

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ROSANA SALLES BARACAT

**Avaliação do processo por embalagem do tipo atmosfera
modificada na conservação da carne bovina porcionada**

Pirassununga

2006

ROSANA SALLES BARACAT

Avaliação do processo por embalagem do tipo atmosfera modificada na conservação da carne bovina porcionada

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

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal.

Orientador: Prof. Dr. Albino Luchiari Filho

Pirassununga

2006

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meu caminho em todas as ocasiões de minha vida.

Aos meus pais, irmãs e sobrinhos, pelo incentivo, amor e carinho demonstrados.

Ao professor e orientador Dr. Albino Luchiari Filho, pelos ensinamentos, amizade, orientação e constantes incentivos.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA-USP), e a todos os professores do curso de pós-graduação desta unidade, pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

Ao presidente da comissão de pós-graduação da FZEA-USP, professor Dr. Douglas Emygídio de Faria, pela atenção e apoio dados.

Ao professor Dr. Paulo Roberto Leme, que com sua sabedoria muitas vezes mostrou-me o melhor caminho a seguir.

Ao professor Dr. César Gonçalves de Lima, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Aos professores dos departamentos de Zootecnia e de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ-USP, que com seus conhecimentos me ajudaram nos créditos necessários para a conclusão do curso de doutorado.

À empresa AGA, por nos ter cedido o gás utilizado na parte experimental deste trabalho.

Aos funcionários da seção de pós-graduação da FZEA-USP, em especial à Conceição, pelo auxílio e empenho no que foi necessário para a conclusão do curso de doutorado.

Aos funcionários da biblioteca de FZEA-USP, por toda atenção e auxílio prestados.

Aos funcionários do Matadouro-Escola da PCAPS da FZEA-USP, pela ajuda na realização desta pesquisa.

Aos amigos Saulo e Angélica, pela imprescindível ajuda prestada na realização deste trabalho, além dos fortes laços de amizade firmamos neste período.

À Aline, pela preciosa ajuda na parte experimental deste trabalho.

Aos colegas da pós-graduação e outros com os quais convivi neste período em Pirassununga: Regina, Luciane, Denise, Gabriela, Alessandra, Camila, Soraia, Gustavo e Márcia (Foférrima), pela amizade e companheirismo demonstrados.

Às minhas companheiras de curso na ESALQ, Liana, Sara e Deyse, pelos momentos passados juntas, que resultaram em uma forte amizade.

Ao laboratório Microbiotécnica, em especial à funcionária Marina, por realizar as análises microbiológicas deste trabalho.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, auxiliaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

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

O uso de atmosfera modificada (ATM) na embalagem de cortes cárneos tem sido uma alternativa para melhorar a qualidade do produto. Diante disto, o objetivo deste trabalho foi observar a vida útil de carnes armazenadas neste tipo de embalagem. Foram retiradas 96 amostras de 4 novilhos anelados, divididas em três tratamentos: Tratamento 1 (T1) – referente às amostras analisadas no dia da desossa; Tratamento 2 (T14) – referente às amostras analisadas aos 14 dias de armazenamento; Tratamento 3 (T28) – referente às amostras analisadas aos 28 dias de armazenamento. Cada tratamento tinha oito amostras de cada um dos quatro músculos estudados: *Longissimus dorsi* (Contrafilé) – LD, *Quadriceps femoris* (Patinho) – QF, *Semitendinosus* (Lagarto) - ST e *Supraspinatus* (Peixinho) – SS, sendo quatro delas (A, B, C e D) usadas para análises de força de cisalhamento, perdas de água ao cozimento e por exsudação, pH e cor, e as outras quatro para análises microbiológicas. As amostras foram embaladas em sacos do tipo masterpack com mistura de gases na proporção de 75% O₂ e 25% CO₂ e armazenadas por 28 dias em câmara de resfriamento com temperatura de 0 a 1°C.

Ao longo do período de armazenamento foi observada uma redução linear da força de cisalhamento nos músculos LD, ST e QF, e uma associação quadrática em relação ao músculo SS, com um aumento da força após 14 dias. Em relação às perdas de água ao cozimento houve uma interação significativa entre o tempo de armazenamento e os músculos, e as perdas por exsudação apresentaram uma relação linear com o tempo de armazenamento, com valores crescentes de perdas do T1 em relação ao T2 e T3. Os valores de pH apresentaram uma associação

linear e quadrática em relação ao tempo de armazenamento. Para as características de cor, o tempo de armazenamento apresentou associação linear e quadrática com o croma L^* , quadrática com o croma a^* e linear e quadrática com o croma b^* . Não foram detectadas presenças de *Salmonella* e de Coliformes fecais, e nem de *Clostridium* em nenhuma das amostras analisadas, e as contagens detectadas de Coliformes totais estão abaixo do limite especificado para carne crua. Desta forma, foi concluído que carnes armazenadas em ATM, por um período de até 28 dias, não comprometem a qualidade visual e sensorial dos produtos.

Palavras-chaves: atmosfera modificada; embalagem; carne.

ABSTRACT

BARACAT, R. S. **The use of modified atmosphere packaging in order to improve the shelf life of case ready beef.** 2006. 72f. Thesis (Doctoral) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2006.

Modified atmosphere packaging and case ready beef have been used to improve quality of beef cuts. With this objective in mind this work was designed to study the shelf life of this kind of packaging on beef cuts and 24 samples from 4 Nellore steers, were collected from each muscle: *Longissimus dorsi* (LD), *Quadriceps femoris* (QF), *Semitendinosus* (ST) and *Supraspinatus* (SS) in a total of 96 samples which were packaged in masterpack bags with a MAPAX gas with 75% O₂ and 25% CO₂ and aged for 1, 14 or 28 days or treatment T1 samples analyzed on day 1, T14 samples analyzed on day 14 and T28 samples analyzed on day 28, respectively. Every treatment had 8 samples from every one of the 4 muscles studied (A, B, C, e D). Four samples were used for shear force, cooking losses, pH and color and, the other 4 samples for microbiological analyses. A linear decrease in shear force with aging time was observed for LD, ST and QF muscles. A quadratic association for the SS muscle was seen after 14 days of aging. For cooking losses there was a significant interaction between aging time and muscle, as exudative loss showed a linear relation with aging time, improving loss, when comparing T1 in relation to T2 and T3. Differences were observed for pH showing a linear and quadratic relation with aging time. Muscle color among treatments and results were within acceptable values for both characteristics and results. No Salmonellae, Clostridium or Fecal Coli forms were observed in any of the samples as well as total Coli forms were within acceptable ranges for raw beef.

Key words: modified atmosphere; packaging; meat

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Amostras embaladas em bandejas de poliestireno (PS), revestidas por filme PVC.....	36
Figura 2 – Embalagem de transporte tipo masterpack (79,5 x 48,5), com atmosfera modificada.	36
Figura 3 – Determinação do pH nas amostras.....	37
Figura 4 – Determinação da cor dos cortes através de um colorímetro portátil	38
Figura 5 – Amostras colocadas em forno elétrico, à temperatura de 170°C.	39
Figura 6 – Amostras resfriadas à temperatura ambiente	40
Figura 7 – Amostra com os seis cilindros retirados.....	40
Figura 8 – Médias de força de cisalhamento dos músculos <i>Longissimus dorsi</i> (LD), <i>Semitendinosus</i> (ST), <i>Quadriceps femoris</i> (QF) e <i>Supraspinatus</i> (SS), nos três tempos de armazenamento.	45
Figura 9 – Médias de perdas ao cozimento (PAC) dos músculos <i>Longissimus dorsi</i> (LD), <i>Semitendinosus</i> (ST), <i>Quadriceps femoris</i> (QF) e <i>Supraspinatus</i> (SS), nos três tempos de armazenamento.	48
Figura 10 – Médias de perdas por exsudação (PE) dos músculos nos diferentes tempos de armazenamento.	49
Figura 11 – Médias das perdas por exsudação (PE) dos músculos <i>Longissimus dorsi</i> (LD), <i>Semitendinosus</i> (ST), <i>Quadriceps femoris</i> (QF) e <i>Supraspinatus</i> (SS).....	50
Figura 12 – Médias de pH dos músculos <i>Longissimus dorsi</i> (LD), <i>Semitendinosus</i> (ST), <i>Quadriceps femoris</i> (QF) e <i>Supraspinatus</i> (SS).	51
Figura 13 – Médias dos pH dos músculos nos três tempos de armazenamento.	52
Figura 14 – Médias de pH dos músculos <i>Longissimus dorsi</i> (LD), <i>Semitendinosus</i> (ST), <i>Quadriceps femoris</i> (QF) e <i>Supraspinatus</i> (SS), nos três tempos de armazenamento.....	53
Figura 15 – Médias de L* dos músculos <i>Longissimus dorsi</i> (LD), <i>Semitendinosus</i> (ST), <i>Quadriceps femoris</i> (QF) e <i>Supraspinatus</i> (SS), nos três tempos de armazenamento.....	55
Figura 16 – Médias de a* dos músculos <i>Longissimus dorsi</i> (LD), <i>Semitendinosus</i> (ST), <i>Quadriceps femoris</i> (QF) e <i>Supraspinatus</i> (SS), nos três tempos de armazenamento.....	56

- Figura 17 – Médias de b^* dos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Quadriceps femoris* (QF) e *Supraspinatus* (SS), nos três tempos de armazenamento..... 56
- Figura 18 – Médias de L^* dos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Quadriceps femoris* (QF) e *Supraspinatus* (SS). 57
- Figura 19 – Médias de a^* dos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Quadriceps femoris* (QF) e *Supraspinatus* (SS). 59
- Figura 20 – Médias de b^* dos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Quadriceps femoris* (QF) e *Supraspinatus* (SS). 60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de pH, cor, perdas por exsudação, perdas totais de água e força de cisalhamento das amostras analisadas:.....	44
Tabela 2 – Medidas de características de cor, nos diferentes tempos de armazenamento.	53
Tabela 3 – Contagem de Coliformes Totais nos músculos <i>Longissimus dorsi</i> (LD), <i>Semitendinosus</i> (ST), <i>Quadriceps femoris</i> (QF) e <i>Supraspinatus</i> (SS), nos três tempos de armazenamento.	62

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1. COR	15
2.2. ATMOSFERA MODIFICADA E MICROBIOLOGIA.....	20
2.3. MACIEZ DA CARNE	28
2.4. pH.....	30
3. OBJETIVOS	33
4. MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1. LOCAL	34
4.2. ANIMAIS	34
4.3. ABATE	34
4.4. COLETA DAS AMOSTRAS	35
4.5. CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE DA CARNE.....	37
4.5.1. pH E COR	37
4.5.2. PERDAS DE ÁGUA AO COZIMENTO E POR EXSUDAÇÃO	38
4.5.3. MACIEZ	39
4.6. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA	41
4.6.1. CONTAMINAÇÃO POR SALMONELLA	41
4.6.2. COLIFORMES TOTAIS E FECAIS	42
4.6.3. CLOSTRIDIUM SULFITO-REDUTORES.....	43
4.7. ANALISE ESTATÍSTICA	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1. MACIEZ.....	44
5.2. PERDAS DE ÁGUA AO COZIMENTO E POR EXSUDAÇÃO	47
5.3. pH.....	51
5.4. COR.....	53
5.5. MICROBIOLOGIA	61
6. CONCLUSÕES	64
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

1. INTRODUÇÃO

Hoje em dia a demanda dos consumidores é maior por alimentos frescos, mais naturais e menos processados. Durante o processamento e a estocagem dos alimentos, a cor, a textura, o sabor e a qualidade nutricional devem ser preservados. Além disso, deve existir sempre um compromisso entre a qualidade e a segurança dos alimentos.

Uma vez que a aparência visual é o principal critério no qual o consumidor se baseia na hora da compra dos produtos cárneos, é essencial que ela seja mantida o máximo possível. É necessário que se mantenha a estabilidade da cor da carne durante sua distribuição, estocagem e comercialização. Neste sentido, o controle da higiene e da temperatura do produto são fatores muito importantes, assim como a seleção e a aplicação de materiais apropriados para embalagens da carne e a atmosfera em que este produto será armazenado.

O sistema de embalagem de carnes mais utilizado no Brasil é o de bandejas de poliestireno envoltas por filmes com alta permeabilidade a gases, como o policloreto de vinila (PVC), que limita a vida útil do produto, devido à oxidação da mioglobina e ao rápido crescimento de microorganismos deteriorantes da carne.

Existe uma tendência no sentido de centralização das atividades de processamento e empacotamento dos cortes de carne, com muitas vantagens para o consumidor, como a conveniência de comprar uma carne já cortada e embalada neste tipo de operação, além da qualidade do produto e da segurança do alimento. No caso dos varejistas, além da centralização das operações de corte e embalagem, existe a possibilidade de se adquirir um produto que terá um tempo maior de estocagem, o que resultará em vantagem econômica e em reduções do espaço físico das instalações, assim como menores custos de mão-de-obra e frete,

resultando num sistema mais moderno que atenda às novas tendências do mercado. Para que isto ocorra, é necessário que sejam utilizadas embalagens apropriadas, em atmosferas modificadas que permitam uma maior preservação das características originais dos cortes, levando a uma maior vida útil dos produtos cárneos. Talvez a consideração mais importante a respeito de embalagens preservativas, seja a seleção e a manutenção da atmosfera apropriada dentro da embalagem.

A embalagem em atmosfera modificada é um dos métodos de preservação de alimentos que mantém a qualidade natural e prolonga o tempo de estocagem dos mesmos. O uso de embalagem com atmosfera modificada altera o meio ambiente no momento do empacotamento, mas permite que a atmosfera no interior do pacote mude ao longo do período de estocagem.

Uma grande variedade de sistemas e materiais para empacotamento está disponível no mercado. A chave está em unir suas características específicas com os requerimentos próprios de uso comercial, de maneira que se consiga manter a qualidade da carne e minimizar os custos com o empacotamento.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A maciez da carne é um fator muito importante para o mercado consumidor. O Brasil possui um rebanho de aproximadamente 183 milhões de cabeças (ANUALPEC, 2005), onde a grande maioria consiste de bovinos com genótipo *Bos indicus*, o qual se adaptou bem às condições de manejo, devido à sua rusticidade e resistência às temperaturas tropicais. Porém, a textura da carne destes animais tem sido bastante contestada no mercado internacional, pois à medida que a porcentagem do genótipo *Bos indicus* aumenta, a maciez da carne tende a decrescer e a variabilidade da mesma aumenta.

Estudos têm sido desenvolvidos evidenciando o sistema enzimático calpaínas e calpastatina como o responsável pela maciez progressiva da carne após o abate do animal, confirmando as hipóteses estudadas de que a carne é o resultado de processos proteolíticos do pós-morte que ocorrem no músculo. Uma possível explicação para essa variação na maciez da carne de animais *Bos indicus* seria que os mesmos apresentam maior atividade de calpastatina (CORÓ et al.,1999).

De acordo com Felício (1997), os dois principais atributos da qualidade da carne são o visual, pelo qual o consumidor é atraído ou não na hora da compra, e o gustativo, que só é percebido após o preparo da carne. Estes atributos sofrem influências de fatores intrínsecos, associados ao genótipo dos animais e às condições ambientais, e de fatores extrínsecos, que se confundem com procedimentos técnicos do manejo pré e pós-abate, em todos os segmentos, até chegar ao consumidor final.

A venda de cortes cárneos especiais agrega valor ao produto, o que é uma vantagem para toda a cadeia do setor produtivo, inclusive ao consumidor que pode ter a garantia da qualidade do mesmo. Assim, para que a carne tenha esta garantia

de melhor qualidade, é preciso que se enfrente desafios, superando as expectativas do consumidor através de conhecimentos e atuação sobre os fatores que influenciam a qualidade da carne, em especial a cor e a maciez.

2.1. COR

A cor da carne bovina mais aceitável pelos consumidores é vermelho cereja brilhante, porém possui uma vida útil muito curta (LUCHIARI FILHO, 2000). Isto é muito importante em cortes de carne vermelha em que a perda da cor na superfície é inevitável, e essa descoloração é interpretada como indicação de uma carne menos saudável, discriminada pelos consumidores com frequência.

