estes fatores consequentemente podem influenciar diretamente nas características de sabor e cor. Além disto, Baron e Andersen (2002) complementam que o processo de deterioração oxidativa, decorrente da rancificação que ocorre durante o armazenamento, pode estar associado ao desenvolvimento de odores desagradáveis, bem como alterações nas propriedades reológicas e de solubilidade, podendo desencadear até mesmo a formação de compostos tóxicos. Ainda, a qualidade da carne também pode ser afetada pelo teor de gordura muscular e depósitos de tecido adiposo (BANSKALIEVA, SAHLU e GOETSCH, 2000), além do tipo de ácidos graxos presentes, que pode influenciar também no valor nutricional do produto (WOOD et al., 2008).

A rancidez tem seu processo iniciado logo após a morte do animal e continua a aumentar até que a carne torne-se inaceitável para o consumo. As mudanças bioquímicas *post-mortem*, que levam à transformação do músculo em carne, geram condições em que o balanço entre fatores oxidativos e a capacidade antioxidante favorecem a oxidação. A propensão de carnes e produtos cárneos a sofrerem oxidação depende de vários fatores pré e pós-abate, como estresse, taxa de declínio do pH, temperatura das carcaças e de armazenamento, composição da gordura, exposição à luz e O₂, grau de dispersão dos lipídeos, natureza do material usado para acondicionamento, grau de Aa e presença de agentes pró e antioxidantes (FEIJÓ, 1999; BACHION, 2004; MORRISEY e KERRY, 2004; ORDÓÑEZ et al., 2005a).

3.2 Capacidade de Retenção de Água (CRA)

A água é o componente mais abundante da carne e é um dos principais responsáveis pelas características de suculência e maciez, que podem influenciar diretamente no rendimento final e afetar a percepção sensorial (CHENG e SUN, 2008). É encontrada no tecido muscular magro em um teor de 65 a 80% e esta alta porcentagem ocorre devido à sua natureza bioquímica polar se comparado com o

tecido adiposo, que possui moléculas não-polares, nas quais dificilmente a água se dissolve (PRÄNDL et al., 1994; ABERLE et al., 2001; NELSON e COX, 2006).

De acordo com Moreno, Loureiro e Souza (2008), a capacidade de retenção de água (CRA) influencia a aparência da carne antes e durante o cozimento, determinando a suculência no momento do consumo. Como determina a habilidade da carne em reter água após a aplicação de forças externas (MUCHENJE et al., 2009), uma baixa CRA além de promover a perda do valor nutritivo devido ao exsudado que foi eliminado, traz como consequência a produção de uma carne seca com maciez comprometida (MORENO, LOUREIRO e SOUZA, 2008), já que neste processo ocorre a desnaturação protéica (GOÑI e SALVADORI, 2010). Em relação ao processo de exsudação, Gill e Molin (1991), afirmam que este pode ser frequentemente observado durante o armazenamento de toda carne fresca refrigerada, sendo caracterizado pela perda de líquido exsudado total em no máximo 1 a 2 semanas.

Aproximadamente 5% da água está ligada às proteínas, que são responsáveis pela captação da primeira, sendo que este processo depende da temperatura em que a carne se encontra e da classe a qual a proteína pertence (PRÄNDL et al., 1994; WISMER-PEDERSEN, 1994; ZAYAS, 1997). Além disto, Cassens (1994), cita que a CRA pela carne depende do pH muscular, já que em valores entre 5 a 5,1 esta característica é baixa, provavelmente porque o ponto isoelétrico das proteínas é atingido nesta condição.

A perda de água por cocção é influenciada especialmente pela quantidade de gordura subcutânea existente na carcaça que vai favorecer a CRA. A gordura é muito importante, pois serve como um isolante térmico para a carcaça e evita perdas excessivas de água durante a refrigeração e cozimento. É uma característica determinante ao rendimento da carne no momento do consumo e pode ser influenciada pelo sexo, peso, idade, raça, nutrição, temperatura de refrigeração e tempo de armazenamento, condições pré e pós abate, método de preparo das amostras, retirada da gordura e tipo de equipamento utilizado para o aquecimento (MORENO, LOUREIRO e SOUZA, 2008).

3.3 Textura

Diferentes fatores podem influenciar a maciez da carne, dentre eles, a idade, sexo, condições de crescimento e de pré e pós-abate (HOGAN, PETHERICK e PHILLIPS, 2007). Sem dúvidas, as alterações bioquímicas são as principais responsáveis pelo amaciamento *post-mortem*, resultante da transformação dos músculos em carne. Como consequências deste processo, ocorrem algumas alterações dentre elas, o esgotamento da energia (glicogênio), ativação de metabolismo anaeróbico e consequente produção de ácido láctico, decréscimo do pH para em média 5,4 a 5,8, aumento na força iônica devido ao funcionamento incorreto da bomba de cálcio, já que esta última depende da disponibilidade de energia na forma de ATP para que a contração ocorra, e incapacidade de manter condição de redução (HUFF-LONERGAN e LONERGAN, 2005). Mecanismos de encurtamento do sarcômero durante o início do *rigor mortis* têm sido estudados, porém ainda não se sabe exatamente o motivo da ocorrência deste processo, que provavelmente está associado com a textura da carne diferenciada de acordo com o músculo (HARPER, 1999).

De acordo com Mohanty et al. (2010), a qualidade da carne pode ser afetada por enzimas denominadas proteolíticas, dentre elas as catepsinas e calpaínas, que possuem ação sinérgica. As catepsinas são proteases ativadas quando o pH atinge um valor inferior à 6, ocorrendo desta maneira a degradação protéica. As calpaínas, enzimas dependentes de cálcio presentes nos músculos, são reguladores da proteólise, responsáveis pela hidrólise protéica parcial e assim como as catepsinas, proporcionam aumento da qualidade sensorial da carne, especialmente em relação à sua maciez. Estas são controladas pela calpastatina, que é um agente inibidor competitivo e específico presente naturalmente nos músculos (MORENO, LOUREIRO e SOUZA, 2008; PARK et al., 2010). Diante disto, durante o armazenamento refrigerado, a maciez da carne provavelmente aumentará devido ao processo de maturação que ocorre após a estocagem, através da degradação enzimática e desnaturação protéica, que favorecem o relaxamento muscular, conforme revisado por Alves e Mancio (2007) e constatado em estudos realizados por Koohmaraie (1996). Já em relação à carne congelada, Kristensen, Christensen e Ertbjerg (2006) observaram que em carne suína a atividade da calpastatina se

manteve estável durante as primeiras semanas de estocagem em temperaturas de -20°C e -80°C, sendo que após este período houve um decréscimo em sua atividade até os 143 dias.

O diâmetro das fibras musculares dos ovinos é menor se comparado com o de outras espécies e a área destas fibras vai aumentando conforme a idade do animal, tornando a carne menos tenra. Devido à esta característica, carnes provenientes de animais mais velhos e/ou de descarte apresentam altos valores de força de cisalhamento, além de outras características sensoriais inferiores, sendo desta maneira, pouco valorizadas (PORTO, 1996; PINHEIRO et al., 2008).

3.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH é uma característica indicativa do grau de deterioração da carne, e está diretamente relacionada com o acúmulo de ácido láctico oriundo das modificações *post-mortem*. Após a morte do animal, o músculo passa a utilizar a via anaeróbia para obter energia para a contração, sendo que o glicogênio é transformado em glicose e através do processo de glicólise esta é consumida gerando ácido láctico ou lactato, que faz com que o pH diminua de 7 a 7,2 para cerca de 5,5 a 5,8 (VARNAM e SUTHERLAND, 1995; WILSON, 2005; ALVES e MANCIO, 2007; PINHEIRO et al., 2009).

A queda muito rápida de seu valor pode resultar em uma carne PSE (pálida, pouco consistente e exsudativa), enquanto que o estresse pode promover um maior consumo de glicogênio muscular que dificulta a diminuição do pH, promovendo o desenvolvimento de uma carne DFD (escura, firme e seca) (BELITZ e GROSCH, 1997). Além disto, o ligeiro esgotamento das reservas de glicogênio muscular, de acordo com as condições pré-abate, certamente vai aumentar o pH da carne e também a concentração dos substratos utilizados para o metabolismo microbiano (LAWRIE e LEDWARD, 2006). Com isto, a qualidade cárnea fica comprometida, sendo que um alto valor de pH favorece uma deterioração precoce por possibilitar uma maior sobrevivência e desenvolvimento microbiano (NOWAK et al., 2006).

Dependendo dos valores de pH podem ocorrer alterações na cor, aparência, sabor, aroma, textura e capacidade de retenção de água (CRA) da carne. Para

serem submetidas à embalagem a vácuo, carnes ovinas com valores de pH acima de 6,0 são consideradas indesejáveis, pois o tempo de vida útil será diminuído (MORENO, LOUREIRO e SOUZA, 2008). Com o armazenamento sob refrigeração e a vácuo, os valores de pH provavelmente serão reduzidos ao longo do período devido à estocagem em condição anaeróbia, que favorece o desenvolvimento de bactérias lácticas, conforme constatado nos estudos com carne ovina realizados por Sheridan et al. (1997).

4 Microbiologia e segurança do alimento

A carne é um produto extremamente perecível devido ao seu elevado teor nutritivo, alta Aa e pH próximo à neutralidade. É composta por diferentes constituintes que a torna um excelente meio de cultura, tais como água, na porcentagem já citada anteriormente, proteínas (16 a 22%), lipídeos (1,5 a 13%), carboidratos (0,5 a 1,3%) e minerais, principalmente potássio, sódio, magnésio, ferro, cloro, fósforo, zinco e cálcio (cerca de 1%). Esta composição favorece uma maior susceptibilidade do alimento às alterações causadas por microrganismos, principalmente a partir da quebra de nutrientes que originam nitrogênio, energia, minerais e vitaminas para seu desenvolvimento metabólico (CANHOS e DIAS, 1983; FRANCO e LANDGRAF, 1996; AYMERICH, HUGAS e MONFORT, 1998; ABERLE et al., 2001).

Para que o tempo de armazenamento da carne seja prolongado, deve-se empregar métodos adequados de conservação, que sejam responsáveis pela inibição ou destruição microbiana, porém mesmo assim sempre ocorrerão mudanças, mesmo mínimas, causadas pela contaminação durante as etapas de manipulação, processamento e armazenamento. No entanto, processos tecnológicos buscam minimizar ao máximo a ocorrência de alterações para manter o produto com nível de qualidade adequado e aceitável, pois se por algum motivo ocorrerem falhas durante o manejo pré e/ou pós abate, intensa deterioração poderá resultar na decomposição da carne e a consequente rejeição do produto pelo consumidor (CANHOS e DIAS, 1983). Diante disto, Lambert, Smith e Dodds (1991), evidenciam

a importância de vários métodos, inclusive o uso de embalagens com ATM para a extensão do tempo de vida útil da carne fresca.

De acordo com Leitão (2003), durante o processamento industrial, inúmeros fatores podem contribuir para o aumento e diversificação da microbiota contaminante, sendo que esta variação pode ocorrer devido às condições de manejo, transporte dos animais, sangria, esfolagem, evisceração, lavagem das carcaças, refrigeração, transporte, corte e embalagem do produto final. Além disto, Borges e Freitas (2002) complementam que sempre é necessário e de extrema importância o conhecimento das prováveis fontes de contaminação e dos diferentes meios de difusão para que o controle microbiológico seja maximizado e os microrganismos patogênicos sejam excluídos sempre que possível.

Comercialmente, as carcaças podem ser classificadas de acordo com o aspecto higiênico-sanitário existente, sendo que em geral quando apresentam uma contaminação inicial de 10^3 a 10^4 bactérias/cm², são provenientes de um abate feito sob condições higiênicas adequadas e eficientes (BACHION, 2004; ROÇA, 2009).

4.1 Origem e principais microrganismos envolvidos

De acordo com Lawrie (2005), os microrganismos podem ter acesso à carne através da infecção do animal vivo ou por meio de contaminação *post mortem* ou infecção exógena, sendo esta última a mais recorrente. A carne, uma vez contaminada, manterá essa característica durante todas as etapas posteriores: desde o seu armazenamento, transporte e exposição para venda até o consumo final. A carga microbiana pode afetar diretamente a aparência e a qualidade organoléptica (AL-SHEDDY, FUNG e KASTNER, 1995), sendo que geralmente, a maior parte das bactérias associadas à contaminação superficial da carne é proveniente do ambiente e desta forma denominadas extrínsecas (GILL, 1979). Segundo Selgas et al. (1993), internamente a carcaça é estéril, sendo a contaminação durante o abate ocasionada normalmente em decorrência à sujidades e material fecal presentes em toda a superfície do animal.

A carga microbiológica depende de diversos fatores, como por exemplo, a espécie e o estado do animal vivo, o local de produção, as condições antes e

durante o abate, os métodos de transporte, condições de distribuição e estocagem e o tipo de embalagem usado. A contaminação poderá ocorrer através do contato com a pele, pêlos, patas, conteúdo gastrintestinal, nódulos linfáticos, instrumentos, mãos e roupas dos manipuladores, água usada para a lavagem das carcaças, recipientes para o acondicionamento, ambiente de manuseio, exposição e armazenamento das carnes, sendo que a intensidade depende principalmente da eficiência das medidas higiênico-sanitárias adotadas (CANHOS e DIAS, 1983; BACHION, 2004; JAY, LOESSNER e GOLDEN, 2005; ROÇA, 2009).

A microbiota inicial do animal é predominantemente formada por bactérias mesófilas Gram-positivas representadas principalmente por *Micrococcus sp.*, *Staphylococcus sp.* e *Clostridium sp.* que são originadas a partir da epiderme, trato respiratório e digestório. Com o abate, as defesas do organismo do animal deixam de exercer sua função e a carcaça se torna muito susceptível à invasão de microrganismos principalmente provenientes do trato respiratório e intestinal, sendo que estes podem ser deteriorantes ou patogênicos. Ao término de todas as etapas do abate há a troca desta população e a microbiota passa a ser composta por bactérias Gram-negativas, que constituem as principais responsáveis pelo processo de deterioração de carnes e dos produtos cárneos. Dependendo da espécie presente, esta pode ser patogênica e potencial causadora de toxinfecções, em que se desenvolve e promove doenças pela ingestão de toxinas que são produzidas, sendo as gastroenterites o resultado clássico desta contaminação (CANHOS e DIAS, 1983; PORTO, 1996; MCDONALD e SUN, 1999; BACHION, 2004; PORTO, 2006). Algumas delas podem ser consideradas indicadores da qualidade sanitária, como por exemplo, coliformes totais e *E. coli*, sendo estes os mais comumente utilizados na determinação da origem da contaminação e da eficiência dos métodos de conservação utilizados (FRANCO e LANDGRAF, 1996).

Os principais microrganismos deteriorantes da carne são representados por bactérias Gram-negativas e incluem: *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Moraxella*, *Alteromonas putrefaciens*, *Aeromonas*, *Brochothrix thermophacta* e *Lactobacillus*, sendo este último importante no caso de embalagens a vácuo, já que, segundo Aymerich, Hugas e Monfort (1998), bactérias ácido lácticas promovem um processo de fermentação moderada. Já em relação aos patogênicos, que promovem os maiores riscos à saúde do consumidor, se destacam a *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Campylobacter*, *Yersinia enterocolitica*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria*

monocytogenes, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Aeromonas hydrophila* e *Bacillus cereus* (FRANCO e LANDGRAF, 1996; PORTO, 2006).

4.2 Processo de deterioração microbiana e alterações promovidas durante o armazenamento

A deterioração é qualquer sinal ou um conjunto de atividade microbiana, manifestada pela alteração da cor, odor, sabor e aparência, sendo que sua ocorrência depende do substrato cárneo, quantidade inicial e tipo de microrganismo (bactérias, bolores ou leveduras), condições de abate, temperatura e atmosfera que envolve a carne (PORTO, 1996; LEITÃO, 2003).

Dependendo do tipo de microrganismo atuante, ocorrerão mudanças químicas relacionadas à degradação dos nutrientes e também alterações físicas representadas pelas modificações das características organolépticas da carne. Isto pode ser evidenciado durante o armazenamento da carne, em que o início do processo de decomposição e putrefação resultantes da proliferação microbiana, determinará o final da vida de prateleira do produto, tornando-o impróprio para o consumo humano. Mudanças físicas são detectadas mais facilmente em comparação às químicas, sendo que podem ocorrer modificações na cor, odor e sabor principalmente, tanto em condições aeróbias quanto anaeróbias (ABERLE et al., 2001). O nível de O₂ e CO₂ dentro da embalagem que envolve a carne fresca determina o grau de deterioração e consequentemente sua vida de prateleira, sendo que em baixo nível de O₂, bactérias lácticas são predominantes (LAMBERT, SMITH E DODDS, 1991).

A deterioração dos componentes cárneos pode ocorrer pela ação de enzimas hidrolíticas endógenas presentes na própria flora da carne ou enzimas produzidas por microrganismos que estão ali presentes (TAURO, KAPOOR e YADAV, 1986; ABERLE et al., 2001). Apesar de muito baixo, o teor de carboidratos é o fator essencial e limitante para que ocorra o início da deterioração, sendo que desta forma a maior parte dos microrganismos responsáveis por este processo é proteolítica. As bactérias aeróbias vão utilizar essas moléculas de baixo peso molecular originadas da glicólise para a produção de CO₂ e água e as anaeróbias

para a geração de ácido láctico. Após a depleção deste nutriente, em condições aeróbias as proteínas começam a ser utilizadas a partir de sua quebra em peptídeos e aminoácidos, enquanto que anaerobicamente são degradadas em diferentes compostos sulfurados.

Durante o armazenamento refrigerado, o número de microrganismos na superfície da carne pode apresentar-se entre 10^2 e 10^5 UFC/cm², sendo que nesta condição, inicialmente apenas 10% das bactérias presentes consegue se desenvolver. Durante a fase “Lag” ou de latência, os microrganismos vão se adaptar às condições do meio em que se encontram, sendo que nas próximas fases (logarítmica, estacionária e declínio) ocorrerão todas as alterações que caracterizam o processo de deterioração (CANHOS e DIAS, 1983; BORCH, KANT-MUERMANS e BLIXT, 1996; GARCIA-LOPEZ, PRIETO e OTERO, 1998; LEITÃO, 2003; ROÇA, 2009).

Apesar da importância das alterações causadas por diferentes fatores, tais como a presença de insetos, reações químicas e enzimáticas e efeitos físicos durante o armazenamento do alimento, a maior preocupação do ponto de vista sanitário recai sobre a contaminação microbiana. As bactérias podem promover a descoloração da carne pela degradação de pigmentos, principalmente da mioglobina; produção de gases (NH₃ e H₂S); decomposição da gordura, putrefação e acidificação, sendo que a sua multiplicação é caracterizada pela formação de um limo superficial e pigmentos coloridos. O controle sobre estes microrganismos é de grande importância, pois está intimamente relacionado não somente com a deterioração da carne, como também com a segurança alimentar ao consumidor. Já os fungos, representados pelos mofo e leveduras, podem causar alterações no odor, cor e sabor, a partir dos mesmos processos já citados anteriormente, além do aumento da viscosidade do produto. Em geral, devido à deterioração deve-se tomar diversos cuidados durante as etapas de manipulação, processamento e armazenamento principalmente com o objetivo de inibir ou reduzir a carga microbiana responsável por todas as modificações resultantes deste processo (CANHOS e DIAS, 1983; PORTO, 1996; ROÇA, 2009).

4.3 Principais fatores que afetam o desenvolvimento microbiano

A deterioração como função da atividade microbiana é dependente das condições e tempo de estocagem em que o produto será submetido. A temperatura é um dos fatores mais importantes em relação ao desenvolvimento microbiano, já que é considerado um fator primário de controle, em que cada microrganismo vai atuar em uma faixa ótima para sua proliferação. Devido à isto podem ser agrupados em 4 categorias: psicrófilos (10 a 15°C); psicrotróficos (25 a 30°C), mesófilos (30 a 45°C) e termófilos (45 a 65°C) (CANHOS e DIAS, 1983; FRANCO e LANDGRAF, 1996; PORTO, 1996; MCDONALD e SUN, 1999; PORTO, 2006).

Além da temperatura, outros fatores extrínsecos podem afetar o desenvolvimento microbiano e consequentemente o produto que se encontra estocado. Um deles seria a umidade relativa que geralmente está associada à temperatura de refrigeração e ambas são inversamente proporcionais. Se a umidade relativa for muito alta, a umidade vai condensar sobre a carne tornando sua superfície úmida e mais susceptível ao desenvolvimento microbiano. Já quando a umidade relativa for muito baixa, a proliferação microbiana será inibida pela desidratação, levando ao escurecimento, encolhimento e perda de aparência (CANHOS e DIAS, 1983).

A disponibilidade de O₂ determina o tipo de microrganismo atuante no alimento. Os aeróbios possuem a necessidade de O₂ para seu desenvolvimento, os anaeróbios podem crescer na sua ausência e os facultativos se desenvolvem tanto na presença quanto na ausência de O₂. As bactérias podem ser aeróbias, anaeróbias ou facultativas, enquanto que os fungos se desenvolvem em condições de aerobiose. A superfície da carne favorece o desenvolvimento de microrganismos aeróbios enquanto que as partes internas favorecem o desenvolvimento anaeróbio e/ou facultativo (TAURO, KAPOOR e YADAV, 1986). O estado físico da carne é determinado a partir da proporção que está exposta ao ar ambiental e devido à maior disponibilidade e penetração de O₂ a vida útil do alimento acaba sendo reduzida (CANHOS e DIAS, 1983).

A multiplicação microbiana também depende de fatores chamados intrínsecos. O teor de água disponível na forma livre ou Aa presente no alimento é muito importante e determina o tempo de preservação da carne. A carne fresca

representa um substrato bastante susceptível para o desenvolvimento da maioria dos microrganismos por possuir uma Aa de 0,98, sendo que abaixo de 0,75 as bactérias não se desenvolvem (CANHOS e DIAS, 1983; FRANCO e LANDGRAF, 1996; WARRISS, 2010).

Quanto ao pH, a maioria dos microrganismos se desenvolvem melhor em valores próximos à neutralidade (6,5 a 7,5), sendo que bactérias e fungos possuem valores de pH mínimo, ótimo e máximo que possibilitam a multiplicação destes. Carnes provenientes de animais que não foram submetidos à uma etapa de descanso adequada e que sofreram um estresse prolongado no pré-abate possuem um pH mais elevado, devido ao esgotamento das reservas de glicogênio pelo aumento do metabolismo e consequente redução na sua conversão à ácido lático, tornando a carne mais susceptível à deterioração (CANHOS e DIAS, 1983; FRANCO e LANDGRAF, 1996).

O potencial de óxido-redução é um fator indicativo do poder de oxidação e redução, relacionado com a facilidade com que um elemento perde ou ganha elétrons, sendo este oxidado e reduzido, respectivamente. Com isso, quanto maior é o potencial de oxi-redução, mais oxidado está o substrato, sendo que a maioria dos fungos e bactérias aeróbias deteriorantes apresentam valores positivos para o desenvolvimento e os anaeróbios, menores valores. Os microrganismos aeróbios requerem um alto poder de oxi-redução e são responsáveis pela reação de oxidação, enquanto que os anaeróbios se multiplicam em um baixo potencial de oxi-redução. Carnes possuem valor negativo em relação ao potencial de oxi-redução e desta maneira oferecem condições de maior desenvolvimento para a microbiota anaeróbia. A superfície da carne quando exposta ao ar atmosférico é mais susceptível às reações de oxidação do que em seu interior, que será afetado dependendo da capacidade e velocidade de penetração do O₂ (CANHOS e DIAS, 1983; FRANCO e LANDGRAF, 1996).

Além dos fatores citados anteriormente, a composição química do alimento também é um importante fator que vai determinar a multiplicação microbiana, principalmente a partir da disponibilidade de água, fonte de energia (açúcares, alcoóis, aminoácidos, amido, celulose, lipídeos), nitrogênio (aminoácidos, nucleotídeos, peptídeos, proteínas complexas), vitaminas (biotina e ácido pantotênico) e sais minerais (sódio, potássio, cálcio, magnésio, ferro, cobre, manganês, molibdênio, zinco, cobalto, fósforo e enxofre) (FRANCO e LANDGRAF,

1996).

5 Sistemas de embalagem

Segundo Belcher (2006), atualmente as indústrias estão fazendo grandes investimentos no setor de desenvolvimento de sistemas de embalagens que permitam manter o frescor e qualidade dos produtos, com o objetivo de atender uma enorme demanda de consumidores cada vez mais exigentes em relação ao tempo de preparo de suas refeições, estando dispostos a pagar pela necessária conveniência. Brody et al. (2008) afirmam a ocorrência de muitas inovações que permitiram a garantia de uma maior segurança alimentar, devido ao retardamento da oxidação lipídica e do desenvolvimento microbiano, por exemplo.

As embalagens plásticas possuem um maior destaque em relação às carnes devido às mais diversas combinações entre os materiais poliméricos, que melhoram as propriedades mecânicas e de barreira a gases e aroma, além da termossoldabilidade (ROBERTSON, 1993; GUERREIRO, 2006).

A embalagem permite que a carne chegue ao mercado consumidor com as melhores características possíveis, objetivando a manutenção de sua qualidade original. Possui muitas outras finalidades, tais como, proteger contra as ações ambientais e riscos mecânicos e físicos durante a distribuição, contenção até o momento do consumo, reduzir a deterioração microbiana, melhorar a apresentação do produto, atrair o consumidor, facilitar o transporte e também educar a população através das informações contidas nela. Além disso, a embalagem deve ser segura, impedindo o contato entre o alimento e o meio externo através de um eficiente sistema de fechamento e também ser constituída por um material que possa ser submetido à reciclagem ou reutilização rápida após o descarte (PAINE e PAINE, 1992; ROBERTSON, 1993; JEREMIAH, 2001; SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI, 2001; MOTA, 2004; FELLOWS, 2006; RICCIARDI, 2008).

5.1 Embalagens com Atmosfera Modificada (ATM)

O ar é composto normalmente por 78% de N, 21% de O₂ e 0,035% de CO₂, outros gases e vapor d'água. A alteração da composição gasosa no interior da embalagem pela modificação de sua constituição relativa aos níveis da atmosfera natural visa promover a preservação da aparência e dos atributos de qualidade a partir da conservação da cor, textura e frescor do alimento; reduzir perdas durante a distribuição; possibilitar o aumento dos lucros pelos menores gastos com mão-de-obra nos locais de venda, maior aceitação pelo mercado consumidor pelo não uso de conservantes e elaboração de produtos diferenciados. Além destas funções, também busca garantir um maior controle em relação às mudanças que possam ocorrer no produto, devido tanto às interações entre gases e produto, como pelas características de permeabilidade intrínsecas ao material de embalagem (GOMES, 1998; BACHION, 2004; TECNOPACK, 2004; FELLOWS, 2006).

A indústria alimentícia utiliza dois tipos de modificação gasosa para aumentar o tempo de preservação de alguns alimentos e retardar a deterioração: aplicação de vácuo ou introdução de mistura de gases em proporções pré-determinadas após evacuação e antes do fechamento da embalagem. No primeiro caso, o produto deve ser envolvido em um filme com baixa permeabilidade ao O₂ após a remoção do ar interno, enquanto que no outro, é feita a retirada do ar e sua substituição por apenas um gás ou uma mistura de gases em uma embalagem hermética de alta barreira (CHURCH, 1994; MANO, PEREDA e FERNANDO, 2002).

A utilização de embalagens com ATM vem se apresentando muito eficiente principalmente para o acondicionamento de carnes frescas, incluindo a de ovinos. É uma tecnologia em que o alimento é acondicionado em uma embalagem, cuja atmosfera que envolve este produto é alterada (GUERREIRO, 2006; TRINDADE, FREIRE e OLIVEIRA, 2009). Com o tempo, a atmosfera inicial da embalagem é submetida à grandes variações ou acaba até mesmo se esgotando, devido à interação do gás ou mistura de gases com o produto, permeabilidade do material de embalagem a gases e/ou vapor d'água, metabolismo do alimento, atividade microbiana, de acordo com a espécie e corte cárneo, assim como sistema de fechamento que foi utilizado (JAYAS e JEYAMKONDAN, 2002; FELLOWS, 2006; GUERREIRO, 2006).

Mesmo com a realização da alteração gasosa, o controle da temperatura deve sempre estar presente em associação a essa nova e crescente tecnologia e, além disto, a qualidade microbiológica inicial da matéria-prima também deve ser averiguada (GARCÍA-ESTEBAN, ANSORENA e ASTIASARÁN, 2004). Estes procedimentos são importantes principalmente para minimizar alguns processos bioquímicos e biológicos dos tecidos que continuam em atividade, tais como a respiração e a oxidação lipídica, devido à seleção de microrganismos em relação à atmosfera presente no micro ambiente (PAINE e PAINE, 1992; JAYAS e JEYAMKONDAN, 2002).

A carne que será acondicionada deve estar fresca, proveniente de procedimentos que seguiram condições higiênico-sanitárias adequadas e devem possuir uma carga microbiana dentro dos limites tolerados pela legislação atuante. Com isso, a função de uma embalagem contendo ATM é manter a qualidade inicial do produto por um período de tempo superior (MULLAN, 2002; GUERREIRO, 2006).

O gás ou a mistura gasosa a ser utilizada, bem como o teor de cada um deles depende do tipo de alimento que será acondicionado, permeabilidade da embalagem e temperatura de armazenamento e distribuição. A temperatura de estocagem vai influenciar diretamente na permeabilidade da embalagem e velocidade de desenvolvimento microbiano (GUERREIRO, 2006). Os gases utilizados atualmente visam a conservação do alimento tanto em termos microbianos quanto organolépticos (ROSA, 2009).

O oxigênio (O_2) é muito utilizado na preservação da cor em carnes vermelhas e frescas em altas porcentagens, sendo que inevitavelmente acaba favorecendo o desenvolvimento de microrganismos aeróbios deteriorantes, porém evita a proliferação dos anaeróbios (SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI, 2001; GUERREIRO, 2006). Este componente mantém a mioglobina oxigenada, sendo que segundo Phillips (1996), carnes frescas *in natura* normalmente devem ser armazenadas em embalagens contendo de 60 a 85% de O_2 . Após análises do músculo *Longissimus dorsi* de ovinos, Kennedy, Buckley e Kerry (2004), concluíram que altas concentrações de O_2 em relação ao teor de CO_2 , utilizados em uma mesma atmosfera, garantem um maior tempo de manutenção da cor vermelha da carne. Da mesma forma, Borch, Kant-Muermans e Blixt (1996), confirmam que em embalagens que contenham até 80% de O_2 e 20% de CO_2 ocorre uma menor alteração na coloração de cortes cárneos, aumentando a vida útil destes em

comparação com aqueles estocados somente em atmosfera aeróbia. No entanto, Church (1994) defende a idéia de que altas concentrações deste gás podem promover a rancidez oxidativa mais rapidamente.

