

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**Efeito da temperatura de estocagem
sobre a estabilidade de carne bovina
(*M. Gluteus medius*) embalada a vácuo**

Luciene Marie Nishi
Engenheira de Alimentos

Prof. Dr. José de Assis Fonseca Faria
Orientador

Dissertação apresentada à
Faculdade de Engenharia de
Alimentos da Universidade
Estadual de Campinas, para
obtenção do título de Mestre em
Tecnologia de Alimentos.

Campinas
2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

N633e Nishi, Luciene Marie
Efeito da temperatura de estocagem sobre a estabilidade de carne bovina (*M. Gluteus medius*) embalada a vácuo / Luciene Marie Nishi. – Campinas, SP: [s.n.], 2008.

Orientador: José de Assis Fonseca Faria
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Carne bovina. 2. Embalagem a vácuo. 3. Temperatura. 4. Alimentos - Vida útil. 5. Qualidade. I. Faria, José de Assis Fonseca. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

(ckn/fea)

Titulo em inglês: Effect of storage temperature on stability of vacuum packaged beef

Palavras-chave em inglês (Keywords): Beef, Vacuum packaging, Temperature, Shelf life, Quality

Titulação: Mestre em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: José de Assis Fonseca Faria

Pedro Eduardo de Felício

Dirce Yorika Kabuki

Anna Cecília Venturini

Programa de Pós-Graduação: Programa em Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José de Assis Fonseca Faria
(Orientador)

Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício
(Membro)

Dr^a. Dirce Yorika Kabuki
(Membro)

Dr^a. Anna Cecília Venturini
(Membro)

Dedico este trabalho especialmente aos meus pais, Shinobu e Mieko, aos meus irmãos Celso, Nelson, Flávia e Emilia, e ao Renato.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por todo o carinho, apoio e incentivo que muito me motivam. Pelo respeito e confiança para ser uma pessoa cada vez melhor.

Aos meus irmãos: Celso, Nelson, Flávia e Emília por todo o carinho, paciência e apoio constantes em todas as etapas da minha vida.

Ao Renato pelo companheirismo e carinho, principalmente durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao prof. Assis pela orientação e paciência.

Ao prof. Pedro pela confiança e amizade.

À banca examinadora, pelas correções e sugestões que muito auxiliaram na melhoria da qualidade deste trabalho.

Aos técnicos dos laboratórios, Alice, Dirce, Ana Lourdes, Renata, Zé Roberto, Bernadete, que possibilitaram a execução do experimento e enriqueceram o trabalho com o conhecimento e a minha rotina com suas amizades.

Aos meus amigos que conquistei e convivi durante o mestrado: Juliana Teles, Pâmela, Lílian, Vanessa, Luciana Esper, Isabela, Mariana Macchione, Mariana Kikuchi, Ana Patrícia, Guilherme, Sérgio e Carol pelo apoio constante, companhia e amizade;

Aos meus amigos e colegas de laboratório: Cláudio, Eduardo, Klívia, Marina pelas conversas, dicas e boa convivência além da amizade.

À Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas pela oportunidade de realizar este trabalho.

Ao CNPq pela bolsa concedida;

Ao frigorífico pelas amostras cedidas.

*"É melhor tentar e falhar,
que preocupar-se e ver a vida passar;
é melhor tentar, ainda que em vão,
que sentar-se fazendo nada até o final.*

*Eu prefiro na chuva caminhar,
que em dias tristes em casa me esconder.
Prefiro ser feliz, embora louco,
que em conformidade viver..."*