A cor da carne pode ser afetada por vários fatores, ao longo da cadeia de produção da mesma, incluindo raça, dieta, idade do animal, manejo pré-abate, variações no resfriamento das carcaças, tempo e temperatura de maturação, empacotamento, distribuição e marketing, incluindo a luz e outras condições de apresentação dos cortes (KROPF, 1993 apud INSAUSTI et al., 1999). No trabalho conduzido por Jeremiah e Gibson (2001), a cor vermelha das carnes, medida pela característica a^* do sistema CIE, foi perdendo sua intensidade com o decorrer do tempo de armazenamento (até 24 semanas), independente da temperatura de estocagem ($-1,5^{\circ}\text{C}$, 2°C ou 5°C), mas esta perda foi progressivamente mais lenta em amostras estocadas em temperaturas mais baixas ($-1,5^{\circ}\text{C}$).

A cor da carne é afetada pelas condições de empacotamento, pois a atmosfera gasosa que circunda a carne é um dos mais importantes fatores que afetam a cor da mesma nos processos de estocagem e distribuição, juntamente com a presença de microrganismos, temperatura e pH (JEREMIAH, 2001).

A cor da carne resulta da presença de vários pigmentos e pode sofrer influência de fatores biológicos como o pH do músculo, a temperatura muscular, a

umidade relativa, condições visuais como iluminação e raios ultravioletas, além de contaminação bacteriana (CICHOSKI et al., 1996). O manejo pré-abate também pode influir na coloração da carne, pois o animal estressado antes do abate, terá um consumo excessivo de glicogênio muscular, acarretando uma pequena queda nos valores do pH pós-morte nos músculos, possivelmente resultando em pH acima de 6,6 (GASPERLIN et al., 2000). Neste caso a carne terá uma coloração escura, e essa anomalia é conhecida como carne escura, firme e seca (dark, firm and dry).

Alguns músculos da carcaça são particularmente escuros, outros são vermelhos mais claros. Essa diferença na coloração é causada, dentre outros fatores, pela concentração de uma proteína denominada mioglobina, presente no sarcoplasma das fibras musculares (LUCHIARI FILHO, 2000). A quantidade de mioglobina nos animais varia com a espécie, a idade, o sexo, o músculo e sua atividade física. Assim, a carne dos bovinos tem uma cor vermelha brilhante, enquanto a de suíno é pálida, sendo também pálida a carne do vitelo, mostrando neste caso que os animais jovens possuem menos mioglobina que os já maduros. Do mesmo modo, os machos inteiros possuem músculos mais ricos em mioglobina que os castrados ou as fêmeas (PARDI et al., 2001).

Após a sangria, a mioglobina constitui 80-90% dos pigmentos totais da carne bovina. Em geral, teores mais altos de mioglobina são encontrados em músculos de animais com maior atividade. As diferenças de cor entre músculos e muitas variações entre espécies são devido aos tipos de fibras musculares presentes. Além disto, a estrutura e a textura dos músculos influenciam na reflexão e absorção da luz, contribuindo com as diferenças visuais nas cores de diversos cortes de carne (HEDRICK et al., 1993).

A hemoglobina das células vermelhas transporta o oxigênio para os capilares na superfície muscular, e a partir deste ponto o carreamento de oxigênio para o

interior da fibra é realizado pela mioglobina. Assim, as fibras especializadas em metabolismo aeróbico, apresentam uma alta concentração de mioglobina.

A química da cor da carne envolve os pigmentos heme, especificamente o pigmento mioglobina (HEDRICK et al., 1993). Segundo Venturini (2003), a mioglobina é encontrada em altas concentrações nos tecidos musculares e sua propriedade funcional mais importante é a habilidade de ligar-se reversivelmente ao oxigênio molecular. A mioglobina, que tem estrutura similar à hemoglobina, porém de maior peso molecular, é formada por uma proteína globular e uma porção não-protéica, denominada grupo heme. A porção heme do pigmento é de interesse tecnológico, pois a cor da carne é fortemente dependente do estado de oxidação do ferro presente neste grupo. Quando o ferro estiver associado a uma molécula de oxigênio, a carne apresentará coloração vermelho brilhante, e o pigmento será chamado de oximioglobina. Quando associado à uma molécula de água, a cor será vermelho púrpura, por causa da mioglobina reduzida. Deste modo, quando houver associação com uma molécula de dióxido de carbono ou oxidação do ferro, a cor da carne será marrom, devido à formação de metamioglobina. A conversão da forma ferrosa em forma férrica resulta em oxidação (HEDRICK et al., 1993). Cerca de 20% de metamioglobina na superfície de carnes bovinas é suficiente para causar rejeição dos produtos pelos consumidores.

A cor vermelho intensa da carne é produzida pela oxigenação da deoximioglobina em oximioglobina, devido à exposição da mesma ao O_2 . Essa oxigenação é rapidamente reversível com as mudanças parciais na pressão do O_2 . Quando não há oxigênio, a forma predominante do pigmento é a forma reduzida mioglobina (Mb), que apresenta coloração vermelho-púrpura, como nas carnes embaladas a vácuo. Ao ser exposta ao ar, a Mb combina-se com o oxigênio e forma a oximioglobina (MbO_2), de cor vermelho brilhante, indicando ao consumidor que o

produto é fresco e de qualidade. A partir da oxidação do íon ferroso Fe^{++} para íon férrico Fe^{+++} , forma-se a metamioglobina (MetMb), que é o pigmento marrom acinzentado, indesejável pelos consumidores de carne (VENTURINI, 2003). Tanto a profundidade da penetração do oxigênio na superfície da carne como as quantidades de Mb, de MbO_2 e de MetMb, influenciam os graus de luminosidade e de saturação da cor dos músculos cárneos (ATKINSON et al. 1969; LEDWARD, 1970; JOHANSSON, 1989 apud FELDHUSEN et al., 1995).

Normalmente, a superfície da carne exposta é vermelho brilhante porque a mioglobina está oxigenada, mas pode ocorrer deterioração dessa cor durante o armazenamento e exposição no varejo, devido à oxidação de pigmentos e/ou mesmo de lipídeos, entre outros motivos (PEREIRA, 2002).

Com a oxidação da deoximioglobina ou da oximioglobina em metamioglobina ocorre descoloração ou escurecimento da carne e o retardamento da reversão da oxidação só ocorre pela mediação da enzima redutora de metamioglobina (GILL; MOLIN, 1991 apud JEREMIAH, 2001). Assim, a preservação da aparência dos cortes de carne envolve principalmente a prevenção ou o retardamento da formação da metamioglobina na superfície da carne (GILL, 1996).

A molécula de deoximioglobina é mais susceptível à oxidação do que a oximioglobina. Desta forma, a metamioglobina forma-se mais rapidamente em baixas concentrações de O_2 . Torgren (2003), estudando carnes armazenadas em diferentes tipos de embalagens (a vácuo ou em atmosfera modificada com e sem a presença de oxigênio), por um período de 16 dias, encontraram carnes embaladas sem a presença de O_2 com valores de croma a^* inferiores e com as superfícies das mesmas descoloridas, quando comparadas às carnes embaladas a vacuo ou na presença de O_2 .

Mesmo quando o desenvolvimento da metamioglobina é prevenido pela rigorosa exclusão do O₂ durante a estocagem, a deterioração da atividade redutora de metamioglobina diminui a habilidade do músculo em resistir à descoloração, quando exposto novamente ao oxigênio. A taxa de formação de metamioglobina varia entre os músculos, mas aumenta com o aumento da temperatura de estocagem, em todos os músculos. A redução na estabilidade da cor é maior em músculos com mais alta estabilidade inicial, e menor para músculos que apresentam mais baixa estabilidade inicial. Gill e Molin (1991 apud JEREMIAH, 2001), concluíram que após 12 semanas de estocagem a estabilidade da cor de qualquer músculo, sem pré-formação de metamioglobina, é semelhante à estabilidade da cor dos músculos com mais baixa estabilidade inicial da cor.

A cor da carne também é determinada pelas propriedades de dispersão de luz pela superfície da mesma e não só pelo estado de oxidação da mioglobina. De acordo com Venturini (2003), a ressonância das duplas ligações conjugadas do grupo heme é responsável pela habilidade da mioglobina em absorver luz visível. A mioglobina é caracterizada por uma banda de absorção com um máximo em 555 nm, e sua cor é roxa. Na metamioglobina, o maior pico ocorre em 505 nm, e sua aparência visual é marrom. Conseqüentemente, a percepção visual da carne depende não somente das características do espectro do pigmento, mas das características de espalhamento e dispersão da luz pelo músculo.

A variabilidade muscular é um fator muito importante na estabilidade da cor da carne. Segundo O'Keefe e Hood (1981), tecidos musculares deficientes em enzimas ou cofatores necessários para a redução da forma oxidada não serão capazes de reverter MetMb, que uma vez formada persistirá na carne. Os autores afirmaram que diferentes tecidos musculares podem apresentar diferentes

capacidades de redução de MetMb. Músculos com maior capacidade de redução apresentam coloração relativamente mais estável quando expostos ao ar.

2.2. ATMOSFERA MODIFICADA E MICROBIOLOGIA

A vida de prateleira ou vida útil de carne bovina *in natura* está diretamente relacionada com a qualidade inicial da carne, com a eficiência do sistema de embalagem e com a adequação da cadeia frigorífica nas etapas de comercialização. A melhora na vida útil dos produtos cárneos ocorrerá através de propriedades de cor, estabilidade oxidativa e crescimento microbiano, sendo também influenciada pelas condições do meio ambiente em que são estocadas (KENNEDY et al., 2004). Quanto mais adequados forem estes fatores, melhor será a qualidade do produto que chegará à mesa dos consumidores (NISHI; FARIA, 2006).

A embalagem tem um papel social muito importante, principalmente no setor de alimentos, uma vez que ela possibilita que os produtos cheguem a lugares remotos, preservando suas características e qualidades, o que não seria viável sem uma embalagem adequada. Com a escolha da embalagem certa, é possível reduzir o desperdício de alimentos e aumentar a distribuição de produtos acondicionados com higiene e segurança, melhorando assim a qualidade de vida (PERES, 2006).

As tecnologias de embalagens evoluíram rapidamente, nas duas últimas décadas. Conseqüentemente, o conhecimento das características dos sistemas e materiais de embalagens, assim como os fatores do não-empacotamento que influenciam a manutenção da qualidade, são aspectos essenciais a serem considerados na seleção de sistemas apropriados de empacotamento. De acordo com Peres (2006), a indústria da carne exige maior segurança no manuseio deste tipo de produto para evitar a perda e deterioração do mesmo, por isso necessita de uma embalagem resistente para a conservação da aparência e frescor do produto

no varejo, além de boa apresentação da embalagem aos olhos do consumidor, com formas simétricas para um melhor aspecto na prateleira.

A principal função da embalagem preservativa é atrasar a deterioração microbiológica, restringindo o crescimento de organismos deteriorantes. Porém, para se tornar viável comercialmente, a deterioração não-microbiana também deve ser controlada (GILL, 1996). O sistema de embalagem mais comum para a comercialização de cortes bovinos, que é aquele que utiliza bandejas de poliestireno recobertas com filme de PVC, possui como principal limitação a conservação da cor da carne. Sob condições normais de comercialização, em balcões refrigerados a 5°C ou mais, a vida útil nestas embalagens fica restrita a dois ou três dias, porque embora ainda conserve grande parte de suas propriedades sensoriais e microbiológicas, a coloração vermelho-brilhante torna-se marrom escuro (SARANTÓPOULOS, 1991 apud PFLANZER JÚNIOR; FARIA, 2006).

O período de estocagem dos alimentos é consideravelmente prolongado pela modificação da atmosfera que circunda o produto, a qual reduz a taxa de respiração dos alimentos e diminui a atividade dos microorganismos presentes (JAYAS et al., 2002). Em embalagens com atmosfera controlada, a atmosfera é alterada inicialmente e depois monitorada durante todo o tempo de estocagem. Conseqüentemente, o uso dessas embalagens irá maximizar a vida útil do produto, levando a uma maior flexibilidade na distribuição e na comercialização das carnes (JEREMIAH, 2001).

Embalagem em atmosfera modificada (ATM) é um método bem conhecido para prolongar a vida útil de prateleira de vários alimentos, inclusive das carnes. De acordo com Nishi e Faria (2006), este sistema de embalagem influencia o comportamento da carne por alterar o ambiente interno da embalagem, também conhecido como micro ambiente. O sistema também reduzirá a contaminação da

carne, além de constituir barreira efetiva ao vapor de água, prevenindo a perda por evaporação. Mas a principal característica da alteração da atmosfera gasosa é que a mesma vai influenciar na cor da carne e determinar a extensão e o tipo de deterioração microbiológica durante a estocagem.

As atmosferas usadas combinam concentrações diferentes de oxigênio (O_2), dióxido de carbono (CO_2) e nitrogênio (N_2), para manter a aparência de carne fresca e de coloração vermelha, tanto sob o ponto de vista microbiano como organoléptico, e cada um desses gases possui participação específica na extensão da vida útil do produto. Segundo Mancini e Hunt (2005), o foco das pesquisas está em descobrir qual a melhor mistura destes gases nas embalagens, com a qual será mantida a cor inicial da carne, a estabilidade desta cor e o tempo de vida deste produto, retardando o crescimento bacteriano e a oxidação lipídica.

Atmosferas modificadas contendo altas concentrações de O_2 , geralmente consistem em misturas de 70% de O_2 e 30% de CO_2 . O CO_2 na atmosfera da embalagem restringe o crescimento de bactérias aeróbicas que causam deterioração, enquanto a elevada concentração de O_2 permite a conservação da cor da carne e prolonga a estabilidade da oximioglobina (GILL, 1991 apud JEREMIAH, 2001). De acordo com Eilert (2005), a maioria dos produtos cárneos embalados em atmosferas modificadas têm sido oferecidos em meio ambientes com alta concentração de O_2 (aproximadamente 80% de oxigênio), para garantir a cor das carnes, e com um mínimo de 20% de CO_2 , para prevenir o crescimento microbiano no ambiente. Ahvenainen, (1989 apud SEKAR et al., 2006), também recomenda a proporção de 20% de CO_2 e 80% de O_2 como a mistura de gases mais apropriada para acondicionar carnes frescas, assim como Kennedy et al. (2004), que mostraram ser a composição de gases 80:20:0 de $O_2:CO_2:N_2$, como a mais eficiente combinação de empacotamento, mantendo e prolongando a cor vermelha atrativa

das carnes de carneiro embaladas em atmosfera modificada. Blakistone (1998) e Taylor (1996) apud Jakobsen e Bertelsen (2000), afirmam que as concentrações ideais de gases usadas em embalagens com atmosfera modificada para carnes normalmente são de 20-30% de CO₂ e 70-80% de O₂. Os autores do trabalho citado observaram que as carnes com maior estabilidade de cor vermelha brilhante foram embaladas em concentrações de 55 e 80% de O₂.

MacDougall (1982), indica o uso de embalagem em atmosfera modificada para se evitar ou retardar a descoloração da carne pela rápida formação de metamioglobina na mesma. Embalagem com concentrações de O₂ maiores que 60% e com mínimo de 20% de CO₂, na intenção de retardar o crescimento microbiano, também faz com que a banda de metamioglobina fique submersa à no mínimo 1cm abaixo da superfície externa da carne. Desta forma, cortes na carne feitos em espessuras menores de 2cm não sofrem a influência da pressão parcial do oxigênio, não ocorrendo assim a rápida formação de metamioglobina na mesma.

A carne é um ótimo meio para o crescimento microbiano. Vários trabalhos têm verificado a influência dos microrganismos na vida útil de produtos cárneos estocados. A principal propriedade que explica o rápido crescimento microbiano na carne consiste em sua própria composição: 75% de água e 25% de vários outros metabólitos, como aminoácidos, peptídeos, nucleotídeos e açúcares (Lawrie, 1979). Depois do abate, a contaminação da carcaça é uma consequência natural do processo de esfolagem e preparo da mesma. A temperatura é um dos mais importantes fatores que influenciam o crescimento microbiano na carne, mas não o único. A proporção de bactérias presentes na superfície da mesma também depende do oxigênio disponível e da atividade da água, que determinam além da quantidade, o tipo de microrganismo que cresce na carne (Labadie, 1999).

O ponto no qual a deterioração microbiana torna-se evidente, depende da natureza do substrato e do tipo de organismo presente. O crescimento de organismos aeróbicos é prevenido na embalagem a vácuo, pela remoção do O₂ e produção de CO₂. Contudo, a deterioração eventualmente se desenvolve como consequência do crescimento de organismos capazes de tolerar condições anaeróbicas. O crescimento de organismos aeróbicos é também inibido, mas não evitado, em atmosferas modificadas com alta concentração de O₂ e moderada de CO₂ (GILL; MOLIN, 1991 apud JEREMIAH, 2001).