O dióxido de carbono (CO_2) é um gás com características bacteriostáticas e fungistáticas, que inibe ou reduz o desenvolvimento microbiano aeróbio e anaeróbio, e consequentemente amplia o tempo de vida útil do produto embalado, sendo mais comumente utilizado em carnes com uma proporção de 20 a 40% (GUERREIRO, 2006). Jakobsen e Bertelsen (2002) ressaltam que altas concentrações de CO_2 pode promover a diminuição do pH e consequentemente alterações químicas, além de possível formação de poros quando o produto é cozido. Ainda, estes mesmos autores citam que a absorção de CO_2 varia de 0 a 1,79 L do gás por Kg de carne, de acordo com as condições de estocagem e acondicionamento do produto, até que o equilíbrio seja atingido.

Seu efeito quanto à inibição microbiana está relacionado com o grau de solubilidade em água, músculos e tecido adiposo, que promove a formação de ácido carbônico leve e sua dissociação em bicarbonato e íon hidrogênio levando a redução do pH, influenciando principalmente em menor capacidade de retenção de água e maior taxa de oxidação lipídica do produto (GENIGEORGIS, 1985; JAKOBSEN e BERTELSEN, 2002; FELLOWS, 2006; GUERREIRO, 2006). De acordo com Garcia de Fernando et al. (1995), quanto maior o teor de CO_2 e menor a temperatura e o pH da carne estudada, mais baixo será também o desenvolvimento microbiológico. Contudo, mesmo que o gás seja utilizado em concentrações adequadas, retarda, porém não impede a ocorrência da deterioração do produto ao longo do tempo de armazenamento (GRACEY, COLLINS e HUEY, 1999), sendo que em condições anaeróbicas o tempo de vida útil é de 2 a 3 vezes maior do que cortes submetidos à altos níveis de O_2 (JAKOBSEN e BERTELSEN, 2002).

A redução do nível de O_2 residual de embalagens hermeticamente fechadas resulta consequentemente na diminuição das taxas de metabolismo, da multiplicação de microrganismos aeróbios e da oxidação de diversos componentes, tais como, gorduras, proteínas e vitaminas (BRODY, STRUPINSKY e KLINE, 2001; ANVISA, 2008; AZEVEDO, 2008; SOFT POST®, 2010). Além disto, a carne vai se tornar susceptível à descoloração (BELCHER, 2006). Em estudos realizados com o músculo *Longissimus dorsi* de ovinos acondicionados em diferentes concentrações de CO_2 , Vergara e Gallego (2001), concluíram que níveis maiores de 40% deste gás

mantêm a carne livre de odores estranhos. Em relação à ocorrência da oxidação lipídica, Santos et al. (2007) e Rosa (2009), concluíram que embalagens contendo 100% de CO₂ são mais indicadas para o armazenamento superior à 15 dias da carne suína, devido à ausência do O₂. Segundo Kerry, O'Grady e Hogan (2006), elevados teores de CO₂ (10 a 80%) são desejáveis para carnes devido à inibição da proliferação microbiana e aumento do tempo de vida útil após sua dissolução no produto acondicionado resultando em um vácuo parcial.

5.1.1 Embalagens a vácuo

A embalagem a vácuo é considerada a forma mais simples de ATM, sendo frequentemente empregada para o acondicionamento de cortes cárneos refrigerados, que são altamente susceptíveis à degradação biológica, consistindo em um sistema que contribui para um maior tempo de vida útil devido à redução do desenvolvimento de microrganismos aeróbios, processo de oxidação e descoloração (JAY, LOESSNER e GOLDEN, 2005; FELLOWS, 2006; RICCIARDI, 2008). Ao se utilizar o vácuo, a carne se apresenta com uma coloração arroxeada ou amarronzada, devido ao baixo nível de O₂ existente no micro ambiente (SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI, 2001), que contribui principalmente para o desenvolvimento de bactérias lácticas (LABADIE, 1999). Isto ocorre durante a estocagem, pois o O₂ residual vai sendo consumido através da respiração celular do tecido e o CO₂ liberado vai sendo acumulado na embalagem (GRACEY, COLLINS e HUEY, 1999).

Grande parte das informações existentes em relação ao uso de sistema de embalagem a vácuo estão mais voltadas para a carne bovina em detrimento à ovina. No entanto, provavelmente a carne ovina possua um tempo de vida útil menor em relação à primeira, devido ao seu maior valor de pH (TRINDADE, FREIRE e OLIVEIRA, 2009). Sheridan et al. (1997), estudando peças desossadas de cordeiro por 28 dias, verificaram que os tratamentos contendo 80% O₂ + 20% CO₂, 50% N₂ + 50% CO₂ e 100% CO₂ tiveram uma contagem menor de enterobactérias em relação às carnes que foram embaladas a vácuo. Todos os tratamentos foram submetidos às temperaturas de 0 e 5°C, sendo que em temperatura de 5°C, a contagem

microbiana foi maior em embalagens a vácuo e com 50% N₂ + 50% CO₂. Além disso, a produção de odores foi significativamente maior em temperaturas à 5°C se comparada com 0°C, com exceção do tratamento contendo 100% CO₂. Bachion (2004), concluiu em seu experimento com carne suína refrigerada, que o tratamento envolvendo CO₂ é eficiente para a estabilização da população de alguns microrganismos, sendo que o tempo de vida útil neste caso foi maior do que no sistema a vácuo. Em relação à carne ovina, Berruga, Vergara e Gallego (2005) verificaram que ocorreu uma melhor preservação em acondicionamento sob vácuo, quanto ao desenvolvimento de ranço e manutenção da cor, sendo que bactérias láticas e enterobactérias se desenvolveram em um tempo menor se comparado com os sistemas envolvendo CO₂, O₂ e N₂. Já os estudos com carnes suínas frescas realizados por Sørheim et al. (1996), demonstraram a maior eficiência das embalagens a vácuo em relação à perdas por gotejamento e consequente modificação na textura, em comparação com a aplicação da ATM.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERLE, E.D. et al. **Principles of meat science**. 4.ed. Dubuque, Iowa: Kendall Hunt Publishing Company, 2001. Cap. 2; 8, 354p.

AL-SHEDDY, L.A.; FUNG, D.Y.C.; KASTNER, C.L. Microbiology of fresh and restructured lamb meat: A review. **Critical Reviews in Microbiology**, Boca Raton, v.21, n.1, p.31-52, 1995.

ALVES, D. D.; MANCIO, A. B. Maciez da carne bovina: uma revisão. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.14, n.1, p.193-216, 2007.

ANUALPEC. **Anuário da Pecuária Brasileira**: São Paulo: FNP, 2009. 360p.

ANVISA. Alimentos e alimentação - Boletim mensal com os destaques da internet. **Embalagens**. 2008. Disponível em:
<http://www.anvisa.gov.br/ALIMENTOS/alimentacao/2008/info_ali_agosto2008.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2009.

AYMERICH, M.T.; HUGAS, M.; MONFORT, J.M. Review : Bacteriocinogenic lactic acid bacteria associated with meat products. **Food Science and Technology International**, London, v.4, p.141-158, 1998.

AZEVEDO, P. **Embalagem ativa aumenta a vida útil de alimentos**. 2008. Disponível em:
<http://www.cpopular.com.br/cenarioxxi/conteudo/mostra_noticia.asp?noticia=1595735&area=2259&authent=13F437BAFFF8BB143F3071F833BCDF>. Acesso em: 05 ago. 2010.

BACHION, K. G. **Estudo da vida útil da bisteca suína em atmosfera modificada**. 2004. 109p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BALLIN, N.Z.; LAMETSCH, R. Analytical methods for authentication of fresh vs. thawed meat – A review. **Meat Science**, Barking, v.80, p.151-158, 2008.

BANSKALIEVA, V.; SAHLU, T.; GOETSCH, A.L. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.37, p.255-268, 2000.

BARON, C.P.; ANDERSEN, H.J. Myoglobin-Induced Lipid Oxidation. A Review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.50, p.3887-3897, 2002.

BARSANTE, M. Produção de ovinos com tecnologia de baixo custo: A criação de ovinos em um sistema simples de produção, por meio de tecnologias de baixo custo, garante renda ao produtor rural e diversifica a propriedade. **O Berro - Revista Brasileira de Caprinos e Ovinos**, Uberaba, n.137, p.76-81, 2010.

BEKHIT, A.E.D.; FAUSTMAN, C. Metmyoglobin reducing activity. **Meat Science**, Barking, v.71, p.407-439, 2005.

BELCHER, J.N. Industrial packaging developments for the global meat market. **Meat Science**, Barking, v.74, p.143-148, 2006.

BELITZ, H.-D.; GROSCH, W. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza: Acribia, 1997. 1087p.

BERRUGA, M.I.; VERGARA, H.; GALLEGU, L. Influence of packaging conditions on microbial and lipid oxidation in lamb meat. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.57, p.257-264, 2005.

BONAGURIO, S. **Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos**. 2001. 150p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, 2001.

BORCH, E.; KANT-MUERMANS, M.-L.; BLIXT, Y. Bacterial spoilage of meat and cured meat products. **Food Microbiology**, London, v.33, p.103-120, 1996.

BORGES, T.S.B.; FREITAS, A.S. Aplicação do sistema Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) no processamento de carne bovina fresca. **B. CEPPA**, Curitiba, v.20, n.1, p.7, jan./jun. 2002. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/alimentos/article/viewFile/1031/932>> . Acesso em: 27 mar. 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004**. 2004. Disponível em: <<http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=12546>>. Acesso em 09 Mar. 2009.

BRODY, A. L.; STRUPINSKY, E. R.; KLINE, L. R. **Active packaging for food applications**. Lancaster, Pa.: Technomic Pub. Co., 2001. 218p.

BRODY, A.L. et al. Innovative Food Packaging Solutions. **Journal of Food Science**, Chicago, v.73, n.8, p.R107-R116, 2008.

CANHOS, D. A. L.; DIAS, E. L. **Tecnologia de Carne Bovina e Produtos Derivados**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1983. 440p.

CASSENS, R.G. **Meat preservation**: preventing losses and assuring safety. Trumbull: Food & Nutrition Press, 1994. 133p.

CHENG, Q.; SUN, D-W. Factors Affecting the Water Holding Capacity of Red Meat Products: A Review of Recent Research Advances. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.48, p.137-159, 2008.

CHURCH, Developments in modified atmosphere packaging and related technologies. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 5, n. 4, p. 345-352, 1994.

CORRADELO, E.F. **Criação de ovinos**: antiga e contínua atividade lucrativa. 2.ed. São Paulo: Ícone, 1988, 124p.

D'ANGIERI, F.S.; SILVA, J.C.B. Sincronização de cio – Estratégia para aumentar a eficiência reprodutiva em ovinos de corte. **Revista Cabra e Ovelha**, São Paulo, n.41, p.4-7, 2009.

ERICKSON, M.C.; HUNG, Y.-C. **Quality in frozen food**. New York: Chapman & Hall Book, 1997. 479p.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. **Estatísticas FAO**. 2007. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso em: 14 fev. 2010.

FEIJÓ, G. L. D. Embrapa Gado de Corte. **Curso conhecendo a carne que você consome - Qualidade da carne bovina**. 1999. Disponível em: <http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/doc/doc_pdf/DOC077.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2010.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos – princípios e prática**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.

FERNÁNDEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.A. **Food Chemistry**, London, v.59, n.3, p.345-353, 1997.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996. 182p.

FIGUEIRÓ, P.R.P.; BENAVIDES, M.V. **Produção de carne ovina**. In: Sociedade Brasileira de Zootecnia. Caprinocultura e Ovinocultura. Piracicaba: FEALQ, 1990. p.15-31.

FUNDEPEC. **Carne de qualidade**. Disponível em: <<http://www.fundepec.org.br/carnedequalidade/index.asp>>. Acesso em: 16 mar. 2009.

GARCIA DE FERNANDO, G.D. et al. Growth/survival of psychrotrophic pathogens on meat packaged under modified atmospheres. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v.28, p.221-231, 1995.

GARCÍA-ESTEBAN, M.; ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. Comparison of modified atmosphere packaging and vacuum packaging for long period storage of dry-cured ham: effects on colour, texture and microbiological quality. **Meat Science**, Barking, v.67, p.57-63, 2004.

GARCIA-LOPEZ, M.L.; PRIETO, M.; OTERO, A. The physiological attributes of gram-negative bacteria associated with spoilage of meat and products. In: DAVIES, A.; BOARD, R. **The microbiology of meat and poultry**. London: Blackie Academic & Professional, 1998. p.1-34.

GENIGEORGIS, C. A. Microbial and safety implications of the use of modified atmospheres to extend the storage life of fresh meat and fish. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v.1, p.237-251, 1985.

GENOT, C. **Congelación y calidad de La carne**. Zaragoza: Acribia, 2003. 104p.

GEPEO – Laboratório de Ovinocultura da Universidade Federal de Santa Maria. Ovelha rende 5 vezes mais que boi. **O Berro - Revista Brasileira de Caprinos e Ovinos**, Uberaba, n.129, p.60-61, 2009.

GILL, C.O. A Review Intrinsic Bacteria in Meat. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v.47, p.367-378, 1979.

GILL, C. O.; MOLIN, G. Modified atmosphere and vacuum packaging. In: RUSSEL, N. J. GOLD, G. W. (Ed.). **Food preservation**. Glasgow: Scotland; New York: Blackie and AVI, 1991. p.172-199.

GOMES, T. C. **Embalagens - Atmosfera modificada**. 1998. Disponível em: <<http://www.nutrinews.com.br/edicoes/9806/mat0698b.html#m6>>. Acesso em: 26 mar. 2009.

GOÑI, S.M.; SALVADORI, V.O. Prediction of cooking times and weight losses during meat roasting. **Journal of Food Engineering**, Essex, v.100, p.1-11, 2010.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, Barking, v.43, n.S, p.S111-s 123, 1996.

GRACEY, J.F.; COLLINS, D.S.; HUEY, R.J. **Meat hygiene**. 10.ed. San Diego: Elsevier Health Sciences, 1999. 758p.

GUERREIRO, L. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (SBRT): **Dossiê Técnico - Atmosfera Modificada**. 2006. Disponível em: <<http://sbrtv1.ibict.br/upload/dossies/sbrr-dossie20.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2009.

GUILLÉN-SANS, R.; GUZMÁN-CHOZAS, M. The Thiobarbituric Acid (TBA) Reaction in Foods: A Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.38, n.4, p.315-350, 1998.

HARPER, G.S. Trends in skeletal muscle biology and the understanding of toughness in beef. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.50, p.1105-1129, 1999.

HOGAN, J.P.; PETHERICK, J.C.; PHILLIPS, C.J.C. The physiological and metabolic impacts on sheep and cattle of feed and water deprivation before and during transport. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v.20, n.1, p.17-28, 2007.

HOYLAND, D.V.; TAYLOR, A.J. A review of the methodology of the 2-thiobarbituric acid test. **Food Chemistry**, London, v.40, p.271-291, 1991.

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

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Produção da Pecuária Municipal: Rio de Janeiro, IBGE, v.36, 2008. 55p.

JAKOBSEN, M.; BERTELSEN, G. The use of co, in packaging of fresh red meats and its effect on chemical, quality changes in the meat: a review. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v.13, p.143-168, 2002.

JAY, J. M.; LOESSNER, M. J.; GOLDEN, D. A. **Modern food microbiology**. 7.ed. New York: Springer Science, 2005. 790p.

JAYAS, D.S.; JEYAMKONDAN, S. Modified atmosphere storage of grains meats fruits and vegetables. **Biosystems Engineering**, London, v.82, p.235-251, 2002.

JEREMIAH, L. E. Packaging alternatives to deliver fresh meats using short-or long-term distribution. **Food Research International**, Barking, v.34, p.749-772, 2001.

KENNEDY, C.; BUCKLEY, D.J.; KERRY, J.P. Display life of sheep meats retail packaged under atmospheres of various volumes and compositions. **Meat Science**, Barking, v. 68, p.649-648, 2004.

KERRY, J.P.; O'GRADY, M.N.; HOGAN, S.A. Past, current and potential utilization of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: a review. **Meat Science**, Barking, v.74, p.113-130, 2006.

KING, N.J.; WHYTE, R. Does it look cooked? A review of factors that influence cooked meat color. **Journal of Food Science**, Chicago, v.71, n.4, p.R31-R40, 2006.

KNACK, H. São Paulo vai disparando como locomotiva tecnológica na produção de carne. **O Berro - Revista Brasileira de Caprinos e Ovinos**, Uberaba, n.129, p.10-14, 2009.

KOOHMARAIE, M. Biochemical Factors Regulating the Toughening Tenderization Processes of Meat. **Meat Science**, Barking, v.43, n.S, p.S193-S201, 1996.

KRISTENSEN, L.; CHRISTENSEN, M.; ERTBJERG, P. Activities of calpastatin, I-calpain and m-calpain are stable during frozen storage of meat. **Meat Science**, Barking, v.72, p.116-120, 2006.

LABADIE, J. Consequences of packaging on bacterial growth: Meat is an ecological niche. **Meat Science**, Barking, v.52, p.299-305, 1999.

LAMBERT, A.D.; SMITH, J.P.; DODDS, K.L. Shelf life extension and microbiological safety of fresh meat: a review. **Food Microbiology**, London, v.8, p.267-297, 1991.

LAWRIE, R. A. **Ciência da Carne**. 6.ed., Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.

LAWRIE, R.A.; LEDWARD, D.A. **Lawrie's meat science**. 7.ed. Cambridge: CRC Press LLC, 2006. 442p.

LEITÃO, M. F. F. Aspectos microbiológicos das carnes. In: CONTRERAS, C. J. et al. **Higiene e sanitização na indústria de carnes e derivados**. São Paulo: Varela, 2003. Cap.1, p.1-5.

MANCINI, R.A.; HUNT, M.C. Current research in meat color. **Meat Science**, Barking, v.71, p.100-121, 2005.

MANO, S. B.; PEREDA, J. A. O.; FERNANDO, G. D. G. Aumento da vida útil e microbiologia da carne suína embalada em atmosfera modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.1, 2002.

MARAI, I.F.M.; OWEN, J.B. **New techniques in sheep production**. London, Boston: Butterworths, 1987. 292p.

MARTINS, T. R. **Métodos de conservação de alimentos I**. 2008. Disponível em: <<http://aprender.unoeste.br/moodle/mod/forum/discuss.php?d=4088>>. Acesso em: 09 mar. 2009.

MCDONALD, K.; SUN, D.-W. Predictive food microbiology for the meat industry: a review. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v.52, p.1-27, 1999.

MOHANTY, T.R. et al. Molecular and biological factors affecting skeletal muscle cells after slaughtering and their impact on meat quality: a mini-review. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v.21, p.51-78, 2010.

MONTEBELLO, N.P.; ARAÚJO, W.M.C. **Carne & Cia**. 2.ed. Brasília: Senac-DF, 2009. 324p. v.1.

MORENO, G. M. B.; LOUREIRO, C. M. B.; SOUZA, H. B. A. Características qualitativas da carne ovina. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n.381, p.76-90, 2008.

MORRISEY, P. A.; KERRY, J. P. **Understanding and measuring the shelf-life of food**. Cambridge: CRC Press LLC, 2004. 396p.

MORRISEY, P. A. et al. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, Barking, v.49, p.S73-S86, 1998.

MOTA, L. R. **Controle de qualidade de embalagens flexíveis para biscoitos**. 2004. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2004.

MUCHENJE, V. et al. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. **Food Chemistry**, London, v.112, p.279-289, 2009.

MUELA, E. et al. Effect of freezing method and frozen storage duration on instrumental quality of lamb throughout display. **Meat Science**, Barking, v.84, p.662-669, 2010.

MULLAN, W.M.A. **Science and technology of modified atmosphere packaging**. 2002. Disponível em: <<http://www.dairyscience.info/index.php/packaging-/117-modified-atmosphere-packaging.html>>. Acesso em: 23 jul. 2009.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger princípios de bioquímica**. 4.ed. São Paulo: Sarvier, 2006. 1202p.

NOGUEIRA, E. A.; JUNIOR, S. N. **Ovinos e caprinos avançam em São Paulo**. Instituto de Economia Agrícola – APTA. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/OUT/verTexto.php?codTexto=4136>>. Acesso em: 19 dez. 2008.

NOWAK, B. et al. Trends in the production and storage of fresh meat: the holistic approach to bacteriological meat quality. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.41, p.303-310, 2006.

NUTE, G.R. et al. Effect of dietary oil source on the flavour and the colour and lipid stability of lamb meat. **Meat Science**, Barking, v.77, p.547-555, 2007.

ORDÓÑEZ, J.A.P. et al. **Tecnologia de alimentos**: alimentos de origem animal. Porto Alegre: Artmed, 2005a. Cap.3; 10, 279p. v.1.

ORDÓÑEZ, J.A.P. et al. **Tecnologia de Alimentos**: alimentos de origem animal. Porto Alegre: Artmed, 2005b. Cap.9, 294p. v.2.

OSÓRIO, J.C.S.; OSÓRIO, M.T.M. Calidad y sus determinantes en la cadena productiva y comercial de la carne ovina. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, n.3, p.251-256, 2006.

PAINE, F. A.; PAINE H.Y. **A Handbook of Food Packaging**. Glasgow: UK, 1992. 497p.

PARDI, M.C. et al. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 2.ed. Goiânia: UFG, 2006. 624p. v.1.

PARK, K.M. et al. Molecular and biological factors affecting skeletal muscle cells after slaughtering and their impact on meat quality: a mini review. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v.21, p.280-307, 2010.

PHILLIPS, C.A. Review: modified Atmosphere Packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.31, p.463-479, 1996.

PINHEIRO, R. S. B. et al. Características sensoriais da carne de cordeiros não castrados, ovelhas e capões. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.9, n.4, p.788, 2008. Disponível em: <<http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/viewArticle/1098>>. Acesso em: 19 dez. 2010.

PINHEIRO, R.S.B. et al. Qualidade de carnes provenientes de cortes da carcaça de cordeiros e de ovinos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.9, p.1790-1796, 2009.

PORTO, E. **Resfriamento e congelamento na indústria da carne – Aspectos microbiológicos da refrigeração**. Campinas: CTC/ITAL, 1996. p.1-3; 6.

PORTO, E. Microbiologia de carnes. In: CASTILLO, C. J. C. **Qualidade da carne**. São Paulo: Varela, 2006. Cap.6, p.101-131.

PRÄNDL, O. et al. **Tecnología e higiene de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1994. 854p.

RAHARJO, S.; SOFOS, J.N. Methodology for Measuring Malonaldehyde as a Product of Lipid Peroxidation in Muscle Tissues: A Review. **Meat Science**, Barking, v.35, p.145-169, 1993.

RICCIARDI, A. Embalagens de cárneos. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n. 376, p.39-40, 2008.

ROBERTSON, G. L. **Food packaging: Principles and Practice**. New York: Marcel Drekker, 1993. 680p.

ROÇA, R. O. **Microbiologia da carne**. Disponível em: <<http://pucrs.campus2.br/~thompson/TPOA-Carne/Roca106.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2009.

ROSA, A. F. **Estudo proteômico do efeito da atmosfera modificada na estabilidade da cor e na vida útil da carne suína acondicionada em embalagens de transporte tipo *masterpack* sob refrigeração**. 2009. 126p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

SANTOS, S. F. et al. Avaliação do efeito da atmosfera modificada nos níveis de oxidação durante o armazenamento de carne suína porcionada e refrigerada. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 15., 2007, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: USP, 2007.

SANTOS, J.A. Muito espaço para crescer. **A granja do ano**, Porto Alegre, n.23, p.76-77, 2009.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; OLIVEIRA, L.M.; CANAVESI, E. **Requisitos de Conservação de Alimentos em Embalagens Flexíveis**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 213p.

SEABRA, L. M. A. J. et al. Fécula de mandioca e farinha de aveia como substitutos de gordura na formulação de hambúrguer de carne ovina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.3, p.244-246, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v22n3/v22n3a08.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2009.

SEBRAE. **Manual de boas práticas para ovinos de corte**. São José do Rio Preto: ANPOVINOS, 2009.

SELGAS, D. et al. Attachment of Bacteria to Meat Surfaces: A Review. **Meat Science**, Barking, v.34, p.265-273, 1993.

SHERIDAN, J. J. et al. HARRINGTON, D. The Effect of Vacuum and Modified Atmosphere Packaging on the Shelf-life of Lamb Primals, Stored at Different Temperatures. **Meat Science**, Barking, v.45, p.107-117, 1997.

SILVA, L. F.; PIRES, C. C. Avaliações Quantitativas e Predição das Proporções de Osso, Músculo e Gordura da Carcaça em Ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa**, v. 29, n. 4, p. 1253-1260, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v29n4/5643.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2008.

SIQUEIRA, E.R. Raças ovinas e sistemas de produção. In: CURSO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA EM PRODUÇÃO DE OVINOS, 1., 1990, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1990. p.01-09.

SOBRINHO, A.G.S. **Criação de ovinos**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 302p.

SOFT@POST. **Absorvedor de oxigênio**. Disponível em: <http://www.softpost.com.br/produtos.php?id_noticia=30>. Acesso em: 05 ago. 2010.

SØRHEIM, O. et al. Effects of modified gas atmosphere packaging on pork loin colour, display life and drip loss. **Meat Science**, Barking, v.43, p.203-212, 1996.

SPEEDY, A.W. **Progress in sheep and goat research**. Oxon: C a B International, 1992. 280p.

TAURO, P.; KAPOOR, K.K.; YADAV, K.S. **An introduction to microbiology**. New Delhi: New Age International, 1986. 412p.

TECNOPACK Ltda. **Atmosfera modificada - o processo e as suas vantagens**. 2004. Disponível em: <<http://www.tecnopack.pt/AtmMod.htm>>. Acesso em: 26 mar. 2009.

TEIXEIRA, T. Procura-se carne ovina: O aumento da demanda por carne de ovinos leva setor a incentivar criação no Brasil - Principal fornecedor, o Uruguai, abandonou o mercado brasileiro. **A granja do ano**, Porto Alegre, n.25, p.74-75, 2010.

TERLOUW, C. Stress reactions at slaughter and meat quality in pigs: genetic background and prior experience a brief review of recent findings. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.94, p.125-135, 2005.

TOLDRÁ, F. **Handbook of meat processing**. Ames: Wiley-Blackwell, 2010. 584p.

TRINDADE, M. A.; FREIRE, M. T. A.; OLIVEIRA, J. S. Diagnóstico dos pontos críticos e avaliação das perspectivas para estudos relativos ao abate, processamento e embalagem da carne de ovinos. In: CARRER, C. C. **A cadeia de negócios da ovinocultura de corte paulista: diagnóstico de pontos críticos e proposta de estruturação técnica e mercadológica**. Pirassununga: Lawbook, 2009. Cap.2, p.62-66. v.1.

URBAIN, W.M.; CAMPBELL, J.F. La conservación de la carne. In: PRICE, J.F.; SCHWEIGERT, B.S. **Ciencia de la carne y de los productos carnicos**. 2.ed. Zaragoza: Acribia, 1994. Cap.10, p.337-375.

VARNAM, A.H.; SUTHERLAND, J.P. **Meat and meat products: Technology, chemistry and microbiology**. London: Chapman & Hall, 1995. 430p. v.3.

VERGARA, H.; GALLEGU, L. Effects of gas composition in modified atmosphere packaging on the meat quality of Spanish Manchega lamb. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.81, p.1353-1357, 2001.

VIANA, J.G.A. Panorama Geral da Ovinocultura no Mundo e no Brasil. **Revista Ovinos**, Porto Alegre, n.12, 2008.

WARRISS, P.D. **Meat science: An introductory text**. Cambridge: CABI Publishing, 2004. 310p.

WARRISS, P.D. **Meat science: An introductory text**. 2 ed. Cambridge: CABI Publishing, 2010. 234p.

WILSON, A. **Wilson's practical meat inspection**. 7.ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2005. 306 p.

WISMER-PEDERSEN, J. Química de los tejidos animales. In: PRICE, J.F.; SCHWEIGERT, B.S. **Ciencia de la carne y de los productos carnicos**. 2.ed. Zaragoza: Acribia, 1994. Cap.3, p.125-138.

WOOD, J.D. et al. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**, Barking, v.78, p.343-358, 2008.

ZAYAS, J.F. **Functionality of proteins in food**. Berlin: Springer, 1997. 373p.

ZEOLA, N. M. B. L. et al. Avaliação da injeção de cloreto de cálcio nos parâmetros qualitativos da carne de ovelha. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n. 3, p. 361, 2005. Disponível em: <<http://www.ufpel.tche.br/faem/agrociencia/v11n3/artigo17.pdf>>. Acesso em: 19 dez. 2010.

ZHOU, G.H.; XU, X.L.; LIU, Y. Preservation technologies for fresh meat – A review. **Meat Science**, Barking, v.86, p.119-128, 2010.