Martin Luther King

RESUMO

Este trabalho estudou um sistema comercial de embalagem a vácuo para carne bovina resfriada, alcatra (*M. Gluteus medius*) com relação à influência da temperatura de estocagem nos atributos de qualidade. As transformações na qualidade da carne foi avaliada com relação aos microrganismos deteriorantes (contagem padrão de mesófilos, bactérias láticas, psicrotróficos aeróbios e anaeróbios), coliformes fecais, *Salmonella* sp. e estafilococos coagulase positiva; aspectos físico-químicos (pH, exsudação, composição gasosa, nível de vácuo, cor, textura e perda na cocção) e aspectos sensoriais (aparência, aroma, sabor, maciez, suculência, impressão global e intenção de compra). Verificou-se que a temperatura (0, 2, 4, 7 e 10°C) interferiu em vários aspectos de qualidade da carne, afetando diretamente sua vida útil. A carne estocada a 0°C apresentou sinais nítidos de deterioração após 63 dias de armazenamento. O corte estocado a 2°C apresentou as mesmas características aos 49 dias, enquanto as estocadas a 4, 7 e 10°C deterioraram-se em 35, 21 e 15 dias, respectivamente. Não se detectou a presença de microrganismos estabelecidos pela RDC 12 (BRASIL, 2001), mas o desenvolvimento dos deteriorantes apresentou diferente perfil com o aumento da temperatura que, conseqüentemente, afetou outros parâmetros de qualidade. Foi observada uma tendência de queda nos valores de pH, possivelmente, provocada pela produção de ácidos orgânicos e de CO₂, sendo que tal queda foi mais acentuada no exsudato. Observou-se, também, uma perda do vácuo ao longo da estocagem, devido à produção de CO₂. A alteração de cor foi maior na superfície do que na parte interna do corte, notando-se uma regeneração da cor da carne, mesmo estando deteriorada. A exsudação, produção de CO₂ e perda de massa por cocção aumentaram com o tempo e à temperatura de estocagem. Houve uma redução na força de cisalhamento, sendo essa inversamente proporcional ao tempo e temperatura de estocagem.

Palavras-chave: carne bovina, embalagem a vácuo, temperatura, vida útil, qualidade.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the efficiency of a commercial vacuum packaging system on the quality of beef (*M. Gluteus medius*) as affected by refrigeration temperature at 0, 2, 4, 7, and 10°C. The evaluation of the beef quality changes were based on: deteriorant microbial counts (aerobic plate, lactic bacteria, psychrotrophic aerobic, and anaerobic bacteria); fecal coliforms, *Salmonella sp*, and coagulase positive staphylococci; physicochemical characteristics (pH, exudation, gas composition, vacuum level, color, and texture, and cooking loss) and sensory (appearance, flavor, tenderness, juiciness, overall impression and purchase intention). It was not found any bacteria established by RDC 12 (BRASIL, 2001), but the deteriorant increased as a function of temperature and storage time, which consequently affected the beef quality. The changes caused by high microbial counts defined the end of shelflife of meat samples in 63, 49, 35, 21, and 15 days, respectively to 0, 2, 4, 7, and 10°C. The physicochemical changes also increased as function of temperature and storage time, but the sensory quality decreased accordingly. The typical red color changed to darker more at the surface than in the inner part of the beef and the blooming phenomenon happened even on the microbial spoiled beef. The production of CO₂ by the microorganisms caused a decrease on the beef pH and more intensive on the exsudate. The CO₂ evolution inside the package caused the loss of vacuum. The shear force value decreased within the time and storage temperature.

Key-words: beef, vacuum packaging, temperature, shelf-life, quality

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. QUALIDADE DA CARNE IN NATURA.....	3
2.1.1. <i>Microbiologia</i>	3
2.1.2. <i>Cor na qualidade da carne</i>	12
2.1.3. <i>Exsudação</i>	17
2.1.4. <i>Maturação e textura</i>	21
2.2. EMBALAGEM A VÁCUO	24
2.2.1. <i>Nível de vácuo</i>	25
2.2.2. <i>Materiais de embalagem</i>	26
2.2.3. <i>Sistemas de embalagem a vácuo</i>	30
2.3. VIDA ÚTIL DE CARNE A VÁCUO	31
3. MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1. MATÉRIA-PRIMA E ESTOCAGEM	34
3.2. TAXA DE PERMEABILIDADE AO OXIGÊNIO	34
3.3. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	35
3.3.1. <i>Deteriorantes</i>	35
3.3.2. <i>Coliformes fecais, estafilococos, Salmonella</i>	35
3.4. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	36
3.4.1. <i>Medida de pH</i>	36
3.4.2. <i>Exsudação</i>	36
3.4.3. <i>Composição gasosa da embalagem</i>	37
3.4.4. <i>Nível de vácuo</i>	37
3.4.5. <i>Cor instrumental</i>	37
3.4.6. <i>Força de cisalhamento (Warner-Bratzler)</i>	38
3.4.7. <i>Perda no cozimento</i>	39
3.5. ANÁLISE SENSORIAL	39
3.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1. TAXA DE PERMEABILIDADE AO OXIGÊNIO (TPO ₂)	41