Os efeitos inibitórios da concentração moderada de CO₂ em floras aeróbicas são aumentados em vários graus pela limitação da disponibilidade de O₂ em atmosferas modificadas com baixa concentração deste gás, e nas embalagens a vácuo (GILL; MOLIN, 1991 apud JEREMIAH, 2001). Além disto, as concentrações de CO₂ devem ser suficientemente altas para retardar o crescimento de espécies tolerantes a condições anaeróbicas. Em embalagens com atmosferas controladas, onde a atmosfera não é apenas modificada, mas controlada ou monitorada durante todo o período de estocagem, a privação de O₂ previne o crescimento de espécies aeróbicas, enquanto as altas concentrações de CO₂ inibem tanto as espécies aeróbicas como as espécies tolerantes a condições anaeróbicas (GILL; MOLIN, 1991 apud JEREMIAH, 2001).

Embalagens a vácuo ou em atmosfera modificada exercem um importante efeito nos microrganismos. Embalagens a vácuo geralmente são bastante estáveis sob baixas temperaturas e uma limitada quantidade de O₂ na atmosfera inibiria o crescimento bacteriano e as únicas bactérias que produziriam populações importantes seriam as que se desenvolvem em ambiente ácido (GILL; NEWTON, 1978).

Os lactobacilos têm pequeno efeito nas propriedades organolépticas da carne. Produtos cárneos estocados a vácuo em temperatura em torno de 0°C, tiveram 3 a 4 semanas de vida (GILL; NEWTON, 1978). O crescimento dos microorganismos durante a estocagem resulta do tipo de contaminação introduzida pelo processamento da carne e da influência dos fatores físico-químicos aplicados durante a estocagem, como concluiu Labadie (1999), em revisão de literatura. Segundo o autor, existe um limitado conhecimento sobre o metabolismo protéico bacteriano nas carnes. Mais estudos neste campo poderia trazer informações preciosas sobre a seletividade da carne na sua flora específica e indicar precisamente como a carne é um nicho ecológico para aquelas espécies de bactérias envolvidas em sua deterioração.

A eficácia da embalagem em atmosfera modificada (ATM) é bem conhecida pela indústria de carne e mais de 90% dos cortes das carcaças são transportados dos frigoríficos para os distribuidores de carne desta maneira (especialmente em embalagens a vácuo).

O tempo máximo de estocagem da carne fresca é alcançado quando a mesma é mantida sob atmosfera com 100% de CO₂ e em temperatura de -1,5°C. Qualquer aumento na temperatura acima deste valor ótimo resultará numa diminuição proporcional na vida útil do produto (GILL; SHAND, 1993 apud JEREMIAH; GIBSON, 2001). O efeito inibitório do CO₂ ao crescimento microbiano aumenta com a diminuição da temperatura da carne. A população de bactérias lácticas reduz a ameaça dos patógenos, garantindo segurança ao alimento (JAYAS et al., 2002).

Apesar de ter sido observado que a atmosfera das embalagens modifica-se muito pouco com a estocagem, as concentrações de O₂, CO₂ e N₂ são alteradas progressivamente, com o O₂ decrescendo mais rapidamente, enquanto a

concentração de N_2 aumenta progressivamente com a diminuição das concentrações dos outros gases (GILL; MOLIN, 1991 apud JEREMIAH, 2001).

A despeito de ser proibido o uso do monóxido de carbono (CO) na embalagem de alimentos em muitos países, Luño et al. (2000), mostraram resultados em que atmosfera contendo 50% de CO_2 e 0,5 a 0,75% de CO, na presença de baixas concentrações de O_2 (24%) foi capaz de prolongar a vida útil de carne bovina por 5 a 10 dias, à temperatura de $1^\circ C$, quando comparada com carne estocada em atmosfera contendo 70% de O_2 e 20% de CO_2 . Os autores concluíram que a presença de CO e de 50% de CO_2 prolongou a vida de prateleira dos produtos pela inibição do crescimento de bactérias que provocam deterioração da carne, pelo atraso na formação de metamioglobina, pela estabilização da cor vermelha, além de manter o odor de carne fresca nos produtos, diminuindo as reações oxidativas. Os autores enfatizaram também que mais altos níveis de CO na mistura de gases, podem resultar em risco de a cor atrativa do produto mascarar o crescimento microbiano, apesar do forte odor que esta infestação proporciona à carne.

Utilizando também baixas concentrações de CO nas embalagens com atmosfera modificada, Sorheim et al. (1999), encontraram diferenças na vida de prateleira das carnes, determinadas pelo tempo em que os produtos apresentaram odores diferentes, pela influência do método de embalagem, pela temperatura de estocagem e ainda pela carga microbiológica apresentada na carne. Os resultados sugeriram que carnes estocadas em misturas contendo CO, em embalagens a vácuo ou em tipo "ziplock" tiveram vida de prateleira mais longa. Já as carnes estocadas em altas concentrações de O_2 desenvolveram odores de 2 a 7 dias mais cedo, a 4° ou $8^\circ C$, quando comparadas às carnes estocadas em outras misturas de gases ou por outros métodos de empacotamento. Ainda neste experimento, os autores concluíram que independente do método de embalagem, a vida de prateleira

das carnes pode ser prolongada consideravelmente se mantidas baixas as temperaturas da câmara de resfriamento, uma vez que a temperatura de estocagem influenciou intensamente na taxa de desenvolvimento da microflora e no tempo de aparecimento de odores. Em relação à cor da carne, a mistura com CO garantiu um brilho estável ou luminoso no vermelho das cores de todos os produtos avaliados, independentemente da temperatura de estocagem.

Carpenter et al. (2001) investigaram se havia influencia ou não na classificação da carne bovina a preferência dos consumidores pelas diferentes cores de carne (vermelha, roxa ou marrom), e os diferentes sistemas de empacotamento (atmosfera modificada–MAP, embalagem a vácuo–VSP ou embalagem tradicional–PVC). Os consumidores examinados neste estudo mostraram preferência pela carne de cor vermelha e de embalagem PVC, que provavelmente influenciaria sua decisão na hora da compra. Entretanto, essas preferências por cor e tipo de embalagem não influenciaram no atributo de sabor.

Como a indústria de carne caminha no sentido de centralizar os processos de embalagem, que empregam sistemas de empacotamento em atmosfera modificada e a vácuo, existe a necessidade de conquistar o consumidor, que tem preferência por carne fresca de cor vermelho brilhante, empacotada em embalagens tradicionais de PVC, feita no próprio ponto de venda da mesma. Todavia, os resultados desta pesquisa indicaram que a percepção inicial por qualidade de carne não é uma garantia de satisfação ao paladar deste produto (CARPENTER et al., 2001). É provável que, uma vez que a decisão de compra da carne é realizada no mercado, a satisfação alcançada pelo gosto desta carne preparada em casa dependerá apenas dos atributos de qualidade ligados à maciez, suculência e sabor do alimento.

2.3. MACIEZ DA CARNE

Luchiari Filho e Moura (1997), afirmaram que a textura é o primeiro atributo de qualidade avaliado quando se mencionam os aspectos qualitativos buscados na produção da carne bovina. Segundo Coró et al. (1999), a textura é um determinante da qualidade e seguramente a mais importante característica sensorial encontrada no consumo da carne. Apesar destas afirmações, por muitos anos produziu-se e consumiu-se carne sem se preocupar com as funções biológicas do tecido muscular no animal vivo e o quanto isto poderia influenciar na qualidade da carne. Com a compreensão dos eventos bioquímicos que ocorrem no tecido muscular vivo foi possível perceber que a carne, que é uma associação de músculo esquelético, tecido conjuntivo e gordura, é o resultado de uma série de reações físico-químicas que ocorrem no tecido muscular no momento do abate ou em momentos antes deste, determinando a qualidade final do produto (HEDRICK et al., 1993).

Existem indícios de que animais azebuados (*Bos indicus*) apresentam proporcionalmente fibras miofibrilares maiores, além de conterem pontes cruzadas mais evidenciadas em relação às carnes oriundas de animais taurinos (*Bos taurus*), o que comprometeria a textura do produto cárneo (CORÓ et al., 1999).

Após o abate ocorre a interação da miosina e actina, através de ligações que cessam com o esgotamento das reservas de ATP (HEDRICK et al., 1993). Considera-se que existam níveis intermediários de interações miosina-actina e que o amaciamento da carne, após a resolução do *rigor mortis*, seria provocado por enzimas proteolíticas do músculo, especificamente a μ -calpaína, que se associa às proteínas miofibrilares e cuja ação proteolítica na transformação do músculo em carne inicia-se no momento do abate do animal (GOLL et al., 1992; KOOHMARAIE, 1996a).

O amaciamento da carne pode ser atribuído a um processo de duas fases: mudanças nos componentes do tecido conjuntivo da carne e enfraquecimento das miofibrilas (NISHIMURA et al., 1998, WARRIS, 2000). A primeira, mais rápida, onde ocorrem mudanças nos componentes miofibrilares, e uma segunda, mais lenta, onde ocorre o enfraquecimento estrutural do tecido conjuntivo intramuscular. No entanto, o músculo não se torna mais flexível durante o amaciamento, de tal forma que o processo de maturação não está associado à nenhuma dissociação de actiomiosina. Os filamentos finos e grossos continuam firmemente ligados pelas pontes de miosina.

A maturação é uma técnica usada para melhorar a textura da carne. Segundo Luchiari Filho (2000), a maturação consiste em um processo que mantém a carne fresca à uma temperatura superior ao seu ponto de congelamento (-1°C), com o objetivo de torná-la mais macia e com aroma peculiar. Este processo controla a atuação das enzimas naturais da carne, que agem nas proteínas causando a proteólise, produzindo o amaciamento da mesma. De acordo com Pardi et al. (2001) além de proporcionar amaciamento da carne, a maturação influencia em outras propriedades organolépticas, como o sabor, alterando acentuadamente sua palatabilidade.

A maturação da carne é um processo bastante complexo, que se inicia com o *rigor mortis* e se prolonga durante o período de estocagem refrigerada, envolvendo um conjunto de reações enzimáticas, principalmente as enzimas calpaínas (cálcio dependente), responsáveis pelo amaciamento, e calpastatina, inibidora da calpaína (RUBENSAM et al., 1998). De acordo com os mesmos autores, a maturação aumenta a maciez da carne devido à ação das calpaínas, que hidrolizam as proteínas da linha Z e M nas miofibrilas, porém animais zebuínos apresentam uma

elevada atividade e quantidade de calpastatina, que inibe a calpaína e impede sua ação proteolítica durante a maturação da carne.

Em experimento realizado por Crouse et al. (1989), com porcentagens de 0, 25, 75 e 100% de animais *Bos indicus*, os autores demonstraram que à medida que aumentou o grau de sangue zebuíno nos cruzamentos, aumentou também a força de cisalhamento. Os autores concluíram que a variação da maciez da carne não foi dependente do ambiente, e sim uma consequência direta do aumento do genótipo zebuíno, responsável pela redução da maciez da carne.

Em outro experimento, Hager (2000) avaliou carnes de novilhos angus e zebuínos, maturadas por até 35 dias à 4°C, e observou que as carnes dos zebuínos eram menos macias nos dias 1 e 7 de maturação, enquanto a maciez das carnes dos animais Angus alcançou o valor máximo após 7 dias de maturação.

García-Esteban et al. (2004), estudando o músculo *Biceps femoris* de suínos (presunto curado), armazenados durante oito semanas sob atmosfera modificada ou a vácuo, concluíram que a embalagem em atmosfera modificada preservou melhor as amostras para maciez, quando comparada à embalagem a vácuo.

Além da espécie e raça do animal, outras variáveis influenciam o processo de maturação da carne, tais como velocidade de glicólise, quantidade e solubilidade do colágeno, comprimento do sarcômero das miofibrilas, força iônica e degradação das proteínas miofibrilares (FELÍCIO, 1997).

2.4. pH

No pós-morte do animal, ocorre a quebra do glicogênio, e conseqüentemente o acúmulo de ácido láctico nos músculos. Como este não pode mais ser removido pela corrente sanguínea, o músculo fica acidificado gradualmente. Em músculos como o *Longissimus dorsi* de bovinos bem alimentados e sem estresse, o valor de

pH “in vivo” típico de 7,2 cai para 5,5 pós morte. O pH final varia de acordo com músculo. Como exemplo, em alguns músculos localizados no pescoço de suínos, o pH pode chegar bem próximo de 6,0 (WARRIS, 2000). Após o abate, as reservas de glicogênio são transformadas em ácido lático, num processo anaeróbico (ausência de oxigênio), ocasionando uma diminuição do pH muscular (LUCHIARI FILHO, 2000).

Entre o pH do animal vivo, de aproximadamente 7, e o valor de pH próximo de 5,8 a 6,0, a queda do valor do pH nos músculos de bovinos é praticamente linear em relação ao tempo. No entanto esta queda depende da temperatura muscular, sendo mínima na temperatura de aproximadamente 10°C e quando a temperatura atinge cerca de 0°C a taxa aumenta. Por outro lado, quando a temperatura aumenta para 37°C a taxa também aumenta, produzindo uma relação curvilínea entre taxa de queda de valores de pH e temperatura. Existem evidências de que aumentos da taxa de queda de valores pH acima e abaixo de 10°C são causados pela ativação da enzima actinmiosina ATPase, resultando em contração muscular. Entretanto, o aumento da taxa em temperaturas acima de 10°C é causado pela maior ativação da enzima ATPase independente de cálcio, enquanto o aumento em temperatura abaixo de 10°C é causado pela ATPase dependente de cálcio. Os íons de cálcio que estimulam esta enzima vêm do retículo sarcoplasmático, o qual perde sua habilidade de seqüestrar cálcio em baixas temperaturas (WARRIS, 2000).

As proteínas dos músculos tendem a se desnaturar com a queda do pH. Isto leva a uma redução no poder de retenção de água pelo músculo. Além disto, as proteínas miofibrilares, actina e miosina encontram seu ponto isoelétrico (pH no qual as moléculas de proteínas não têm carga elétrica) e tendem a perder a água que normalmente é acumulada nelas. Ambos os fenômenos levam a uma exsudação do fluido das fibras musculares (WARRIS, 2000).

O fenômeno de *rigor mortis*, também chamado de rigidez cadavérica, aparece após o abate do animal, quando os músculos da carcaça tornam-se enrijecidos. O período para o estabelecimento do *rigor mortis* é variável em função da quantidade de reservas de energia (glicogênio) que o animal possuía antes do abate, ou seja, quanto mais estresse ou exercícios, menos energia acumulada, mais rápida será a diminuição dos valores de pH e mais rápido o estabelecimento do *rigor mortis* (LUCHIARI FILHO, 2000).

De acordo com Warris (2000), o *rigor mortis* ocorre quando o nível de ATP cai a níveis bastante baixos. Quando isto ocorre, as moléculas de actina e miosina dos filamentos finos e grossos combinam-se de forma irreversível, formando a actiomiosina, e neste momento a extensibilidade do músculo é perdida. A resolução do rigor é determinada apenas pela disponibilidade de ATP e não pelo valor de pH do músculo. É possível ter rigor num músculo no qual o pH ainda está alto, se o animal tiver sofrido estresse pré-abate, fenômeno chamado rigor alcalino.

3. OBJETIVOS

Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi estudar a vida útil de carnes embaladas em atmosfera modificada do tipo *masterpack*.

Objetivos específicos:

- Avaliar a influência da atmosfera modificada sobre a cor da carne durante o tempo de armazenamento;
- Estudar possíveis efeitos da atmosfera modificada sobre a maciez e perdas da carne durante o tempo de armazenamento;
- Verificar o efeito da atmosfera modificada em diferentes tempos de armazenamento sobre a população microbiana de coliformes fecais e totais, *Clostridium* e *Salmonella*.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. LOCAL

O experimento foi realizado no Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), da Universidade de São Paulo (USP), em Pirassununga–SP. As análises das características físico-químicas das carnes foram realizadas no Laboratório de Zootecnia da FZEA e as análises microbiológicas foram feitas no Laboratório Microbiotécnica, particular, situado na Rua Alvorada nº184, Vila Olímpia, na cidade de São Paulo, SP.

4.2. ANIMAIS

Foram utilizados cortes de 4 animais machos castrados anelados, com idade média de 36 meses e com peso vivo médio de 498 kg, provenientes do rebanho da Prefeitura do Campus Administrativo de Pirassununga (PCAPS), terminados em pastagens.