CAPÍTULO II

RESUMO

FERNANDES, R.P.P. **Avaliação da estabilidade física e química e microbiológica de carne ovina embalada a vácuo estocada sob refrigeração e congelamento**. 2011. 170p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

O Brasil vem experimentando nos últimos anos um expressivo aumento da produção, oferta e consumo de carne ovina. A carne ovina é comercializada atualmente em sua quase totalidade na forma congelada, sendo que a maioria dos produtores estabelece validade de 12 meses para estes produtos. No entanto, praticamente não existem estudos no país sobre possíveis alterações na qualidade desta carne durante o armazenamento congelado. Por outro lado, com a tendência atual de maior procura por produtos de conveniência, vislumbra-se a necessidade do mercado começar a ofertar a carne ovina na forma de cortes refrigerados. Porém, além de um período com vida útil muito menor se comparada com a carne congelada, que pode permanecer estocada por vários meses, o produto refrigerado é susceptível a maiores alterações, que comprometem suas características físicas e químicas e microbiológicas. Diante disto, surge o desafio de se verificar possíveis alterações que esta carne poderia sofrer durante seu armazenamento, tanto na forma congelada quanto refrigerada. Visando contribuir para o fortalecimento da cadeia da ovinocultura no país, através da garantia de qualidade de seus produtos, este trabalho teve como objetivo avaliar a estabilidade e segurança da carne ovina (lombo sem osso) quando estocada sob refrigeração e congelamento. A carne ovina foi embalada a vácuo em filmes plásticos multicamadas de alta barreira e armazenada sob duas condições diferentes: 1) durante 28 dias sob refrigeração ($4\pm1^{\circ}\text{C}$) e 2) durante 12 meses de armazenamento congelado ($-18\pm1^{\circ}\text{C}$). A estabilidade das carnes durante o armazenamento foi avaliada por meio de análises físicas e químicas (oxidação lipídica, cor objetiva, valor de pH, composição centesimal, perda de água por cocção e textura instrumental), microbiológicas (contagem total de psicotróficos anaeróbios, coliformes termotolerantes a 45°C , estafilococos coagulase positiva e presença de *Salmonella*) e sensorial (teste de aceitação e avaliação visual). O experimento foi conduzido em triplicata para cada

temperatura de armazenamento. A carne ovina embalada a vácuo, tanto aquela armazenada sob refrigeração quanto sob congelamento, apresentou-se estável com relação à maioria dos índices físicos e químicos avaliados e dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira para microrganismos patogênicos durante todo o período. Em relação à estocagem sob congelamento, mesmo com uma redução significativa da maciez (de 3 para 8 Kg), o lombo permaneceu sensorialmente aceitável, em todos os atributos, inclusive a textura, com notas em torno de 7 (“gostei moderadamente”) durante os 12 meses de armazenamento. Portanto, é possível afirmar que a carne de cordeiro apresenta vida de prateleira de no mínimo 12 meses quando armazenada à -18°C. Na avaliação da estabilidade do lombo ovino refrigerado, detectou-se um aumento elevado das contagens de microrganismos psicrotróficos anaeróbios, atingindo valores da ordem de 10^7 UFC/g amostra já aos 14 dias. Esta carne foi avaliada sensorialmente apenas em relação aos atributos cor, aparência geral e aroma, não sendo consumida pelos provadores. Mesmo considerando as elevadas contagens de microrganismos psicrotróficos, os consumidores não detectaram alterações significativas nos atributos sensoriais avaliados durante o período de armazenamento. Assim, é possível considerar uma vida útil para o lombo ovino armazenado a 4°C de no mínimo 28 dias.

Palavras-chave: cordeiro, *Longissimus dorsi*, armazenamento, vida de prateleira, teste de aceitação.

ABSTRACT

FERNANDES, R.P.P. **Evaluation of physical and chemical stability and microbiological analysis of vacuum packed sheep meat stored under refrigeration and freezing.** 2011. 170p. Dissertation (Master) – College of Animal Science and Food Engineering of University of São Paulo, Pirassununga, 2011.

Brazil has been experiencing in recent years, a significant increase in production, supply and consumption of lamb meat. Lamb is commercialized today almost entirely in frozen form, most producers establishing a shelf life of 12 months for these products. However, there are very few studies in the country about possible changes in the quality of lamb meat during frozen storage. Additionally, considering the current trend to greater demand for convenience products, it becomes more evident the need of availability of chilled cuts of lamb meat in the market. On the other hand, it has to be considered that the refrigerated product is more sensitive to physical, chemical and microbiological changes, when compared to the frozen product. This scenario shows the great importance of evaluating the possible changes of lamb meat when submitted to freezing and chilling processing. In order to contribute to the strengthening of the sheep industry chain in the country and to assure the quality of their products, the objective of this study was to evaluate the stability and safety of sheep meat (boneless loin) when stored under refrigeration and freezing. The lamb meat was vacuum packed in high barrier multilayer plastic films and stored under two different conditions: 1) during 28 days under refrigeration ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$) and 2) during 12 months under frozen storage ($-18\pm 1^{\circ}\text{C}$). The stability of meat was followed through physical and chemical (lipid oxidation, objective color, pH value, chemical composition, cooking losses and instrumental texture), microbiological (total count of psychrotrophic, coliform count at 45°C , coagulase-positive staphylococci and the presence of *Salmonella*) and sensory analysis (acceptance test and visual evaluation). The experiment was carried out in triplicate for each storage temperature. The vacuum packed lamb meat, both stored under refrigeration and freezing, remained stable as to most physical and chemical indexes. Microbiological indexes showed good stability throughout the storage period according to Brazilian legislation standards to pathogenic microorganisms. Although frozen loin exhibited a

significant reduction in tenderness (3 to 8 Kg), it showed a good sensorial acceptance for all attributes tested, including texture, with scores of around 7 (like moderately) during the 12 months of storage. Therefore, it can be said that the lamb meat presents a shelf life of at least 12 months when stored at -18°C. In relation to the stability evaluation of chilled sheep loin, it was detected a high increase of counts for psychrotrophic anaerobes microorganisms, reaching around 10^7 CFU/g sample at 14 days storage. For this reason, the meat was sensoryally evaluated only in relation to the attributes color, overall appearance and flavor. Even considering the high counts of psychrotrophic microorganisms, pannelists did not detect significant changes in sensoryal attributes during the storage period. Thus, it is possible to consider a shelf life of, at least, 28 days for the sheep loin stored at 4°C.

Key-words: lamb, *Longissimus dorsi*, storage, shelf life, acceptance test.

1 INTRODUÇÃO

Mundialmente, a carne ovina representa aproximadamente apenas 7% de toda a carne produzida, sendo que os maiores exportadores são Nova Zelândia e Austrália e os maiores importadores são os países do Sudeste da Ásia e Norte da África. Mesmo possuindo um clima favorável e um pasto altamente produtivo, o Brasil ainda continua sendo um país importador principalmente do Uruguai, Argentina, Chile e Nova Zelândia, e possui um grande potencial para ampliar sua produção interna e para ser um grande produtor e exportador. No Brasil, o consumo per capita anual gira em torno de 0,7 Kg (FAO, 2007; MORENO, LOUREIRO e SOUZA, 2008; GEPEO, 2009; SANTOS, 2009).

Apesar do consumo ainda pouco expressivo, verifica-se que atualmente, a carne de ovinos vem sendo cada vez mais procurada por um mercado consumidor que paulatinamente vem se tornando cada vez mais exigente em relação à qualidade, e conseqüentemente acaba disputando cortes padronizados desta espécie animal, particularmente em áreas que compreendem a população de maior poder aquisitivo. Neste contexto, os frigoríficos investem na oferta de cortes e produtos cárneos diferenciados para atender à esta crescente demanda (SANTOS, 2009).

A maior oferta poderá provavelmente ampliar o consumo para outras camadas da população e aumentar o hábito de compra deste tipo cárneo em decorrência à uma maior aceitabilidade pelo mercado consumidor, elevando também o consumo médio brasileiro. Este incremento também poderá beneficiar a exportação para países produtores, incluindo o Brasil, já que atualmente a criação de ovinos está sendo bem mais explorada nas diversas regiões brasileiras, tornando-se uma nova alternativa para o produtor rural. O rebanho ovino no Brasil é atualmente distribuído da seguinte maneira: 49% na região Nordeste, 40% no Sul, 4,9% no Centro-Oeste e uma pequena parcela representada por 2,8% no Sudeste (OLIVEIRA et al., 2002; NOGUEIRA e JUNIOR, 2008; VIANA, 2008).

Os ovinos são animais que se adaptam facilmente a vários ambientes, são precoces sexualmente e atingem peso de abate em pouco tempo, ou seja, produzem uma grande quantidade de carne rapidamente. Se essas características forem associadas à capacidade produtiva de grãos e forrageiras, a produção de

carne de ovinos no Brasil apresentará uma situação favorável. No entanto, considerando os vários segmentos produtivos, é importante pensar numa produção de carne que atenda tanto aos interesses do produtor quanto do consumidor. O produtor precisa ter uma produção maximizada e o consumidor um produto de boa qualidade, tanto nutricional quanto sensorialmente, que incentivem o consumo (BONAGURIO, 2001; SEABRA et al., 2002).

Em geral, a carne, apesar de ser uma excelente fonte de proteínas com um alto valor biológico e alta disponibilidade de aminoácidos, pode ser influenciada por fatores do pré-abate, como por exemplo, raça, sexo, idade, entrada dos animais no matadouro e etapa de repouso, e do período *post-mortem*, principalmente temperatura e tempo de estocagem, que podem alterar a composição química e também as características tecnológicas e sensoriais (PRIETO et al., 2009; MOHANTY et al., 2010). Além disto, boas práticas de manejo durante todas as fases do sistema de criação garantem um alto potencial produtivo, asseguram o bem-estar e conseqüentemente melhores resultados econômicos e a agregação da qualidade da carne que será destinada ao consumidor final (OLIVEIRA, BORTOLI e BARCELLOS, 2008), que está cada vez mais preocupado em relação à sua saúde (OSÓRIO e OSÓRIO, 2006) e zela por um produto com um baixo teor de gordura (STANFORD, JONES e PRICE, 1998).

Apesar do progressivo aumento do consumo, a carne ovina é comercializada, na maioria dos casos, principalmente no Estado de São Paulo, na forma congelada. Com a tendência atual de maior procura por produtos de conveniência, vislumbra-se a necessidade do mercado começar a ofertar a carne ovina na forma de cortes refrigerados. Porém, além de um período com vida útil muito menor se comparada com a carne congelada, que pode permanecer estocada por vários meses, o produto refrigerado é susceptível a alterações, que comprometem suas características físicas e químicas e microbiológicas. Apesar disto, o consumidor possui um grande interesse por carnes refrigeradas, principalmente pela rapidez e conveniência durante o preparo. No entanto, quando pretende comprar carne para armazenamento em um período de tempo maior, esta deve permanecer congelada para que suas características sejam mantidas (FUNDEPEC, 2009).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade física e química, microbiológica e sensorial da carne ovina quando 1) Estocada congelada em condições comerciais (1 ano à temperatura de $-18\pm 1^{\circ}\text{C}$), para avaliação da

estabilidade e manutenção da qualidade durante o período estudado, e 2) armazenada sob refrigeração ($4\pm1^{\circ}\text{C}$) por 28 dias, visando possibilitar uma comercialização segura e conveniente ao consumidor final que requer praticidade. Esta pesquisa se apresenta como uma fonte relevante e necessária de informações, visando favorecer o crescimento e fortalecimento da cadeia da ovinocultura no Brasil. Cabe mencionar que são raros os estudos realizados no país sobre a qualidade e, principalmente, sobre a estabilidade da carne ovina durante seu armazenamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matérias-primas

Para o experimento com amostras congeladas, foram adquiridos os lombos (*Longissimus dorsi*) de 12 animais provenientes do cruzamento Santa Inês com Dorper abatidos com 5 a 6 meses de idade, submetidos às mesmas condições ambientais e de confinamento e com peso vivo na faixa de 35 a 40 Kg. Os animais foram pesados em jejum e dieta hídrica de 12 horas e o abate foi realizado no matadouro-escola (ME) pertencente à Coordenadoria do Campus Administrativo de Pirassununga (CCPS), seguindo-se condições de abate humanitário. Posteriormente, as carcaças permaneceram em câmara fria a uma temperatura entre 0 e 2°C por um período de 24 horas. Após esse tempo, as carcaças foram encaminhadas para a sala de desossa climatizada (12°C) e divididas em duas meias carcaças, sendo feitos os cortes entre a 1ª e 6ª vértebras lombares (*Longissimus lumborum*) e entre a 6ª e 13ª vértebras torácicas (*Longissimus thoracis*).

Os lombos foram desossados, limpos, cortados em 3 partes por repetição, sendo os primeiros cortes identificados como lombares e os segundos, após divisão simétrica, como médios e dorsais. Os lombares esquerdos foram submetidos à análise de textura e perda de água por cocção (PAC); lombares direitos à análise sensorial; dorsais esquerdos para microbiologia e médios esquerdos para cor, pH e TBARS. Logo em seguida as amostras foram embaladas a vácuo, em sacos

plásticos contendo 4 camadas à base de EVA (etini-vinil-acetato), adesivo e selante com dimensões de 200mm x 310mm (Código B530FZ, Marca CRYOVAC), e armazenadas à temperatura de $-18\pm1^{\circ}\text{C}$ em freezer (Modelo Frost Free eletrônico 280 Flex, Marca BRASTEMP).

Segundo o fabricante, as embalagens apresentavam as seguintes características: Espessura de 46 a 60 μm ; taxa de permeabilidade máxima ao O_2 de $4500\text{ cm}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ (1 atm/ 23°C /0% UR) e taxa de permeabilidade máxima ao vapor d'água $45\text{ gH}_2\text{O}/\text{m}^2.\text{dia}$ (1 atm/ 38°C /90% UR).

As análises para a avaliação da estabilidade das carnes estocadas sob congelamento lento a $-18\pm1^{\circ}\text{C}$ foram realizadas a cada 4 meses, totalizando 4 pontos (intervalos), correspondentes aos tempos consecutivos de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses). As amostras foram descongeladas a uma temperatura de 4°C por 24 horas antes da realização das análises físicas e químicas, microbiológicas e sensorial, sendo que para cada tempo de estocagem foram analisadas em triplicata.

Em relação ao experimento de estocagem refrigerada, as amostras sem osso foram adquiridas do Matadouro-Frigorífico Clube do Cordeiro, localizado em Itapira - São Paulo, sendo obtidos lombos desossados, oriundos de cortes realizados entre a 1ª e 6ª vértebras lombares (*Longissimus lumborum*), de 60 carcaças de cordeiros mestiços com aproximadamente 5 a 6 meses de idade (Figura 1). Estas amostras foram embaladas a vácuo em equipamento próprio do frigorífico (Modelo RV405, Marca RMB VAC) em sacos de filmes plásticos termoencolhíveis alta barreira contendo 7 camadas à base de EVA, PVDC (policloreto de vinilideno), adesivo e selante com dimensões de 150 x 310 mm (Código BB2800, Marca CRYOVAC), sendo armazenadas durante um período de 28 dias. De acordo com o fabricante, as principais propriedades desta embalagem multicamadas são: Espessura de 48 a 62 μm ; taxa de permeabilidade máxima ao O_2 de $25\text{ cm}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ (1 atm/ 23°C /0% UR) e taxa de permeabilidade máxima ao vapor d'água $10\text{ gH}_2\text{O}/\text{m}^2.\text{dia}$ (1 atm/ 38°C /90% UR).

Após serem embaladas, as amostras foram estocadas em temperatura de $4\pm1^{\circ}\text{C}$ em incubadora B.O.D. (Modelo MA 415, Marca Marconi). As análises para determinação da estabilidade da carne submetida a refrigeração foram realizadas a cada 7 dias, durante 28 dias, totalizando 5 pontos de análises, sendo as amostras avaliadas em triplicata.

Figura 1 – Carcaças utilizadas para obtenção dos lombos para o experimento.

2.2 Avaliação dos lombos ovinos

As análises tanto das amostras submetidas ao congelamento, quanto às mantidas sob refrigeração, foram conduzidas nos laboratórios de Qualidade e Estabilidade de Carnes e Produtos Cárneos, de Tecnologia de Sistemas de Embalagem (LATSE), de Bioprocessos, de Biotecnologia Ambiental, Planta Piloto de Processamento de Alimentos, de Produtos Funcionais, Sistemas de Embalagem e Tecnologia de Alimentos (LTA) disponíveis no Departamento de Engenharia de Alimentos (ZEA), Multiusuário de Análise de Alimentos e de Análise Sensorial, pertencentes à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), da Universidade de São Paulo (USP).

2.2.1 Análises microbiológicas

Foram realizadas as análises de contagem total de microrganismos psicrotróficos anaeróbios de acordo com a metodologia descrita por Vanderzant e Splittstoesser (1992) e os outros microrganismos através da A.O.A.C (2007). A *Salmonella* foi determinada através de método rápido a partir de pré-enriquecimento (A.O.A.C. 2003.09), estafilococos coagulase positiva pelo método A.O.A.C. 2003.11 e coliformes termotolerantes a 45°C, através de A.O.A.C. 998.08.

A abertura das embalagens, a retirada, a pesagem da unidade analítica e toda inoculação foram realizadas no interior de câmara de fluxo laminar, e todos os instrumentos e utensílios foram mergulhados em etanol 70% e flambados no momento do uso (SILVA et al. 2007). Foram retiradas, assepticamente, 25 g da amostra em pedaços pequenos de diversos pontos superficiais inferiores e superiores da amostra, sendo estes homogeneizados em saco estéril juntamente a 225 mL de água peptonada previamente esterilizada, sendo esta a diluição 10^{-1} . As diluições decimais seriadas foram preparadas transferindo-se 1 mL da anterior a um tubo com 9 mL de água peptonada e cada diluição foi plaqueada em duplicata.

2.2.1.1 *Contagem total de microrganismos psicrotróficos anaeróbios*

As placas contendo Ágar Padrão de Contagem foram previamente preparadas e a inoculação das amostras foi feita por plaqueamento em superfície (duplicata) de 0,1 mL de cada diluição, com o auxílio de uma alça de Drigalsky. As placas invertidas foram incubadas a 20°C por 72 horas em jarros (Marca Probac) contendo sistemas geradores de anaerobiose, e os resultados foram expressos em UFC/g de amostra.

2.2.1.2 *Coliformes termotolerantes a 45°C*

Para a determinação de coliformes foi utilizado como meio de cultura as placas Petrifilm™ (Marca 3M). Na inoculação dos meios as placas foram dispostas sobre superfícies planas, levantando-se o filme superior da placa e inoculando 1 ml da diluição das amostras. Ao baixar lentamente o filme superior, o líquido se espalhou por toda a superfície da placa, evitando-se com isso o espalhamento do líquido sobre a espuma do meio. Após o preparo dos meios, estes ficaram em repouso por no mínimo 10 minutos com o objetivo de estabilizar os filmes, e posteriormente foram incubados a $44\pm 1^{\circ}\text{C}$, por 24 ± 2 horas. Após este período foi observado se ocorreu a formação ou não de colônias nas placas. Em presença de colônias e após a contagem destas, as placas deveriam ser novamente incubadas por mais 24 horas com o intuito de observar o desenvolvimento de novas colônias.

2.2.1.3 *Estafilococos coagulase positiva*

Para a sua determinação utilizou-se como meio de cultura as placas Petrifilm™ Staph Express (Marca 3M). A inoculação foi realizada em superfície plana, levantando o filme superior, sendo colocado no centro do filme 1 mL da amostra previamente preparada. O filme superior foi solto por cima da amostra, sendo pressionado levemente para que houvesse a formação do gel e distribuição do inóculo sobre a área. Posteriormente as placas foram incubadas em temperatura entre 35 a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 2 horas. Após este período observou-se a ocorrência da formação ou não de colônias nas placas, sendo que em ausência de proliferação, o teste deveria ser finalizado. Em presença de colônias vermelho-violetas, estas foram contadas como *Staphylococcus aureus*. Já no caso de multiplicação de colônias mistas (vermelho-violetas, pretas e/ou azuis-esverdeadas) foi realizada uma confirmação com a colocação de Disco Petrifilm™ Staph Express (Marca 3M) nas próprias placas, sendo estas incubadas novamente por 1 a 3 horas na mesma

temperatura citada anteriormente. Após este período, somente colônias com desenvolvimento de halos rosados deveriam ser contadas e identificadas como *S Staphylococcus aureus*.

2.2.1.4 Salmonella

A análise de *Salmonella* foi feita através do BAX®System (Marca Dupont/Qualicon), baseado na automação das análises de alimentos por Reação de Polimerase em Cadeia (PCR). A detecção, considerada definitiva, é baseada na análise de DNA sem a necessidade da realização de testes bioquímicos ou imunológicos. O “kit” completo possui todos os reagentes na forma de tabletes, que requer um período de enriquecimento, seguida da lise e aplicação do PCR, que necessita de 4 horas adicionais (KUSHIDA, 2005).

O pré-enriquecimento da amostra foi realizado a partir da incubação de 25 gramas de amostra em 225 mL de água peptonada 1% (diluição 10^{-1}) por 18 a 24 horas a 35°C. Após esse período, foram transferidos 5µL de cada amostra para tubos *ependorf* estéreis contendo 200µl de tampão de lise e 2,5µl de protease. Os tubos foram fechados e submetidos à extração do DNA em duas etapas, que consiste inicialmente no rompimento da parede celular realizada quando colocados em blocos aquecedores a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 20 minutos, e posteriormente à liberação do DNA que ocorre ao serem submetidos ao bloco em temperatura de $95\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 10 minutos (KUSHIDA, 2005).

Em seguida os tubos foram transferidos para um bloco de resfriamento por 5 minutos para interromper o processo enzimático. A partir deste momento as amostras eram denominadas de “lisado” e poderiam ser refrigeradas e submetidas ao final do ensaio do processo de PCR em até 72 horas. Foi realizada a transferência de 50 µl deste “lisado” para tubos *ependorf* contendo tabletes de PCR (primers + nucleotídeos + Taq polimerase + corante Syber Green), que foram fechados com tampas ópticas e imediatamente levados em “racks” para o termociclador em que ocorre um aumento exponencial do DNA a partir de ciclos de desnaturação, anelamento e extensão para a demonstração dos resultados após 3,5

horas. Em caso de resultado positivo para a presença de *Salmonella* no BAX® System, o mesmo deveria ser confirmado pelo método tradicional (KUSHIDA, 2005).

2.2.2 Análises físicas e químicas

2.2.2.1 Análise de cor objetiva

As amostras foram submetidas à avaliação de cor utilizando-se um colorímetro portátil (Modelo MiniScan XE, Marca HunterLab), através da escala L^* , a^* e b^* do sistema de avaliação CIELab, utilizando-se o iluminante D_{65} , ângulo de observação de 10° e abertura de célula com 30 mm, para cálculo dos valores L^* (teor de luminosidade), a^* (teor de vermelho) e b^* (teor de amarelo) médios de 6 leituras em pontos distintos, após 30 minutos de exposição da superfície das amostras ao ar atmosférico.

2.2.2.2 Análise de pH

As medições de pH foram realizadas com os lombos anteriores através de pHmetro (Modelo HI 99163, Marca HANNA) com eletrodo combinado para leitura em triplicata com perfuração de 3 pontos de cada repetição. O equipamento foi calibrado antes do uso, utilizando-se solução tampão 4,1 e 7,1, sendo feita a limpeza do eletrodo com água destilada entre as amostras e após a realização das leituras.

2.2.2.3 *Oxidação lipídica – Análise de TBARS*

As mesmas amostras utilizadas anteriormente foram submetidas à avaliação da extensão da oxidação lipídica através do teste de TBARS (substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico), em que o malonaldeído, produto de oxidação lipídica obtido a partir da destilação, vai promover uma reação com o ácido tiobarbitúrico sob aquecimento e produzir um líquido de coloração rósea (BACHION, 2004). Para isto, o método de Vyncke (1970) foi utilizado para medir o desenvolvimento de TBARS e os resultados foram expressos em mg de malonaldeído/Kg de amostra.

Para a realização das análises inicialmente foi preparada uma solução de ácido tricloroacético (TCA) 7,5% (Marca Synth) adicionado de 0,1% de sal dissódico (EDTA) (Marca Synth) e 0,1% de n-propilgalato (Marca Synth), e uma solução de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) 0,02 M (Marca Fluka). Cada uma das amostras foi previamente triturada em processador de alimentos (Modelo RI7620, Marca PHILIPS WALITA) por um tempo de 1,5 minutos. Em seguida, 5 g de cada uma das amostras em triplicata foi pesada em balança semi-analítica (Modelo BL3200H, Marca SHIMADZU) e em posteriormente foram homogeneizadas com 25 mL de solução de TCA 7,5% em homogeneizador Turrtec (Modelo TE-102, Marca TECNAL) a 14.000 rpm. A solução foi filtrada em papel filtro de 125 mm de diâmetro n.º 1 (Marca WHATMAN) e deste filtrado era retirado 5 mL que era colocado em tubos de ensaio em duplicata juntamente com 5 mL de TBA. Os tubos foram submetidos ao agitador magnético (Modelo MA 085, Marca MARCONI) e colocados em banho ultratermostatizado (Modelo MA-184, Marca MARCONI) por 40 minutos a uma temperatura de 98°C. Após este tempo, os tubos eram esfriados por 10 minutos em água corrente e eram feitas as leituras de absorbância em espectrofotômetro (Modelo SP-22, Marca BIOSPECTRO) a 538 nm. Além disto, a curva padrão foi preparada com solução padrão de tetraetoxipropano (TEP) em concentrações na faixa de 0,01 a 5 mL em duplicata.

2.2.2.4 *Determinação da composição centesimal*

A metodologia oficial da A.O.A.C. (2007) foi utilizada para determinação de umidade (950.46), resíduo mineral fixo ou cinzas (920.153) e proteínas (981.10). O teor de lipídeos foi determinado pelo método Bligh Dyer (1959).

Para a realização da análise de composição da carne, no caso das amostras que estavam congeladas, foram utilizados os cortes dorsais direitos das carcaças 3 e 12 e médios direitos das carcaças 6 e 9, totalizando aproximadamente 600 gramas de carne. Já para os cortes resfriados, foram congeladas 3 amostras de lombos embalados a vácuo no dia da desossa, em mesma quantidade já citada anteriormente. As análises foram realizadas em triplicata.

2.2.2.4.1 Umidade

As amostras foram descongeladas à uma temperatura de $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ por um período de 24 horas. Em seguida, foram previamente trituradas com o exsudado em processador de alimentos (Modelo RI7620, Marca PHILIPS WALITA). As amostras foram pesadas em triplicata em placas de Petri identificadas e taradas em balança analítica (Modelo AX 200, Marca Shimadzu). Nestas, foram pesadas de 4 a 5 gramas e o restante das amostras, colocadas em outras 10 placas de Petri previamente limpas e secas para a secagem da amostra que seria utilizada posteriormente para a determinação dos outros componentes. A carne foi espalhada no fundo das placas com o uso de uma espátula de metal, e colocadas em estufa à 105°C , sendo feita a pesagem em intervalos pré-determinados de tempo, até que a diferença de massa entre duas pesagens sucessivas não excedesse 0,1% da massa da amostra.

2.2.2.4.2 Cinzas

Cadinhos de cerâmica foram lavados e calcinados por um período de 24 horas em mufla (Modelo MA 385, Marca MARCONI) à 550°C. Após este procedimento, foram pesados em balança analítica (Modelo AX 200, Marca Shimadzu) e em seguida, tarados para a adição de 1 a 1,5 gramas da matéria orgânica seca. Os cadinhos foram colocados em mufla à temperatura de 550°C até os resíduos se tornarem brancos, para posterior pesagem em balança analítica e cálculo da quantidade de minerais totais presentes.

2.2.2.4.3 Lipídeos

A determinação de lipídeos foi realizada através do método de Bligh e Dyer (1959), baseado na extração de gordura a partir de solventes orgânicos. Inicialmente foram pesadas 2,5 gramas de amostra seca diretamente em tubos de ensaio de 70 mL. Nos mesmos tubos foram adicionados 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol e 8 mL de água destilada, sendo estes tampados e submetidos a agitação em agitador tipo vortex (Modelo MA 162, Marca Marconi), por um tempo de 20 minutos. Foram adicionados mais 10 mL de clorofórmio e 10 mL de sulfato de sódio 1,5% (m/v) e em seguida os tubos foram novamente agitados. Após a completa separação de fases, coletou-se cerca de 15 mL da camada inferior, contendo o clorofórmio, e colocou-se esta quantidade em tubos de ensaio de 30 mL, adicionando em seguida 1 grama de sulfato de sódio anidro, sendo agitados para a remoção de traços de água. Filtrou-se rapidamente em papel filtro de 125 mm de diâmetro n.º 1 (Marca WHATMAN) para bécker de 50 mL, e logo depois foram transferidos de 7 a 8 mL do filtrado para outro bécker de 50 mL previamente pesado e tarado em balança analítica. Os béckeres foram colocados em estufa a 85°C e as amostras foram pesadas em intervalos pré-determinados de tempo até que a diferença de massa entre duas pesagens sucessivas não excedesse 0,1% da massa da amostra (peso constante).

2.2.2.4.4 Proteínas

Para a determinação da proteína bruta, foi utilizado o método A.O.A.C. 981.10, que é baseado na determinação de nitrogênio total. Realizou-se a digestão de 0,1 gramas de amostra com H_2SO_4 (ácido sulfúrico) concentrado, adicionando-se também 1,5 gramas de catalisador (96% K_2SO_4 ; 4% $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Foi feito o ensaio em branco em duplicata, em que era adicionado apenas o H_2SO_4 e o catalisador. Os tubos foram colocados em bloco digestor (Modelo TE 040/25-1, Marca Tecnal) inicialmente em uma temperatura de aquecimento à 100°C por uma hora, sendo aumentada gradativamente de 50 em 50°C até 350°C por um período de aproximadamente 6 horas, monitorada através de um controlador de temperatura (Modelo TE 007D, Marca TECNAL). Esta etapa foi acompanhada até se obter uma solução límpida e transparente, sem pontos pretos.

A destilação foi realizada em destilador de nitrogênio (Modelo MA 036, Marca Marconi). Para tanto, empregou-se solução de hidróxido de sódio (NaOH) 40% (m/v). Para a coleta do NH_3 produzido empregou-se 25 mL de solução de ácido bórico (H_3BO_3) 2% contendo indicador de proteínas (vermelho de metila + verde de bromocresol).

Para a quantificação titulométrica do nitrogênio empregou-se solução padronizada de HCl 0,10 M.

2.2.2.5 *Perda de água por cocção (PAC) e força de cisalhamento*

Para a análise de perda de água por cocção (PAC) seguiu-se metodologia descrita por Koohmaraie (1996) com algumas modificações. Inicialmente as carnes foram pesadas em balança semi-analítica (Modelo AS 5500C, Marca MARCONI) e logo depois assadas em um forno elétrico (Modelo Gran Master Gourmet, Marca ECO) à temperatura de 180°C até atingir uma temperatura interna de 72°C (centro geométrico), sendo invertidas ao alcançarem 36°C . O monitoramento da temperatura foi feito individualmente com o uso de termopares (Marca EXACTA) conectados a

um indicador de temperatura (Marca GULTON). As carnes foram retiradas do forno e deixadas à temperatura ambiente por cerca de 30 minutos, até atingirem uma temperatura próxima de 30°C antes de serem novamente pesadas, como pode ser visto na Figura 2. A PAC foi determinada através da equação: $PAC = [(Peso\ inicial - peso\ final)/peso\ inicial] \times 100$, sendo os resultados expressos em porcentagem. Após a cocção, as amostras cozidas foram cortadas em 10 paralelepípedos de 2 x 1 x 1 cm no sentido paralelo às fibras musculares, evitando nervos e colágenos, para cada uma das amostras. Em seguida foi utilizado um texturômetro com acessório *Warner Bratzler* (Modelo 235 6X, Marca Salter Brecknell), com velocidade 3 mm/s, distância 30 mm, e força 5g, para a determinação da força de cisalhamento, sendo os resultados expressos em Kg (Figura 3).