4.2.	AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA.....	41
4.2.1.	<i>Matéria-prima</i>	41
4.2.2.	<i>Microrganismos deteriorantes</i>	42
4.2.3.	<i>Coliformes fecais, estafilococos, Salmonella</i>	49
4.3.	RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS.....	51
4.3.1.	<i>pH</i>	51
4.3.2.	<i>Exsudação</i>	54
4.3.3.	<i>Composição gasosa da embalagem</i>	56
4.3.4.	<i>Nível de vácuo</i>	58
4.3.5.	<i>Cor instrumental</i>	60
4.3.6.	<i>Perda no cozimento e Força de cisalhamento</i>	70
4.4.	RESULTADOS SENSORIAIS	72
4.4.1.	<i>Resultados em função do tempo</i>	72
4.4.2.	<i>Resultados em função da temperatura de estocagem</i>	73
5.	CONCLUSÕES	80
6.	REFERÊNCIAS	82
	ANEXO	96
	APÊNDICE	97

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	TÍTULO	PÁG
1	Comportamento microbiano do <i>M. Gluteus medius</i> estocado a 0°C.	43
2	Comportamento microbiano do <i>M. Gluteus medius</i> estocado a 2°C.	45
3	Comportamento microbiano do <i>M. Gluteus medius</i> estocado a 4°C.	46
4	Comportamento microbiano do <i>M. Gluteus medius</i> estocado a 7°C.	47
5	Comportamento microbiano do <i>M. Gluteus medius</i> estocado a 10°C.	47
6	Resultados de pH interno dos cortes de <i>M. Gluteus medius</i> estocados sob diferentes temperaturas.	52
7	Resultados de pH do exsudato dos cortes de <i>M. Gluteus medius</i> estocados sob diferentes temperaturas.	54
8	Resultados de exsudação (%) do <i>M. Gluteus medius</i> estocados sob diferentes temperaturas	55
9	Concentração de CO ₂ (%) na embalagem a vácuo de <i>M. Gluteus medius</i> estocada sob diferentes temperaturas por tempo.	57
10	Nível de vácuo (mmHg) do <i>M. Gluteus medius</i> embalado a vácuo estocado sob diferentes temperaturas.	59
11	Correlação de nível de vácuo por concentração de CO ₂ nas temperaturas avaliadas.	60
12	Diferença total de cor da superfície das peças embaladas a vácuo e estocadas sob diferentes temperaturas em relação à amostra inicial.	61
13	Diferença total de cor da superfície das peças, obtidas logo após abertura e remoção da embalagem a vácuo, estocadas sob diferentes temperaturas em relação à amostra inicial.	63
14	Diferença total de cor dos bifes das carnes estocadas sob diferentes temperaturas ao longo do tempo em relação à amostra inicial antes da exposição ao ar.	64
15	Diferença total de cor dos bifes obtidos das carnes estocadas sob diferentes temperaturas em relação à amostra inicial, após 30 minutos de exposição ao ar.	65
16	Chroma (C*) antes e depois da exposição ao ar de bifes do <i>M. Gluteus medius</i> estocado a 0°C.	67