4.3. ABATE

Os animais foram abatidos no Matadouro-Escola da PCAPS – FZEA/USP, de acordo com os padrões por eles adotados. Na primeira e na vigésima quarta hora após o abate foram determinados o pH e a temperatura no músculo *Longissimus* da meia carcaça direita, na região da 12^a costela, usando-se um termômetro e um peagâmetro digital com sondas de penetração (mod. HI8314, marca Hanna Instruments). As médias encontradas de pH foram 6,3 e 5,4, e de temperatura foram 35,3 e 3^oC, na primeira e na vigésima quarta hora após o abate, respectivamente. Depois disto, as carcaças foram mantidas em câmara de resfriamento a uma temperatura de 0–1^oC por 24 horas.

4.4. COLETA DAS AMOSTRAS

Após as 24 horas de resfriamento, foi realizada a desossa das carcaças e retiradas 96 amostras de carnes. Estas amostras foram divididas em três tratamentos, com 32 amostras cada: Tratamento 1 (T1) – referente às amostras analisadas no dia da desossa; Tratamento 2 (T14) – referente às amostras analisadas aos 14 dias de armazenamento; Tratamento 3 (T28) – referente às amostras analisadas aos 28 dias de armazenamento. Das 32 amostras de cada um dos tratamentos, oito delas era de cada um dos quatro seguintes músculos: *Longissimus dorsi* (Contrafilé) – LD, *Quadriceps femoris* (Patinho) – QF, *Semitendinosus* (Lagarto) - ST e *Supraspinatus* (Peixinho) – SS, sendo quatro delas (A, B, C e D) usadas para análises físico-químicas e quatro para análises microbiológicas.

As amostras foram pesadas e embaladas em bandejas de poliestireno (PS), de medidas 12 x 25 cm cada, com um absorvedor de purga, revestidas por filme PVC esticável tipo RNF61HY (Alba Química), como mostra a Figura 1. Depois de embaladas, cada uma das quatro repetições dos tratamentos T14 e T28 foram colocadas em embalagem de transporte tipo *masterpack* (79,5 x 48,5), de *nylon* poli com 5 camadas de alta barreira, com atmosfera modificada a 25% CO₂ e 75% O₂ (Mapax AGA), lacradas pela seladora CVP – A 300 de ciclo duplo, e armazenadas em câmara de resfriamento a 0–1°C, até vinte e oito dias após o início do experimento, data da última coleta de dados (Figura 2).



Figura 1 - Amostras embaladas em bandejas de poliestireno (PS), revestidas por filme PVC.



Figura 2 - Embalagem de transporte tipo masterpack (79,5 x 48,5), com atmosfera modificada.

4.5. CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE DA CARNE

4.5.1. pH E COR

Depois de retiradas da câmara fria, foi feita a leitura de pH e da cor de cada uma das 16 amostras de cada um dos tratamentos, destinadas às análises qualitativas (Figura 3). O pH foi medido usando-se um peagômetro digital, com sondas de penetração. A cor dos cortes foi determinada vinte minutos após ter sido retirada da embalagem com atmosfera modificada, com o auxílio de um colorímetro portátil (mod. MiniScan XE, marca Hunter Lab), com fonte de luz D65, ângulo de observação de 10° e abertura da célula de medida de 30 mm, usando-se a escala L^* , a^* , b^* do sistema CIELab, onde o L^* é o croma associado à luminosidade ($L^* = 0$ preto, 100 branco), a^* é o croma que varia do verde (-) ao vermelho (+); e b^* , que varia do azul (-) ao amarelo (+). O aparelho foi usado após calibração com um padrão branco e outro preto (Figura 4).



Figura 3 – Determinação do pH nas amostras.



Figura 4 – Determinação da cor das amostras através de um colorímetro portátil

4.5.2. PERDAS DE ÁGUA AO COZIMENTO E POR EXSUDAÇÃO

Cada uma das 16 amostras destinadas às análises de qualidade de cada um dos tratamentos, foi utilizada para os testes de perdas de água ao cozimento e por exsudação e testes de maciez, realizados segundo metodologia proposta por Koohmaraie et al. (1996b). Inicialmente, os bifes foram pesados (P_i) em bandejas de alumínio previamente taradas, em uma balança semi-analítica (modelo A1000, marca Marte). Os pesos encontrados foram subtraídos dos valores de pesos obtidos no primeiro dia de experimento (P_a) e desta diferença foram determinadas perdas por exsudação (PE). Depois disto, as amostras foram colocadas em forno elétrico (mod. Luxo 2.4 Classic, marca Layr) à temperatura de 170°C (Figura 5). A temperatura interna (aproximadamente centro geométrico) dos bifes foi acompanhada com termômetros individuais (modelo Th1200C, marca Haenni). Os bifes foram retirados do forno quando a temperatura interna alcançou valores da ordem de 71°C, e novamente pesados (P_f) na mesma balança. As perdas ao

cozimento (PAC) foram determinadas pela diferença de peso antes e depois do cozimento $[PAC = (P_i - P_f) / P_i] \times 100$, e expressa em %.



Figura 5 - Amostras colocadas em forno elétrico, à temperatura de 170°C.

4.5.3. MACIEZ

Após o cozimento, os bifes foram deixados em repouso, com a superfície exposta ao ambiente por algumas horas, até alcançarem temperatura de aproximadamente 22°C (temperatura ambiente), como mostra a Figura 6. Em seguida, foram retirados seis cilindros de 12,7 milímetros de diâmetro, no sentido das fibras, de cada bife, com auxílio de um vazador manual (Figura 7). A força de cisalhamento foi determinada através do equipamento *Warner Bratzer Shear Force*, com médias das seis amostras retiradas de cada bife.



Figura 6 - Amostras resfriadas à temperatura ambiente



Figura 7 - Amostras com os seis cilindros retirados.

4.6. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Cada uma das 16 amostras destinadas às análises microbiológicas de cada um dos tratamentos, foram analisadas através da metodologia descrita pelo “Compendium of methods for the microbiological examinations of foods (APHA - 2001)”.

Anteriormente às análises propriamente ditas, as amostras foram submetidas a um preparo prévio. Foram retiradas 25 gramas de cada amostra de carne, e adicionados 225 ml de diluente (água peptonada esterelizada 0,1%), obtendo-se uma diluição 10^{-1} , a qual foi homogeneizada em aparelho Stomacher 400 (Laboratory Blender).

4.6.1. CONTAMINAÇÃO POR SALMONELLA

As amostras previamente diluídas e homogeneizadas foram levadas à estufa à 35°C, por 24 horas. Posteriormente, a detecção ou não de *Salmonella* foi feita em duas fases:

1) Pré-enriquecimento: foi transferido 1 ml da porção da amostra para um tubo com 10 ml de caldo Rappaport-Vassiliadis (RV), que é um meio seletivo inibidor dos competidores da *Salmonella*. Foi colocado novamente na estufa à 42°C por 24 horas.

2) Estriamento: os tubos foram homogeneizados em agitador tipo “Vortex” (Phoenix AP56), e o caldo estriado com uma alça descartável, para uma placa de Agar Entérico de Hectoen (HE) e outra placa de Agar Verde Brilhante (VB). As placas invertidas foram incubadas à 35°C por 24 horas e foi verificado se havia desenvolvimento de colônias típicas de *Salmonella*.

4.6.2. COLIFORMES TOTAIS E FECAIS

Foi utilizado o método do plaqueamento em profundidade. Foram retiradas alíquotas de 1ml da porção da amostra, na diluição de 10^{-1} , e inoculadas em placa de Petri previamente esterilizadas. Em cada placa foram adicionados 10 a 15 ml do meio Agar Violet Red Bile (VRB), previamente fundido e resfriado à temperatura de 45°C. O inóculo foi misturado ao meio de cultura através de movimentos suaves e em movimentos na forma de oito. Após a solidificação do mesmo, foi adicionada uma sobrecapa do meio. As placas com o meio totalmente solidificado foram invertidas e incubadas por 24 horas, à 35°C. Numa segunda fase, denominada de teste confirmativo, colônias suspeitas foram retiradas das placas de VRB, com o auxílio de uma alça descartável, e foram transferidas para tubos contendo Caldo Verde Brilhante Bile (CVBLB) 2%, e para tubos contendo caldo EC medium. O CVBLB 2% é bastante seletivo devido à presença de verde brilhante e sais biliares, e inibe o crescimento de microorganismos gram positivos. A lactose presente no meio é fermentada pelos coliformes, o que resulta na formação de gás.

Os tubos contendo CVBLB 2% e o inóculo foram incubados à 35°C por 48 horas. Os tubos que apresentaram formação de gás, confirmaram o teste presuntivo para coliformes totais, podendo ser de origem fecal ou não.

Os tubos contendo caldo EC foram utilizados para a detecção de coliformes de origem fecal. O caldo EC é seletivo devido à presença de sais biliares e também apresenta a lactose como único carboidrato. A temperatura e o período de incubação (44,5°C por 48 horas), impedem que outros microrganismos fermentem a lactose, e assim, se houver produção de gás fica clara a presença de coliformes fecais.

4.6.3. CLOSTRIDIUM SULFITO-REDUTORES

Para a contagem de *Clostridium* Sulfito-redutores também foi utilizado o método de plaqueamento em profundidade. Foram retiradas alíquotas de 1 ml da amostra, na diluição de 10^{-1} e inoculadas em placas de Petri previamente esterelizadas. Em cada placa inoculada foram adicionados 15 ml do meio Agar Shahidi Ferguson Perfringens (SFP), previamente fundido e resfriado à temperatura de 45°C, e já adicionado solução de gema de ovo pasteurizada sem telurito (Laborcin), e suplementos de polimixina 0,1% e kanamicina 0,1% (Inlab). O inóculo foi misturado ao meio de cultura através de movimentos circulares suaves e em movimentos na forma de oito. Após a solidificação do Agar foi adicionada uma sobrecapa do meio. As placas com o meio totalmente solidificado foram invertidas e incubadas à 35°C por 24 horas, em jarra de anaerobiose (para criar o ambiente de anaerobiose foi usado o Anaerogen AN35 da Oxoid) . A contagem foi realizada com o auxílio de uma lupa, em um contador de colônias tipo Quebec.

4.7. ANALISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental usado foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 4x3 (músculos x tempo de maturação), com quatro repetições (animais). Os dados obtidos foram analisados por análise de variância, para verificação do efeito dos tratamentos e interações com nível significância de 5%, através do procedimento GLM do *software* SAS (1989).

As características avaliadas nos três tempos de armazenamento foram analisadas como medidas repetidas no tempo (CROWDER; HAND,1990), através do procedimento Mixed do *software* SAS (1989).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores de pH, cor, perdas por exsudação, perdas de água ao cozimento e força de cisalhamento, de todas as amostras analisadas ao longo do período do experimento.

Tabela 1 – Dados de pH, cor, perdas por exsudação, perdas totais de água e força de cisalhamento das amostras analisadas:

Características	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
pH	5,6	0,15	5,3	6,1
L*	41,0	3,76	32,7	49,5
a*	16,9	1,68	12,3	21,1
b*	16,2	2,34	11,9	21,1
PE, %	1,8	2,42	0	9,1
PAC, %	23,7	4,47	14,54	35,14
Força de cisalhamento, kg	5,4	1,50	2,89	9,45

5.1. MACIEZ

Foi observada interação significativa ($P=0,068$) entre dias de armazenamento e músculos. Houve uma redução linear na força de cisalhamento com o aumento do tempo de armazenamento nos músculos LD ($P<0,0001$), ST ($P=0,0146$) e QF ($P=0,0018$) (Figura 8).

Os resultados obtidos para força de cisalhamento ao longo do tempo, nestes músculos, já eram esperados e estão de acordo com o relatado na literatura (LUCHIARI FILHO, 2000; PARDI et al., 2001; HEDRICK et al., 1993), onde a força de cisalhamento diminui à medida que aumenta os dias de armazenamento, melhorando, assim, a maciez da carne. Já no músculo SS houve uma associação quadrática ($P=0,0219$) entre força de cisalhamento e tempo de armazenamento, com um aumento inesperado da força de cisalhamento após 14 dias.

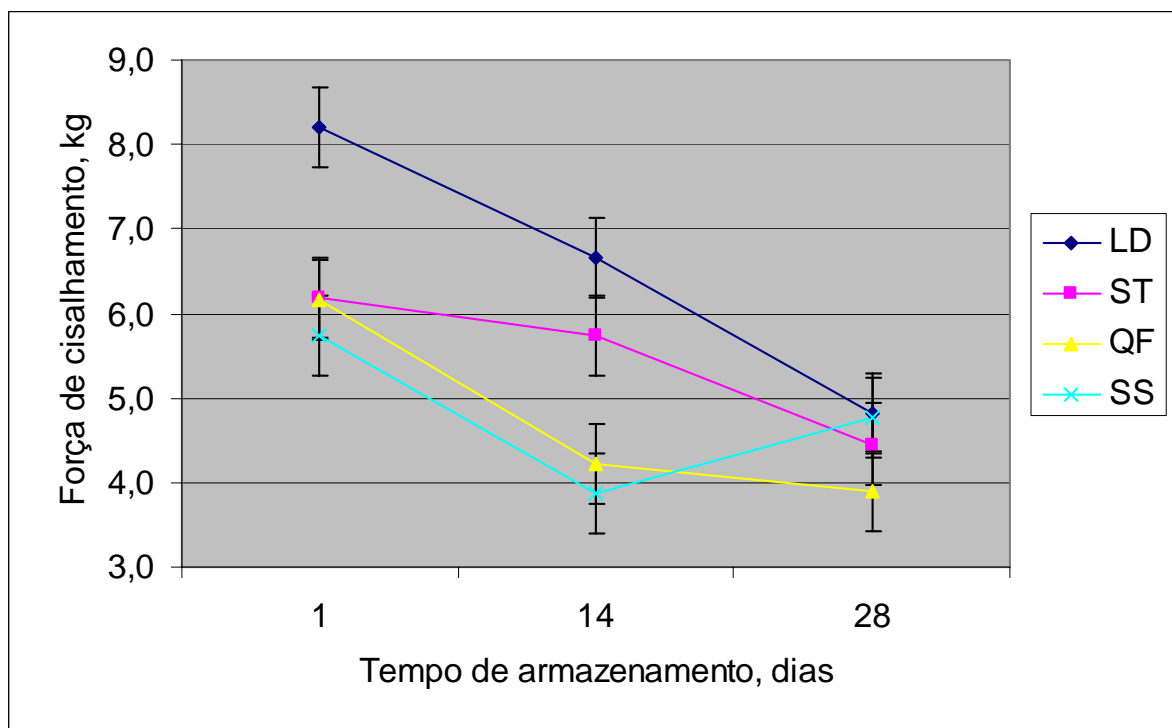


Figura 8 – Médias de força de cisalhamento dos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Quadriceps femoris* (QF) e *Supraspinatus* (SS), nos três tempos de armazenamento.

Em experimento conduzido por Vergara et al. (2003), onde foram examinados os efeitos de três tipos de atmosferas modificadas, com diferentes composições de gás, na carne de *Cervus elaphus*, os resultados encontrados mostraram que a força de cisalhamento diminuiu com o tempo de maturação, com valores similares observados para todos os tratamentos estudados pelos autores.

A força de cisalhamento do LD foi maior ($P < 0,01$) no dia 1 em relação aos demais músculos, que por sua vez não diferiram entre si. Após 14 dias de armazenamento, os músculos LD e ST não diferiram em relação à força de cisalhamento, no entanto, o LD foi mais duro ($P < 0,01$) que o QF e o SS. Da mesma forma, o músculo ST também apresentou maior força de cisalhamento ($P < 0,05$) em relação aos músculos QF e SS, que por sua vez não diferiram entre si. Após 28 dias

de armazenamento os valores de força de cisalhamento não foram diferentes entre nenhum dos músculos estudados.

Seyfert et al. (2005) estudaram *Quadriceps femoris* de bovinos embalados em atmosfera modificada com 80% de O₂ (80% O₂: 20% CO₂) ou com muito baixo valor de O₂ (80% N₂: 20% CO₂). Os autores pesquisaram se as propriedades oxidativas e sensoriais destes músculos melhorados com injeções 6 a 10% de sais poderiam ser afetadas, assim como também as propriedades dos músculos *Retus femoris*, *Biceps femoris* e *Semimembranosus*. O músculo mais macio, foi o *Retus femoris*, além de ser considerado o músculo com menos tecido conjuntivo detectável. Apesar de não ser significativamente diferente, o músculo *Biceps femoris*, obteve a menor maciez e apresentou mais tecido conjuntivo aparente.