Figura 2 – Amostras em temperatura ambiente para posterior pesagem e determinação da perda de peso ocorrida.

Figura 3 – Corte dos paralelepípedos para análise de textura das amostras em texturômetro com acessório *Warner Bratzler*.

2.2.3 Análise Sensorial

Para a realização da análise sensorial, foram recrutados antes do acesso às amostras cinquenta consumidores não treinados entre alunos, docentes e funcionários da própria FZEA/USP em Pirassununga, em que o critério de seleção dos provadores era apenas gostar de carne ovina, conforme ficha visualizada na Figura 4.

Nome: _____		Data: ____ / ____ / ____	
Sexo: ☐ M ☐ F			
Idade: ☐ Até 20 anos ☐ de 20 a 40 anos ☐ de 40 a 60 anos ☐ acima de 60 anos			
Por favor, responda às seguintes questões:			
1. Você gosta de carne de cordeiro ? Sim ☐ Nao ☐			
2. Com que frequência, em média, você consome carne de cordeiro :			
☐ Quase sempre (1 ou mais vezes por semana)			
☐ Muito (2 ou 3 vezes por mês)			
☐ Moderado (pelo menos 1 vez por mês)			
☐ Pouco (menos de 1 vez por mês)			
☐ Quase nunca (somente em ocasiões especiais)			
3. Com que frequência, em média, você compra carne (de qualquer espécie) embalada a vácuo?			
☐ Quase sempre (1 ou mais vezes por semana)			
☐ Muito (2 ou 3 vezes por mês)			
☐ Moderado (pelo menos 1 vez por mês)			
☐ Pouco (menos de 1 vez por mês)			
☐ Quase nunca (somente em ocasiões especiais)			

Figura 4 – Ficha utilizada para a seleção dos provadores.

Para a avaliação da estabilidade sensorial do lombo de cordeiro submetido a refrigeração, as amostras foram coletadas e congeladas, a cada 7 dias para a realização dos testes. Ao final do período de armazenamento (28 dias), as carnes foram descongeladas e analisadas na forma *in natura*. Para tanto, foi empregado, o método afetivo de aceitação com escala hedônica de nove pontos, sendo avaliados apenas atributos visuais (cor e aparência geral) e aroma, sem a ingestão do produto, conforme ficha apresentada na Figura 5, de acordo com metodologia descrita por Meilgaard, Civille e Carr (1991). Nesta ficha, os participantes poderiam, se achassem necessário, fazer comentários em relação aos atributos avaliados.

Nome: _____ Data: _____ **Ficha** _____

Você irá avaliar uma amostra de **CARNE OVINA** em cada cabine. Por favor, primeiramente avalie o produto com a embalagem fechada em relação aos atributos COR e APARÊNCIA GERAL. Em seguida, avalie o AROMA da amostra aberta, cheirando a carne após levantar o plástico.

Número da amostra _____

ESCALA 1-Detestei 2-Desgostei muito 3-Desgostei moderadamente 4-Desgostei ligeiramente 5-Nem gostei/nem desgostei 6-Gostei ligeiramente 7-Gostei moderadamente 8-Gostei muito 9-Adorei	COR		Comentários: _____ _____ _____
	APARÊNCIA GERAL		Comentários: _____ _____ _____
	AROMA		Comentários: _____ _____ _____

Figura 5 – Ficha utilizada para avaliação sensorial das amostras do experimento refrigerado.

As carnes foram acondicionadas em 5 caixas de isopor com tampa para posterior análise. Primeiramente o provador avaliava a aparência geral e a cor da amostra em embalagem a vácuo fechada e em seguida o odor da amostra que permanecia ainda com a embalagem, porém previamente aberta, sendo esta levantada pelo provador ao ser avaliada, como pode ser visto na Figura 6. De 5 em 5 provadores a codificação era modificada assim como a ordem de apresentação das caixas de isopor nas cabines. Além destas, as amostras que estavam abertas também eram invertidas, devido à perda do aroma na superfície da carne e sua manutenção na parte inferior. Após a avaliação de 25 provadores, a carne com embalagem aberta foi trocada por outra mantida sob refrigeração, devido à perda do aroma ocorrida.

Figura 6 – Amostras dispostas em uma caixa de isopor com gelo para posterior avaliação visual (cor e aparência geral) e de aroma, da esquerda para a direita, respectivamente.

Para as amostras congeladas, a mesma ficha para a seleção dos provadores foi utilizada. As carnes previamente descongeladas, foram assadas e submetidas ao método afetivo de aceitação utilizando-se também a escala hedônica de 9 pontos, sendo que eram avaliados os atributos aroma, textura, suculência, sabor e qualidade global com a ingestão do produto aos 4, 8 e 12 meses, segundo Meilgaard, Civille e Carr (1991) (Figura 7). Durante o teste, as amostras foram mantidas em estufa à aproximadamente 60°C por no máximo 30 minutos antes da distribuição para os provadores.

Nome: _____ Data: _____ Ficha _____

Você está recebendo uma amostra de **CARNE OVINA**. Por favor, avalie o produto e marque na escala o quanto você gostou ou desgostou das seguintes características:

Número da amostra _____

ESCALA 1-Detestei 2-Desgostei muito 3-Desgostei moderadamente 4-Desgostei ligeiramente 5-Nem gostei/nem desgostei 6-Gostei ligeiramente 7-Gostei moderadamente 8-Gostei muito 9-Adorei	AROMA	Nota	Comentários:
	TEXTURA		Comentários:
	SUCULÊNCIA		Comentários:
	SABOR		Comentários:
	QUALIDADE GLOBAL		Comentários:

Figura 7 – Ficha de avaliação da análise sensorial.

2.3 Análises estatísticas e delineamento experimental

O experimento foi realizado em três repetições durante 5 períodos de estocagem (0, 7, 14, 21 e 28 dias) para o estudo refrigerado e 4 períodos de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) para o estudo sob congelamento. Os resultados obtidos foram analisados por análise de variância ANOVA, utilizando-se o programa estatístico SAS (*Statistic Analysis System*), versão 9.1.3, sendo que as médias foram comparadas através do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. As respostas experimentais obtidas foram submetidas a ajustes de modelos de regressão para verificar as variações ocorridas ao longo do período de estocagem.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Determinação da Composição Centesimal – Amostras refrigeradas e congeladas

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da composição centesimal das amostras de carne ovina armazenadas sob refrigeração e congelamento. Verificou-se composição química compatível com diversos relatos da literatura científica (BONAGURIO, 2001; ZAPATA et al., 2001; SOUZA et al., 2002; SOUSA, 2006; JARDIM et al., 2007) referentes a diversos músculos (*Longissimus dorsi*, *Biceps femoris*, *Semimembranosus*, e *Semitendinosus*) e raças de cordeiros (Santa Inês, Ile de France, Bergamácia, Somalis Brasileira, Crioula, Dorper e Texel). Para estas raças e músculos, o valor percentual de umidade encontrado pelos diferentes autores variou entre 74 e 76% e de cinzas entre 0,98 e 1,2%, o de proteína variou entre 20 e 23% e lipídeos entre 2 e 4%.

Tabela 1– Composição centesimal das amostras armazenadas sob refrigeração (4°C) e congelamento (-18°C).

Condição de Armazenamento	Umidade % Média ± DP ¹	Cinzas % Média ± DP	Lipídeos % Média ± DP	Proteínas % Média ± DP
Refrigeração	76,15 ± 0,08	1,08 ± 0,00	1,99 ± 0,02	20,9 ± 0,2
Congelamento	76,75 ± 0,03	1,08 ± 0,01	1,920 ± 0,002	20,16 ± 0,08

¹Desvio Padrão.

É importante observar que a carne de lombo de cordeiro avaliada neste trabalho apresentou um baixo teor de gordura e elevado nível de proteínas, podendo ser considerada um alimento de alto valor nutricional. No entanto, verifica-se também que é extremamente perecível devido à sua composição biológica, já que a carne vermelha apresenta um elevado teor nutritivo (proteínas, vitaminas e minerais) e alta atividade de água (Aa), sendo considerada um excelente meio de cultura para o desenvolvimento microbiano (ROSS, 1975; WILLIAMS, 2007; ZHOU, XU e LIU, 2010).

3.2 Armazenamento refrigerado

3.2.1 Estabilidade microbiológica

Durante todo o período avaliado não foram detectadas contagens de microrganismos estafilococos coagulase positiva (<10 UFC/g de amostra), nem presença de *Salmonella*. Com relação aos coliformes termotolerantes, somente foram detectadas contagens esporádicas de $3,5 \times 10^1$ e $2,0 \times 10^1$ UFC/g amostra nos intervalos 7 e 14 dias, respectivamente, refletindo uma possível contaminação durante a manipulação das amostras.

Sendo assim, a carne de lombo de cordeiros embalada a vácuo e armazenada a 4°C manteve-se, durante 28 dias, dentro dos limites aceitáveis estabelecidos pela legislação brasileira através da Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), cujas contagens previstas para carnes embaladas a vácuo, não maturadas, são 10^4 para coliformes termotolerantes, 3×10^3 para estafilococos coagulase positiva e ausência de *Salmonella* em 25g de amostra. Segundo Leitão (2003), a sanitização das instalações e equipamentos que entrarão em contato direto com o alimento, além de sua manipulação adequada, são de extrema importância, pois visam a redução da disseminação e proliferação da maior parte dos microrganismos e contaminantes, garantindo desta maneira uma maior qualidade microbiológica ao produto final.

Com relação à contagem de psicotróficos anaeróbios, observou-se variação significativa ($p < 0,5$) ao longo do período de estocagem avaliado. Este comportamento pôde ser explicado por um modelo quadrático de regressão ($p < 0,05$), verificando-se uma multiplicação acentuada até 14 dias (de 10^1 a 10^7 UFC/g amostra), seguida de uma estabilização e ligeira queda nas contagens ao final do experimento (Figura 8). É importante salientar que a carga microbiana inicial possui um grande efeito durante a estocagem, já que ocorrida a contaminação, haverá influência negativa nas características e no tempo de vida útil da carne (ABERLE et al., 2001).

Figura 8 – Contagens de microrganismos psicotróficos anaeróbios ao longo da estocagem refrigerada (4°C) de lombo ovino embalado a vácuo.

As contagens de 14 a 28 dias de armazenamento foram bastante elevadas (acima de 10^7 UFC/g amostra), como também detectado por Nishi (2008), que ao estudar a estabilidade de carne bovina embalada a vácuo em diferentes temperaturas (0, 2, 4, 7 e 10°C), verificou que aos 14 dias em temperatura de 4°C, já havia uma contagem de 10^7 UFC/g amostra.

Segundo Roça e Serrano (1995) e Leitão (2003), o início da deterioração pode ser detectado através da descoloração superficial quando a contagem microbiana atinge cerca de 10^6 UFC/cm², sendo que as alterações em relação ao odor podem ser evidenciadas a partir de valores de 10^7 UFC/cm²; de sabor, 10^8 UFC/cm² e a limosidade superficial pode ser observada ao se ter uma população microbiana de 10^9 UFC/cm² de amostra. Sendo assim, pode-se considerar que a carne ovina armazenada em condições normais de comercialização (4°C), apesar de não apresentar riscos à saúde do consumidor mesmo após 28 dias, poderia apresentar sinais de deterioração a partir de 14 dias de armazenamento.

3.2.2 Estabilidade física e química

De acordo com os resultados encontrados houve um aumento ($p < 0,05$) linear na perda de água por cocção (PAC) ao longo da estocagem, conforme Figura 9,

provavelmente devido à atividade proteolítica causada tanto pelas endopeptidases da própria carne quanto por enzimas produzidas pelos microrganismos, já que estes atingiram contagens bastante elevadas (10^7 UFC/g amostra). Esta proteólise promove uma baixa retenção de água, levando à progressiva perda de peso durante o período de estocagem (NISHI, 2008).

Figura 9 – Perda de água por cocção ao longo da estocagem refrigerada (4°C) de lombo ovino embalado a vácuo.

O valor médio de PAC ($24,33 \pm 4,75\%$) apresentou-se próximo ao encontrado para músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros machos em estudos realizados por Esenbuga, Yanar e Dayioglu (2001), que obtiveram uma porcentagem de 26,67 após o armazenamento a 5°C por 24 horas *post-mortem*, e também à média encontrada por Caneque et al. (2004), de 26,04%, ao avaliar o mesmo músculo de cordeiros após 48 horas de estocagem a 4°C. Ao contrário destes autores, Santos, Silva e Azevedo (2008), analisando região entre 12ª vértebra torácica e 5ª vértebra lombar, que compreende parte do músculo *Longissimus* de cordeiros, estocada a vácuo em temperatura de 4°C por 72 horas, encontraram um valor médio de 14,3% para PAC.

Em relação à maciez, o lombo de cordeiro não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) ao longo do tempo de estocagem, apresentando valores médios de $3,23 \pm 0,66$ Kg. Pethick et al. (2005), avaliando a força de cisalhamento dos músculos *longissimus lumborum* e *semimembranosus* de cordeiros de 8,5 meses de idade armazenados durante 5 dias entre 1 a 3°C, observaram uma média de 2,45 e 4,65 Kg, respectivamente, que são valores próximos à média obtida no presente estudo. O aumento da maciez esperado devido à maturação da carne

durante a estocagem refrigerada pode não ter sido detectado nas análises de força de cisalhamento, justamente devido ao aumento na PAC, pois carnes com menor capacidade de retenção de água tendem a ser mais duras após o cozimento. Contrariamente, Toohey et al. (2008), verificaram que em amostras de músculo *Longissimus thoracis et lumborum* provenientes de carcaças sem estimulação elétrica, com 1 e 5 dias de armazenamento sob refrigeração, apresentaram uma redução significativa na força de cisalhamento, sendo encontrados valores respectivamente de 44 e 25 N.

Os valores de força de cisalhamento permaneceram entre 2,7 a 3,4 Kg ao longo da estocagem, valores estes que estão entre os encontrados em estudos realizados por Berge et al. (2003), que em músculo *Longissimus thoracis et lumborum* de cordeiros após 6 dias de armazenamento a 2°C, encontraram valores entre 1,6 e 4,1 Kg, diferente de Santos, Silva e Azevedo (2008), que após 72 horas a 4°C observaram uma média de 9 Kg para músculos de cordeiros. Devine, Payne e Wells (2002), estudando músculo *longissimus thoracis et lumborum* sob refrigeração entre 0 e 65 horas, encontraram valores iniciais que variaram de 9 a 15 Kg e finais de 2 a 3 Kg, demonstrando a ocorrência da maior maciez das amostras após a estocagem.

A oxidação lipídica do lombo ovino durante armazenamento refrigerado, tal qual avaliada pelo índice de TBARS (mg de malonaldeído/Kg de amostra), apresentou um comportamento de aumento linear ($p < 0,05$) ao longo do período avaliado (Figura 10). Petron et al. (2007), estudando o efeito de pastagens na estabilidade oxidativa de músculo *Longissimus thoracis et lumborum* de cordeiros envoltos por filme de PVC permeável ao O₂ sob refrigeração a 4°C, após 4 e 8 dias *post-mortem*, também observaram um aumento dos valores durante o armazenamento, independente da composição alimentar oferecida aos animais antes do abate, sendo que estes não ultrapassaram 0,7 mg de malonaldeído/Kg de amostra. Da mesma forma, Santé-Lhoutellier, Engel e Gatellier (2008), analisando o efeito da dieta sobre a estabilidade de músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros, após armazenamento por um período de 7 dias a 4°C, verificaram a existência de um aumento da oxidação lipídica com o tempo de estocagem em amostras provenientes de animais submetidos a dieta a base de concentrado. Os valores encontrados neste estudo também estão em consonância com os resultados de Fuente et al. (2007), que ao analisarem amostras provenientes do músculo *Longissimus dorsi*

armazenadas a vácuo em temperatura de $2\pm1^{\circ}\text{C}$, observaram que os valores de TBARS apresentaram um progressivo aumento nos diferentes tempos de estocagem (0 a 28 dias), em relação à carnes originadas de animais suplementados com vitamina E, cujas taxas de oxidação lipídica foram inferiores e não lineares. Guidera et al. (1997) concluíram que em músculos de cordeiros *Longissimus dorsi* provenientes de dietas contendo 20 mg de alfa-tocoferol acetato por Kg de ração e embalados a vácuo e congelados a -20°C por 5 meses, ao serem descongelados e mantidos sob refrigeração por um período de 7 dias, apresentaram um aumento no índice de TBARS durante o período avaliado.

Figura 10 – Índice de TBARS ao longo da estocagem refrigerada (4°C) de lombo ovino embalado a vácuo.

Estranhamente foi verificada uma redução no índice de TBARS aos 28 dias de estocagem sob refrigeração logo após um aumento acentuado aos 21 dias, que poderia ser explicado provavelmente pelas elevadas contagens de microrganismos deteriorantes apresentadas pelas amostras e consequente geração de subprodutos de seu metabolismo, o que pode possivelmente ter interferido na quantificação do malonaldeído.

Apesar do aumento verificado ao longo do armazenamento, de uma maneira geral, os valores de TBARS observados ficaram sempre abaixo de 0,5 mg de malonaldeído/Kg de amostra e podem ser considerados aceitáveis. De acordo com Sinclair (2007), a carne de ovinos é rica em ácidos graxos saturados e possui um baixo teor de poliinsaturados, o que segundo Ellis e Bertol (2001), a torna menos

propensa à ocorrência da oxidação lipídica. Vale ainda ressaltar o baixo teor de lipídeos (aproximadamente 2%) presentes nas amostras avaliadas. Segundo Torres e Okani¹ (1997), citados por Terra, Cichoski e Freitas (2006), valores de TBARS até 1,59 mg de malonaldeído/kg de amostra são considerados baixos para serem percebidos por análise sensorial e não causam problemas para a saúde do ser humano.

Em relação aos valores de pH ao longo do tempo de estocagem não se verificou uma variação significativa ($p > 0,05$). Durante o período de armazenamento, o valor médio do pH foi de $5,43 \pm 0,22$, permanecendo dentro da faixa de 5,31 e 5,59, que corresponde aos valores também encontrados por Siqueira, Simões e Fernandes (2001) e Juarez et al. (2008) em amostras de carnes da mesma espécie animal. Devine et al. (2006), analisando o efeito da estimulação elétrica sobre a força de cisalhamento de amostras de músculos *Longissimus thoracis et lumborum* em 0, 4, 24 e 72 horas pós-abate sob refrigeração, verificaram que a maior parte das amostras apresentaram um pH superior ao encontrado no presente estudo, permanecendo entre 5,5 e 5,7.

Poderia ser esperada uma diminuição do pH ao longo do armazenamento, devido ao possível desenvolvimento de bactérias lácticas na carne embalada sob vácuo (CAYRÉ, VIGNOLO e GARRO, 2003). Provavelmente isto não ocorreu porque as reservas de glicogênio muscular dos animais, já estavam esgotadas no início do armazenamento, devido à sua transformação em ácido láctico, pela ausência de O_2 celular levando a uma boa queda do pH, conforme já citado anteriormente, e consequentemente uma adequada transformação de músculo em carne (LAWRIE e LEDWARD, 2006; PINHEIRO et al., 2009). Segundo Prates (2000), deve existir uma reposição adequada de glicogênio muscular antes do abate com o qual haverá a formação de ácido láctico, o resultando em uma adequada queda do pH ao longo do tempo. Ou seja, se a concentração do glicogênio anteriormente ao abate apresentar-se baixa, o pH final será elevado, além de que também alterações na cor e maior grau de deterioração da carne serão detectados (JACOB, PETHICK e CHAPMAN, 2005).

¹ TORRES, E.A.F.S.; OKANI, E.T. Teste de TBA: ranço em alimentos. **Revista Nacional da Carne**, n.243, p.68-78, 1997.

Para a análise de cor objetiva, os valores de L^* , a^* e b^* não variaram significativamente ($p>0,05$) durante a estocagem, apresentando médias de $36,52\pm2,66$, $6,96\pm1,02$ e $10,46\pm1,43$, respectivamente. Sendo assim, pode-se afirmar que o sistema de embalagem a vácuo protegeu de maneira eficaz os pigmentos da carne contra a ocorrência da oxidação, durante todo o período analisado. Similarmente, estudos realizados por Strohecker et al. (1997) com músculos *Longissimus lumborum* de cordeiros mestiços para a determinação dos efeitos da suplementação com e sem vitamina E sobre a estabilidade da cor, demonstraram que esta característica não foi afetada durante os dias 0, 3, 6, 9 e 12 de armazenamento a 4°C , em ambos os tratamentos. Contrariamente, Pearce et al. (2005), analisando a estabilidade da cor de músculo *Longissimus thoracis et lumborum* de ovinos estocados a 4°C por 5 dias em bandejas escuras envoltas por filme de polivinila, concluíram que em amostras controle os valores de L^* aumentaram com o tempo, os valores de a^* reduziram e valores de b^* sofreram uma aumento até o terceiro dia e depois um declínio. Santé-Lhoutellier, Engel e Gatellier (2008), em seus estudos verificando a estabilidade da cor aos 0, 2, 4 e 7 dias de armazenamento de carne de cordeiro a 4°C , constataram que os valores de L^* aumentaram até 2 dias e sofreram uma redução após este período, sendo que durante a estocagem os valores de L^* variaram de 35,7 a 43,4; valores de a^* de 6,8 a 16,1, enquanto que os valores de b^* permaneceram entre 3,9 a 10,9, dentre os quais as médias encontradas no presente estudo se enquadram. Soldatou et al. (2009) também em estudos envolvendo carne de cordeiro refrigerada a vácuo, verificaram uma diminuição de valores de a^* , provavelmente devido à formação de metamioglobina.

3.2.3 Estabilidade sensorial

Quanto a equipe de consumidores recrutada, exatamente 50% eram de cada sexo, sendo que a maioria do total de participantes se enquadrou dentro da faixa etária de 20 a 40 anos (Figura 11).

Figura 11 – Gráfico da faixa etária dos provadores totais selecionados.

Em relação à frequência de consumo de carne de cordeiro, esta permaneceu entre “moderado” e “quase nunca”, enquanto que a frequência de compra de carne embalada a vácuo, de qualquer espécie, demonstrou um maior contato da população analisada com este tipo de produto, permanecendo as porcentagens bastante homogêneas entre as frequências “quase sempre” e “quase nunca” (Figura 12).

Os resultados da análise sensorial ao longo do período avaliado estão apresentados na Tabela 2. Não se verificou variação significativa ($p > 0,05$) na aceitação dos três atributos avaliados (cor, aparência e aroma) ao longo dos 28 dias de armazenamento refrigerado, demonstrando que consumidores não treinados não foram capazes de perceber possíveis alterações nestes atributos ao longo do tempo.

Quanto ao atributo cor, a avaliação sensorial afetiva demonstrou uma boa correlação com as medidas objetivas (parâmetros L^* , a^* e b^*), já que estas também não variaram ($p > 0,05$) ao longo do tempo de armazenamento.

Por outro lado, em relação aos atributos aparência e aroma, os consumidores não foram capazes de detectar alterações mesmo considerando o aumento das contagens de microrganismos psicotróficos anaeróbios, que partindo de 10^1 no início do experimento apresentaram-se ao final do período de estocagem com uma população de 10^7 UFC/g amostra, fator este que poderia ter contribuído para a redução da aceitação destes atributos.

Figura 12 – A: Gráfico da frequência de consumo de carne de cordeiro; B: Gráfico de frequência de compra de carne embalada a vácuo. Quase sempre (1 ou mais vezes por semana); muito (2 ou 3 vezes por mês); moderado (pelo menos 1 vez por mês); pouco (menos de 1 vez por mês; quase nunca (somente em ocasiões especiais).

Tabela 2 – Resultados finais (médias e erros padrões) das análises sensoriais de aceitação visual e de aroma das amostras de lombo ovino com diferentes tempos de estocagem refrigerada (4°C).

Tempo de estocagem (dias)	Atributos sensoriais		
	Cor	Aparência Geral	Aroma
	Média ± DP ¹	Média ± DP	Média ± DP
0	6,1 ± 0,3	6,2 ± 0,3	6,7 ± 0,2
7	6,2 ± 0,2	6,4 ± 0,2	6,7 ± 0,2
14	6,6 ± 0,2	6,6 ± 0,2	6,5 ± 0,2
21	6,3 ± 0,2	6,5 ± 0,2	6,4 ± 0,2
28	5,7 ± 0,3	5,7 ± 0,3	6,0 ± 0,3

¹Desvio Padrão.

Em geral, os valores médios atribuídos pelos provadores ficaram próximos de 6 (“gostei ligeiramente”) em todos os intervalos avaliados. Levando-se em consideração o valor de cinco na escala sensorial (“nem gostei/nem desgostei”) como o limite de aceitação para o lombo de cordeiro embalado a vácuo, pode-se considerar que este permaneceu aceitável mesmo após 28 dias de armazenamento refrigerado. Similarmente à este estudo, Vergara, Berruga e Galego (2002), também verificaram que em amostras de carne de cordeiro embaladas a vácuo e armazenadas sob refrigeração a 2°C, a cor e o aroma se mantiveram aceitáveis durante todo o período experimental (28 dias). Contrariamente, Sekar et al. (2006), avaliando carne de búfalo embalada a vácuo, aerobicamente e sob atmosfera modificada (ATM) (80% O₂ + 20% CO₂) estocada a 4±1°C por 21 dias, relataram que as amostras embaladas a vácuo e ATM apresentaram-se aceitáveis até 14 dias com base na realização da avaliação da cor, que determinou uma redução significativa do terceiro dia até o final do armazenamento.

3.3 Armazenamento sob congelamento

3.3.1 Estabilidade microbiológica

Os lombos ovinos foram avaliados no início (tempo zero) e após 12 meses de armazenamento sob congelamento com relação àqueles microrganismos que a legislação brasileira estabelece limites para carnes embaladas a vácuo, não maturadas, incluindo contagem de estafilococos coagulase positiva, contagem de coliformes a 45°C e presença de *Salmonella sp.* em 25g de amostra. Não foi detectada a presença dos dois primeiros microrganismos até o final do experimento (<10 UFC/g de amostra) e a *Salmonella* foi ausente no mesmo período. Além disto, também foi realizada a contagem de microrganismos psicrótróficos anaeróbios, para se ter uma indicação do nível de contaminação, sendo que inicialmente (tempo zero) foi observada uma contagem média de 2,99 Log UFC/g amostra, enquanto que aos 12 meses, houve uma redução para 2,05 Log UFC/g. Os valores finais foram considerados baixos e aceitáveis, sendo que a pequena redução é decorrente

provavelmente das possíveis injúrias sofridas pelas células microbianas no congelamento, em decorrência à formação de cristais de gelo e possíveis danos por choque térmico (ORDÓÑEZ et al., 2005a).

É importante ressaltar que com estes resultados microbiológicos obtidos, a carne se manteve dentro dos padrões permitidos pela legislação brasileira, através da Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001 (ANVISA), que estabelece os seguintes limites para carnes embaladas a vácuo, não maturadas: ausência de *Salmonella sp.* em 25 g da amostra analisada, contagem máxima de coliformes a 45°C de 10^4 UFC/g e para estafilococos coagulase positiva de até 3×10^3 UFC/g da amostra (BRASIL, 2001). Pereira et. al (2006), citam que para inibir a proliferação de microrganismos e o consequente processo de deterioração é muito importante que a carne seja congelada rapidamente e que o posterior descongelamento seja realizado de maneira adequada.

3.3.2 Estabilidade física e química

De acordo com os resultados encontrados houve um aumento significativo ($p < 0,05$) da perda de água por cocção (PAC), que aumentou de 13 para aproximadamente 23% após um ano de congelamento do lombo de cordeiro (Figura 13). O valor médio obtido para a PAC foi de $21,42 \pm 5,70\%$, apresentando-se inferior em relação à média encontrada em estudos com músculos *Longissimus dorsi* de cabritos, após descongelamento, realizados por Monte et al. (2007), que ficou ao redor de 28,30% e também ao valor reportado por Pinheiro et al. (2009) que foi de 46,44% ao avaliarem músculo *Longissimus lumborum* de cordeiros após armazenamento por 4 meses a -18°C. Contrário à estes, Lee et al. (2008), avaliando a qualidade de amostras de músculo *Longissimus* de cordeiro comparativamente às de caprinos embaladas a vácuo congeladas à -30°C, observaram que após descongelamento por 24 horas a 4°C, a PAC permaneceu com uma média de 16,69%.

Figura 13 – Perda de água por cocção durante o período de armazenamento congelado (-18°C) de lombo ovino.

Em relação à força de cisalhamento, foi detectado um aumento linear ($p < 0,05$) com o passar do tempo de estocagem, variando de aproximadamente 3 kg no tempo zero para 8 kg após 12 meses, conforme apresentado na Figura 14. Pode-se citar que a textura é o atributo mais importante que determina a aceitação de carnes pelos consumidores e pode sofrer variações de acordo com modificações ocorridas na estrutura das proteínas miofibrilares (WOOD et al. 1999), porém neste caso, o aumento da maciez não ocorreu provavelmente devido ao aumento também significativo ($p < 0,05$) da PAC. Isto pode ser justificado por existir uma tendência de redução da capacidade de retenção de água de carnes durante o armazenamento sob congelamento, devido à desnaturação das proteínas. Esta desnaturação ocorre durante o congelamento, pois a água ficando cristalizada na forma de gelo deixa de hidratar as proteínas, favorecendo interações intermoleculares e consequente perda de solubilidade das proteínas cárneas (ABERLE et al., 2001; ORDÓÑEZ et al., 2005a).

Figura 14 – Força de cisalhamento durante o período de armazenamento congelado (-18°C) de lombo ovino.