17	Chroma (C*) antes e depois da exposição ao ar de bifes do <i>M. Gluteus medius</i> estocado a 2°C.	67
18	Chroma (C*) antes e depois da exposição ao ar de bifes do <i>M. Gluteus medius</i> estocado a 4°C.	68
19	Chroma (C*) antes e depois da exposição ao ar de bifes do <i>M. Gluteus medius</i> estocado a 7°C.	68
20	Chroma (C*) antes e depois da exposição ao ar de bifes do <i>M. Gluteus medius</i> estocado a 10°C.	69
21	Força de cisalhamento dos bifes de <i>M. Gluteus medius</i> estocados sob diferentes temperaturas de estocagem.	70
22	Perda por cocção dos bifes de <i>M. Gluteus medius</i> estocados sob diferentes temperaturas de estocagem.	71
23	Intenção de compra da carne estocada a 0°C e avaliada nos tempos 3, 17, 31 e 45 dias de estocagem.	76
24	Intenção de compra da carne estocada a 2°C e avaliada nos tempos 3, 17 e 31 dias de estocagem.	77
25	Intenção de compra da carne estocada a 4°C e avaliada nos tempos 3, 17 e 31 dias de estocagem.	78
26	Intenção de compra da carne estocada a 7°C e avaliada nos tempos 3 e 17 dias de estocagem.	79
27	Carne embalada a vácuo estocado a 10°C, com 36 dias de estocagem.	122
28	Carne estocada a 10°C logo após o corte, aos 36 dias de estocagem.	122
29	Carne estocada a 10°C após 30 minutos de exposição ao ar, aos 36 dias de estocagem	123

LISTA DE TABELAS

TABELA	TÍTULO	PÁGINA
1	Qualidade higiênica e vida útil de carcaças bovinas.	5
2	Classificação dos níveis de vácuo.	25
3	Classificação relativa dos filmes de acordo com a barreira ao oxigênio.	29
4	Resultados de coliformes fecais do <i>M. Gluteus medius</i> resfriado e embalado a vácuo sob diferentes temperaturas e tempo de estocagem.	50
5	Avaliação microbiológica da carne estocada a 0°C com 73 dias de estocagem	53
6	Resultados sensoriais do teste de aceitação do <i>M. Gluteus medius</i> assado estocados sob diferentes temperaturas de estocagem.	73
7	Resultados sensoriais da amostra estocada a 0°C	74
8	Resultados sensoriais da amostra estocada a 2°C	74
9	Resultados sensoriais da amostra estocada a 4°C	75
10	Resultados sensoriais da amostra estocada a 7°C	75
11	Contagem bacteriana de amostras estocadas a 0°C	97
12	Contagem bacteriana de amostras estocadas a 2°C	97
13	Contagem bacteriana de amostras estocadas a 4°C	98
14	Contagem bacteriana de amostras estocadas a 7°C	98
15	Contagem bacteriana de amostras estocadas a 10°C	98
16	Valores de pH interno do corte de amostras estocadas a diferentes temperaturas de estocagem.	99
17	Valores de pH interno do corte de amostras estocadas a diferentes temperaturas de estocagem ao longo do tempo.	100
18	Valores de pH do exsudato das amostras estocadas a diferentes temperaturas de estocagem.	101
19	Valores de pH do exsudato das amostras estocadas a diferentes temperaturas de estocagem, comparadas ao longo do tempo.	102
20	Valores de exsudação (%) para diferentes temperaturas de estocagem .	103