Pereira et al. (2002), avaliaram a força de cisalhamento do *Longissimus dorsi* de novilhos das raças Nelore e Brangus submetidos a dietas com diferentes níveis de concentrados. Não foi observada diferença entre as raças em relação à força de cisalhamento, nos diferentes tempos de maturação. Porém, houve um efeito quadrático dos dias de maturação em bovinos da raça Nelore, com diminuição dos valores de força de cisalhamento entre os dias 7 e 14, resultando em um efeito positivo da maturação sobre a maciez do músculo LD nos animais desta raça.

Um outro estudo conduzido por Leme et al. (2002), no qual foram avaliados o desempenho e as características de carcaça de novilhos com diferentes graus de sangue, não foi observada diferença na maciez entre os grupos, em qualquer um dos tempos (1, 7 e 14 dias). Entretanto, houve um efeito quadrático em função dos dias de maturação.

5.2. PERDAS DE ÁGUA AO COZIMENTO E POR EXSUDAÇÃO

As características de cor, textura, consistência, suculência e maciez da carne cozida dependem, em parte, da capacidade de retenção de água (PARDI et al., 2001). Segundo os autores, a manifestação de retenção de água se traduz das seguintes formas: pela exsudação (ou gotejamento) de líquido, observada na carne não cozida e nem congelada; pela exsudação de líquido típica de carne descongelada; e pela exsudação da carne cozida. A capacidade de retenção de água é um atributo de qualidade da carne muito importante, pois além de influenciar na aparência da mesma depois de cozida, mostra o seu comportamento durante o cozimento e sua suculência no momento de consumo da carne (LAAK, 1989).

Houve uma interação significativa ($P=0,028$) entre tempo de armazenamento e músculos em relação às perdas ao cozimento (PAC) (Figura 9). As perdas de água ao cozimento nos músculos LD, ST e QF, no decorrer do tempo, podem estar relacionadas ao fato de que no processo de maturação ocorre injúria da proteína (PARDI et al., 2001), onde a mesma não consegue segurar a água no processo de cozimento da carne. Foi observada uma associação quadrática entre PAC e tempo de armazenamento para os músculos ST ($P=0,0516$) e SS ($P=0,0005$).

Os resultados de perdas ao cozimento encontrados neste trabalho foram contrários aos relatados por Vergara et al. (2003), que examinaram os efeitos de diferentes tipos de atmosferas modificadas no desenvolvimento da qualidade da carne de *Cervos aloplos*, na tentativa de sugerir a melhor composição de gases na preservação deste tipo de carne. No trabalho citado, foram encontrados valores semelhantes de perdas por gotejamento e de perdas ao cozimento para todos os tratamentos, com aumento em ambas as características no decorrer do tempo.

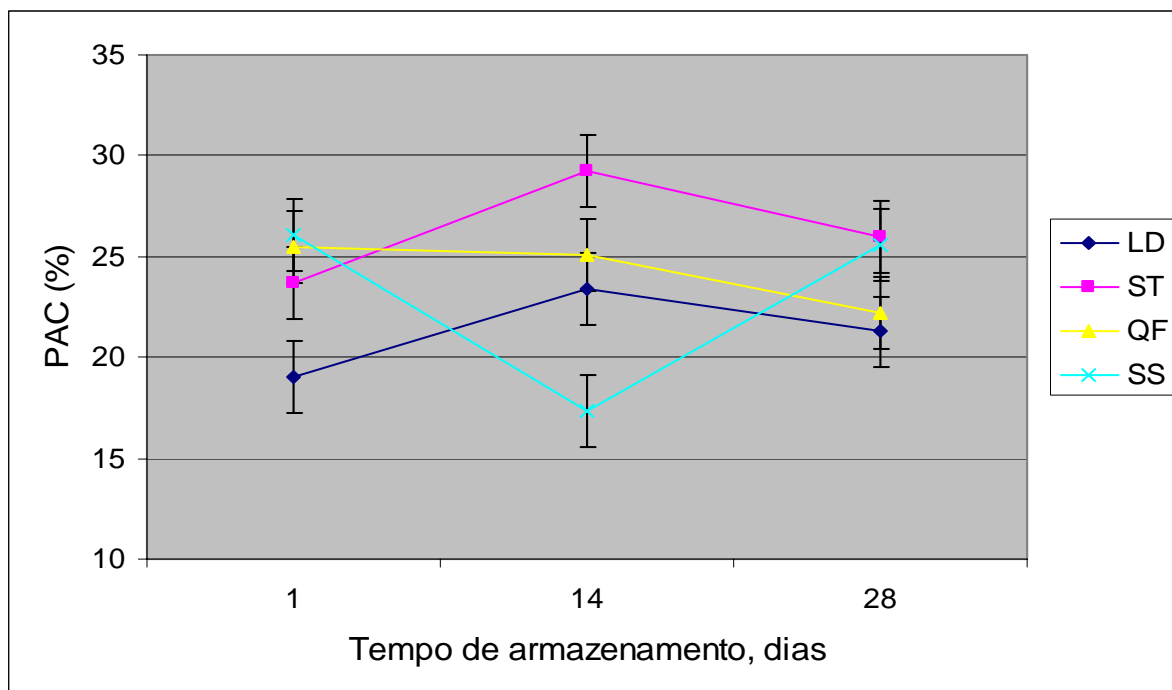


Figura 9 - Médias de perdas ao cozimento (PAC) dos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Quadriceps femoris* (QF) e *Supraspinatus* (SS), nos três tempos de armazenamento.

O LD apresentou menores perdas ao cozimento em relação ao ST no T14 ($P=0,0263$), sem diferenças nos T1 e T28. Quando comparado ao QF, as perdas ao cozimento do LD foram menores apenas no T1 ($P=0,0140$), sem diferença nos demais tempos de armazenamento. Em relação ao SS, as perdas ao cozimento do músculo LD foram inferiores ($P=0,0081$) no T1, superiores ($P=0,0216$) no T14 e sem diferença no T28. As perdas ao cozimento dos músculos ST e QF não foram diferentes entre si em nenhum dos períodos analisados. Somente no dia 14, as perdas do músculo SS foram inferiores às encontradas no ST ($P<0,0001$) e QF ($P=0,0042$), não apresentando diferenças com estes músculos nos outros tempos de armazenamento.

As perdas de água por exsudação (PE%) apresentaram uma relação linear com o tempo de armazenamento ($P<0,0011$), com valores crescentes de perda do T1 em relação ao T2 e T3 (Figura 10), assim como nos valores encontrados por

Vergara et al. (2003), que relatou valores maiores de perdas por gotejamento no decorrer do tempo.

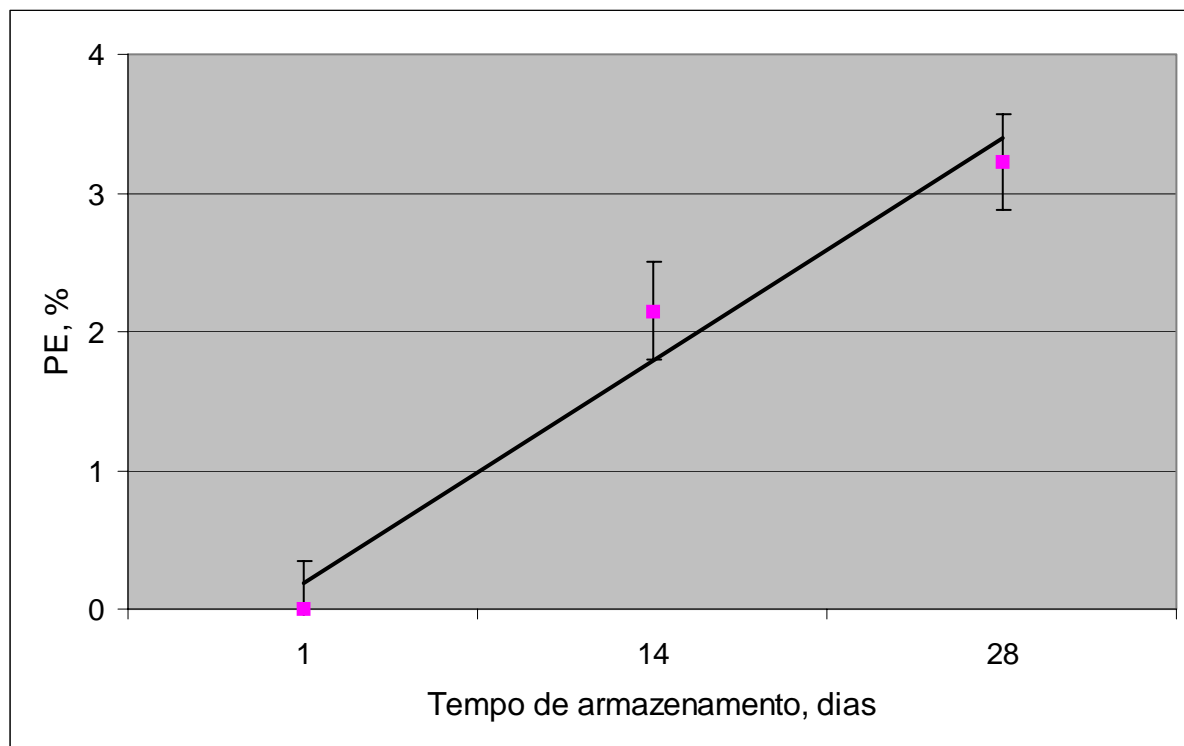


Figura 10 – Médias de perdas por exsudação (PE) dos músculos nos diferentes tempos de armazenamento.

A média de perda de água por exsudação no músculo SS foi maior do que a média no LD ($P < 0,0016$), no ST ($P < 0,0015$) e no QF ($P < 0,0068$), que não apresentaram diferenças de médias entre eles (Figura 11).

Em uma carne bem estocada, com pH e temperatura de armazenamento adequados, procedente de animais sem estresse, as perdas de água por exsudação serão pequenas, e não afetarão a qualidade final do produto (Comunicação pessoal - LUCHIARI FILHO, 2005). Sekar et al. (2006), estudando os efeitos da embalagem em atmosfera modificada nos parâmetros estruturais e físicos da carne de búfalo, encontrou que a perda de água por exsudação foi menor nas amostras embaladas em atmosfera modificada (20% de CO_2 e 80% de O_2), quando comparadas às embaladas em bandejas cobertas por polietileno e expostas ao oxigênio e às

embaladas a vácuo, o que pode ser atribuído à presença de espaço entre as bandejas, mantido pela pressão dos gases dentro das embalagens em atmosferas modificadas.

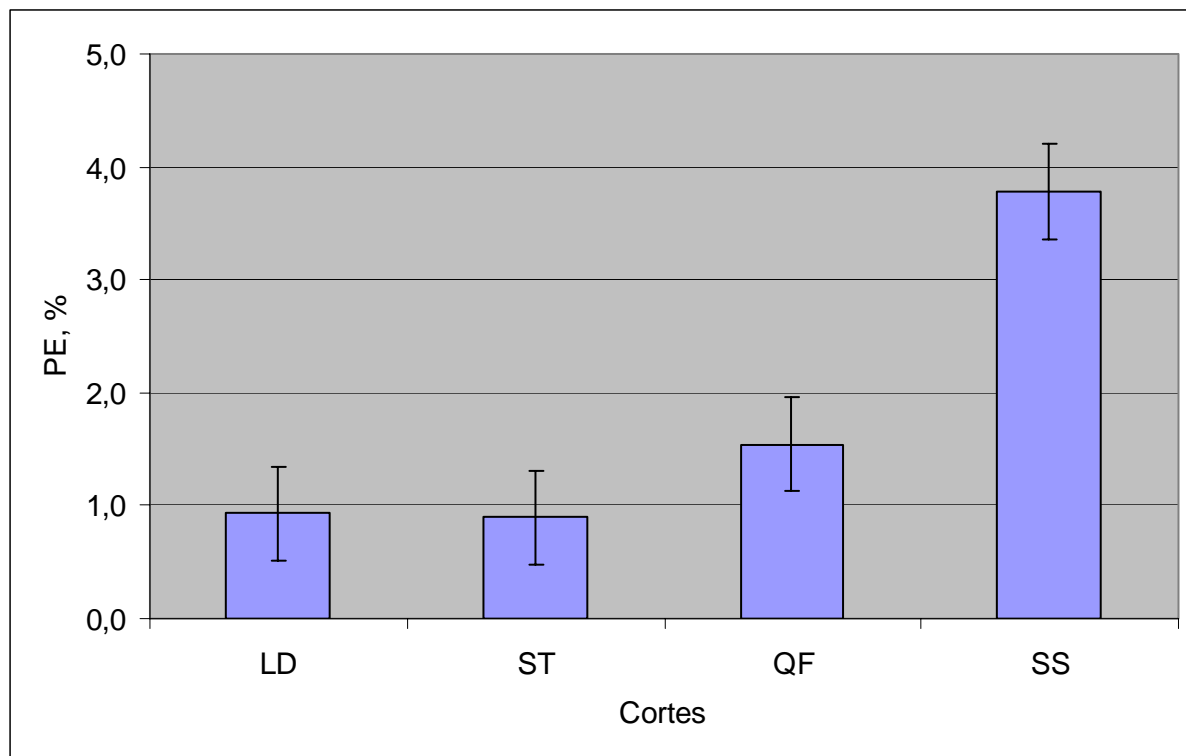


Figura 11 - Médias das perdas por exsudação (PE) dos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Quadriceps femoris* (QF) e *Supraspinatus* (SS).

Pereira (2002), encontrou uma perda por exsudação de 13% nas amostras de músculo *Supraspinatus*, embaladas a vácuo e mantidas em temperatura entre 0 a 1°C, de animais suplementados com vitamina E e de 14% nas amostras de animais do grupo controle, aos 14 dias de maturação. No presente trabalho, a perda de água por exsudação foi de 1,8% em média (Tabela1), sugerindo que a carne foi bem armazenada no período estudado, não apresentando problemas de perda de água por exsudação em nenhum dos cortes.

5.3. pH

O pH apresentou uma associação linear ($P=0,0351$) e quadrática ($P=0,0076$) com o tempo de armazenamento (Figura 12).

No músculo LD o pH foi inferior ao do ST ($P=0,004$), do QF ($P=0,0007$) e do SS ($P<0,001$). Por outro lado, não houve diferença entre o pH do ST em relação ao do QF ou do SS, que por sua vez também não apresentaram diferenças entre si.

Houve um efeito linear do pH entre os tratamentos ($P=0,004$) (Figura 13).

A média de pH encontrada para o T28 (5,66), foi superior tanto à encontrada no T1 (5,57; $P=0,0351$), como à encontrada no T14 (5,52; $P=0,0011$). Já as médias de pH encontradas no T1 e no T14 não apresentaram diferenças entre si. Estes resultados concordam com os encontrados por Sekar et al. (2006), onde os valores de pH aumentaram gradualmente durante os 21 dias de tratamento, independente do tipo de embalagem usada.