Os valores obtidos no presente estudo foram considerados próximos aos verificados por Júnior et al. (2004), que avaliaram amostras de músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros da raça Suffolk que foram submetidas ao congelamento, obtendo um valor médio de 2,84 Kg. Em relação ao tempo zero, os resultados também foram próximos aos valores observados por Thompson et al. (2005), que estudando músculo *Longissimus lumborum* de ovinos após armazenamento por 2 dias a 1°C e posterior congelamento a -20°C, determinaram valores de força de cisalhamento entre 2,51 a 3,45 Kg. Contrariamente ao encontrado por estes autores, os valores foram superiores à média constatada por Pinheiro et al. (2009), de 1,79 Kg, após 4 meses de estocagem congelada.

Similarmente ao resultado obtido neste estudo, Duckett et al. (1998a) em um experimento com amostras de músculo *Longissimus* e *semimembranosus* de cordeiro após congelamento por 6 semanas, concluíram que o congelamento realizado 24 horas *post-mortem* reduz a força de cisalhamento ao longo do tempo. Contrariamente aos resultados obtidos neste experimento, Duckett et al. (1998b) verificando amostras de músculo *Longissimus thoracis et lumborum* de cordeiro embaladas a vácuo, congeladas a -20°C e avaliadas em diferentes tempos de estocagem (0, 2, 4, 8, 20 e 42 dias), notaram um aumento da maciez com o passar do tempo, atingindo valores abaixo de 4 Kg ao final do armazenamento. De acordo com os autores, provavelmente isto ocorreu porque na temperatura estudada houve a inibição da atividade da calpastatina que é o controlador da proteólise decorrente

da ação das enzimas calpaínas. Martin et al. (2006) verificando amostras de músculo *Longissimus thoracis et lumborum* de cordeiros após congelamento a -20°C, observaram que houve um aumento dos produtos de degradação total de troponina T e uma redução de seu nível muscular, levando a uma diminuição na força de cisalhamento entre os dias 1 a 4 *post-mortem*, respectivamente de 30,5 a 15,4 N, demonstrando uma melhora na maciez. Da mesma forma, estudos realizados por Hopkins et al. (2010) em dois laboratórios comparando amostras de *músculos longissimus thoracis et lumborum* cozidas, mantidas sob refrigeração (4°C) por 0 e 5 dias e posteriormente congeladas a -20°C, também apresentaram redução nos valores de força de cisalhamento, respectivamente de 79 para 63 N (laboratório A) e 63 para 48 N (laboratório B).

O índice de TBARS variou ($p < 0,05$) ao longo dos 12 meses de armazenamento sob congelamento, apresentando um comportamento quadrático ($p < 0,05$) de redução inicial seguida de um aumento ao final da estocagem (Figura 15). Este comportamento é difícil de ser explicado quimicamente, podendo ter ocorrido em função de uma variação entre as amostras analisadas. Porém, todos os valores apresentaram-se baixos (no máximo 0,30 mg de malonaldeído/kg de amostra), e dentro de limites aceitáveis durante todo o período testado, provavelmente pelos mesmos motivos já citados no armazenamento sob refrigeração, de baixo teor de lipídeos nas amostras (menor que 2%) e perfil de ácidos graxos mais saturado normalmente presente em ovinos. Da mesma forma, Cifuni et al. (2000), estudando cortes comerciais de carcaças de cordeiros congelados a -20°C por 6 meses, observaram após este período uma média entre 0,10 a 0,15 mg de malonaldeído/Kg de amostra, sendo estes valores considerados inferiores aos encontrados no presente estudo, e portanto também abaixo dos níveis para detecção do desenvolvimento da rancidez oxidativa.

Figura 15 – Gráfico indicando variações no índice de TBARS ocorridas durante a estocagem das amostras congeladas (-18°C).

Os valores de pH não variaram significativamente ($p>0,05$) entre as análises realizadas no tempo zero e aos 12 meses de estocagem sob congelamento, sendo a média $5,53\pm0,10$ durante o período. Este resultado era esperado, pois o congelamento a temperaturas abaixo de -18°C inibe a proliferação microbiana que poderia causar algum tipo de alteração nos valores de pH. Neste caso, os animais utilizados no presente experimento provavelmente foram submetidos a um período de descanso adequado com jejum e dieta hídrica para a reposição do glicogênio que foi metabolizado durante o transporte, permanecendo a carne com um pH entre 5,5 e 5,8 e dentro dos limites estabelecidos para carne ovina (SOBRINHO et al., 2005). Muela et al. (2010), estudando vários sistemas de congelamento comparados com armazenamento sob refrigeração em tempos de estocagem de 1, 3 e 6 meses a -18°C, e 10 dias em temperatura entre 2 a 4°C, respectivamente, não verificaram a ocorrência de variação significativa para o pH durante os períodos de tempo de avaliação para a carne de cordeiro (*Longissimus dorsi*) congelada.

Em relação à cor objetiva, a luminosidade (L^*), não apresentou variação significativa ($p>0,05$) durante os 12 meses, apresentando uma média geral de $29,53\pm3,34$. Já os valores de b^* apresentaram uma variação significativa ($p<0,05$), que pode ser explicada por um modelo quadrático ($p<0,05$) de redução seguida de aumento ao longo do período avaliado (Figura 16). Apesar de significativo, este comportamento não apresenta um efeito prático de benefício ou prejuízo para a qualidade da carne ovina armazenada sob congelamento. Em relação à intensidade

de vermelho (a^*), a média geral ficou em $4,27 \pm 0,85$, sendo que os resultados também não diferiram significativamente ($p > 0,05$) durante todo o período, indicando que não ocorreu descoloração na superfície do lombo de cordeiro e que os pigmentos foram protegidos da oxidação nas condições testadas de armazenamento congelado em embalagem a vácuo. Cortes de lombos (*Longissimus lumborum*) de cordeiros mestiços Ile de France X Ideal congelados a uma temperatura de -18°C por 4 meses, avaliados por Pinheiro et al. (2009), apresentaram uma média de 40,75 para L^* , 5,12 para a^* e 15,39 para b^* .

Figura 16 – Gráfico com valores de cor amarela (b^*) durante estocagem congelada (-18°C).

3.3.3 Estabilidade sensorial

A análise sensorial das amostras congeladas foi realizada com 53% dos provadores do sexo feminino, sendo que em relação ao total dos participantes, 74% possuíam entre 20 a 40 anos de idade (Figura 17).

Figura 17 – Gráfico da faixa etária dos participantes selecionados para o teste.

Resultados obtidos para frequência de consumo de carne de cordeiro estiveram entre “moderado” e “quase nunca”, enquanto que resultados para frequência de compra de carne embalada a vácuo, de qualquer espécie, também demonstraram igualmente um maior contato da população analisada com este tipo de produto, permanecendo as porcentagens bastante homogêneas, de “quase sempre” a “quase nunca”, conforme Figura 18.

Em relação às análises sensoriais, as médias e DP para cada tempo de armazenamento após a avaliação pelos consumidores, para os atributos aroma, textura, suculência, sabor e qualidade global estão apresentadas na Tabela 3. Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) para todos os atributos nos diferentes tempos avaliados, indicando que a carne manteve-se estável e com boa aceitação (médias em torno de 7 (“gostei moderadamente”) durante os 12 meses de estocagem congelada.

O atributo aroma foi menos aceito (em torno de 6 (“gostei ligeiramente”) se comparado aos demais atributos, provavelmente devido ao modo de preparo, que utilizou apenas água e sal como tempero, para não mascarar o sabor das amostras de carne. Similarmente à este estudo, Ponnampalam et al. (2002) analisando amostras de carne de cordeiro estocadas por 3 meses (músculo *semitendinosus*) e 12 meses (*biceps femoris*) a -20°C , não detectaram nenhuma diferença em relação ao aroma entre os dois experimentos, analisando apenas dieta basal composta por farelo de alfafa e aveia.

Figura 18 – A: Gráfico de frequência de consumo de carne de cordeiro; B: Gráfico de frequência de compra de carne embalada a vácuo. Quase sempre (1 ou mais vezes por semana); muito (2 ou 3 vezes por mês); moderado (pelo menos 1 vez por mês); pouco (menos de 1 vez por mês; quase nunca (somente em ocasiões especiais).

Tabela 3 – Resultados finais (médias e desvios padrões) das análises sensoriais de aceitação das amostras de lombo ovino com diferentes tempos de estocagem congelada (-18°C).

Atributos sensoriais	Tempo de estocagem (meses)		
	4	8	12
	Média ± DP ¹	Média ± DP	Média ± DP
Aroma	6,32 ± 1,90	6,00 ± 2,01	5,6 ± 1,81
Textura	7,08 ± 1,44	7,20 ± 1,44	6,7 ± 1,54
Suculência	7,40 ± 1,41	7,24 ± 1,48	7,3 ± 1,18
Sabor	7,32 ± 1,28	7,44 ± 1,18	7,34 ± 1,30
Qualidade Global	7,12 ± 1,27	7,34 ± 1,21	7,06 ± 1,17

¹Desvio Padrão.

4 CONCLUSÕES

A carne ovina embalada a vácuo, tanto aquela armazenada sob refrigeração quanto sob congelamento, apresentou-se estável com relação à maioria dos índices físicos e químicos avaliados e dentro dos padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação brasileira durante todo o período de estocagem. Além disto, o lombo de cordeiro apresenta um excelente valor nutricional, com baixo teor de gorduras e elevado teor de proteínas, que foi confirmado pela análise de composição centesimal.

Mesmo ao final dos períodos de estocagem as amostras continuaram aceitáveis sensorialmente, sendo que como o lombo refrigerado não foi submetido à análise de aceitação com ingestão do produto, não foi possível afirmar a aceitação em relação ao sabor destas amostras ao término do período avaliado.

Diante destas considerações, é possível concluir que a carne ovina, nas condições testadas neste experimento, apresenta vida de prateleira de no mínimo 28 dias quando armazenada a 4°C e de no mínimo 12 meses quando armazenada à -18°C.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERLE, E.D. et al. **Principles of meat science**. 4.ed. Dubuque, Iowa: Kendall Hunt Publishing Company, 2001. Cap. 2; 8; 9, 354p.

AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. 18.ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists - AOAC, 2007.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Resolução RDC nº 12, 02 de jan. 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial**, Brasília, 10 jan. 2001, Seção 1, p.45-47.

BACHION, K. G. **Estudo da vida útil da bisteca suína em atmosfera modificada**. 2004. 109p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BERGE, P. et al. Comparison of muscle composition *and* meat quality traits in diverse commercial lamb types. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v.14, p.281-300, 2003.

BONAGURIO, S. **Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos**. 2001. 150p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, 2001.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extration and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

CANEQUE, V. et al. Carcass and meat quality of light lambs using principal component analysis. **Meat Science**, Barking, v.67, p.595-605, 2004.

CAYRÉ, M. E.; VIGNOLO, G.; GARRO, O. Modeling lactic acid bacteria growth in vacuum packaged cooked meat emulsions stored at three temperatures. **Food Microbiology**, London, v.20, n.5, p.561-566, 2003.

CIFUNI, G.F. et al. Effect of age at slaughter on carcass traits, fatty acid composition and lipid oxidation of Apulian lambs. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.35, p.65-70, 2000.

DEVINE, C.E. et al. Pre-slaughter stress arising from on-farm handling and its interactions with electrical stimulation on tenderness of lambs. **Meat Science**, Barking, v.73, p.304-312, 2006.

DEVINE, C.E.; PAYNE, S.R.; WELLS, R.W. Effect of muscle restraint on sheep meat tenderness with rigor mortis at 18°C. **Meat Science**, Barking, v.60, p.155-159, 2002.

DUCKETT, S.K. et al. Tenderness of normal and callipyge lamb aged fresh or after freezing. **Meat Science**, Barking, v.49, p.19-26, 1998a.

DUCKETT, S.K. et al. Effect of freezing on calpastatin activity and tenderness of callipyge lamb. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.76, p.1869-1874, 1998b.

ESENBUGA, N.; YANAR, M.; DAYIOGLU, H. Physical, chemical and organoleptic properties of ram lamb carcasses from four fat-tailed genotypes. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.39, p.99-105, 2001.

ELLIS, M.; BERTOL, T.M. Efeitos do peso de abate sobre a qualidade de carne suína e da gordura. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2001. p.236. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais01cv2_bertol_pt.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2011.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. **Estatísticas FAO**. 2007. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso em: 14 fev. 2009.

FUNDEPEC. **Carne de qualidade**. Disponível em: <<http://www.fundepec.org.br/carnedequalidade/index.asp>>. Acesso em: 16 mar. 2009.

FUENTE, J. et al. Effect of dietary supplementation with vitamin E on characteristics of vacuum-packed lamb. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.87, p.651-659, 2007.

GUIDERA, J. et al. The effect of dietary vitamin E supplementation on the quality of fresh and frozen lamb meat. **Meat Science**, Barking, v.45, n.1, p.33-43, 1997.

HOPKINS, D.L. et al. Measuring the shear force of lamb meat cooked from frozen samples: comparison of two laboratories. **Animal Production Science**, Collingwood, v.50, p.382–385, 2010.

JACOB, R.H.; PETHICK, D.W.; CHAPMAN, H. M. Muscle glycogen concentrations in commercial consignments of Australian lamb measured on farm and post-slaughter after three different lairage periods. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.45, p.543-552, 2005.

JARDIM, R. D. et al. Composição tecidual e química da paleta e da perna em ovinos da raça Corriedale. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n.2, p.231-236, 2007.

JUAREZ, M. et al. Southern Spain lamb types discrimination by using visible spectroscopy and basic physicochemical traits. **Meat Science**, Barking, v.80, p.1249-1253, 2008.

JÚNIOR, G.A.A. et al. Qualidade da carne de cordeiros criados em *creep feeding* com silagem de grãos úmidos de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.4, p.1039-1047, 2004.

KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening tenderization processes of meat. **Meat Science**, Barking, v.43, n.S, p.S193-S901, 1996.

KUSHIDA, M. M. **Validação de métodos laboratoriais: avaliação do sistema bax de análise de *Salmonella sp* em alimentos por reação de polimerase em cadeia (PCR)**. 2005. 194p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2005.

LAWRIE, R.A.; LEDWARD, D.A. **Lawrie's meat science**. 7.ed. Cambridge: CRC Press LLC, 2006. 442p.

LEITÃO, M. F. F. Aspectos microbiológicos das carnes. In: CONTRERAS, C. J. et al. **Higiene e sanitização na indústria de carnes e derivados**. São Paulo: Varela, 2003. Cap.1, p.1-5.

LEE, J.H. et al. Nutritional and quality characteristics of meat from goats and lambs finished under identical dietary regime. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.74, p.255-259, 2008.

MARTIN, K.M. et al. Effects of stimulation on tenderness of lamb with a focus on protein degradation. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.46, p.891-896, 2006.

MEILGAARD, M. C.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. Boca Raton: CRC Press, 1991. 287p.

MOHANTY, T.R. et al. Molecular and biological factors affecting skeletal muscle cells after slaughtering and their impact on meat quality: a mini-review. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v.21, p.51-78, 2010.

MORENO, G. M. B; LOUREIRO, C. M. B.; SOUZA, H. B. A. Características qualitativas da carne ovina. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n.381, p.76-90, 2008.

MONTE, A.L.S. et al. Parâmetros físicos e sensoriais de qualidade da carne de cabritos mestiços de diferentes grupos genéticos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n. 2, p.233-238, 2007.

MUELA, E. et al. Effect of freezing method and frozen storage duration on instrumental quality of lamb throughout display. **Meat Science**, Barking, v.84, p.662-669, 2010.

NISHI, L.M. **Efeito da temperatura de estocagem sobre a estabilidade de carne bovina (*M. Gluteus medius*) embalada a vácuo**. 2008. 138p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2008.

NOGUEIRA, E. A.; JUNIOR, S. N. **Ovinos e caprinos avançam em São Paulo**. Instituto de Economia Agrícola – APTA. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/OUT/verTexto.php?codTexto=4136>>. Acesso em: 19 dez. 2008.

OLIVEIRA, M.V.M. et al. Rendimento de Carcaça, Mensurações e Peso de Cortes Comerciais de Cordeiros Santa Inês e Bergamácia Alimentados com Dejetos de Suínos em Confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.3, p.1451-1458, 2002.

OLIVEIRA, C.B.; BORTOLI, E.C.D.; BARCELLOS, J.O.J. Diferenciação por qualidade da carne bovina: a ótica do bem-estar animal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.7, p.2092-2096, 2008.

ORDÓÑEZ, J.A.P. et al. **Tecnologia de Alimentos**: alimentos de origem animal. Porto Alegre: Artmed, 2005a. Cap.10, 279p. v.1.

OSÓRIO, J.C.S.; OSÓRIO, M.T.M. Calidad y sus determinantes en la cadena productiva y comercial de la carne ovina. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, n.3, p.251-256, 2006.

PEARCE, K.L. et al. Plasma and tissue α -tocopherol concentrations and meat colour stability in sheep grazing saltbush (*Atriplex* spp.). **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.56, p.663-672, 2005.

PEREIRA, A.V. et al. Estudo de estabilidade sob armazenamento da carne de ema (*Rhea americana*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.2, p.283-289, 2006.

PETHICK, D.W. et al. Effects of animal age on the eating quality of sheep meat. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.45, p.491-498, 2005.

PETRON, M.J. et al. Effect of grazing pastures of different botanical composition on antioxidant enzyme activities and oxidative stability of lamb meat. **Meat Science**, Barking, v.75, p.737-745, 2007.

PINHEIRO, R.S.B. et al. Qualidade de carnes provenientes de cortes da carcaça de cordeiros e de ovinos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.9, p.1790-1796, 2009.

PONNAMPALAM, E.N. et al. Dietary manipulation of muscle long-chain omega-3 and omega-6 fatty acids and sensory properties of lamb meat. **Meat Science**, Barking, v.60, p.125-132, 2002.

PRATES, J.A.M. Maturação da carne dos mamíferos: caracterização geral e modificações físicas. **Portuguese Journal of Veterinary Science**, v.95, p.34-41, 2000.

PRIETO, N. et al. Application of near infrared reflectance spectroscopy to predict meat and meat products quality: a review. **Meat Science**, Barking, v.83, p.175-186, 2009.

ROÇA, R.O.; SERRANO, A.M. Abate de bovinos: alterações microbianas da carcaça. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v.9, p.589-596, 1995.

ROSS, K. D. Estimation of water activity in intermediate moisture foods. **Journal of Food Technology**, Chicago, v.29, n.3, p.26-34, 1975.

SANTÉ-LHOUTELLIER, V.; ENGEL, E.; GATELLIER, PH. Assessment of the influence of diet on lamb meat oxidation. **Food Chemistry**, London, v.109, p.573-579, 2008.

SANTOS, J.A. Muito espaço para crescer. **A granja do ano**, Porto Alegre, n.23, p.76-77, 2009.

SANTOS, V.A.C.; SILVA, S.R.; AZEVEDO, J.M.T. Carcass composition and meat quality of equally mature kids and lambs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.86, p.1943-1950, 2008.

SEABRA, L. M. A. J. et al. Fécula de mandioca e farinha de aveia como substitutos de gordura na formulação de hambúrguer de carne ovina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.3, p.244-246, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v22n3/v22n3a08.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2008.

SEKAR, A. et al. Effect of modified atmosphere packaging on structural and physical changes in buffalo meat. **Meat Science**, Barking, v.72, p.211-215, 2006.

SIQUEIRA, E.R.; SIMÕES, C.D.; FERNANDES, S. Efeito do Sexo e do Peso ao Abate sobre a Produção de Carne de Cordeiro. I. Velocidade de Crescimento, Caracteres Quantitativos da Carcaça, pH da Carne e Resultado Econômico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.3, p.844-848, 2001.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Varela, 2007. 552p.

SINCLAIR, L.A. Nutritional manipulation of the fatty acid composition of sheep meat: a review. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.145, p.419-434, 2007.

SOBRINHO, A.G.S. et al. Características de qualidade da carne de ovinos de diferentes genótipos e idades ao abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.3, p.1070-1078, 2005.

SOUSA, W. H. Efeito do genótipo e do sexo sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.4, p.1838-1844, 2006.

SOUZA, X. R. et al. Composição centesimal do músculo bíceps femoris de cordeiros em crescimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, edição especial, p.1507-1513, 2002.

SOLDATOU, N. et al. Physicochemical and microbiological changes of “Souvlaki” – A Greek delicacy lamb meat product: Evaluation of shelf-life using microbial, colour and lipid oxidation parameters. **Food Chemistry**, London, v.113, p.36-42, 2009.

STANFORD, K.; JONES, S.D.M.; PRICE, M.A. Methods of predicting lamb carcass composition: A review. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.29, p.241-254, 1998.

STROHECKER, M.G. et al. Vitamin e supplementation effects on color and lipid stability of whole and ground lamb. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v.8, p.413-426, 1997.

TERRA, N.N; CICHOSKI, A.J.; FREITAS, R.J.S. Valores de nitrito e de TBARs durante o processo e armazenamento da paleta suína curada, maturada e fermentada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.965-970, 2006.

TOOHEY, E.S. et al. The impact of new generation pre-dressing medium-voltage electrical stimulation on tenderness and colour stability in lamb meat. **Meat Science**, Barking, v.79, p.683-691, 2008.

THOMPSON, J.M. et al. The impact of processing on sensory and objective measurements of sheep meat eating quality. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.45, p.561-573, 2005.

VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D.F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington: APHA, 1992. 1219p.

VERGARA, H.; BERRUGA, M.I.; GALEGO, L. Evolución de los parámetros de calidad de la carne de cordero de raza manchega conservada en vacío. In: XXVII Jornadas Científicas y VI Jornadas Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC), nº XXVII, 2002, Valência. Producción Ovina y Caprina. **Atas...** São Paulo: Gráficas Marí-Montanyana, 2002, p.388-393.

VIANA, J.G.A. Panorama Geral da Ovinocultura no Mundo e no Brasil. **Revista Ovinos**, Porto Alegre, n.12, 2008.

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

WILLIAMS, P. Nutritional composition of red meat. **Journal of Nutrition & Dietetics**, Coimbatore, v.64, n.4, p.S113–S119, 2007.

WOOD, J.D. et al. Manipulating meat quality and composition. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v.58, p.363–370, 1999.

ZAPATA, J. F. F. et al. Composição centesimal e lipídica da carne de ovinos do Nordeste brasileiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.4, p.691-695, 2001.

ZHOU, G.H.; XU, X.L.; LIU, Y. Preservation technologies for fresh meat – A review. **Meat Science**, Barking, v.86, p.119-128, 2010.

CAPÍTULO III

RESUMO

FERNANDES, R.P.P. **Estudo da vida útil de lombo ovino armazenado sob refrigeração e acondicionado em diferentes sistemas de embalagem com atmosfera modificada**. 2011. 170p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

A comercialização de carne ovina dá-se predominantemente na forma de cortes congelados embalados a vácuo. Atualmente, devido à crescente demanda do consumidor por produtos frescos, de alto valor nutritivo e que ofereçam maior conveniência, emerge a necessidade de estudos de viabilidade da comercialização de cortes ovinos na forma refrigerada, em função da curta vida de prateleira desta carne quando assim armazenada. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi estudar diferentes sistemas de embalagem com atmosfera modificada visando estender o tempo de vida útil da carne ovina armazenada sob refrigeração, avaliando os efeitos promovidos sobre a qualidade deste produto. Para tanto, cortes de lombo ovino (*Longissimus lumborum*) foram acondicionados individualmente em bandejas de poliestireno expandido e colocados dentro de filmes plásticos alta barreira com estrutura multicamadas (7 camadas, à base de EVA/PVDC/adesivo/selante) e armazenados em 3 diferentes condições de atmosfera modificada, conforme descrito a seguir: 1) Embalagem a vácuo, 2) Composição gasosa contendo O₂ (75%) e CO₂ (25%) e 3) Composição gasosa contendo apenas CO₂ (100%). As carnes foram estocadas sob refrigeração em temperatura de 1±1°C em câmara fria por um período de 28 dias. Em períodos pré-determinados (0, 7, 14, 21 e 28 dias) foram realizadas análises microbiológicas (psicrotróficos aeróbios e anaeróbios, coliformes a 45°C, estafilococos coagulase positiva, *Salmonella* e bactérias lácticas), físicas e químicas (TBARS, cor objetiva, pH, perda de água por cocção e força de cisalhamento) e análises sensoriais (ordenação de preferência em relação à carne embalada e de aceitação da carne assada usando escala hedônica de 9 pontos). Foram utilizados 15 animais por tratamento e cada um dos 5 pontos analíticos consistiu de 3 repetições. A carne de cordeiro, nos três sistemas de embalagens, apresentou-se estável com relação à maioria dos

índices físicos e químicos avaliados e dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira para microrganismos patogênicos durante todo o período. No entanto, com relação aos microrganismos deterioradores (psicrotróficos aeróbios e anaeróbios), o tratamento contendo 100% CO₂ foi mais efetivo com contagens inferiores aos demais tratamentos, sendo possível concluir que este sistema de embalagem garantiu uma maior estabilidade durante 28 dias de armazenamento. Por outro lado, este mesmo tratamento resultou, durante todo o período avaliado, em uma menor preferência sensorial da aparência da amostra crua embalada quando comparada aos outros dois sistemas de acondicionamento.

Palavras-chave: cordeiro, embalagem a vácuo, composição gasosa, estabilidade, análise sensorial.

ABSTRACT

FERNANDES, R.P.P. **Study the shelf life of sheep loin stored under refrigeration and packed in different systems of modified atmosphere packing**. 2011. 170p. Dissertation (Master) – College of Animal Science and Food Engineering of University of São Paulo, Pirassununga, 2011.

The marketing of sheep meat occurs predominantly as vacuum packed frozen cuts. Currently, there is a growing demand for fresh products of high nutritional value and of greater convenience. As a consequence, there is a need of research on commercialization viability of refrigerated lamb meat cuts, especially related to shelf life. In this sense, the objective of this work was to apply different systems of modified atmosphere in order to extend the shelf life of the sheep meat stored under refrigeration, evaluating the effects caused on the quality parameters. For that, cuts of sheep loin (*Longissimus lumborum*) were packed individually in expanded polystyrene trays and placed into high barrier plastic bags (7 layers multilayer structure, based on EVA / PVDC / adhesive / sealant) and stored in three different modified atmosphere (ATM) conditions, as follows: 1) Vacuum, 2) 75% O₂ and 25% CO₂ and 3) 100 CO₂%. The meat was stored at 1±1°C in a cold chamber for 28 days. Microbiological analysis (psychrotrophic aerobic and anaerobic, coliforms at 45°C, coagulase-positive staphylococci, *Salmonella* and lactic acid bacteria), physical and chemical analysis (TBARS, objective color, pH, cooking losses and shear force) and sensory analysis (order of preference for meat packed and of acceptance of roast meat using a hedonic scale of 9 points) were carried out at 0, 7, 14, 21 and 28 days. For the research 15 animals were employed per treatment and each of the five analytical points consisted of 3 replicates. The lamb meat in the three packaging systems, during all the storage period, remained stable in relation to most physical and chemical indexes evaluated and in accordance to the standards established by Brazilian legislation for pathogenic microorganisms. . It is important to emphasize that, with respect to deteriorative microorganisms (psychrotrophic aerobic and anaerobic), the treatment with 100% CO₂ was more effective against microbial growing, showing lower counts compared to other treatments. These results allow to conclude that this packaging system assured a greater stability during 28 days of

storage. On the other hand, during the evaluated period, this treatment resulted in lower sensorial preference, especially for the appearance of packed raw sample, when compared to the other two packaging systems.

Key-words: lamb, vacuum packaging, gas composition, stability, sensory analysis.

1 INTRODUÇÃO

O atual aumento da produção e consequentemente da oferta de carne ovina nos mercados brasileiros traz um novo desafio, que é o de avaliar o tempo de vida útil dos produtos oferecidos a partir de diferentes métodos de conservação e sistemas de acondicionamento e embalagem. O desenvolvimento de novas tecnologias na cadeia produtiva de carnes possibilita a diferenciação dos produtos e, além disto, melhora a qualidade de suas características para um mercado consumidor cada vez mais preocupado com a segurança da carne e os futuros efeitos à saúde (GARNIER, KLONT e PLASTOW, 2003; MUCHENJE et al., 2009).

Neste contexto, a indústria alimentícia tem desenvolvido diferentes tecnologias com o intuito de prolongar o tempo de vida útil dos produtos. No caso de carnes frescas a tecnologia de acondicionamento em ATM tem aumentado de maneira significativa a vida de prateleira, desde que a qualidade microbiológica inicial seja adequada e que haja um controle rígido da temperatura de armazenamento (MANO, PEREDA e FERNANDO, 2002; GARCÍA-ESTEBAN, ANSORENA e ASTIASARÁN, 2004).

Embalagens com ATM são aquelas em que é feita a remoção ou substituição da composição gasosa natural antes da realização do fechamento e/ou selagem da embalagem que está acondicionando o produto (McMILLIN, 2008). Segundo García-Esteban, Ansorena e Astiasarán (2004), a escolha da composição gasosa a ser utilizada no sistema de ATM é fundamental para garantir a preservação do produto final, assim como a segurança para o mercado consumidor.

Baracat et al. (2005), citam que o sistema de embalagem com ATM contribui como fator adicional importante para a manutenção da qualidade e prolongamento do tempo de estocagem de carnes frescas. Além de retardar o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes, esta técnica de acondicionamento contribui também para a redução de outras alterações que podem ocorrer na carne durante sua vida de prateleira, tal como a oxidação lipídica, que pode causar o desenvolvimento de odor e sabor de ranço. Segundo Parry (1993), a modificação da atmosfera gasosa no interior de uma embalagem que envolve os cortes cárneos é muito eficaz, principalmente em associação com baixas temperaturas, por inibir ou reduzir o

desenvolvimento microbiano deteriorante e consequentemente aumentar o tempo de vida útil dos alimentos extremamente perecíveis.

De acordo com Devlieghere, Debevere e Impe (1998), o CO₂ tem sido um dos componentes mais utilizados por apresentar atividade antimicrobiana e por ter capacidade de ser parcialmente dissolvido na água e na gordura do alimento até atingir o equilíbrio em relação à solubilidade. Para o acondicionamento de carnes, geralmente é utilizada uma composição gasosa de 20 a 30% de CO₂ e 70 a 80% de O₂, sendo que o CO₂ exerce a função anteriormente citada, enquanto que o O₂ é responsável pela cor vermelho brilhante (oximioglobina) que o consumidor quer encontrar no momento da compra, porém pode promover a oxidação lipídica e da mioglobina resultando na descoloração, ou seja, formação de metamioglobina, em curto período de tempo (JAKOBSEN e BERTELSEN, 2000; MANCINI et al., 2005; RAINES et al., 2006; BÓRNEZ, LINARES e VERGARA, 2010).