21	Valores de exsudação (%) para diferentes temperaturas de estocagem por tempo.	104
22	Valores da concentração de CO ₂ (%) dentro da embalagem em diferentes temperaturas de estocagem por tempo.	105
23	Valores do nível de vácuo (mmHg) dentro da embalagem em diferentes temperaturas de estocagem por tempo.	106
24	Dados de cor das amostras estocadas a 0°C obtidos da superfície dos cortes sobre a embalagem a vácuo.	107
25	Dados de cor das amostras estocadas a 2°C o obtidos da superfície dos cortes sobre a embalagem a vácuo.	108
26	Dados de cor das amostras estocadas a 4°C obtidos da superfície dos cortes sobre a embalagem a vácuo.	109
27	Dados de cor das amostras estocadas a 7°C obtidos da superfície dos cortes sobre a embalagem a vácuo.	109
28	Dados de cor das amostras estocadas a 10°C obtidos da superfície dos cortes sobre a embalagem a vácuo.	110
29	Dados de cor da superfície das peças estocadas a 0°C após a abertura da embalagem a vácuo.	110
30	Dados de cor da superfície das peças estocadas a 2°C após a abertura da embalagem a vácuo.	111
31	Dados de cor da superfície das peças estocadas a 4°C após a abertura da embalagem a vácuo.	112
32	Dados de cor da superfície das peças estocadas a 7°C após a abertura da embalagem a vácuo.	112
33	Dados de cor da superfície das peças estocadas a 10°C após a abertura da embalagem a vácuo.	113
34	Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 0°C obtidos logo após o corte da carne.	113
35	Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 2°C obtidos logo após o corte da carne.	114
36	Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 4°C obtidos logo após o corte da carne.	115
37	Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 7°C obtidos logo após o corte da carne.	115
38	Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 10°C obtidos logo após o corte da carne.	116

39	Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 0°C obtidos após exposição de 30 minutos.	116
40	Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 2°C obtidos após exposição de 30 minutos.	117
41	Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 4°C obtidos após exposição de 30 minutos.	118
42	Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 7°C obtidos após exposição de 30 minutos.	118
43	Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 10°C obtidos após exposição de 30 minutos.	119
44	Dados de Chroma (C*) dos bifes obtidos das amostras estocadas a diferentes temperaturas de estocagem antes da exposição ao ar.	119
45	Dados de Chroma (C*) dos bifes obtidos das amostras estocadas a diferentes temperaturas de estocagem após 30 minutos de exposição ao ar.	120
46	Valores de perda de cozimento e força de cisalhamento por temperatura de estocagem ao longo do tempo.	121

1. INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se como o segundo maior produtor mundial e o maior exportador de carne bovina, com previsão de produção de 9,2 milhões toneladas para o ano de 2007 (USDA, 2007). Conforme a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne – ABIEC, o Brasil exportou, em 2006, 1,2 milhões de toneladas de carne bovina in natura, o que corresponde a pouco mais de U\$ 3,0 bilhões. No período de janeiro a outubro de 2007, as exportações já alcançaram 1,1 milhão de toneladas, equivalente a quase U\$ 3 bilhões, faturamento aproximado do ano anterior (ABIEC, 2007).

Encontra-se no terceiro lugar de consumo mundial de carne, com consumo "per capita" situado em 36,6 kg/ano, um número que vem crescendo a cada ano (USDA, 2007). O fato da carne bovina ser um alimento muito consumido e pela posição de destaque como produtor e exportador, o uso de sistema de embalagem adequado e as condições de estocagem tornam-se requisitos cada vez mais importante para a comercialização e garantia da segurança do alimento.

A elevada atividade de água (Aa), riqueza em nutrientes e o pH pouco ácido (5,4-5,6) tornam a carne *in natura* muito perecível e susceptível à deterioração, um meio ideal para o desenvolvimento microbiológico, além de sofrer outras alterações químicas e físicas. Assim, pode-se dizer que a carne é um sistema orgânico em constante modificação pelas atividades bioquímicas e desenvolvimento microbiológico.

O desenvolvimento microbiológico é a maior causa da deterioração e perda de apelo ao consumidor da carne. A velocidade de multiplicação pode ser restringida por meio do controle de certos parâmetros associados ao produto como Aa e pH; e parâmetros do ambiente, como temperatura e sistema de embalagem (JEREMIAH, 1978; BELL e GAROUT, 1994). Para aumentar a vida útil da carne *in natura* controlam-se principalmente os parâmetros relacionados com o ambiente.

A modificação do ambiente interno pode ser adquirida através do uso da embalagem a vácuo, que permite alterar a velocidade de crescimento e a composição da microbiota, favorecendo os microrganismos de menor potencial de deterioração.