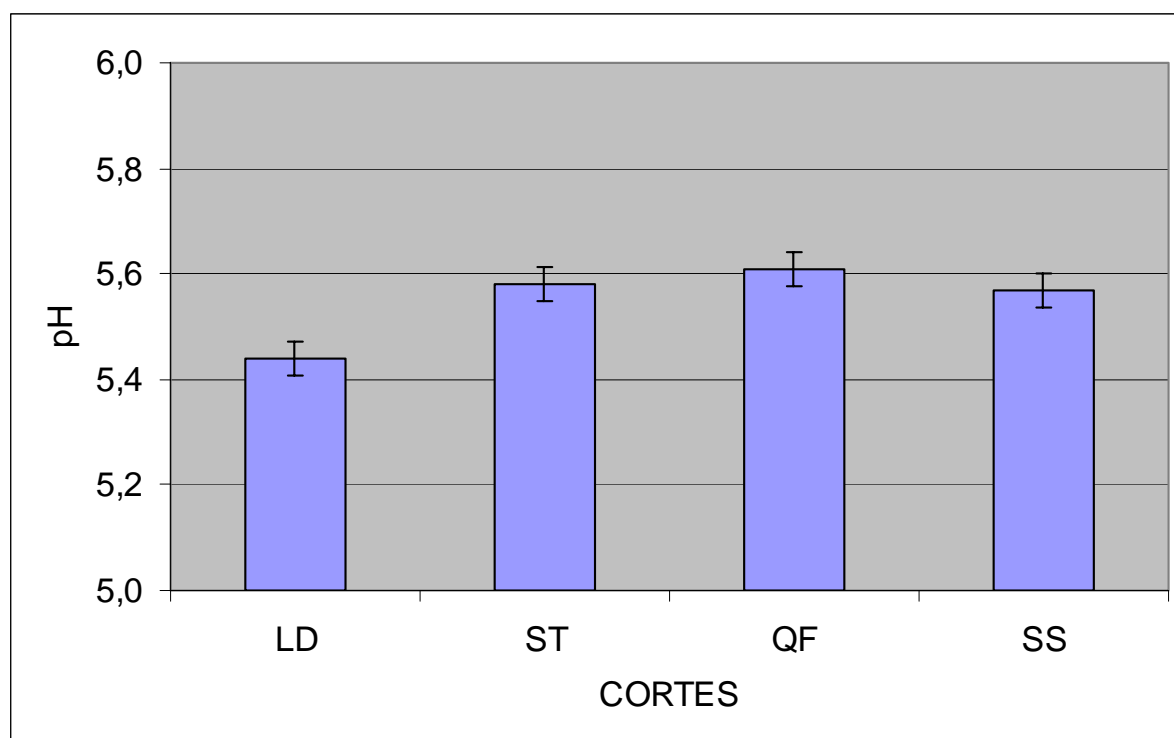


Figura 12 - Médias de pH dos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Quadriceps femoris* (QF) e *Supraspinatus* (SS).

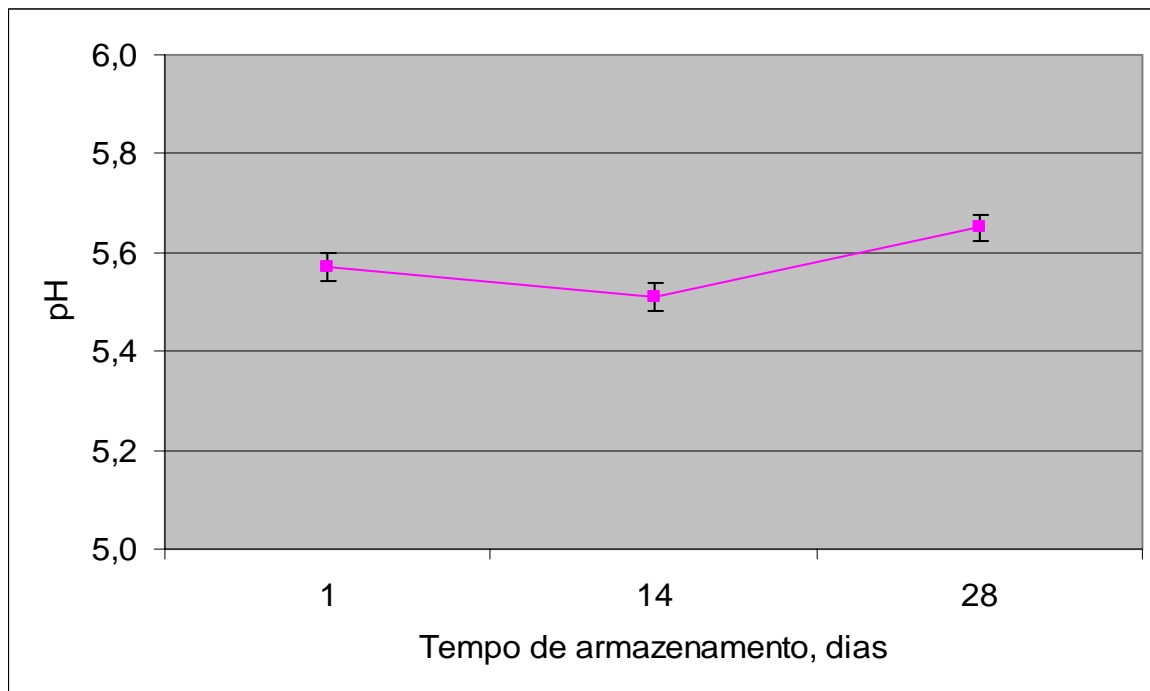


Figura 13 – Médias dos pH dos músculos nos três tempos de armazenamento.

Na figura 14 observou-se o comportamento do pH nos diferentes cortes, em relação aos dias de armazenamento. Não houve interação entre cortes e tratamentos.

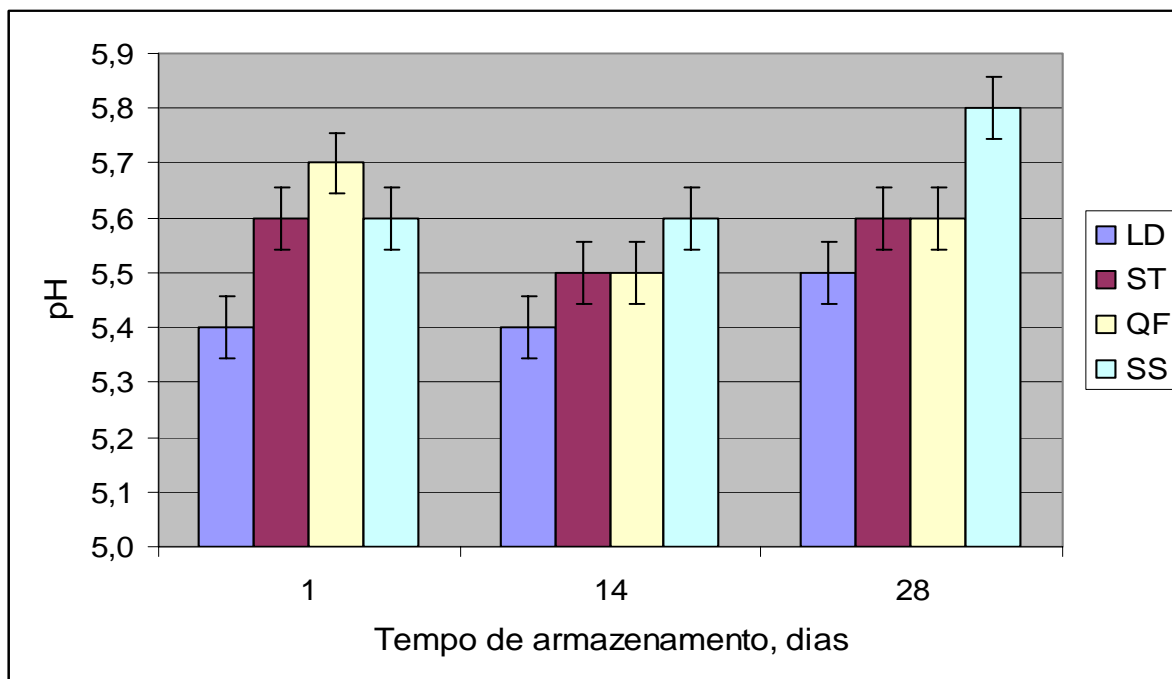


Figura 14 - Médias de pH dos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Quadriceps femoris* (QF) e *Supraspinatus* (SS), nos três tempos de armazenamento

5.4. COR.

Não houve interação significativa entre os diferentes músculos e tempos de armazenamento para as características de cor. O tempo de armazenamento apresentou uma associação linear ($P < 0,0001$) e quadrática ($P = 0,0010$) com o croma L^* , quadrática ($P = 0,0004$) com o croma a^* e também linear e quadrática ($P < 0,0001$) com o croma b^* (Tabela 2).

O valor de L^* encontrado para T1 foi inferior ($P < 0,001$) aos valores encontrados para T14 e T28, sem diferenças entre eles. Para a característica a^* , o valor encontrado no T1 foi inferior ($P < 0,001$) ao encontrado no T14, sem diferenças em relação ao T28, que também apresentou valor significativamente inferior ao T14 ($P < 0,003$).

Tabela 2 - Medidas de características de cor, nos diferentes tempos de armazenamento.

Características	Dias de maturação			Efeito de tempo Valores de P	
	1	14	28	Linear	Quadrático
L^*	38,36	42,27	42,44	<0,0001	0,0010
a^*	16,06	18,07	16,60	0,2517	0,0001
b^*	13,60	17,96	17,02	<0,0001	<0,0001

Por outro lado, a característica b^* apresentou valor no T1 inferior aos encontrados no T14 e T28 ($P < 0,0001$), que também foram diferentes entre eles ($P < 0,006$), com valor encontrado no T14 ligeiramente superior ao T28. Assim como no trabalho de Pereira (2002), o aumento de b^* com o tempo de armazenamento (14 dias), observado neste trabalho, indica que não houve perda de cor vermelha da carne, sugerindo que a embalagem foi eficiente como agente de proteção.

Liu et al. (2003), estudando cor, textura e atributos sensoriais de bifes de 24 carcaças aos 2, 4, 8, 14 e 21 dias pós-morte, encontraram valores de L^* , a^* e b^* maiores em todas as amostras, à medida que aumentava o período de armazenamento das mesmas. John et al. (2005), compararam sistemas de empacotamento (80% O_2 e 20% CO_2 – MAP; 0,4% CO , 30,3% CO_2 e 69,3% N_2 – MAP ou a vácuo) e tempo de estocagem (7, 14 e 21 dias), na estabilidade da cor vermelha de bifes de alcatra em exposição ao varejo por oito dias. Estes autores relataram que os bifes estocados com 80% de O_2 e 20% CO_2 por 7 a 14 dias, apresentaram valores altos de a^* (14 a 16), e a carne apresentou cor vermelho brilhante, avaliados através de painel sensorial. Após 21 dias, no entanto, os valores de a^* diminuíram para 7,6, e a avaliação do painel sensorial indicou cor marrom para as carnes. Os autores concluíram que os bifes armazenados com 80% de O_2 e 20% CO_2 , ao contrário dos resultados encontrados no presente trabalho, tiveram cor desejável somente aos sete primeiros dias de estocagem, com alguma evidência de cor marrom aos 14 dias e completamente marrom e inaceitáveis aos 21 dias.

No experimento conduzido por Sekar et al. (2006), as médias de cor vermelha avaliadas pelos jurados foram maiores para os produtos embalados em atmosfera modificada (20% de CO_2 e 80% de O_2), quando comparadas às embaladas em bandejas cobertas por polietileno e expostas ao oxigênio e às embaladas a vácuo. Os jurados também classificaram como vermelhas brilhantes as amostras embaladas em atmosfera modificada aos 3 dias de estocagem, de vermelhas aos 14 dias e de vermelhas claras aos 21 dias do início do experimento. Diferentes resultados encontraram Insausti et al. (1999), que estudaram amostras de bifes de cinco diferentes raças espanholas submetidas a três tipos de embalagens: 15 dias de estocagem para amostras embaladas a vácuo, 15 dias para as embaladas em

atmosfera modificada-MAP (60% O₂, 30% CO₂ e 10% N₂) e 10 dias para as embaladas a vácuo e mais 5 dias em MAP, onde as cores das amostras embaladas em MAP foram aceitas somente até 10 dias de estocagem, levando os autores a sugerir que isto tenha ocorrido devido à alta porcentagem de metamioglobina formada na superfície das amostras embaladas em MAP, depois de estocadas por 15 dias (40-70% de metamioglobina), junto com uma diminuição dos valores de a* observados nestas amostras.

As Figuras 15, 16 e 17 mostram o comportamento das características de L*, a* e b*, respectivamente, nos quatro cortes pesquisados neste trabalho, em relação aos dias de maturação.

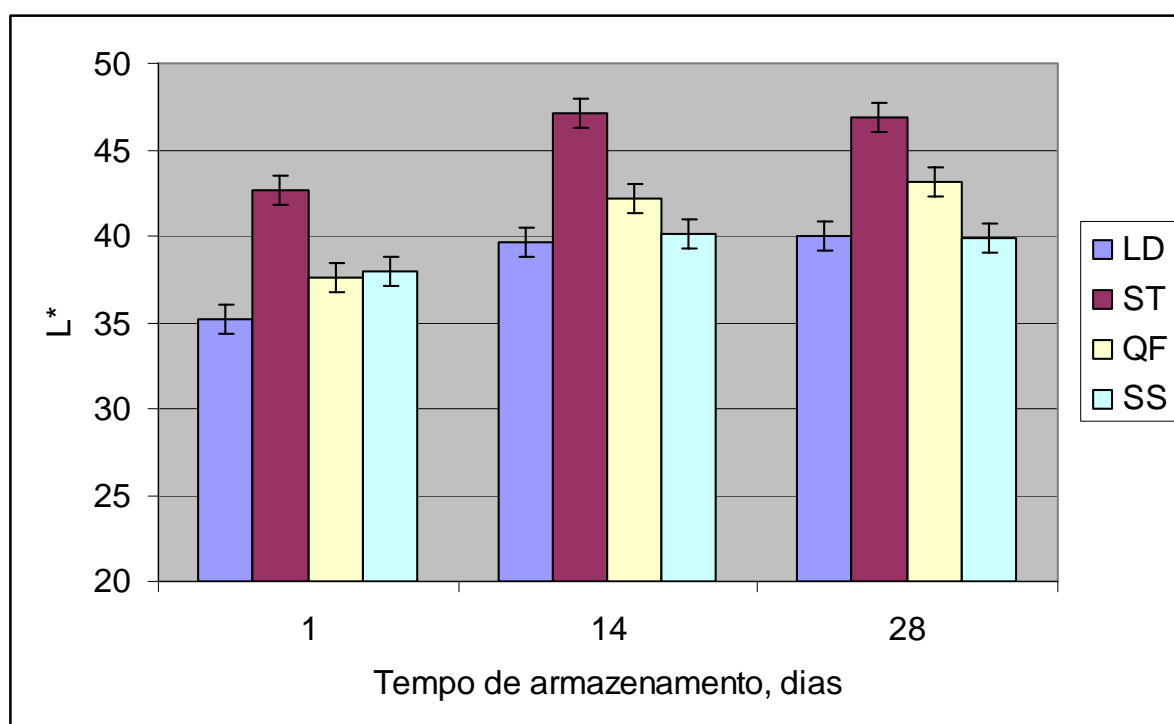


Figura 15 - Médias de L* dos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Quadriceps femoris* (QF) e *Supraspinatus* (SS), nos três tempos de armazenamento.

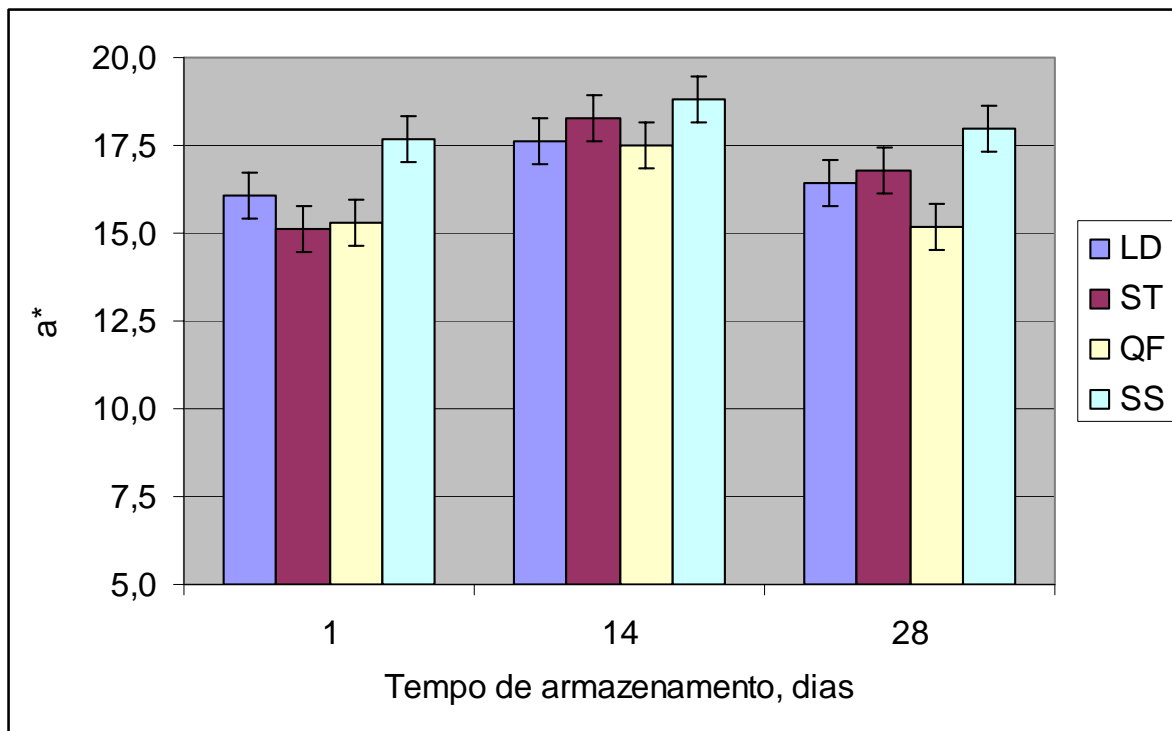


Figura 16 - Médias de a^* dos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Quadriceps femoris* (QF) e *Supraspinatus* (SS), nos três tempos de armazenamento.