Determinar o tempo de vida útil da carne ovina quando armazenada sob refrigeração e buscar maneiras de estender a validade deste produto apresenta-se como uma fonte importante e necessária de informações, visando favorecer o crescimento e fortalecimento da cadeia da ovinocultura no Brasil. A realização desta pesquisa é considerada extremamente importante principalmente por existirem pouquíssimos estudos realizados no Brasil sobre a qualidade e, principalmente, sobre a estabilidade durante o armazenamento da carne ovina embalada em diferentes sistemas de acondicionamento e sob refrigeração.

Diante das informações acima citadas, o objetivo geral deste trabalho foi aplicar a tecnologia de ATM empregando diferentes composições gasosas visando o aumento da estabilidade da carne ovina armazenada refrigerada. Como objetivos específicos podem-se citar: (1) Avaliar a estabilidade da carne de lombo de cordeiro acondicionada a vácuo em filmes de alta barreira, estocada sob refrigeração ($1\pm1^{\circ}\text{C}$) e (2) Avaliar se o uso de diferentes composições gasosas (CO₂ puro ou em combinação com O₂) poderia estender a de vida útil da carne ovina armazenada sob refrigeração, quando comparado ao sistema tradicional de embalagem a vácuo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matérias-primas

Para o estudo, foram adquiridos os lombos (*Longissimus lumborum*) de 30 animais por repetição, com idade de 5 a 6 meses e peso vivo na faixa de 35 a 40 Kg. Em cada repetição todos os animais foram provenientes de lotes homogêneos e um mesmo local de produção. Além disto, somente na 3ª repetição foram adquiridos mais 30 lombos (15 animais) de um mesmo lote para a realização de análises sensoriais. O abate foi acompanhado no matadouro do Frigorífico Clube do Cordeiro, localizado em Itapira - São Paulo, sob condições humanitárias.

Após 24 horas do abate, as carcaças foram desossadas sendo feitos cortes entre a 1ª e 6ª vértebras lombares para a remoção dos lombos. Os cortes foram desossados e após o toalete (retirada de todo tecido conjuntivo e gordura aparente) foram embalados a vácuo, sendo armazenados em caixas de isopor contendo gelo e logo em seguida encaminhados para a FZEA/USP.

Na Planta Piloto de Processamento da universidade, as amostras foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido tipo *Dry-lock* perfurada para a drenagem de líquidos (Marca LINPAC, Modelo 21P LinStar) com medidas de 140 x 178 x 25 mm e absorção de 25 ± 5 g de água sendo estas colocadas individualmente dentro de sacos plásticos de filme alta barreira para carne refrigerada contendo 7 camadas à base de EVA (etini-vinil-acetato), PVDC (policloreto de vinilideno), adesivo e selante com dimensões de 180 mm x 370 mm (Código BB2800, Marca CRYOVAC). De acordo com o fabricante, as principais propriedades desta embalagem multicamadas são: Espessura de 48 a 62 μm ; taxa de permeabilidade máxima ao O_2 de $25 \text{ cm}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ (1 atm/23°C/ 0% UR) e taxa de permeabilidade máxima ao vapor d'água $10 \text{ gH}_2\text{O}/\text{m}^2.\text{dia}$ (1 atm/38°C/ 90% UR).

Foi feita a identificação das amostras de acordo com o tratamento (vácuo, $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ ou CO_2), sendo estas embaladas utilizando-se seladora para ATM operando com um ciclo de vácuo, um para a injeção de gases e um ciclo para a selagem (Modelo BSG 320, Marca R. BIAIO). Para tanto, utilizou-se cilindro contendo 75% $\text{O}_2 + 25\%$ CO_2 ativado à uma pressão de 3 ATM e contendo 100% de

CO₂, à pressão de 13 ATM. O equipamento foi programado com uma pressão (vácuo) de 5,5 mmHg nos três tratamentos. Nos tratamentos com injeção de gases foi utilizada uma relação de aproximadamente 5:1 de volume (mL) de gás por massa (g) de carne (Figura 19).

Figura 19 – Regulagem da pressão de gás dos cilindros; equipamento utilizado para vácuo, injeção de gases e selagem das embalagens; amostras após a selagem.

Posteriormente os lombos foram armazenados em temperatura de refrigeração ($1\pm1^{\circ}\text{C}$) em câmara B.O.D. (Modelo MA 415, Marca Marconi). Para cada tempo de estocagem foram utilizadas respectivamente 9 amostras aleatórias, em que para cada análise eram utilizados 3 lombos, sendo um de cada tratamento, e para as análises sensoriais, foram utilizadas 12 amostras por ponto (Figura 20).

Figura 20 – Amostras de lombos a vácuo (A), contendo 75% O₂ + 25% CO₂ (B) e 100% CO₂ (C) armazenadas sob refrigeração.

2.2 Avaliação dos lombos ovinos

As análises para a verificação da estabilidade das carnes foram realizadas a cada 7 dias totalizando 5 pontos (intervalos), correspondentes aos tempos consecutivos de armazenamento (0, 7, 14, 21 e 28 dias), a partir do dia da obtenção dos cortes. Foram conduzidas nos laboratórios de Qualidade e Estabilidade de Carnes e Produtos Cárneos, de Tecnologia de Sistemas de Embalagem (LATSE), de Bioprocessos, de Biotecnologia Ambiental, de Produtos Funcionais, Tecnologia de Alimentos (LTA), Multiusuário de Análise de Alimentos e de Análise Sensorial. O acondicionamento das amostras foi realizado na Planta Piloto de Processamento de Alimentos. Todos os laboratórios pertencem ao Departamento de Engenharia de Alimentos (ZEA) da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), da Universidade de São Paulo (USP).

2.2.1 Características da embalagem

Para otimizar as condições de selagem, foi realizado o teste de estanqueidade (Figura 21), de acordo com Padula et al. (1989) e ASTM (1999). Para tanto a embalagem foi submersa em água dentro da câmara de vácuo (dessecador), permanecendo coberta por pelo menos 25 mm do fluido. Acoplou-se a câmara de vácuo fechada a uma bomba de vácuo (Modelo TE 058, Marca Tecnal) de maneira a elevar o vácuo forte o suficiente para assegurar a sensibilidade do teste. Durante a aplicação do vácuo, a presença de vazamentos na embalagem submergida é detectada pela formação de bolhas. Bolhas isoladas causadas por ar aprisionado não são consideradas vazamentos. O vácuo foi mantido por 30 segundos. Após a liberação do vácuo, a tampa foi removida e verificada a presença de fluido no interior da embalagem. Esta análise foi realizada em duplicata uma semana antes do início de cada uma das repetições para cada um dos tratamentos (vácuo, 75% O₂ + 25% CO₂ e 100% CO₂) em quintuplicata. Desta forma, o processo de termossoldagem foi ajustado e a integridade das embalagens garantida.

Figura 21 – Sistema utilizado para verificação da termossoldagem das embalagens.

2.2.1.1 *Espessura, gramatura e volume de gás*

Os ensaios de espessura e gramatura foram realizados em temperatura de 23°C e umidade relativa (UR) de 50%, sendo as amostras da embalagem condicionadas nestas condições por um período de 48 horas, seguindo-se metodologias descritas por Padula et al. (1989) e Sarantópoulos et al. (2002).

Para avaliar a homogeneidade do filme plástico utilizado, a espessura foi mensurada com uso de um micrômetro digital externo (Modelo Coolant Proof IP65 série 293-240, Marca Mitutoyo) com exatidão instrumental de 0,001 mm, através de procedimentos para a determinação de espessura de estruturas plásticas flexíveis a partir de 25 µm (Figura 22).

Figura 22 – Determinação da espessura do filme plástico utilizado para embalar as amostras deombo.

Foram utilizados 5 corpos-de-prova de 10x10 cm², cortados com auxílio de um gabarito e estilete, sendo realizadas medidas em quintuplicata em cada um deles. Com o uso de um micrômetro digital foram feitas 5 medidas a pelo menos 6 mm da borda do corpo-de-prova, sendo a média aritmética realizada e estes resultados expressos em média ± DP, em micrômetros (µm).

Para a determinação da gramatura foram separados 5 corpos-de-prova de 100 cm² de área, cortados a uma distância de 2,5 cm da borda da embalagem. Após o condicionamento das amostras, foi realizada a pesagem dos corpos-de-prova em balança analítica (Modelo AX 200, Marca Shimadzu) com resolução de 0,0001 g. A gramatura do material foi calculada através da divisão da massa obtida em gramas pela área do corpo-de-prova em metros quadrados, sendo a média aritmética determinada e os resultados finais expressos em média $\pm$ DP, em g/m².

As embalagens contendo a composição gasosa (75% O₂ + 25% CO₂ e 100% CO₂) foram submetidas à verificação de volume de gás através de metodologias descritas por Padula et al. (1989) e Sarantópoulos et al. (2002). Para tanto, foi utilizado um funil de vidro, uma proveta de vidro com capacidade de 1000 mL, um recipiente grande e uma lâmina de bisturi. No recipiente contendo água, o funil e a proveta eram colocados de ponta cabeça, ficando estes cheios de água e posteriormente conectados. A embalagem era encaixada no funil e esta era perfurada com o uso da lâmina de bisturi, sendo que todo o gás liberado deslocava a água contida na proveta. Desta maneira, o volume de gás dentro da embalagem era igual à quantidade que a proveta indicava (Figura 23).

Figura 23 – Determinação do volume de gás das embalagens com atmosfera modificada.

2.2.2 Análise da composição gasosa no espaço-livre

A composição gasosa no interior da embalagem foi determinada utilizando um analisador de gás portátil (Modelo CheckPoint O₂/CO₂, Marca Dansensor), que realiza a leitura e a determinação dos gases através da punção da embalagem com uma agulha, de acordo com o procedimento descrito por Sarantópoulos et al. (2002). O objetivo desta avaliação foi verificar qualitativa e quantitativamente a composição de gases no espaço-livre de embalagens, já que o equipamento possui sensor eletroquímico para a determinação de O₂ e infravermelho para CO₂.

Esta análise foi realizada em triplicata antes da abertura das embalagens dos tratamentos a vácuo, contendo 75% O₂ + 25% CO₂ e 100% CO₂, que seriam utilizadas para os testes microbiológicos e físicos e químicos e em quintuplicata antes dos testes de estanqueidade e de determinação do volume de gases (Figura 24).

Figura 24 – Determinação da composição gasosa das embalagens.

2.2.3 Análises microbiológicas

Todas as análises microbiológicas, com exceção da determinação de bactérias láticas, foram realizadas conforme metodologias já descritas detalhadamente no Capítulo II, item 2.2.1, porém para o preparo das diluições decimais seriadas, foram retiradas, assepticamente, 25 g da amostra em pedaços pequenos de diversos pontos superficiais superiores da amostra.

2.2.3.1 *Psicrotróficos aeróbios e anaeróbios*

As análises de psicrotróficos aeróbios e anaeróbios foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Vanderzant e Splittstoesser (1992), em que as placas foram incubadas em temperatura de 20°C por um período de 72 horas e os resultados foram expressos em UFC/g de amostra. Para os psicrotróficos anaeróbios, as placas foram acondicionadas invertidas em jarros (Marca Probac) contendo sistemas geradores de anaerobiose.

2.2.3.2 *Coliformes termotolerantes a 45°C*

Para a determinação de coliformes fecais seguiu-se o método oficial A.O.A.C. nº 998.08 utilizando como meio de cultura as placas Petrifilm™ (Marca 3M), que após inoculação dos meios foram incubadas a 44±1°C, por 24±2 horas para verificar a formação ou não de colônias específicas, expressas em UFC/g de amostra.

2.2.3.3 *Estafilococos coagulase positiva*

Para a sua determinação seguiu-se o método A.O.A.C. n.º 2003.11, utilizando como meio de cultura as placas Petrifilm™ Staph Express (Marca 3M), sendo estas incubadas em temperatura entre 35 a 37±1°C por 24±2 horas, sendo feita a confirmação com Disco Petrifilm™ Staph Express (Marca 3M) em caso de formação de colônias mistas, expressas em UFC/g de amostra.

2.2.3.4 *Salmonella*

A análise de presença de *Salmonella* foi feita através do BAX®System (Marca Dupont/Qualicon), baseado na automação das análises de alimentos por Reação de Polimerase em Cadeia (PCR), através de método rápido a partir de pré-enriquecimento (A.O.A.C. 2003.09).

2.2.3.5 *Bactérias lácticas*

Para a determinação de bactérias lácticas seguiu-se condições descritas a partir de Downes e Ito (2001), Kennedy, Buckley e Kerry (2004), Lauzurica et al. (2005) e Silva et al. (2007). Foi utilizado o método de plaqueamento em profundidade, em que adicionou-se 1 ml de amostra diluída em placas de Petri vazias e estéreis e em seguida estas alíquotas foram cobertas com uma camada de Ágar MRS. As placas foram acondicionadas invertidas em jarros (Marca Probac) contendo sistemas geradores de anaerobiose e posteriormente incubadas a 35 a 37±1°C por 45 a 48±3 horas. Para a leitura foram selecionadas as placas contendo entre 25 a 250 colônias e a contagem foi expressa em UFC/g de amostra.

2.2.4 Análises físicas e químicas

Todas as análises físicas e químicas foram baseadas em metodologias descritas mais detalhadamente no Capítulo II, item 2.2.2.

2.2.4.1 *Análise de cor objetiva*

As amostras foram submetidas à avaliação de cor utilizando-se um colorímetro portátil (Modelo MiniScan XE, Marca HunterLab) nas mesmas condições descritas no capítulo anterior, porém as leituras foram realizadas superficialmente em pontos distintos em triplicata após 30 minutos de exposição ao ar atmosférico (Figura 25).

Figura 25 – Determinação da cor das amostras de lombo.

2.2.4.2 *Análise de pH*

As medições de pH foram realizadas com os lombos utilizados na análise anterior através de um pHmetro (Modelo HI 99163, Marca HANNA) com eletrodo

combinado para leitura em triplicata com perfuração de 3 pontos em cada repetição (Figura 26).

Figura 26 – Determinação do pH das amostras de lombo.

2.2.4.3 *Oxidação lipídica - Análise de TBARS*

As mesmas amostras utilizadas para análise de cor e pH, foram submetidas à avaliação da extensão da oxidação lipídica através do teste de TBARS (substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico), seguindo-se o método de extração direta de Vyncke (1970), em que os resultados foram expressos em mg de malonaldeído/Kg de amostra.

2.2.4.4 *Determinação da composição centesimal*

A metodologia oficial da A.O.A.C. (2007) foi utilizada para determinação de umidade (950.46), resíduo mineral fixo ou cinzas (920.153) e proteínas (981.10). O teor de lipídeos foi determinado pelo método Bligh Dyer (1959).

Para a determinação da porcentagem destes componentes das carnes utilizadas neste experimento, no dia da desossa, três lombos refrigerados de cada repetição foram embalados a vácuo e posteriormente congelados até o momento das análises.

2.2.4.5 *Perda de água por cocção (PAC) e força de cisalhamento*

Inicialmente as carnes foram pesadas em balança semi-analítica (Modelo AS 5500C, Marca MARCONI) e logo depois assadas em um forno elétrico (Modelo Gran Master Gourmet, Marca ECO) à temperatura de 180°C até atingir uma temperatura de 72°C, sendo invertidas ao alcançarem 36°C. Ao atingirem 30°C em temperatura ambiente, as amostras foram pesadas novamente e a perda de água por cocção (PAC) foi determinada através da equação: $PAC = [(Peso\ inicial - peso\ final)/peso\ inicial] \times 100$, sendo os resultados expressos em porcentagem. Após a cocção, as amostras cozidas foram cortadas em 10 paralelepípedos de 2 x 1 x 1 cm no sentido paralelo às fibras musculares, e em seguida foi utilizado um texturômetro com acessório *Warner Bratzler* (Modelo 235 6X, Marca Salter Brecknell) para a determinação da força de cisalhamento, sendo os resultados expressos em Kg.

2.2.5 Análise sensorial

Para a realização das análises sensoriais os lombos foram embalados da maneira como já citada anteriormente e nas mesmas condições de estocagem. Foram recrutados cinquenta consumidores não treinados entre alunos, docentes e funcionários da própria FZEA/USP em Pirassununga, em que o critério de seleção dos provadores era apenas gostar de carne ovina (Figura 27). A cada 7 dias foram retiradas 4 amostras de cada tratamento da B.O.D., sendo 3 destinadas para o teste de aceitação e 1 para análise visual utilizando teste de ordenação de preferência. Para os testes de aceitação as amostras foram assadas de maneira similar ao

descrito no item 2.2.4.5, sendo mantidas em estufa à 60°C por no máximo 30 minutos até serem servidas, em blocos completos aleatorizados, e submetidas à avaliação utilizando metodologia descrita por Meilgaard, Civille e Carr (1991). Utilizou-se escala hedônica de nove pontos, sendo avaliados os atributos aroma, textura, suculência, sabor e qualidade global, conforme ficha demonstrada na Figura 28. De acordo com a necessidade, os provadores poderiam fazer comentários em relação aos atributos por eles analisados.

Nome: _____	Data: ____ / ____ / ____
Sexo: ☐ M ☐ F	
Idade: ☐ Até 20 anos ☐ de 20 a 40 anos ☐ de 40 a 60 anos ☐ acima de 60 anos	
Por favor, responda às seguintes questões:	
1. Você gosta de carne de cordeiro ? Sim ☐ Não ☐	
2. Com que frequência, em média, você consome carne de cordeiro :	
☐ Quase sempre (1 ou mais vezes por semana) ☐ Muito (2 ou 3 vezes por mês) ☐ Moderado (pelo menos 1 vez por mês) ☐ Pouco (menos de 1 vez por mês) ☐ Quase nunca (somente em ocasiões especiais)	
3. Com que frequência, em média, você compra carne (<u>de qualquer espécie</u>) embalada a vácuo?	
☐ Quase sempre (1 ou mais vezes por semana) ☐ Muito (2 ou 3 vezes por mês) ☐ Moderado (pelo menos 1 vez por mês) ☐ Pouco (menos de 1 vez por mês) ☐ Quase nunca (somente em ocasiões especiais)	

Figura 27 – Ficha utilizada para a seleção dos provadores.

Nome: _____ Data: _____ **Ficha** _____

Você está recebendo uma amostra de **CARNE OVINA**. Por favor, avalie o produto e marque na escala o quanto você gostou ou desgostou das seguintes características:

Número da amostra _____

ESCALA 1-Detestei 2-Desgostei muito 3-Desgostei moderadamente 4-Desgostei ligeiramente 5-Nem gostei/nem desgostei 6-Gostei ligeiramente 7-Gostei moderadamente 8-Gostei muito 9-Adorei	AROMA	Nota	Comentários:
	TEXTURA		Comentários:
	SUCULÊNCIA		Comentários:
	SABOR		Comentários:
	QUALIDADE GLOBAL		Comentários:

Figura 28 – Ficha de avaliação da análise sensorial de aceitação.

Após a avaliação sensorial de aceitação, foi aplicado um teste visual de ordenação de preferência (FERREIRA et al., 2000). Este método consistiu na observação simultânea de três amostras em suas respectivas embalagens (vácuo, 25% CO₂ + 75% O₂ e 100% CO₂), apresentadas em ordem aleatória e com códigos diferenciados, sendo que em relação à aparência geral, os provadores ordenavam em ordem crescente de preferência, conforme ficha apresentada na Figura 29, e podendo fazer comentários de acordo com a comparação realizada entre as amostras analisadas.

Provador: _____	Data: ____/____/____	Ficha nº
<p>TESTE DE ORDENAÇÃO DE PREFERÊNCIA: por favor, avalie as 3 amostras de carne de cordeiro embaladas em relação à APARÊNCIA GERAL e ordene-as em ordem crescente de preferência.</p>		
_____	_____	_____
menos preferida		mais preferida
Comentários: _____		

Figura 29 – Ficha de avaliação para teste de ordenação de preferência.

2.3 Análises estatísticas e delineamento experimental

Para a análise das variáveis microbiológicas, físicas e químicas e sensoriais, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 5, ou seja, 3 tratamentos (1= Vácuo, 2= 75% O₂ + 25% CO₂ e 3= 100% CO₂) avaliados em 5 tempos de estocagem (0, 7, 14, 21 e 28 dias), fazendo-se 3 repetições para cada um dos tratamentos em cada um dos tempos de armazenamento.

Os resultados, à exceção dos obtidos pela análise microbiológica, foram analisados por análise de variância ANOVA. utilizando-se o programa estatístico SAS (*Statistic Analysis System*), versão 9.1.3, sendo que as médias foram comparadas através do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. As respostas experimentais obtidas foram submetidas a ajustes de modelos de regressão para verificar as variações ocorridas ao longo do período de estocagem e ou entre os tratamentos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características da embalagem

Em relação à espessura da embalagem utilizada para o acondicionamento dos lombos de cordeiro, a mesma apresentou um valor médio de 0,057 mm com DP de 0,003, sendo este resultado compatível com a faixa atribuída pelo fabricante (Marca Cryovac), que determinou um valor entre 0,048 e 0,062 mm para a mesma.

Quanto a gramatura, após a realização do ensaio, foi encontrado um valor de 56,62 g/m² e DP de 1,30 para os corpos-de-prova das embalagens utilizadas no presente estudo.

O volume de gás das embalagens contendo atmosfera modificada (ATM) foi determinado através de um ensaio realizado antes do acondicionamento das amostras de carne, que definiu a razão média de 5:1 de gás utilizado/Kg de carne, já que os lombos possuíam em média 180 gramas e o volume de gases apresentou uma média de 1000 mL.

3.2 Análise da composição gasosa no espaço-livre

Imediatamente após o acondicionamento dos lombos no tempo zero, a composição gasosa presente no espaço-livre dos três tratamentos foi determinada diretamente no interior da embalagem (Tabela 4).

Tabela 4 – Teores de CO₂ e O₂ iniciais.

Tratamentos	%CO ₂	%O ₂
	Média ± DP ¹	Média ± DP
Vácuo	0,14 ± 0,06	20,62 ± 0,01
75% O ₂ + 25% CO ₂	25,47 ± 0,18	71,32 ± 0,17
100% CO ₂	99,45 ± 0,12	0,49 ± 0,02

¹Desvio Padrão.

Para cada tratamento, em intervalos de 7 dias, as concentrações de CO_2 e O_2 residuais no espaço-livre das embalagens foram avaliadas. Para o tratamento a vácuo, pode-se observar na Figura 30, um aumento constante de CO_2 e simultaneamente uma redução nos níveis de O_2 , o que possibilitou o desenvolvimento de microrganismos anaeróbios, e também provavelmente a perda do vácuo ao longo do tempo, conforme também observado por Nishi (2008), em estudos com carne bovina em temperaturas de 0, 2, 4, 7 e 10°C por um período de 63 dias.

Figura 30 – Concentração de O_2 e CO_2 no interior de embalagens para o tratamento a vácuo.

Provavelmente a produção de CO_2 ocorreu devido ao consumo do O_2 pela respiração muscular, que é mais alta nos primeiros dias após o abate reduzindo-se durante o período de estocagem, e pelo metabolismo microbiano que é crescente durante o armazenamento (McMULLEN e STILES, 1991; JAKOBSEN e BERTELSEN, 2002). Além disto, este aumento de CO_2 durante a estocagem pode ser decorrente da baixa solubilidade deste gás no tecido muscular após atingir o equilíbrio, sendo que sua absorção pode variar de acordo com a temperatura e pH da carne (GILL, 1988; McMULLEN e STILES, 1991).

Spahl, Reineccius e Tatini (1981) em seus estudos também verificaram o aumento nos teores de CO_2 durante a estocagem de cortes suínos sob ATM. Contraditoriamente, Sørheim et al. (1996), observaram que os níveis de CO_2 nos lombos suínos armazenados por 22 dias foram diminuindo com o passar do tempo,

provavelmente pela sua dissolução no corte cárneo, assim como Seideman et al. (1980), que também verificaram este mesmo resultado durante o armazenamento dos cortes cárneos a 2°C.

Em relação ao tratamento contendo 75% O₂ + 25% CO₂, pode-se notar que, assim como o tratamento a vácuo, houve um aumento de CO₂ e um decréscimo progressivo de O₂ (Figura 31). Devido à alta dissolução de CO₂ em temperatura de refrigeração, e também de O₂, pela carne, era de se esperar que ocorresse uma diminuição destes dois gases ao longo do período de estocagem. No entanto, a redução de O₂ se deve provavelmente à ação das mitocôndrias, ou seja, pelo processo de respiração da carne e pelo seu consumo por bactérias que estão presentes neste meio de cultura, e que conseqüentemente produzem CO₂, justificando o aumento deste ao longo do tempo (JEREMIAH, 2001; BERRUGA, VERGARA e LINARES, 2005). Similarmente ao presente estudo, Sørheim, Nissen e Nesbakken (1999), estudando diferentes atmosferas (0,4% CO + 60% CO₂ + 40% N₂ com e sem associação de absorvedor de O₂; 70% O₂ + 30% CO₂; a vácuo) para o acondicionamento de carne moída, lombos (músculo *Longissimus lumborum et thoracis*) e costeletas suínas, a 4 e 8°C por até 21 dias, o teor de O₂ em embalagens contendo alto teor deste gás se reduziu ao longo do período de análise, chegando a níveis entre 60 a 65%.

Figura 31 – Concentração de O₂ e CO₂ no interior de embalagens para o tratamento 75% O₂ + 25% CO₂.

Já no tratamento contendo 100% CO₂, observou-se que os teores residuais de O₂ apresentaram uma redução ao longo do período avaliado, enquanto que a porcentagem de CO₂ se reduziu até os sete dias, e voltou a aumentar a partir de 14 dias até o final da estocagem, como pode ser visualizado na Figura 32, diferente de Sørheim et al. (1997), que trabalhando com lombo suíno (*Longissimus thoracis et lumborum*) a 3°C verificaram uma redução na concentração de CO₂ de cerca de 96% para aproximadamente 91%, após 21 dias de armazenamento, concluindo que isto ocorreu provavelmente devido à absorção deste gás pelas amostras de carne. Buys (2004), verificou que durante o armazenamento de músculos *Longissimus thoracis et lumborum* de suínos por 21 dias a 0°C, os níveis de CO₂ no tratamento contendo 100% CO₂ + absorvedor de O₂, decresceram para 91% após 7 dias, mantendo-se nesta porcentagem até o final da estocagem.

Figura 32 – Concentração de O₂ e CO₂ no interior de embalagens para o tratamento 100% CO₂.

Ao final do período de estocagem, em todos os tratamentos (vácuo, 75% O₂ + 25% CO₂ e 100% CO₂), o teor de O₂ residual reduziu progressivamente, sendo que no primeiro e terceiro, o nível deste gás alcançou valores próximos à 0%, assim como em pesquisas com carne suína realizadas por Seideman et al. (1979) e Doherty e Allen (1998). Por outro lado, Mano, Pereda e Fernando (2002), trabalhando com amostras de músculo *Longissimus dorsi* de suínos embaladas com 100% ar, 100% nitrogênio, 20% CO₂ + 80% O₂ e 40% CO₂ + 60% O₂, verificaram

que não houve alteração na composição gasosa em nenhuma das amostras durante 30 dias em temperaturas de 1 e 7°C.

Durante o armazenamento a concentração de O₂ vai diminuindo provavelmente devido ao seu consumo por microrganismos aeróbios, ocorrência de reações metabólicas e bioquímicas, principalmente respiração muscular, além da dissolução deste gás no tecido cárneo (TAYLOR e MAC DOUGALL, 1973; GILL e MOLIN, 1991; GILL, 1996; JAKOBSEN e BERTELSEN, 2000). Jakobsen e Bertelsen (2004) avaliando músculos *Longissimus dorsi* de suínos concluíram que a quantidade de CO₂ absorvida na carne pode variar principalmente de acordo com o a pressão parcial de CO₂ e espaço livre em relação ao volume de carne na embalagem, sendo que outros fatores tais como pH, temperatura e teor de gordura também podem influenciar.

3.3 Determinação da Composição Centesimal

De acordo com os resultados finais dispostos na Tabela 5, verificou-se que a composição de umidade e proteínas das amostras avaliadas era compatível com dados obtidos por Bonagurio (2001), que encontrou valores entre 76,1 a 74,3% e de 20,3 a 21,4%, respectivamente, em seus estudos para verificar a qualidade da carne de cordeiros abatidos com diferentes pesos. Já Manso et al. (1998), encontraram valores de umidade e proteínas bem abaixo dos encontrados no presente estudo ao comparar a composição química de carcaças provenientes de cordeiros com diferentes pesos de abate e dietas a base de suplementos protéicos distintos (60,18 a 64,13% e 15,65 a 16,01%, respectivamente). Hoffman et al. (2003) em seus estudos comparando características qualitativas de cordeiros mestiços provenientes de seis cruzamentos raciais, verificaram que a porcentagem de cinzas totais do músculo *Semimembranosus* apresentava-se dentro da faixa de 1,02 a 1,09, corroborando com o valor obtido no presente estudo. Em relação aos lipídeos, a média encontrada neste trabalho permaneceu abaixo dos valores obtidos por Berge et al. (2003), que após comparação de carcaças provenientes de 6 países europeus, notaram que amostras de músculo *Longissimus thoracis et lumborum* apresentaram porcentagem de lipídeos que variou de 5,3 a 13%.

As variações nas porcentagens dos constituintes podem ocorrer de acordo com a idade, raça, sexo, nutrição, condições ambientais, corte cárneo, peso de abate, fatores genéticos (CANHOS e DIAS, 1983; ABERLE et al., 2001; ORDÓÑEZ et al., 2005b; SANTOS et al., 2008). É interessante ressaltar que com o aumento da idade do animal, ou melhor, durante seu crescimento, ocorre um maior acúmulo de lipídeos e conseqüentemente uma redução do teor de água e proteínas, provavelmente pelo menor desenvolvimento muscular e aumento de peso corporal. Quanto às cinzas o nível destas pode se manter estável, reduzir ou se elevar com o aumento do peso vivo do animal (ABERLE et al., 2001; SANTOS et al., 2008).

Tabela 5 – Composição centesimal das amostras armazenadas sob congelamento a -18°C.

Umidade (%)	Cinzas (%)	Lipídeos (%)	Proteínas (%)
Média ± DP ¹	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP
75,50 ± 0,54	1,05 ± 0,03	2,48 ± 0,42	21,20 ± 0,97

¹Desvio Padrão.