O uso do sistema de embalagem a vácuo fornece um prolongamento da vida útil e palatabilidade de carne durante períodos extensos de distribuição e estocagem. Vantagens adicionais da embalagem a vácuo incluem 1) a preservação das características sensoriais inerentes ao produto por um período necessário à rotatividade

do mesmo, 2) aumento no controle higiênico ao impedir a contaminação externa e 3) aumento da palatabilidade dado pelo controle da maturação (SEIDEMAN e DURLAND, 1983), caso o material de embalagem e o nível de vácuo sejam selecionados adequadamente e a garantia da selagem para obter boa hermeticidade.

Além da seleção do sistema de embalagem, a temperatura é outro fator de grande importância, pois pequenas alterações podem beneficiar a multiplicação de organismos completamente diferentes e resultar em diferentes tipos de deterioração. Seideman e Durland (1983) afirmaram que a condição de anaerobiose da embalagem a vácuo combinada com o abuso de temperatura poderão favorecer o crescimento de microrganismos patogênicos, reforçando a importância e a necessidade do controle da temperatura. A eficiência do sistema de embalagem em estender a vida útil também está diretamente associada às condições de estocagem e varejo, como uso de baixa temperatura sem flutuações descrito anteriormente, a redução de exposição à luz; e à baixa contaminação inicial, exigindo boas práticas e condições higiênicas dos ambientes de abate, desossa e embalagem.

Esta pesquisa teve o objetivo de avaliar o efeito da temperatura de estocagem (0, 2, 4, 7 e 10°C) sobre a qualidade da carne, através de avaliação periódica das alterações da qualidade do produto. O acompanhamento analítico consistiu de avaliações microbiológicas, físico-químicas e sensoriais do produto, bem como avaliações do sistema de embalagem quanto a composição gasosa, nível de vácuo e barreira ao oxigênio.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O conhecimento dos fatores, intrínsecos e extrínsecos, que influenciam a qualidade da carne é importante para selecionar o sistema de embalagem e condições de estocagem adequadas de forma a estender a vida útil da carne, garantindo a segurança e a qualidade da mesma.

2.1. Qualidade da carne in natura

2.1.1. Microbiologia

As características intrínsecas de carne *in natura*, particularmente sua composição química de 73% de água, 21% de proteína, 6% de lipídeos e aproximadamente 1% de substâncias nitrogenadas não protéicas (LAMBERT *et al.*, 1991), elevada disponibilidade de água e pH próxima à neutralidade, são fatores que favorecem o desenvolvimento de uma microbiota extremamente variada (LEITÃO, 2003), resultando em perda da qualidade e problemas de saúde pública (SOFOS, 1994).

Além disso, ao longo do processamento industrial, inúmeros fatores contribuem, em maior ou menor intensidade, para o aumento e diversificação dessa microbiota contaminante. A carga microbiana do produto final, independente de sua natureza, é resultante da somatória de fatores atuantes nas inúmeras etapas do processo, as quais, no caso das carnes, poderiam ser sintetizadas em condições de criação; condições de transporte dos animais e de manutenção pré-abate; sangria; remoção da pele e evisceração; lavagem das carcaças; refrigeração; transporte das carcaças; corte e embalagem do produto final (LEITÃO, 1995 e 2003).

Ainda segundo o mesmo autor, as condições de abate dos animais, particularmente o estresse *ante-mortem*, influenciam em muito na reserva de glicogênio nos tecidos, no pH final da carne e na concentração de produtos intermediários do metabolismo, conseqüentemente afetando a natureza dos substratos utilizados pelos microrganismos.

Os diferentes gêneros e espécies de microrganismos presentes naturalmente nas carnes também revelam um comportamento variável em relação ao metabolismo e às condições extrínsecas de manutenção das carnes. Conseqüentemente, a predominância

numérica dos diferentes grupos e seus efeitos na qualidade do produto será bastante diversificada em função dessas condições (ANON., 1980; SOFOS, 1994; LEITÃO, 2003).