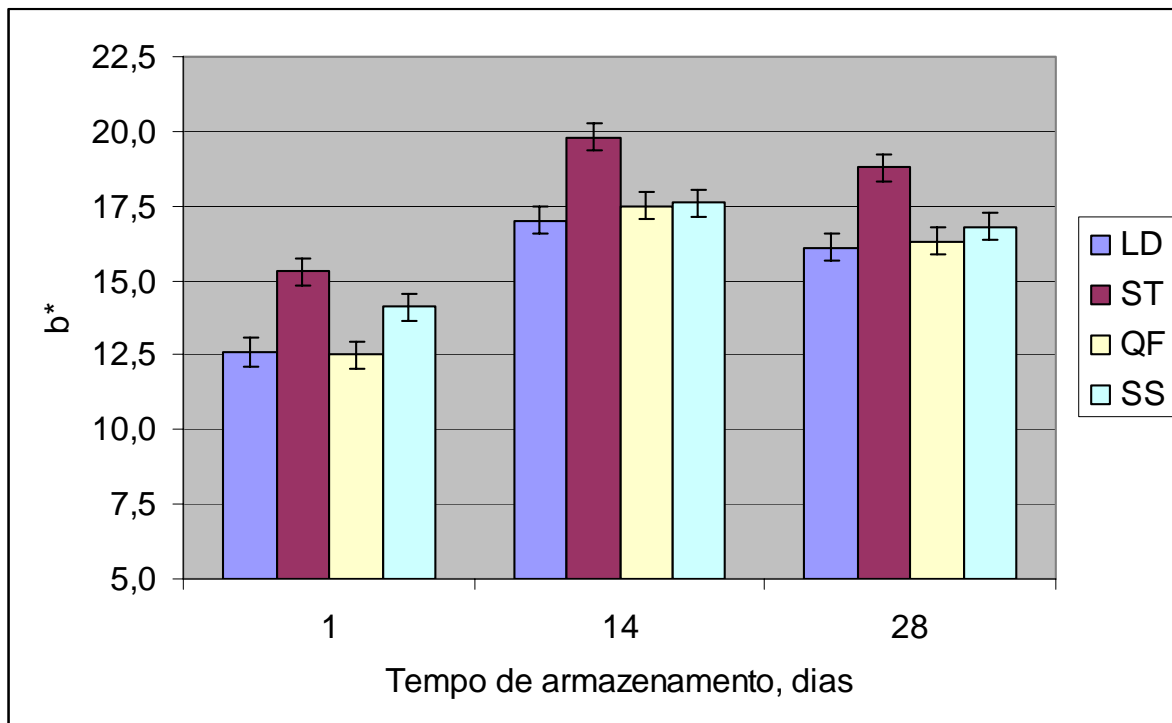


Figura 17 - Médias de b^* dos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Quadriceps femoris* (QF) e *Supraspinatus* (SS), nos três tempos de armazenamento.

Em relação aos diferentes cortes, as características de cor foram diferentes de acordo com o músculo analisado.

Os valores de L^* foram menores ($P < 0,05$) no LD e SS comparados ao ST ou QF. No músculo ST os valores foram maiores que no QF ($P < 0,05$), (Figura 18).

Os resultados observados neste trabalho foram diferentes aos encontrados por Pereira (2002), que estudou a maturação de bifes embalados a vácuo por 21 dias, onde os valores encontrados para o músculo SS foram considerados baixos para a característica L^* em relação ao LD, talvez pelo fato da cor do SS ser naturalmente mais escura do que do LD, devido à predominância de fibras vermelhas. Este fato também pode ser observado no presente trabalho, através dos resultados de a^* , em que o valor encontrado para o corte SS foi superior ($P < 0,05$) ao encontrado para os outros cortes, que não diferiram entre si (Figura 19).

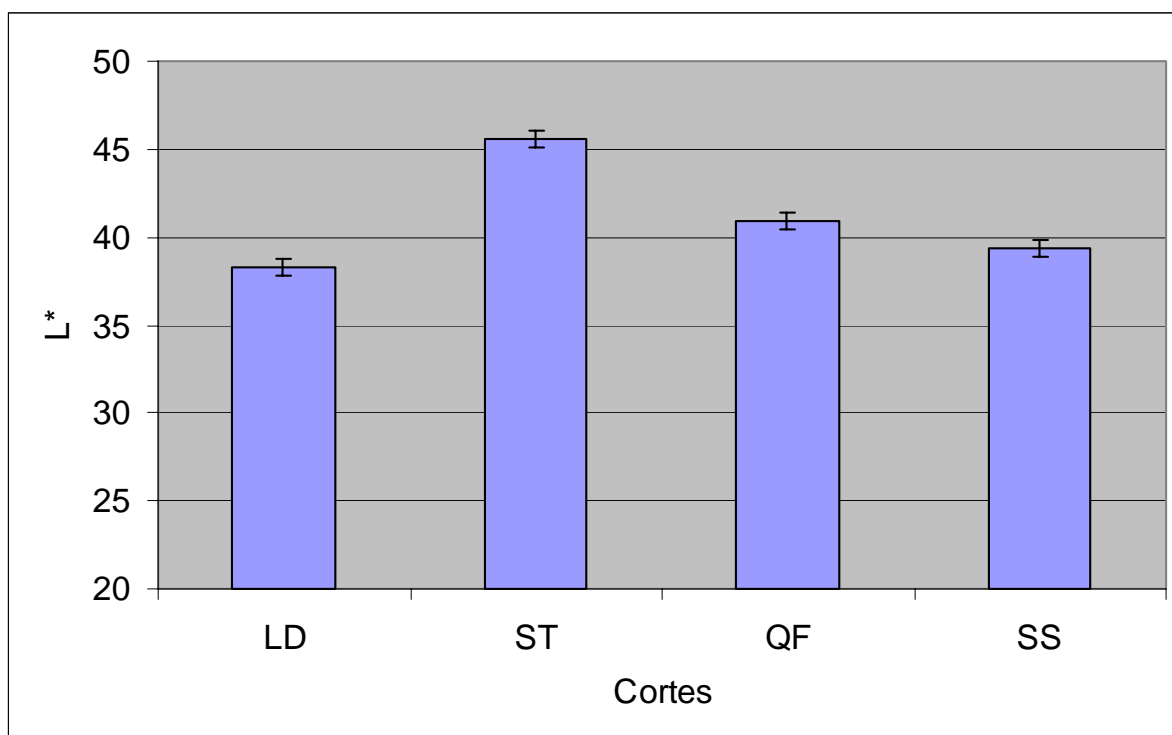


Figura 18 - Médias de L^* dos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Quadriceps femoris* (QF) e *Supraspinatus* (SS).

Segundo HEDRICK et al., (1993), a cor dos diversos cortes são diferentes, pois os mesmos apresentam diferentes concentrações de mioglobina, além da estrutura e textura dos músculos influenciarem na reflexão e absorção da luz, contribuindo para as diferenças visuais nas cores das carnes.

Dunne, O'Mara, Monahan e Moloney (2004, apud DUNNE et al., 2005), afirmam que animais entre 12-18 meses, apresentam valores de L* com médias entre 35-36. No presente trabalho, a média de L* encontrada foi de 41, em animais com 36 meses de idade média. De acordo com Miller (2001), à medida em que avança a idade do animal, o pigmento de mioglobina retém o oxigênio do músculo, se torna menos eficiente e para compensar, níveis mais elevados de mioglobina são produzidos, tornando a carne a mais escura. Isto pode explicar os valores de a* encontrados neste trabalho, que variaram entre 16 e 18,2 (Figura 19), onde foram utilizados animais mais velhos. Estes valores de a* foram mais altos em relação aos encontrados por Pereira (2002), que variaram entre 12 e 16, no qual foram usados novilhos. Apesar disto, somente o valor de a* do músculo SS (18,2) está de acordo com o encontrado na literatura (PURCHAS, 1988), que citou valores entre 18 e 22.

Os valores menores encontrados no presente trabalho podem estar relacionados com o fato que os cortes são procedentes de animais terminados à pasto. Lynch et al. (2002), afirmam que a raça, o regime alimentar e o fato do animal estar confinado ou não influenciam na variabilidade da cor da carne de bovinos. Em geral, o valor de a* e a estabilidade da cor do músculo *Longissimus* é maior em animais confinados comparados a animais terminados à pasto. Os autores sugerem que o efeito da alimentação na cor da carne pode ser atribuído à relação dos lipídios com os pigmentos da oxidação, particularmente à instabilidade dos ácidos graxos, presentes em maior quantidade nos animais terminados à pasto. Por outro lado, os

níveis de α -tocoferol encontrados no tecido adiposo foram maiores nos animais terminados em confinamento, fato que poderia aumentar a estabilidade lipídica, que por sua vez aumenta a vida da cor vermelha do músculo *Longissimus*.

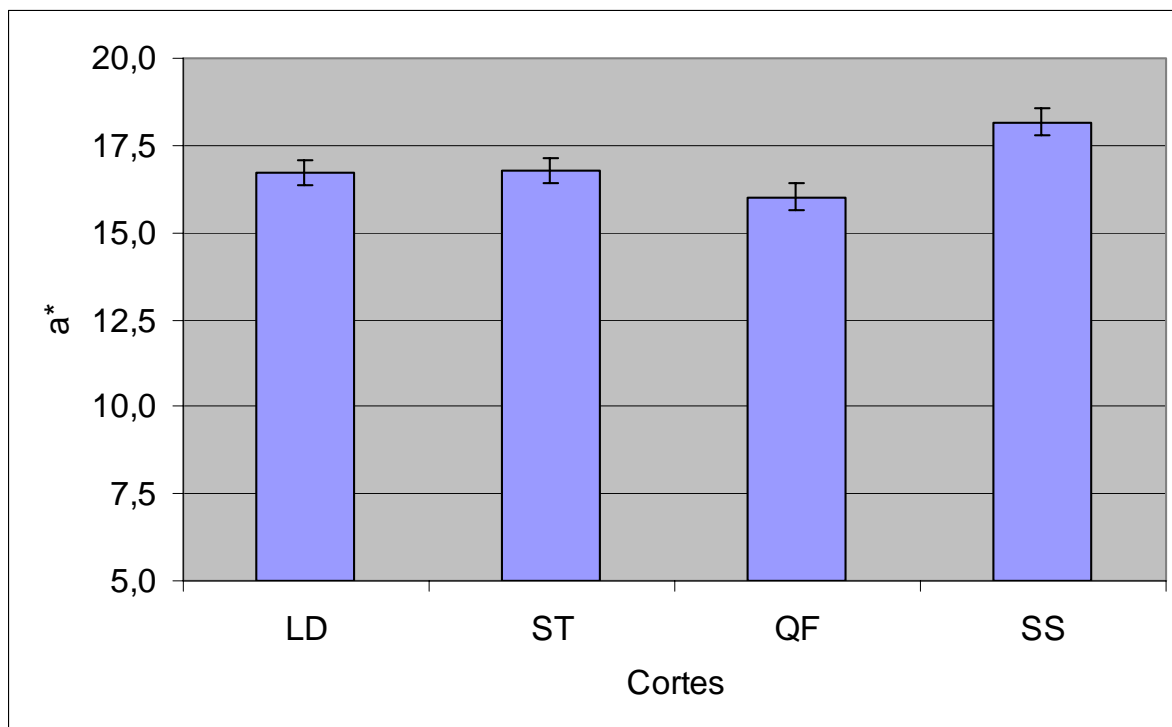


Figura 19 - Médias de a^* dos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Quadriceps femoris* (QF) e *Supraspinatus* (SS).

Os valores de b^* foram maiores no ST em relação ao SS, QF e LD, sendo que os valores observados para o LD e QF não foram diferentes, mas menores ($P < 0,05$) que os encontrados para o SS (Figura 20).

Diferentes tecidos musculares podem apresentar diferentes capacidades de redução da metamioglobina. Músculos com maior capacidade de redução apresentam coloração relativamente mais estável quando expostos ao ar.

Segundo Ledward (1971), a susceptibilidade para a formação de metamioglobina (que confere a cor marrom às carnes) é maior no músculo *Biceps femoris*, seguida por *Semimembranosus*, *Longissimus dorsi* e *Semitendinosus*. Da mesma forma, O'Keefe e Hood (1981), observaram que a variabilidade

intramuscular foi o fator mais importante na instabilidade da cor da carne bovina pré-embalada, encontrando a seguinte ordem de estabilidade para músculos estocados em temperaturas de 0 a 10°C: *Longissimus dorsi*, *Semimembranosus*, *Gluteus medius* e *Psoas major* sendo este último o mais instável à oxidação do pigmento.

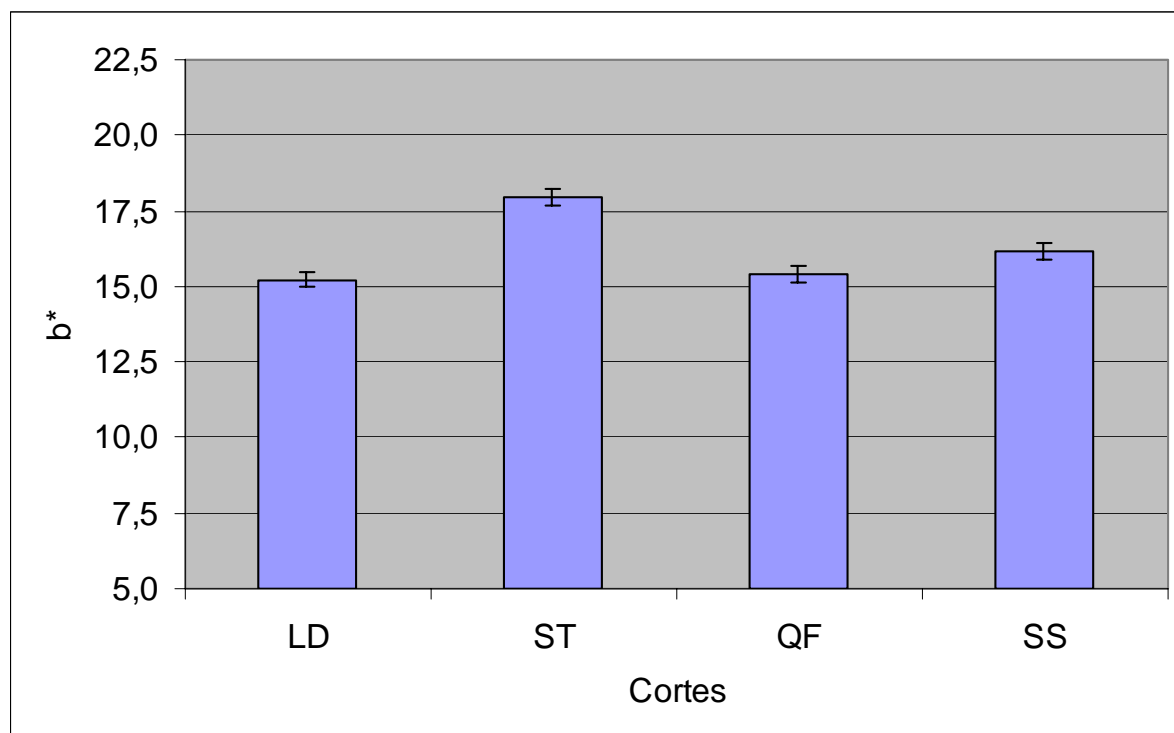


Figura 20 - Médias de b* dos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Quadriceps femoris* (QF) e *Supraspinatus* (SS).