3.4 Estabilidade microbiológica

As contagens de microrganismos psicotróficos aeróbios e anaeróbios, bactérias lácticas, estafilococos coagulase positiva e presença de *Salmonella* foram realizadas aos 0, 7, 14, 21 e 28 dias de armazenamento.

Durante o período de tempo avaliado não foram detectadas contagens de microrganismos estafilococos coagulase positiva (<10 UFC/g de amostra), nem a presença de *Salmonella* em nenhum dos tratamentos, assim como em estudos realizados por Rosa (2009) que trabalhou com cortes de lombo suíno (*Longissimus dorsi*) acondicionados em embalagem de transporte tipo *masterpack* e estocada a 2±1°C contendo diferentes composições gasosas (75% O₂ + 25% CO₂; 50% O₂ + 50% CO₂ e 100% CO₂), sendo realizadas análises nos períodos 1, 8, 15 e 22 dias de armazenamento. Em relação aos coliformes termotolerantes, apenas foi detectada uma contagem esporádica de 5,02x10³ UFC/g de amostra aos 21 dias de estocagem

no tratamento a vácuo, provavelmente devido a uma possível contaminação durante a manipulação das amostras.

Desta maneira, a carne de lombo de cordeiro embalada a vácuo e acondicionada sob as composições gasosas utilizadas neste trabalho (75% O₂ + 25% CO₂ e 100% CO₂), armazenadas a 1°C mantiveram-se, durante 28 dias, dentro dos limites aceitáveis estabelecidos pela legislação brasileira através da Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), cujas contagens previstas para carnes embaladas a vácuo, não maturadas, são 10⁴ para coliformes termotolerantes, 3x10³ para estafilococos coagulase positiva e ausência de *Salmonella* em 25g de amostra.

As contagens para microrganismos psicrotróficos aeróbios e anaeróbios e bactérias lácticas estão apresentadas nas Figuras 33, 34 e 35.

Figura 33 – Contagens de microrganismos psicrotróficos aeróbios ao longo da estocagem refrigerada (1°C).

Figura 34 – Contagens de microrganismos psicotróficos anaeróbios ao longo da estocagem refrigerada (1°C).

Figura 35 – Contagens de bactérias lácticas ao longo da estocagem refrigerada (1°C).

Pode-se observar que de 0 a 7 dias as contagens destes três grupos de microrganismos (psicotróficos aeróbios e anaeróbios e bactérias lácticas) mantiveram-se estáveis nos três sistemas de embalagem avaliados, sendo que de 7 a 14 dias notou-se uma multiplicação mais acelerada, no entanto semelhante, em todos os tratamentos. Já aos 21 dias de armazenamento a 1°C observou-se que nos tratamentos com injeção de gases (100% CO₂ ou 75% O₂ + 25% CO₂), houve uma menor proliferação microbiana se comparados com as amostras a vácuo, evidenciando uma vantagem daqueles em relação a este em relação ao aumento da

estabilidade microbiológica da carne de cordeiro. Esta informação está de acordo com a literatura, que cita que concentrações iguais ou superiores a 10% de CO₂ e O₂ já podem promover a inibição do desenvolvimento de bactérias aeróbias e anaeróbias, respectivamente (LIVINGSTON et al., 2004). Gill (1996), afirma que a inibição de 50% de psicrotróficos pode ocorrer em sistemas contendo atmosferas com concentração de apenas 20% de CO₂. Por outro lado, o CO₂ pode promover a deterioração pela multiplicação de anaeróbios, sendo que altas concentrações deste gás retardam o desenvolvimento de aeróbios (JEREMIAH, 2001).

Ao final do período avaliado, ou seja, aos 28 dias de armazenamento refrigerado, o tratamento contendo 100% CO₂ apresentou menores contagens, da ordem de 1 ciclo logarítmico (entre 10⁶ e 10⁷ UFC/g amostra) se comparados com as contagens dos outros dois tratamentos (de 10⁷ e 10⁸ UFC/g de amostra). O armazenamento da carne fresca em ATM tem a função de reduzir a deterioração microbiana (JEONG e CLAUS, 2011), o que pôde ser constatado ao longo dos 28 dias de estocagem, neste caso, mais evidentemente em amostras que estavam acondicionadas em sistemas contendo 100% CO₂, cujas contagens permaneceram mais baixas para todos os microrganismos ao final do armazenamento, já que este gás retarda a ocorrência da deterioração (GILL e HARRISON, 1989).

As contagens de bactérias lácticas até 14 dias de armazenamento foram próximas às encontradas por Kennedy, Buckley e Kerry (2004), que estudando músculos *Longissimus dorsi* de cordeiros acondicionados em embalagens contendo diferentes composições gasosas (A: 80% O₂ + 20% CO₂, B: 60% O₂ + 20% CO₂ + 20% N₂ e C: 60% O₂ + 40% CO₂) a 4°C, observaram que os tratamentos A e B apresentaram contagens crescentes, entre 10² e 10⁴ UFC/g de amostra, ao longo de 12 dias de estocagem. Similarmente conforme constatado neste estudo, Soldatou et al. (2009) também notaram em suas análises um crescente aumento do número de bactérias lácticas durante o armazenamento de carne fresca de cordeiro tipo Souvlaki (espetinho de carne fresca) embalada aerobicamente, a vácuo e sob diferentes atmosferas modificadas (30% CO₂ + 70% N₂ e 70% CO₂ + 30% N₂) estocadas a 4±0,5°C, chegando a valores entre 7 e 8 Log de UFC/g de amostra aos 13 dias de armazenamento, sendo estes superiores aos encontrados neste estudo. Luño et al. (2000), estudando músculo *Longissimus lumborum* de bovinos estocados a 1±1°C por 29 dias, verificaram que no tratamento contendo 70% O₂ + 20% CO₂ + 10% N₂, os níveis de psicrotróficos aeróbios, que inicialmente estavam entre 1 e 2 Log,

chegou no final da estocagem em contagens em torno de 5 a 6 Log, enquanto que bactérias lácticas variaram de 1 a cerca de 5 Log durante o armazenamento, sendo estes valores inferiores aos encontrados no presente estudo. Por outro lado, Viana, Gomide e Vanetti (2005), ao estudarem lombo suíno (músculo *Longissimus dorsi*) notaram ao avaliar cinco tratamentos diferentes (A: a vácuo; B: 100% CO₂; C: 99% CO₂ + 1% CO; D: 100% O₂; E: 100% CO seguido a vácuo após 1 hora de exposição) valores entre 10⁷ a 10⁸ para psicrotrofos aeróbios e anaeróbios já aos 20 dias de estocagem a 4°C.

Assim como neste presente estudo, Mano, Pereda e Fernando (2002), também concluíram em seus estudos com carne suína a eficiência de altos teores de CO₂ para a inibição do desenvolvimento microbiano, da mesma forma que Sørheim et al. (1996), que ao avaliarem lombo suíno (*longissimus thoracis et lumborum*) armazenado a 1°C por 22 dias em diferentes condições (A: a vácuo; B: 100% CO₂; C: 50% CO₂ + 50% N₂; D: 25% CO₂ + 75% N₂; E: 25% CO₂ + 65% N₂ + 10% O₂), verificaram que de acordo com as mesmas análises realizadas ao longo do tempo pelos autores anteriores, tratamentos contendo CO₂ e CO₂ + N₂ conferiram uma maior estabilidade ao produto. Além destes autores, Kennedy, Buckley e Kerry (2005), avaliando microbiologicamente diferentes composições gasosas (A: 100% CO₂ + 0% N₂; B: 90% CO₂ + 10% N₂ e C: 80% CO₂ + 20% N₂) também constataram para amostras de músculo *Longissimus dorsi* de cordeiro, uma maior eficiência do sistema A na durabilidade dos cortes cárneos estocados por 8 dias a 4°C.

Segundo Roça e Serrano (1995) e Leitão (2003), o início da deterioração pode ser detectado através da descoloração superficial quando a contagem microbiana atinge cerca de 10⁶ UFC/cm², sendo que as alterações em relação ao odor podem ser evidenciadas a partir de valores de 10⁷ UFC/cm²; de sabor, 10⁸ UFC/cm² e a limosidade superficial pode ser observada ao se ter uma população microbiana de 10⁹ UFC/cm² de amostra. Sendo assim, pode-se considerar que o lombo ovino armazenado a 1°C, apesar de não apresentar riscos à saúde do consumidor mesmo após 28 dias, poderia apresentar sinais de deterioração a partir de 21 dias quando embalado a vácuo e 28 dias quando embalado em ATM com 75% de O₂ e 25% de CO₂, mas sem apresentar sinais de deterioração microbiana até 28 dias quando embalado com ATM em 100% de CO₂.

3.5 Estabilidade física e química

Os resultados obtidos através da análise estatística descritiva para as variáveis dos ensaios de estabilidade física e química de lombos de cordeiro mantidos sob refrigeração nos diferentes tratamentos estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados finais das análises físicas e químicas durante a estocagem das amostras de lombo a 1°C.

Variável	Média ± DP ¹	CV ² (%)	Mínimo	Máximo
Textura (Kg)	4,30 ± 1,43	33,37	1,65	7,76
PAC ³ (%)	16,17 ± 3,33	20,60	10,50	25,42
pH	5,86 ± 0,29	5,01	5,40	6,41
TBARS ⁴	0,35 ± 0,46	129,14	0,02	1,73
L*	37,25 ± 3,93	10,56	30,26	44,61
a*	14,94 ± 2,65	17,76	11,02	19,63
b*	12,58 ± 2,75	22,00	8,22	19,38

¹Desvio Padrão; ²Coeficiente de Variação; ³Perda de água por cocção; ⁴Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico.

De acordo com o tratamento (vácuo, 75% O₂ + 25% CO₂ e 100% CO₂), as médias para cada uma das variáveis analisadas durante o armazenamento podem ser visualizadas na Tabela 7.

Em relação à maciez, o lombo de cordeiro não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) ao longo do tempo de estocagem nem interação ($p > 0,05$) entre os tratamentos a vácuo, contendo 75% O₂ + 25% CO₂ e 100% CO₂ e o tempo. Quer dizer, os três tratamentos apresentaram comportamento semelhante durante todo o período avaliado, sem alterações significativas na força de cisalhamento.

Era de se esperar um aumento da maciez devido à maturação da carne durante a estocagem refrigerada, porém este comportamento não foi detectado provavelmente porque a ocorrência da hidrólise protéica não foi suficiente para diminuir a força de cisalhamento. Em exposição à altos níveis de O₂, há a formação de ligações cruzadas intermoleculares com pontes dissulfeto, em que as proteínas

podem se tornar menos susceptíveis à ocorrência da proteólise, reduzir a fragmentação miofibrilar e consequentemente diminuir a maciez da carne (LUND et al., 2007). Já em exposição à altos teores de CO₂ esperava-se obter possivelmente uma maior força de cisalhamento, já que em baixos teores de O₂, a proteólise seria inibida pelo menor desenvolvimento de bactérias aeróbias (JEREMIAH, 2001).

Tabela 7 – Análise de variância de acordo com o tratamento durante o tempo de armazenamento de 28 dias das amostras de lombo a 1°C.

Variável	Tratamento		
	Vácuo	75% O ₂ + 25% CO ₂	100% CO ₂
	Média ± EP ¹	Média ± EP	Média ± EP
Textura (Kg)	3,95 ± 0,39 ^a	4,31 ± 0,39 ^a	4,64 ± 0,39 ^a
PAC ² (%)	17,42 ± 0,78 ^a	13,62 ± 0,78 ^b	17,48 ± 0,78 ^a
pH	5,77 ± 0,08 ^a	5,95 ± 0,08 ^a	5,86 ± 0,08 ^a
TBARS ³	0,33 ± 0,11 ^a	0,45 ± 0,11 ^a	0,32 ± 0,10 ^a
L*	36,95 ± 1,05 ^a	38,47 ± 1,05 ^a	36,32 ± 1,05 ^a
a*	15,35 ± 0,54 ^a	16,47 ± 0,54 ^a	13,01 ± 0,54 ^b
b*	12,43 ± 0,58 ^b	14,36 ± 0,58 ^a	10,95 ± 0,58 ^b

*a, b: médias com letras diferentes na mesma linha identificam variação significativa (p<0,05) da variável analisada ao longo do período de estocagem avaliado.

¹Erro Padrão; ²Perda de água por cocção; ³Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico.

Contrariamente aos resultados constatados neste estudo, Hwang e Thompson (2001) ao estudarem os efeitos da estimulação elétrica na maciez de músculo *Longissimus thoracis et lumborum* de bovinos, observaram que nos tratamentos com estimulação elétrica analisados após armazenamento a vácuo em 1, 3, 7 e 14 dias a 1°C, houve um aumento da maciez ao longo do período avaliado. Recentemente, Bórnez, Linares e Vergara (2010), estudando método de atordoamento de cordeiros e avaliando músculo *Longissimus dorsi* aos 7, 14 e 21 dias armazenados a 2°C com dois tipos de ATM (A: 70% O₂ + 30% CO₂ e B: 69,3% N₂ + 30% CO₂ + 0,7% CO) verificaram que para o atordoamento com estimulação elétrica o tratamento contendo O₂ e CO₂ durante o período avaliado apresentou uma diminuição significativa na força de cisalhamento, de 54,1 para 36,1 N/cm². Por outro lado, Vergara e Gallego (2001), estudando músculos *Longissimus dorsi* de cordeiro

armazenados em diferentes atmosferas modificadas (A: 20% CO₂ + 10% O₂ + 70% N₂; B: 40% CO₂ + 60% N₂; C: 80% CO₂ + 20% O₂; D: 80% CO₂ + 20% N₂) durante um período de tempo de 16 dias a 2°C, notaram que em relação à força de cisalhamento, não houve diferença significativa entre os tratamentos ao longo do período de estocagem. Porém, em estudo com lombos de *Cervus elaphus* armazenados a 2°C por 23 dias sob três tipos de atmosferas modificadas (A: 40% CO₂ + 60% N₂; B: 80% CO₂ + 20% O₂ e C: 80% CO₂ + 20% N₂), Vergara et al. (2003) verificaram uma tendência de redução de força de cisalhamento durante o armazenamento.

De acordo com os resultados encontrados para perda de água por cocção (PAC) houve efeito significativo ($p < 0,05$) apenas entre os tratamentos, não existindo significância ao longo do tempo ($p > 0,05$) e nem interação ($p > 0,05$) entre os tratamentos analisados em relação ao período de armazenamento. O sistema contendo 75% O₂ + 25% CO₂ apresentou médias inferiores ($13,62 \pm 0,78\%$) em relação à embalagem a vácuo ($17,42 \pm 0,78\%$) e à contendo 100% CO₂ ($17,47 \pm 0,78\%$), ao contrário de Vergara e Gallego (2001), em estudo já citado anteriormente, que verificaram que ao longo do tempo no tratamento contendo baixo teor de CO₂ a tendência foi a maior perda de peso.

Contrariamente aos resultados de PAC ao longo do tempo de armazenamento encontrados neste estudo, Warner et al. (2005) verificaram que amostras de músculos *Longissimus thoracis et lumborum* e *Gluteus medius* de cordeiro acondicionadas a vácuo e armazenadas por 1 a 5 dias sob refrigeração, apresentaram maior PAC no quinto dia de maturação em comparação ao primeiro. Além destes autores, Vergara et al. (2003), conforme estudo já citado anteriormente, avaliando diferentes composições gasosas, verificaram um aumento de PAC ao longo de 23 dias de armazenamento sob refrigeração. Os resultados observados nestes dois trabalhos, provavelmente ocorreram devido às injúrias protéicas ocasionadas durante a maturação que diminui a retenção de água durante seu cozimento (BARACAT, 2006).

Em relação à oxidação lipídica do lombo de cordeiro armazenado sob refrigeração avaliado através do índice de TBARS (mg de malonaldeído/Kg de amostra) verificou-se efeito significativo ($p < 0,06$) durante o período de estocagem de 28 dias. As análises de regressão evidenciaram um comportamento quadrático significativo ($p < 0,06$), sendo que por meio da equação obtida o ponto de máximo

índice de TBARS ocorreu aos 17,78 dias de armazenamento a 1°C. Ou seja, houve uma queda deste índice ao final do tempo de estocagem avaliado (Figura 36). Não foi detectada variação significativa entre os tratamentos ($p>0,05$) nem interação ($p>0,05$) entre os tratamentos analisados em relação ao tempo de armazenamento.

Figura 36 – Índice de TBARS ao longo da estocagem refrigerada (1°C) de lombo ovino embalado a vácuo, com injeção de 75% O₂ + 25% CO₂ e 100% CO₂.

Esta redução no índice de TBARS pode ter ocorrido, provavelmente devido às elevadas contagens de microrganismos psicrótróficos observadas já aos 21 dias de estocagem e consequente geração de subprodutos do metabolismo destes, o que possivelmente pode ter interferido na quantificação do malonaldeído.

Os valores de TBARS observados durante o período avaliado permaneceram com uma média geral de $0,35 \pm 0,46$ mg de malonaldeído/Kg de amostra, permanecendo desta forma, abaixo da percepção sensorial e dentro do limite aceitável, que de acordo com Terra, Cichoski e Freitas (2006) é de no máximo 1,59 mg de malonaldeído/Kg de amostra. Isto ocorreu provavelmente devido ao baixo nível de lipídeos das amostras, em torno de 2,48%, compostos por elevado teor de ácidos graxos saturados, que a torna menos susceptível à oxidação lipídica (ELLIS E BERTOL, 2001). Esta alteração pode ocorrer em decorrência à degradação dos ácidos graxos e resulta na formação da rancidez que é caracterizada pela alteração do sabor e odor original (CAMPO et al., 2006), que neste caso, não foi averiguada, sendo que o lombo continuou aceitável e com boa qualidade, sem sinais significativos de oxidação.

Esperava-se uma maior oxidação lipídica no tratamento contendo 75% O₂ + 25% CO₂, já que altos teores de O₂ induzem a ocorrência da oxidação lipídica (RAINES e HUNT, 2010). Porém o comportamento esperado não foi detectado possivelmente devido ao baixo teor de lipídeos presentes nos lombos avaliados. Contrariamente aos resultados encontrados neste estudo, Berruga, Vergara e Gallego (2005), conforme já citados, observaram um aumento significativo da oxidação lipídica ao longo do tempo, sendo que esta alteração permaneceu mais evidente no tratamento com alta concentração de O₂ e em menor grau no vácuo, após análises realizadas em intervalos de 7 dias.

Em condições anaeróbias deveria existir a prevenção da ocorrência da oxidação lipídica (JEREMIAH, 2001), enquanto que sob alto teor de O₂, a carne sofre esta mudança em maior grau (JAKOBSEN e BERTELSEN, 2000; ÁLVAREZ et al., 2009), como constatado por John et al. (2005) em estudos com carne bovina embalada em diferentes condições (A: 80% O₂; B: 0,4% CO e C: a vácuo), a 2°C por 21 dias, sendo que maior teor de TBARS foi apresentado pelo tratamento A.

Contrariamente ao presente estudo, em que ao final da estocagem os lombos apresentaram valores em torno de 0,3 mg de malonaldeído/Kg de amostra, Luño et al. (2000), verificando o índice de TBARS ao longo do período de armazenamento para tratamentos contendo diferentes concentrações de CO, O₂, CO₂ e N₂, além de um controle (70% O₂ + 20% CO₂ + 10% N₂), observaram que ocorreu um aumento significativo atingindo aos 29 dias valores entre 0,5 e 0,8. Isto também foi constatado por Walshe et al. (2006), que analisando músculos *Longissimus dorsi* de novilhos a cada 2 dias durante 10 dias armazenados sob refrigeração a 4°C e acondicionados em sistema de embalagem com ATM 80% CO₂ + 20% O₂, observaram um aumento significativo nos níveis de TBARS ao longo do tempo. Já Kennedy, Buckley e Kerry (2004), conforme anteriormente já citados, observaram que os maiores valores foram prevalentes no tratamento contendo 80% O₂ + 20% CO₂, devido à maior concentração de O₂. Da mesma forma, Linares et al. (2007), estudando diferentes sistemas contendo ATM (A: 70% O₂ + 30% CO₂; B: 69,3% N₂ + 30% CO₂ + 0,7% CO; C: 60% N₂ + 40% CO₂) no acondicionamento de músculos *Longissimus dorsi* de cordeiro a 2°C, verificaram que houve um aumento do teor de malonaldeído ao longo do período avaliado (1, 7, 14 e 21 dias após embalagem), sendo que o tratamento A apresentou maiores valores de TBARS em relação aos outros em decorrência à presença de O₂ em alto teor.

Em relação aos valores de pH determinados nas amostras de lombo, não se verificou uma variação significativa entre os tratamentos ($p>0,05$), de tempo de estocagem ($p>0,05$) e nem interação ($p>0,05$) entre os tratamentos e período de armazenamento. Durante o período de armazenamento, o valores médios do pH para amostras a vácuo, sob 75% CO₂ + 25% O₂ e 100% CO₂, foram respectivamente de $5,77\pm0,08$, $5,95\pm0,08$ e $5,86\pm0,08$, ligeiramente acima da faixa da normalidade para carne de cordeiro citada por Sobrinho et al. (2005), que pode variar de 5,5 a 5,8.

Era de se esperar a ocorrência de uma diminuição dos valores de pH ao longo do tempo devido ao crescente desenvolvimento de bactérias lácticas (CAYRÉ, VIGNOLO e GARRO, 2003), tanto nos tratamentos a vácuo, quanto nos dois outros tratamentos, sendo que além deste fator, nestes últimos, a dissolução do CO₂ no músculo e tecidos de gordura também poderia ter contribuído para esta redução, já que este comportamento promove a formação de ácido carbônico (GILL, 1988; JAKOBSEN e BERTELSEN, 2004). Provavelmente a redução do pH não ocorreu em nenhum dos tratamentos porque as reservas de glicogênio muscular dos animais, já estavam esgotadas no início do armazenamento, e com isto o pH permaneceu mais elevado (JACOB, PETHICK e CHAPMAN, 2005; LAWRIE e LEDWARD, 2006; PINHEIRO et al., 2009). Entretanto, a carne ovina já apresenta um valor de pH levemente mais alto em relação à carne bovina, por exemplo, o que pode favorecer o desenvolvimento microbiano mais rapidamente, resultando consequentemente em uma menor durabilidade da carne (TERLOUW, 2005).

Os valores de pH encontrados no atual estudo também são superiores aos observados por Bórnez, Linares e Vergara (2010), que, em estudo já relatado anteriormente, notaram valores entre 5,57 a 5,62. Porém, corroborando com o presente trabalho, este estudo não apresentou diferença significativa durante todo o período de armazenamento avaliado. Contrariamente aos resultados obtidos neste estudo, Vergara e Gallego (2001), conforme já citados, notaram que os valores de pH do tratamento contendo 80% CO₂ + 20% O₂ diminuíram significativamente ao longo do tempo (de 5,80 para 5,54), provavelmente devido à alta solubilidade de CO₂ no músculo. Contrariamente, Linares, Bórnez e Vergara (2008), verificaram que em amostras de carne de cordeiro (músculo *Longissimus dorsi*), originadas de abate com atordoamento elétrico, acondicionadas em bandejas sob diferentes sistemas de embalagem (A: 70% O₂ + 30% CO₂; B: 69.3% N₂ + 30% CO₂ + 0.7% CO e C: 60%

N₂ + 40% CO₂) a 2°C por 21 dias, os valores de pH variaram significativamente ao longo do tempo nos tratamentos A e B, porém entre os tratamentos não houve variação significativa.

Para a análise de cor objetiva, em relação aos valores de L*, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, de tempo de estocagem e nem interação entre os tratamentos ao longo do período avaliado. Para esta variável, os tratamentos a vácuo, com injeção de 75% O₂ + 25% CO₂ e 100% CO₂ apresentaram médias de $36,95 \pm 1,05$, $38,47 \pm 1,05$ e $36,32 \pm 1,05$, respectivamente. Vale ressaltar que o grau de luminosidade é diretamente influenciado pelos teores de mioglobina, oximioglobina e metamioglobina (FELDHUSEN et al., 1995).

Valores de a* variaram significativamente ($p < 0,05$) apenas entre os tratamentos, sendo que a intensidade de vermelho foi menor no tratamento contendo 100% CO₂ ($13,01 \pm 0,54$) em comparação aos outros dois, que apresentaram médias gerais de $15,35 \pm 0,54$ para vácuo e $16,47 \pm 0,54$ para 75% O₂ + 25% CO₂, sugerindo provável descoloração superficial (JEREMIAH, 2001). Era de se esperar que houvesse um efeito significativo ($p < 0,05$) ao longo do período de armazenamento, já que a coloração vermelha depende da taxa de consumo de O₂ pela carne, que vai se reduzindo devido à diminuição de substratos e enzimas responsáveis pelo eficiente funcionamento da respiração mitocondrial (O'KEEFFE e HOOD, 1982).

Em relação ao b*, também ocorreu variação significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos, sendo a intensidade de amarelo maior em 75% O₂ + 25% CO₂ ($14,36 \pm 0,58$), em detrimento aos outros, que apresentaram médias gerais de $12,43 \pm 0,58$ para vácuo e $10,95 \pm 0,58$ para 100% CO₂, provavelmente devido à maior relação com o teor de oximioglobina.

A oxigenação ocorre a partir de cerca de 5 mm de profundidade em relação à superfície do corte cárneo e a cor superficial depende do estado químico da mioglobina e também do equilíbrio entre a disponibilidade de O₂ superficial e a respiração tecidual (BEGGAN, ALLEN e BUTLER, 2006; JACOB et al., 2007; JOSE et al., 2009). Altos teores de O₂ promovem a oxigenação do pigmento cárneo e desta forma, mantém e prolonga a coloração por um período de tempo antes que a metamioglobina se torne visível superficialmente (MANCINI e HUNT, 2005). Diante disto, verificou-se que o sistema de embalagem contendo 100% CO₂ apresentou uma maior descoloração com uma aparência acinzentada (Figura 37). É sabido que

a presença de baixos teores residuais de O_2 (acima de 0,1%) favorece a oxidação da mioglobina com a formação de metamioglobina e consequente escurecimento da carne durante seu armazenamento (O'KEEFFE e HOOD, 1980; GILL, 1996; INSAUSTI et al., 2001; JEREMIAH, 2001). Este resultado está de acordo com informações da literatura que afirmam que concentrações acima de 30% de CO_2 aumentam o grau de descoloração de carnes vermelhas (LUÑO, BELTRÁN e RONCALÉS, 1998).

Figura 37 – Coloração das amostras de carne acondicionadas a vácuo, 75% O_2 + 25% CO_2 e 100% CO_2 , da esquerda para a direita, respectivamente.

Diferentemente dos resultados deste trabalho, Vergara e Gallego (2001), trabalhando com músculos *Longissimus dorsi* de cordeiro, como já citado anteriormente, notaram que ao longo do tempo em amostras acondicionadas em 20% CO_2 + 10% O_2 + 70% N_2 e 80% CO_2 + 20% O_2 , o L^* aumentou significativamente variando de 45,32 a 48,92, provavelmente devido à desnaturação protéica que aumentou sua dispersão (INSAUSTI et al., 2001). Além disto, valores de a^* diminuíram significativamente apresentando valores entre 11,99 a 16,55 e b^* foram maiores do que em embalagens isentas de O_2 , variando entre 7,72 a 11,85. Da mesma forma, Luciano et al. (2009), avaliando a estabilidade da cor do músculo *Semimembranosus* de cordeiros, armazenados em 80% O_2 + 20% CO_2 por 14 dias a 4°C, verificaram o mesmo comportamento dos autores anteriores até o final da estocagem, enquanto que Berruga, Vergara e Gallego (2005), em estudo já citado anteriormente, notaram que amostras sob vácuo apresentaram uma maior estabilidade em relação à coloração, sendo que no tratamento contendo alto teor de O_2 , o L^* e b^* foram maiores, enquanto que a^* apresentou menores valores.

Mais recentemente, Bórnez, Linares e Vergara (2010), em estudos já citados anteriormente, notaram que para o atordoamento com estimulação elétrica no tratamento contendo O_2 e CO_2 durante o período avaliado, não houve efeito

significativo nos valores de L^* apresentando valor médio de 52,85, os valores de a^* reduziram significativamente de 15,48 para 9,86 e intensidade de b^* apresentou média de 12,44. Insausti et al. (1999), avaliando músculo *Longissimus dorsi* de diferentes raças de touros jovens armazenados em diferentes condições de embalagem (A: a vácuo; B: 60% CO_2 + 30% O_2 + 10% N_2), durante 15 dias de estocagem a uma temperatura de $2\pm 1^\circ C$, verificaram que o L^* aumentou durante todo o período avaliado em ambos os tratamentos, porém no vácuo foi constatado um menor valor de L^* , como também relatado no presente estudo, enquanto que no tratamento B, um menor valor de a^* , assim como no sistema contendo alto nível de CO_2 do atual experimento. Por outro lado, Luño et al. (2000), como já citado anteriormente, verificaram que a cor de amostras de carne bovina analisada após 30 minutos da abertura das embalagens apresentaram uma redução significativa da intensidade de a^* ao longo de 29 dias de estocagem, sendo este o resultado da conversão de oximioglobina a metamioglobina.

3.6 Estabilidade sensorial

Quanto aos provadores selecionados, 57% eram do sexo feminino, sendo que 78% dos participantes se enquadraram dentro da faixa etária de 20 a 40 anos, conforme Figura 38. Em relação à frequência de consumo de carne de cordeiro, esta permaneceu entre “moderado” e “quase nunca”, enquanto que a frequência de compra de carne embalada a vácuo, de qualquer espécie permaneceu bastante dividida entre as frequências “moderado”, “pouco” e “quase nunca”, respectivamente 20%, 27% e 28%, conforme Figura 39.

Figura 38 – Gráfico da faixa etária dos provedores totais selecionados.

Figura 39 – A: Gráfico da frequência de consumo de carne de cordeiro; B: Gráfico de frequência de compra de carne embalada a vácuo. Quase sempre (1 ou mais vezes por semana); muito (2 ou 3 vezes por mês); moderado (pelo menos 1 vez por mês); pouco (menos de 1 vez por mês; quase nunca (somente em ocasiões especiais).

3.6.1 Teste de aceitação

Os resultados finais obtidos em relação aos atributos sensoriais avaliados nos diferentes tratamentos durante o período de 21 dias são apresentados na Tabela 8. Em geral, os valores médios atribuídos pelos provadores para todos os atributos avaliados ficaram próximos a 7 (“gostei moderadamente”), com exceção do atributo aroma, que apresentou média de 5,77 (próximo a “gostei ligeiramente”). Provavelmente esta menor aceitação do aroma se deveu à ausência de condimentos na carne, que não foram adicionados evitando-se mascarar possíveis diferenças entre os tratamentos.

Tabela 8 – Resultados finais da análise sensorial de acordo com o atributo durante a estocagem por 21 dias das amostras de lombo a 1°C.

Variável	Média ± DP¹	CV² (%)	Mínimo	Máximo
Aroma	5,77 ± 1,82	31,51	1,00	9,00
Textura	7,00 ± 1,57	22,49	1,00	9,00
Suculência	7,09 ± 1,54	21,70	1,00	9,00
Sabor	6,72 ± 1,76	26,19	1,00	9,00
Qualidade Global	6,75 ± 1,51	22,44	1,00	9,00

¹Desvio Padrão; ²Coeficiente de Variação.

Em relação aos atributos aroma e suculência, estes apresentaram variação significativa ($p < 0,05$) apenas entre os tratamentos avaliados, conforme médias que podem ser vistas na Tabela 9. Quanto ao aroma, amostras a vácuo diferiram significativamente daquelas acondicionadas em 75% O₂ + 25% CO₂ e em relação à suculência, houve redução desta variável para o tratamento que estava embalado em 75% O₂ + 25% CO₂. Não se verificou redução significativa ($p > 0,05$) na aceitação destes atributos (aroma e suculência) avaliados quando se comparou as amostras ao longo de 21 dias de estocagem, demonstrando que consumidores não treinados não foram capazes de perceber alterações nestes atributos ao longo do tempo. Similarmente ao resultado deste estudo, Clausen et al. (2009) ao avaliarem sensorialmente amostras de carne bovina (músculo *Longissimus dorsi*) sob

refrigeração, verificaram uma redução da suculência em amostras acondicionadas em alto teor de O₂ (80% O₂ + 20% N₂).

Tabela 9 – Análise de variância de acordo com o tratamento durante o tempo de armazenamento de 21 dias das amostras de lombo a 1°C.

Variável	Tratamento		
	Vácuo	75% O ₂ + 25% CO ₂	100% CO ₂
	Média ± EP ¹	Média ± EP	Média ± EP
Aroma	5,65 ± 0,13 ^b	5,92 ± 0,13 ^a	5,75 ± 0,13 ^{ab}
Suculência	7,16 ± 0,11 ^a	6,91 ± 0,11 ^b	7,21 ± 0,11 ^a

*a, b: médias com letras diferentes na mesma linha identificam variação significativa (p<0,05) da variável analisada ao longo do período de estocagem avaliado.

¹Erro Padrão.

Por meio do modelo linear, observou-se uma redução significativa (p<0,05) na aceitação do tratamento 75% O₂ + 25% CO₂ durante 21 dias de armazenamento, em relação à textura, sabor e qualidade global, enquanto que os outros dois tratamentos permaneceram estáveis, com uma boa aceitação durante o mesmo intervalo de tempo (Figuras 40, 41 e 42). Este comportamento ocorreu provavelmente porque este atributo é influenciado por altos teores de O₂ devido à possível formação de complexos protéicos e perda de função enzimática, que afetam de forma negativa na maciez (ZAKRYS et al., 2008). Era de se esperar que as amostras acondicionadas em embalagens contendo 100% CO₂ apresentassem realmente uma melhor aceitação ao longo do armazenamento refrigerado devido à maior inibição microbiana verificada.

Figura 40 – Aceitação sensorial em relação à textura ao longo do tempo de armazenamento para cada tratamento.

Figura 41 – Aceitação sensorial em relação ao sabor ao longo do tempo de armazenamento para cada tratamento.

Figura 42 – Aceitação sensorial em relação à qualidade global ao longo do tempo de armazenamento para cada tratamento.

Contrariamente, Martínez-Cerezo et al. (2005), avaliando sensorialmente amostras de *Longissimus lumborum* de cordeiro armazenadas a vácuo por 1, 2, 4, 8 e 16 dias a $3\pm 1^{\circ}\text{C}$ por análise descritiva quantitativa, demonstraram que houve um progressivo aumento da maciez e suculência para todas as raças e pesos de abate analisados, sugerindo uma boa aceitação. Lund et al. (2007), avaliando sensorialmente músculo *Longissimus dorsi* de suínos armazenados em condições diferenciadas (A: 70% O_2 + 30% CO_2 e B: a vácuo) durante estocagem por 14 dias a 4°C , observaram uma redução na aceitação da textura e suculência em relação ao tratamento A, provavelmente em decorrência à uma menor fragmentação miofibrilar ou proteólise, corroborando com resultados obtidos no presente estudo. Atualmente, Zakrys et al. (2009) estudando amostras de músculo *Longissimus dorsi* de novilhos acondicionadas por 12 dias a 4°C sob concentrações de O_2 variando de 40 a 80%, todas contendo 20% CO_2 , completando 100% com N_2 , verificaram que as amostras que possuíam concentrações iguais ou superiores a 50% apresentaram uma menor suculência e maciez, como constatado também no presente estudo.

3.6.2 Teste de ordenação de preferência

Os dados de ordenação de preferência foram avaliados estatisticamente de acordo com o teste de Friedman, utilizando a tabela de Newell e Mac Farlene (FERREIRA et al., 2000). A partir desta tabela foi feita a avaliação das diferenças críticas entre os totais das somas de ordenação, seguindo-se a descrição para 3 amostras e 50 respostas, obtendo-se com isso um valor crítico $\alpha 0,05=24$. Em todos os quatro intervalos de tempo de armazenamento avaliados a atitude dos consumidores em relação à aparência dos lombos (carne embalada) foi a mesma, sendo que as amostras embaladas a vácuo e sob atmosfera contendo 75% O₂ + 25% CO₂ foram preferidas se comparadas às amostras submetidas a injeção de 100% CO₂, conforme pode ser visto na Tabela 10. Esta menor aceitabilidade sensorial pode estar associada provavelmente à baixa intensidade de a* encontrada ao longo do tempo analisado que promove uma piora na aparência, sendo este o fator responsável pela intensidade de vermelho da carne e consequentemente um razoável indicativo de aceitação (BEHRENDTS et al., 2003). Por outro lado, o mercado de *food-service* pode ser beneficiado pela extensão da vida útil conferida pelo acondicionamento com 100% de CO₂, já que, para este mercado a segurança alimentar é mais relevante do que a coloração da carne ainda embalada, uma vez que o consumidor final terá contato somente com a carne já preparada.

Tabela 10 – Resultados das somas de ordenação utilizando a Tabela de Newell e Mac Farlene.

Tratamento	Tempo de estocagem (dias)			
	0	7	14	21
Vácuo	121 ^a	120 ^a	124 ^a	128 ^a
75% O ₂ + 25% CO ₂	120 ^a	124 ^a	121 ^a	107 ^a
100% CO ₂	59 ^b	56 ^b	55 ^b	65 ^b

a, b: médias com letras diferentes na mesma linha identificam variação significativa ($p<0,05$) durante o período de estocagem avaliado.

Este resultado demonstra que, em geral, antes da compra a maior parte do consumidor avalia a aparência do músculo, associando principalmente sua

coloração com o grau de frescor da carne (JEREMIAH, 2001; LIU et al., 2003). Carpenter, Cornforth e Whittier (2001), avaliando a preferência dos consumidores em relação à cor e tipo de embalagem para carne bovina, concluíram que apesar da alta tecnologia existente atualmente, a aceitação ocorre mais facilmente quando a coloração vermelho brilhante prevalece e quando esta carne é embalada em invólucro de PVC, mesmo que o sabor não corresponda à percepção inicial de produto fresco durante o consumo. É importante citar que a estabilidade da cor deve permanecer por no mínimo 21 dias, período que determina o sistema de embalagem ideal para carne fresca (JAYASINGH et al., 2001).

Scholtz et al. (1992), analisando sensorialmente amostras de carne suína (*Longissimus thoracis*) acondicionadas em diferentes condições (A: 25% CO₂ e 75% O₂; B: a vácuo e C: 100% CO₂) em relação à cor, odor e aceitabilidade observaram que a equipe de 10 provadores treinados classificaram a carne embalada a vácuo como a mais escura, com um odor desagradável e como menos aceitável em relação aos outros tratamentos. Já a amostra acondicionada em embalagem contendo 100% CO₂, foi analisada com um odor mais agradável, uma cor não tão escura e mais aceitável ao final do armazenamento por 21 dias a 0°C, se comparado com os outros sistemas de acondicionamento. Neste caso, para a análise da cor e aceitabilidade as amostras permaneceram fechadas, enquanto que para o odor, este atributo foi avaliado imediatamente após a abertura dos sistemas.

3.7 Estabilidade sensorial do tratamento 100% CO₂

3.7.1 Teste de aceitação

De acordo com os bons resultados obtidos em relação à estabilidade microbiológica (ausência de microrganismos patogênicos) e sensorial até 21 dias, apenas o tratamento contendo 100% CO₂ foi avaliado sensorialmente aos 28 dias (Tabela 11).

Tabela 11 – Resultados finais da análise sensorial de acordo com o atributo durante a estocagem por 28 dias das amostras de lombo a 1°C.

Variável	Média ± DP ¹	CV ² (%)	Mínimo	Máximo
Aroma	5,66 ± 1,77	31,24	1,00	9,00
Textura	7,03 ± 1,48	21,05	1,00	9,00
Suculência	7,15 ± 1,44	20,09	1,00	9,00
Sabor	6,70 ± 1,67	24,88	1,00	9,00
Qualidade Global	6,73 ± 1,51	22,52	1,00	9,00

¹Desvio Padrão; ²Coeficiente de Variação.

Em relação aos atributos avaliados ao longo do tempo de estocagem, as amostras não sofreram variação significativa ($p < 0,05$), conforme as médias das notas atribuídas pelos provadores que podem ser vistas na Tabela 12, demonstrando uma boa estabilidade da carne acondicionada em embalagem contendo 100% CO₂ até os 28 dias de armazenamento a 1°C.

Tabela 12 – Análise de variância de acordo com o tratamento durante o tempo de armazenamento de 28 dias das amostras de lombo a 1°C.

Variável	Tempo de estocagem (dias)				
	0	7	14	21	28
	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP
Aroma	5,78 ± 0,25 ^a	5,80 ± 0,25 ^a	5,90 ± 0,25 ^a	5,52 ± 0,25 ^a	5,32 ± 0,25 ^a
Textura	6,96 ± 0,21 ^a	7,02 ± 0,21 ^a	7,50 ± 0,21 ^a	6,98 ± 0,21 ^a	6,68 ± 0,21 ^a
Suculência	7,28 ± 0,20 ^a	7,00 ± 0,20 ^a	7,52 ± 0,20 ^a	7,04 ± 0,20 ^a	6,92 ± 0,20 ^a
Sabor	6,54 ± 0,24 ^a	6,42 ± 0,24 ^a	7,06 ± 0,24 ^a	6,84 ± 0,24 ^a	6,62 ± 0,24 ^a
Qualidade Global	6,58 ± 0,21 ^a	6,52 ± 0,21 ^a	7,14 ± 0,21 ^a	6,66 ± 0,21 ^a	6,74 ± 0,21 ^a

*a, b: médias com letras diferentes na mesma linha identificam variação significativa ($p < 0,05$) da variável analisada ao longo do período de estocagem avaliado.

¹Erro Padrão.

Carne estocada sob atmosferas contendo CO₂ aumentam eficientemente o tempo de armazenamento do produto, pois reduz o desenvolvimento microbiano durante o período de estocagem (O'KEEFFE e HOOD, 1980). Diante disto e corroborando com o presente estudo, Scholtz et al. (1992), na determinação da vida de prateleira de músculos *Longissimus thoracis* de carne suína armazenada por 21

dias a 0°C em sistemas de embalagens diferenciados (A: 25% CO₂ e 75% O₂; B: a vácuo e C: 100% CO₂), verificaram que o tratamento C foi melhor classificado sensorialmente em relação ao odor e a vida útil foi superior em comparação aos outros sistemas.

4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados das avaliações microbiológicas, físicas e químicas e da aceitação sensorial da carne assada, concluiu-se uma maior estabilidade durante 28 dias de estocagem a 1°C para as amostras acondicionadas em embalagens contendo 100% CO₂, enquanto que para as amostras acondicionadas a vácuo e contendo 75% O₂ + 25% CO₂, o tempo de vida útil é de no máximo 21 dias. No entanto, em relação à aparência da carne crua ainda embalada, o tratamento 100% CO₂ foi menos preferido quando comparado aos demais sistemas de ATM avaliados. Sendo assim, mesmo apresentando maior estabilidade são necessários maiores estudos com carne de cordeiro embalada em concentrações elevadas de CO₂, possivelmente em associação com outros gases que permitam a manutenção de uma coloração mais aceitável da carne embalada, principalmente quando destinada ao mercado varejista.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERLE, E.D. et al. **Principles of meat science**. 4.ed. Dubuque, Iowa: Kendall Hunt Publishing Company, 2001. Cap.3, 354p.

ÁLVAREZ, I. et al. Changes in the fatty acid composition of *M. longissimus dorsi* of lamb during storage in a high-oxygen modified atmosphere at different levels of dietary vitamin E supplementation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.57, p.140-146, 2009.

AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. 18.ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists - AOAC, 2007.

ASTM - American Society for Testing and Materials. **Selected ASTM standards on packaging**. 5.ed. ASTM, West Conshohocken, 1999.

BARACAT, R. S. et al. Efeitos da embalagem com atmosfera modificada na conservação da carne bovina porcionada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. [CD-ROM].

BARACAT, R.S. **Avaliação do processo por embalagem do tipo atmosfera modificada na conservação da carne bovina porcionada**. 2006. 72p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Resolução RDC nº 12, 02 de jan. 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial**, Brasília, 10 jan. 2001, Seção 1, p.45-47.

BEGGAN, M.; ALLEN, P.; BUTLER, F. Effect of oxygen concentrations on blooming ability of aged beef *longissimus lumborum* steaks following ultralow oxygen and vacuum storage. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v.17, p.267-276, 2006.

BEHRENDTS, J.M. et al. Color stability of semitendinosus, semimembranosus, and biceps femoris steaks packaged in a high-oxygen modified atmosphere. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, p.2230-2238, 2003.

BERGE, P. et al. Comparison of muscle composition and meat quality traits in diverse commercial lamb types. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v.14, p.281-300, 2003.

BERRUGA, M.I.; VERGARA, H.; LINARES, M.B. Control of microbial growth and rancidity in rabbit carcasses by modified atmosphere packaging. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.85, p.1987-1991, 2005.

BERRUGA, M.I.; VERGARA, H.; GALLEGU, L. Influence of packaging conditions on microbial and lipid oxidation in lamb meat. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.57, p.257-264, 2005.

BONAGURIO, S. **Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos**. 2001. 150p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, 2001.

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

BUYS, E.M. Colour changes and consumer acceptability of bulk packaged pork retail cuts stored under O₂, CO₂ and N₂. **Meat Science**, Barking, v.68, p.641-647, 2004.

CAMPO, M.M. et al. Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, Barking, v.72, p.303-311, 2006.

CANHOS, D. A. L.; DIAS, E. L. **Tecnologia de carne bovina e produtos derivados**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1983. 440p.

CARPENTER, C.E.; CORNFORTH, D.P.; WHITTIER, D. Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. **Meat Science**, Barking, v.57, p.359-363, 2001.

CAYRÉ, M. E.; VIGNOLO, G.; GARRO, O. Modeling lactic acid bacteria growth in vacuum packaged cooked meat emulsions stored at three temperatures. **Food Microbiology**, London, v.20, n.5, p.561-566, 2003.

CLAUSEN, B.I. et al. Modified atmosphere packaging affects lipid oxidation, myofibrillar fragmentation index and eating quality of beef. **Packaging Technology and Science**, Chichester, v.22, p.85-96, 2009.

DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J.; IMPE, J.V. Concentration of carbon dioxide in the water-phase as a parameter to model the effect of a modified atmosphere on microorganisms. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v.43, p.105-113, 1998.

DOHERTY, A.M.; ALLEN, P. The effect of oxygen scavengers on the color stability and shelf-life of CO₂ master packaged pork. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v.9, n.2, p.351-363, 1998.

DOWNES, F.P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington: APHA, 2001. 600p.

ELLIS, M.; BERTOL, T.M. Efeitos do peso de abate sobre a qualidade de carne suína e da gordura. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2001. p.236. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais01cv2_bertol_pt.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2011.

FELDHUSEN, F. et al. Influence of storage time on parameters of colour stability of beef. **Meat Science**, Barking, v.40, p.235-243, 1995.

FERREIRA, V.L.P. et al. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos**. Campinas: SBCTA, 2000. 127p.

GARCÍA-ESTEBAN, M.; ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. Comparison of modified atmosphere packaging and vacuum packaging for long period storage of dry-cured ham: effects on colour, texture and microbiological quality. **Meat Science**, Barking, v.67, p.57-63, 2004.

GARNIER, J.-P.; KLONT, R.; PLASTOW, G. The potential impact of current animal research on the meat industry and consumer attitudes towards meat. **Meat Science**, Barking, v.63, p.79-88, 2003.

GILL, C.O. The solubility of carbon dioxide in meat. **Meat Science**, Barking, v.22, p.65-71, 1988.

GILL, C.O.; HARRISON, J.C.L. The storage life of chilled pork packaged under carbon dioxide. **Meat Science**, Barking, v.26, p.313-324, 1989.

GILL, C.O. Extending the storage life of raw chilled meats. **Meat Science**, Barking, v.43, n.S, p.S99-S109, 1996.

GILL, C. O.; MOLIN, G. Modified atmosphere and vacuum packaging. In: RUSSEL, N. J. GOLD, G. W. (Ed.). **Food preservation**. Glasgow: Scotland; New York: Blackie and AVI, 1991. p.172-199.

HOFFMAN, L.C. et al. Comparison of six crossbred lamb types: sensory, physical and nutritional meat quality characteristics. **Meat Science**, Barking, v.65, p.1265-1274, 2003.

HWANG, I.H.; THOMPSON, J.M. The effect of time and type of electrical stimulation on the calpain system and meat tenderness in beef *longissimus dorsi* muscle. **Meat Science**, Barking, v.58, p.135-144, 2001.

INSAUSTI, K. et al. Colour stability of beef from diferent Spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere. **Meat Science**, Barking, v.53, p.241-249, 1999.

INSAUSTI, K. et al. Shelf life of beef from local Spanish cattle breeds stored under modified atmosphere. **Meat Science**, Barking, v.57, p.273-281, 2001.

JACOB, R.H. et al. Effect of lamb age and electrical stimulation on the colour stability of fresh lamb meat. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.58, p.374-382, 2007.

JACOB, R.H.; PETHICK, D.W.; CHAPMAN, H. M. Muscle glycogen concentrations in commercial consignments of Australian lamb measured on farm and post-slaughter after three different lairage periods. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.45, p.543-552, 2005.

JAKOBSEN, M.; BERTELSEN, G. Color stability and lipid oxidation of fresh beef. Development of a response surface model for predicting the effects of temperature, storage time, and modified atmosphere composition. **Meat Science**, Barking, v.54, n.1, p.49-57, 2000.

JAKOBSEN, M.; BERTELSEN, G. The use of CO₂ in packaging of fresh red meats and its effect on chemical quality changes in the meat: a review. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v.13, p.143-168, 2002.

JAKOBSEN, M.; BERTELSEN, G. Predicting the amount of carbon dioxide absorbed in meat. **Meat Science**, Barking, v.68, p.603-610, 2004.

JAYASINGH, P. et al. Evaluation of carbon monoxide treatment in modified atmosphere packaging or vacuum packaging to increase color stability of fresh beef. **Meat Science**, Barking, v.59, p.317-324, 2001.

JEONG, J.Y.; CLAUS, J.R. Color stability of ground beef packaged in a low carbon monoxide atmosphere or vacuum. **Meat Science**, Barking, v.87, p.1-6, 2011.

JEREMIAH, L. E. Packaging alternatives to deliver fresh meats using short-or long-term distribution. **Food Research International**, Barking, v.34, p.749-772, 2001.

JOHN, L. et al. Color and thiobarbituric acid values of cooked top sirloin steaks packaged in modified atmospheres of 80% oxygen, or 0.4% carbon monoxide, or vacuum. **Meat Science**, Barking, v.69, p.441-449, 2005.

JOSE, C.G. et al. CT scanning carcasses has no detrimental effect on the colour stability of *M. longissimus dorsi* from beef and sheep. **Meat Science**, Barking, v.81, p.183-187, 2009.

KENNEDY, C.; BUCKLEY, D.J.; KERRY, J.P. Display life of sheep meats retail packaged under atmospheres of various volumes and compositions. **Meat Science**, Barking, v.68, p.649-648, 2004.

KENNEDY, C., BUCKLEY, D. J., & KERRY, J. P. Influence of different gas compositions on the short-term, storage stability of mother-packaged retail-ready lamb packs. **Meat Science**, Barking, v.69, p.27-33, 2005.

LAUZURICA, S. et al. Effect of dietary supplementation of vitamin E on characteristics of lamb meat packed under modified atmosphere. **Meat Science**, Barking, v.70, p.639-646, 2005.

LAWRIE, R.A.; LEDWARD, D.A. **Lawrie's meat science**. 7.ed. Cambridge: CRC Press LLC, 2006. 442p.

LEITÃO, M. F. F. Aspectos microbiológicos das carnes. In: CONTRERAS, C. J. et al. **Higiene e sanitização na indústria de carnes e derivados**. São Paulo: Varela, 2003. Cap.1, p.1-5.

LINARES, M.B. et al. Lipid oxidation in lamb meat: Effect of the weight, handling previous slaughter and modified atmospheres. **Meat Science**, Barking, v.76, p.715-720, 2007.

LINARES, M.B.; BÓRNEZ, R.; VERGARA, H. Effect of stunning systems on meat quality of Manchego suckling lamb packed under modified atmospheres. **Meat Science**, Barking, v.78, p.279-287, 2008.

LIU, Y. et al. Prediction of color, texture, and sensory characteristics of beef steaks by visible and near infrared reflectance spectroscopy: a feasibility study. **Meat Science**, Barking, v.65, p.1107-1115, 2003.

LIVINGSTON, M. et al. Shelf life characteristics of enhanced modified atmosphere packaged pork. **Meat Science**, Barking, v.68, p.115-122, 2004.

LUCIANO, G. et al. Dietary tannins improve lamb meat colour stability. **Meat Science**, Barking, v.81, p.120-125, 2009.

LUND, M.N. et al. High-oxygen packaging atmosphere influences protein oxidation and tenderness of porcine *Longissimus dorsi* during chill storage. **Meat Science**, Barking, v.77, p.295-303, 2007.

LUÑO, M. et al. Beef shelf life in low O₂ and high CO₂ atmospheres containing different low CO concentrations. **Meat Science**, Barking, v.55, p.413-419, 2000.

LUÑO, M.; BELTRÁN, J.A.; RONCALÉS, P. Shelf-life extension and colour stabilisation of beef packaged in a low O₂ atmosphere containing CO: loin steaks and ground meat. **Meat Science**, Barking, v.48, n.1/2, p.71-84, 1998.

MANCINI, R.A. et al. Exclusion of oxygen from modified atmosphere packages limits beef rib and lumbar vertebrae marrow discoloration during display and storage. **Meat Science**, Barking, v.69, p.493-500, 2005.

MANCINI, R.A.; HUNT, M.C. Current research in meat color. **Meat Science**, Barking, v.71, p.100-121, 2005.

MANO, S. B.; PEREDA, J. A. O.; FERNANDO, G. D. G. Aumento da vida útil e microbiologia da carne suína embalada em atmosfera modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.1, 2002.

MANSO, T. et al. Animal performance and chemical body composition of lambs fed diets with different protein supplements. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.29, p.185-191, 1998.

MARTÍNEZ-CEREZO, S. et al. Breed, slaughter weight and ageing time effects on sensory characteristics of lamb. **Meat Science**, Barking, v.69, p.571-578, 2005.

McMILLIN, K.W. Where is MAP Going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. **Meat Science**, Barking, v.80, p.43-65, 2008.

McMULLEN, L.M.; STILES, M.E.; Changes in microbial parameters and gas composition during modified atmosphere storage of fresh pork loin cuts. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v.54, n.10, p.778-783, 1991.

MEILGAARD, M. C.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. Boca Raton: CRC Press, 1991. 287p.

MUCHENJE, V. et al. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. **Food Chemistry**, London, v.112, p.279-289, 2009.

NISHI, L.M. **Efeito da temperatura de estocagem sobre a estabilidade de carne bovina (*M. Gluteus medius*) embalada a vácuo**. 2008. 138p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2008.

O'KEEFFE, M.; HOOD, D.E. Anoxic storage of fresh beef. 1: nitrogen and carbon dioxide storage atmospheres. **Meat Science**, Barking, v.5, p.27-39, 1980.

O'KEEFFE, M.; HOOD, D.E. Biochemical factors influencing metmyoglobin formation on beef from muscles of differing colour stability. **Meat science**, Barking, v.7, p.209-228, 1982.

ORDÓÑEZ, J. A. P. et al. **Tecnologia de Alimentos**: alimentos de origem animal. Porto Alegre: Artmed, 2005b. Cap.7, 279p. v.2.

PADULA, M. et al. **Embalagens plásticas: controle de qualidade**. Campinas: CETEA/ITAL, 1989. 202p.

PARRY, R. T. Introduction. In: PARRY, R. T. **Principles and applications of modified atmosphere packaging of food**. London: Blackie Academic & Professional, 1993. Cap.1, p.1-18.

PINHEIRO, R.S.B. et al. Qualidade de carnes provenientes de cortes da carcaça de cordeiros e de ovinos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.9, p.1790-1796, 2009.

RAINES, C.R. et al.. Effects of ascorbic acid and OriganoxTM in different packaging systems to prevent pork lumbar vertebra discoloration. **Meat Science**, Barking, v.74, p.267-271, 2006.

RAINES, C.R.; HUNT, M.C. Headspace volume and percentage of carbon monoxide affects carboxymyoglobin layer development of modified atmosphere packaged beef steaks. **Journal of Food Science**, Chicago, v.75, n.1, p.C62-C65, 2010.

ROÇA, R.O.; SERRANO, A.M. Abate de bovinos: alterações microbianas da carcaça. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v.9, p.589-596, 1995.

ROSA, A. F. **Estudo proteômico do efeito da atmosfera modificada na estabilidade da cor e na vida útil da carne suína acondicionada em embalagens de transporte tipo *masterpack* sob refrigeração**. 2009. 126p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

SANTOS, C.L. et al. Análise centesimal dos cortes da carcaça de cordeiros Santa Inês e Bergamácia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.1, p.51-59, 2008.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L. et al. **Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades**. Campinas: CETEA/ITAL, 2002. 267p.

SCHOLTZ, E.M. et al. The influence of different centralised pre-packaging systems on the shelf-life of fresh pork. **Meat Science**, Barking, v.32, p.11-29, 1992.

SEIDEMAN, S.C. et al. Appearance of beef, pork and lamb stored in vacuum or modified gas atmospheres. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v.43, n.4, p.252-258, 1980.

SEIDEMAN, S.C. et al. Physical and sensory characteristics of pork packaged in various gas atmospheres. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v.42, n.4, p.317-322, 1979.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Varela, 2007. 552p.

SOBRINHO, A.G.S. et al. Características de qualidade da carne de ovinos de diferentes genótipos e idades ao abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.3, p.1070-1078, 2005.

SOLDATOU, N. et al. Physicochemical and microbiological changes of “Souvlaki” – A Greek delicacy lamb meat product: Evaluation of shelf-life using microbial, colour and lipid oxidation parameters. **Food Chemistry**, London, v.113, p.36-42, 2009.

SØRHEIM, O. et al. Effects of modified gas atmosphere packaging on pork loin colour, display life and drip loss. **Meat Science**, Barking, v.43, n.2, p.203-212, 1996.

SØRHEIM, O. et al. Effects of modified atmosphere storage on colour and microbiological shelf life of normal and pale, soft and exudative pork. **Meat Science**, Barking, v.41, n.1/2, p.147-155, 1997.

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

SPAHL, A, REINECCIUS, G.; TATINI, S. Storage life of pork chops in CO₂ containing atmospheres. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v.44, p.670-673, 1981.

TAYLOR, A.A.; MCDOUGALL, D.B. Fresh beef packaged in mixtures of oxygen and carbon dioxide. **Journal of Food Technology**, Chicago, v.8, n.10, p.453-461, 1973.

TERLOUW, C. Stress reactions at slaughter and meat quality in pigs: genetic background and prior experience a brief review of recent findings. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.94, p.125-135, 2005.

TERRA, N.N; CICHOSKI, A.J.; FREITAS, R.J.S. Valores de nitrito e de TBARs durante o processo e armazenamento da paleta suína curada, maturada e fermentada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.965-970, 2006.

VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D.F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington: APHA, 1992. 1219p.

VERGARA, H. et al. Conservation of *Cervus elaphus* meat in modified atmospheres. **Meat Science**, Barking, v.65, p.779-783, 2003.

VERGARA, H.; GALLEGU, L. Effects of gas composition in modified atmosphere packaging on the meat quality of Spanish Manchega lamb. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.81, p.1353-1357, 2001.

VIANA, E.S.; GOMIDE, L.A.M.; VANETTI, M.C.D. Effect of modified atmospheres on microbiological, color and sensory properties of refrigerated pork. **Meat Science**, Barking, v.71, p.696-705, 2005.

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

WALSHE, B.E. et al. Composition, sensory and shelf life stability analyses of *Longissimus dorsi* muscle from steers reared under organic and conventional production systems. **Meat Science**, Barking, v.73, p.319-325, 2006.

WARNER, R.D. et al. Acute exercise stress and electrical stimulation influence the consumer perception of sheep meat eating quality and objective quality traits. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.45, p.553-560, 2005.

ZAKRYS, P.I. et al. Effects of oxygen concentration on the sensory evaluation and quality indicators of beef muscle packed under modified atmosphere. **Meat Science**, Barking, v.79, p.648-655, 2008.

ZAKRYS, P.I. et al. Consumer acceptability and physiochemical characteristics of modified atmosphere packed beef steaks. **Meat Science**, Barking, v.81, p.720-725, 2009.