Behrends et al. (2003), estudando os músculos *Semimembranosus*, *Semitendinosus* e *Biceps femoris*, armazenados em atmosfera modificada (20% de CO₂ e 80% de O₂) ou em bandejas envolvidas por filme de poliestireno (PVC), encontraram que os bifes de *Semitendinosus* tiveram menos formação de metamioglobina do que os bifes de *Biceps femoris* e *Semimembranosus*, independente do método de embalagem, porém os bifes embalados em atmosfera modificada tiveram valores mais altos de a* (P<0,05) do que bifes embalados em PVC, com as maiores diferenças entre estes dois métodos ocorrendo após cinco dias de exposição dos produtos nas gôndolas.

5.5. MICROBIOLOGIA

Não foi detectada presença de *Salmonella* em nenhuma das amostras analisadas. Também não foram detectadas contagens de *Clostridium* e presença significativa de Coliformes fecais. As contagens detectadas de Coliformes totais foram abaixo do limite de contaminações especificadas para carne crua.

Apesar de algumas deteriorações da carne ocorrer na ausência de microrganismos, tais como quebras enzimáticas de tecidos e outras mudanças químicas, o crescimento microbiano é um fator muito importante relacionado à manutenção da qualidade da carne fresca (LAMBERT et al., 1991).

Para que ocorram alterações organolépticas na carne, espera-se que a contagem das colônias esteja acima de 10^6 , o que não ocorreu nas amostras deste experimento (Tabela 3). Ayres (1960, apud LAMBERT et al., 1991), demonstrou que o mau cheiro e a aparência viscosa são perceptíveis na carne quando o número de bactérias encontradas estiver acima de 10^7 e 10^8 , respectivamente. Sorheim et al. (1999), estudando carnes bovina e suína, embaladas em atmosferas modificadas com 0,4% CO, 60% CO₂ e 40% N₂ ou 70% O₂ e 30% CO₂, armazenadas por 21 dias em temperaturas de 4 ou 8 °C, também encontraram níveis de coliformes que não excederam 10^3 em todas as amostras analisadas, níveis estes que estão abaixo do limite especificado para as carnes estudadas.

Tabela 3 – Contagem de Coliformes Totais nos músculos *Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Quadriceps femoris* (QF) e *Supraspinatus* (SS), nos três tempos de armazenamento.

Amostras	Coliforme Total (UFC/g) – T1	Coliforme Total (UFC/g) - T14	Coliforme Total (UFC/g) – T28
<i>Longissimus</i> A	< 10	< 10	< 10
<i>Longissimus</i> B	< 10	< 10	< 10
<i>Longissimus</i> C	< 10	< 10	< 10
<i>Longissimus</i> D	< 10	< 10	< 10
<i>Semitendinosus</i> A	2,0 x 10 ¹	< 10	< 10
<i>Semitendinosus</i> B	< 10	1,2 x 10 ⁵	< 10
<i>Semitendinosus</i> C	< 10	< 10	< 10
<i>Semitendinosus</i> D	< 10	< 10	< 10
<i>Q. Femoris</i> A	< 10	< 10	< 10
<i>Q. Femoris</i> B	< 10	< 10	< 10
<i>Q. Femoris</i> C	< 10	< 10	< 10
<i>Q. Femoris</i> D	< 10	< 10	< 10
<i>Supraspinatus</i> A	4,0 x 10 ¹	5,8 x 10 ⁴	1,0 x 10 ³
<i>Supraspinatus</i> B	< 10	1,1 x 10 ⁵	2,2 x 10 ⁴
<i>Supraspinatus</i> C	< 10	1,0 x 10 ⁵	9,6 x 10 ⁴
<i>Supraspinatus</i> D	< 10	2,3 x 10 ⁴	6,8 x 10 ⁴

Kennedy et al. (2005), estudando carnes de cordeiro embaladas em atmosfera modificada com 100:0; 90:10 e 80:20 CO₂:N₂, armazenadas por períodos de 4 e 7 dias, concluíram que embalagens com 100:0 de CO₂:N₂ foram as mais efetivas em prolongar a vida útil da carne, principalmente em longos períodos de estocagem. Nesse estudo, a contagem de coliformes nas carnes armazenadas por 7 dias foi mais baixa em relação às armazenadas por 4 dias, com qualquer composição de gases usada, nos oito dias de exposição das carnes ao varejo, e não foram observados aumentos de coliformes depois do dia seis, nas carnes armazenadas por 7 dias, previamente estocadas em atmosferas modificadas com

CO₂:N₂. Os autores ainda sugeriram que a exposição das carnes de cordeiro a concentrações altas de CO₂ e baixas de N₂, por um período mais longo, pode ter parcialmente inibido o crescimento de coliformes.

Kennedy et al. (2004), trabalhando com carnes de carneiro embaladas em atmosfera modificada nas proporções de 80:20:0, 60:20:20 e 60:40:0 de O₂, CO₂ e N₂, respectivamente, expostas por um período de 12 dias, concluíram que o fator determinante mais importante para o prolongamento da vida útil das carnes foi o crescimento microbiano, em especial a contaminação inicial dos microrganismos, antes do empacotamento, demonstrando que quanto mais alta a contaminação inicial, maior a influência no crescimento e composição final da flora. Em geral, quanto mais alta foi a contaminação inicial da flora microbiana, menor foi o valor da característica a* e das notas de aparência visual das carnes. Os resultados obtidos no presente trabalho, podem estar relacionados a este fato, pois desde o primeiro dia de análise não foram encontradas presença de *Salmonella*, nem detectadas contagens de *Clostridium* ou presença significativa de Coliformes.

6. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos neste trabalho, é possível concluir que cortes armazenados em embalagens com atmosfera modificada com 75% O₂ e 25% de CO₂, por um período de 28 dias, apresentaram manutenção da cor da carne satisfatória em todos os músculos analisados, e que esta atmosfera foi eficiente em impedir o desenvolvimento microbiano nos cortes estudados neste período de armazenamento.

Através dos resultados de maciez da carne, verificou-se uma diminuição da força de cisalhamento em todos os cortes, levando a uma maior maciez dos músculos, com o passar do tempo, indicando assim uma eficiência no processo de maturação.

Desta forma conclui-se que carnes armazenadas neste tipo de embalagem, por um período de até 28 dias, podem ser perfeitamente inseridas no mercado varejista sem comprometer a qualidade visual e sensorial dos produtos, atendendo assim às exigências dos consumidores.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUALPEC – Anuário estatístico da pecuária de corte. São Paulo: FNP (Consultoria/Argos Comunicação), 2005.

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**, Savoy, v.81, n.9 p.2230-8, 2003.

CARPENTER, C. E.; CORNFORTH, D. P.; WHITTIER, D. Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. **Meat Science**, Londres, v.57, n.4, p.359-63, 2001.

CICHOSKI, A.J.; TERRA, N.N. Características Sensoriais em Carne. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v.10, n.46, p.32-43, 1996.

COMPENDIUM OF METHODS FOR THE MICROBIOLOGICAL EXAMINATIONS OF FOODS. Fourth Edition. Washington, DC. By the American Public Health Association (APHA), p.659, 2001.

CORÓ, A.G.; YOUSSEF, E.Y.; SHIMOKOMAKI, M. Carne do zebu: o que está atrás de sua textura. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v.23, n.271, p.28-34, 1999.

CROUSE, J.D. et al. Comparasions of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. **Journal Animal Science**, Savoy, v.67, p.2661-8, 1989.

CROWDER, M. J., HAND, D. J. **Analysis of repeted measures**. London: Chaman & Hall, 257 p, 1990.

DUNNE, P.G. et al. Colour of muscle from 18-month-old steers given long-term daily exercise. **Meat Science**, Londres, v.71, n.2, p. 219-29, 2005.

EILERT, S.J. New Packaging technologies for the 21st century. **Meat Science**, Londres, v.71, n.4, p.122-7, 2005.

FELDHUSEN, F. et al. Influence of Storage Time on Parameters of Colour Stability of Beef. **Meat Science**, Londres, v.40, n.2, p.235-43, 1995.

FELÍCIO, P.E. Fatores ante e postmortem que influenciam na qualidade da carne bovina. In: _____. **Produção de novilho de corte**. Piracicaba: FEALQ, 1997, p.79-97.

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**, Londres, v.67, n.1, p.57-64, 2004.

GASPERLIN, L.; ZLENDER, B.; ABRAM, V. Colour of normal and high pH beef heated to different temperatures as related to oxygenation. **Meat Science**, Londres, v.54, n.4, p.391-8, 2000.

GILL, C. O. Extending the storage life of raw chilled meats. **Meat Science**, Londres, v.43, n.S, p.99–109, 1996.

GILL, C. O.; NEWTON, K. G. The ecology of bacterial spoilage of fresh meat at chill temperatures. **Meat Science**, Londres, v.2, n.3, p.207–17, 1978.

GOLL, D.E. et al. Role of the calpain system in muscle growth. **Biochimie**, Paris, v.74, n.3, p.225-37, 1992.

HAGER, L.B. Evaluation of carcass traits, connective tissue, and myofibrillar proteins characteristics on tenderness of 11 steers sired by *Bos indicus* bulls. M.S. Thesis, Texas A&M University, College Station, TX, 2000.

HEDRICK, et al. **Principles of Meat Science**. 3.ed. Dubuque: Henda//Hunt Publishing Company, 1993.

INSAUSTI, K. et al. Colour stability of beef from different Spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere. **Meat Science**, Londres, v.53, n.4, p.241-9, 1999.

JAKOBSEN, M.; BERTELSEN, G. Colour 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**, Londres, v.54, n.1, p.49-57, 2000.

JAYAS, D. S.; JEYAMKONDAN, S. Modified Atmosphere Storage of Grains Meats Fruits and Vegetables. **Biosystems Engineering**, Londres, v.82 n.3, p.235–51, 2002.

JEREMIAH, L. E. Packaging alternatives to deliver fresh meats using short – or long – term distribution. **Food Research International**, Barking, v.34, n.9, p.749–72, 2001.

JEREMIAH, L. E.; GIBSON, L.L. The influence of storage temperature time on color stability, retail properties and case-life of retail-ready beef. **Food Research International**, Barking, v.34, n.9, p.815-26, 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**, Londres, v.69, n.3, p.441-9, 2005.

KENNEDY, C.; BUCKLEY, D.J.; KERRY, J.P. Display life of sheep meats packaged under atmospheres of various volumes and compositions. **Meat Science**, Londres, v.68, n.4, p.649-58, 2004.

_____. Influence of different gas composition on the short-term storage stability of mother-packaged retail-ready lamb packs. **Meat Science**, Londres, v.69, n.1, p.27-33, 2005.

KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization process of meat. **Meat Science**, Londres, v.43, n.S, p.193-201, 1996a.

KOOHMARAIE, M.; WHEELER, T.L.; SHACKELFORD, S.D. Sampling, cooking and coring effects on Warner-Bratzer shear force values in beef. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.74, n.7, p.1553-62, 1996b.

LAAK, H.L.J.M.V. The quality of accelerated processed meats: an integral approach. 1989, 221 f. Tese (doutorado). Rijksuniversiteit Utrecht, Utrecht.

LABADIE, J. Consequences of packaging on bacterial growth. Meat is an ecological niche. **Meat Science**, Londres, v.52, n.3, p.299–305, 1999.

LAMBERT, A.D.; SMITH, J.P.; DODDS, K.L. Shelf life extension and microbiological safety of fresh meat: review. **Food Microbiology**, Londres, v.8, n.4, 267–97, 1991.

LAWRIE, R. A. **Meat science** (3.ed.). Oxford: Pergamon Press, 1979, 451 p.

LEDWARD, D.A. Metmyoglobin formation in beef muscle as influenced by content and anatomical location. **Journal of Food Science**, Champaign, v.36, p.138-40, 1971.

LEME, P.R. et al. Desempenho e características de carcaça de animais Nelore, 1/2 Caracu x Nelore e 3/4 Caracu x Nelore confinados com dietas de alto concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife:Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. [CD-ROM]

LIU, Y. et al. Prediction of color, texture, and sensory characteristics of beef steaks by visible and near infrared reflectance spectroscopy. **Meat Science**, Londres, v.65, n.3, p. 1107-15, 2003.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. São Paulo: R. Vieira Gráfica & Editora, 2000. 134 p.

LUCHIARI FILHO, A. ; MOURA, A.C. Situação atual e tendências da pecuária de corte no Brasil relacionados à qualidade de carne. In : I Simpósio Internacional sobre Produção Intensiva do Gado de corte, 1.; 1997, São Paulo. **Proccedings**. São Paulo, p.42-4.

LUÑO, M. et al. Beef shelf life in low and high CO₂ atmospheres containing different low CO concentrations. **Meat Science**, Londres, v.55, n. 4, p.413–9, 2000.

LYNCH, A. et al. Evaluation of rib steak color from Friesian, Hereford and Charolais heifers pastured or over wintered prior to slaughter. **Meat Science**, Londres, v.61, n.3, p.227–32, 2002.

MacDOUGALL, D.B. Changes in the colour and opacity of meat. **Food Chemistry**, Londres, v.9, p.75–88, 1982.

MANCINI, R.A.; HUNT, M.C. Current research in meat color. **Meat Science**, Londres, v.71, n.1, p.100–21, 2005.

MILLER, R.K. Obtendo carne de qualidade consistente. In : 1º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes.1.; 2001, São Pedro. **Anais**. São Paulo: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2001, p.123-42.

NISHI, L. M. ; FARIA, A. F. Composições gasosas em sistemas de embalagens com atmosfera modificada para carne bovina. *Revista Nacional da Carne*. São Paulo, n.353, p.54-9, jul. 2006.

NISHIMURA, T. et al. Changes in mechanical strength of intramuscular connective tissue during postmortem ageing of beef. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.76, n.2, p.528-32, 1998.

O'KEEFFE, M; HOOD, D.E. Anoxic storage of fresh beef: color stability and weight loss. **Meat Science**, Londres, v.5, n. 2, p.267-81, 1981.

PARDI, M.C. et al. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 2.ed, Goiânia: UFG, 2001, 1v.

PEREIRA, A.S.C. Qualidade da carne bovina de Nelore (*Bos taurus indicus*) suplementados com vitamina E. 83f. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.

PEREIRA, A.S.C. et al. Efeitos de níveis de concentrados sobre a textura da carne de tourinhos Brangus e Nelore In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife:Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. [CD-ROM]

PERES, P.S. O setor de embalagem e a indústria de carne. *Revista Nacional da Carne*. São Paulo, n.353, p.52, jul. 2006.

PFLANZER JÚNIOR, S. B. ; FARIA, J. A. F. Sistemas de embalagem para carne bovina refrigerada. *Revista Nacional da Carne*. São Paulo, n.353, p.61-6, jul. 2006.

PURCHAS, R.W. Some experiences with dark-cutting beef in New Zeland. In: AUSTRALIAN MEAT AND LIVESTOCK RESEARCH AND DEVELOPMENT CORPORATION. Sidney. **Proceedings** : Sidney: S.V.Fabiasson, W.R.Shorthose and R.D.Warner, 1988, p.42-51.

RUBENSAM, J.M. ; FELICIO, P.E. ;TERMIGNONI, C. Influência do genótipo *Bos indicus* na atividade da calpastatina e na textura da carne de novilhos abatidos no sul do Brasil. **Ciência e tecnologia de alimentos**, Campinas, v.18, n.4, p.405-09, 1998.

SEKAR, et al. Effect of modified atmosphere packaging on structural and physical changes in buffalo meat. **Meat Science**, Londres, v.72, n.2, p.211-5, 2006.

SEYFERT, M. et al. Beef quadriceps hot boning and modified-atmosphere packaging influence properties of injection-enhanced beef round muscles. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.83, n.3, p.686-93, 2005.

SORHEIM, 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**, Londres, v.52, n.2, p.157–64, 1999.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT User's Guide**, Version 6, 4.ed, Volume 2, Cary : SAS Institute Inc, 1989, 846 p.

TORNGREN, M.A. Effect of packing method on color and eating quality of beef loins steaks. In: International Congress of Meat Science and Technology, 49; **Proccedings**: Campinas. R. Vieira Gráfica & Editora, 2003, p. 495-6.

VENTURINI, A.C. Embalagens de transporte (Masterpack) com atmosfera modificada e absorvedores de oxigênio para aumento da vida útil de carne bovina. 103f. Dissertação (mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

VERGARA, H. et al. Conservation of *Cervus elaphos* meat in modified atmospheres. **Meat Science**, Londres, v.65, n. 2, p.779-83, 2003.

WARRIS, P.D. **Meat Science : An introductory text**. New York : CABI Publishing, USA. P.309, 2000.