A natureza e o desenvolvimento da deterioração são regidos por temperatura, pH, Aa e ambiente gasoso (TAYLOR, 1983). A contaminação da carcaça após o abate e resfriamento é geralmente variável com o local, pontos da carcaça e da planta, consistindo em torno de 10^1 a 10^5 UFC/cm² de mesófilos aeróbios (NORTJE e NAUDE, 1981). A velocidade de resfriamento afeta a proporção de microrganismos psicrótrópicos e mesófilos, que por sua vez depende da temperatura, tempo, velocidade do ar e umidade. Inicialmente, a contaminação superficial por psicrótrópicos é menor do que 10^2 e a contaminação por Enterobacteriaceae menor do que 10^1 a 10^2 UFC/cm² (SOFOS, 1994).

Em linhas gerais, a microbiota de carne é constituída por bactérias psicrótróficas gram-negativas não fermentativas dos gêneros *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter* e *Shewanella*, ao lado de bactérias gram-negativas fermentativas da família Enterobacteriaceae e do gênero *Aeromonas*; no grupo das bactérias gram-positivas, destacam-se principalmente micrococcos, bactérias do ácido láctico, *Brochothrix thermosphacta*, e constituindo o menor grupo estão a *Kurthia* e estafilococos não toxigênicos (HOLZAPFEL, 1998; LEITÃO, 2003). As bactérias patogênicas e toxigênicas originam do abate de animais doentes, ou pela contaminação cruzada das mãos e pele de manipuladores. Como exemplo: *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, estreptococos grupo A, *Clostridium* spp. (*Clostridium perfringens* A e C; *Clostridium bifermentans*; *Clostridium botulinum* A, B, E e F; *Clostridium novyi*; *Clostridium sordellii*), *Campylobacter* e *Aeromonas hydrophila* (BUCHANAN e PALUMBO, 1985; KOTULA *et al.*, 1987; LAMMERDING *et al.*, 1988; HOLZAPFEL, 1998). A mera presença destas bactérias pode constituir risco à saúde e deverá ser considerada nas medidas práticas de higiene (HOLZAPFEL, 1998).

Segundo Lambert, Smith e Dodds (1991), o crescimento destes microrganismos potencialmente patogênicos é limitado à condição normal de estocagem refrigerada (0 a 4°C).

Os bolores e leveduras não são preocupantes em carne embalada e refrigerada, porque eles desenvolvem-se lentamente e predominam somente em carcaças após estocagem prolongada e maturada, o que reduz o crescimento de bactérias dada a desidratação da superfície (NOTTINGHAM, 1982).

A contaminação inicial influencia a vida útil da carne. Ayres (1960) mostrou que a vida útil da carne com contagem inicial de 65 UFC/cm² foi de 21 dias a 0°C, enquanto que em carne cuja contagem foi de 6x10⁴ UFC/cm² exibiu limosidade em 11 dias à mesma temperatura de estocagem. Com base na relação entre contagens microbianas e evidências de deterioração, algumas classificações têm sido propostas (TABELA 1), relacionando as condições higiênicas e vida útil da carne, em condições aeróbias, com a intensidade da contaminação microbiana (LEITÃO, 2003).

TABELA 1 – Qualidade higiênica e vida útil de carcaças bovinas.

Contagens (log UFC/cm²)	Avaliação	Vida útil a 2°C (dias)
2,7	Excelente	18-20
2,8-2,9	Boa	15-17
3,0-3,9	Satisfatória	12-14
4,0-4,9	Adequada	9-11
5,0	Insatisfatória	9

Fonte: Roça e Serrano, 1995.

A temperatura de estocagem é o principal fator nas reações de deterioração do alimento, especialmente na deterioração microbiana, pois a taxa de desenvolvimento e a fase *lag* são altamente dependentes da temperatura (WIJZES *et al.*, 1995; DEVLIEGHRE DEBEVERE e VAN IMPE, 1998; CAYRÉ, VIGNOLO e GARRO, 2003). Carne fresca tem uma vida útil de 1 dia ou menos quando estocada à temperatura ambiente (20-30°C). Enquanto a vida útil pode ser estendida quando estocada sob refrigeração (<4°C). A carne ainda irá deteriorar-se, principalmente pela atividade de bactérias psicrotróficas aeróbias. Ayres (1960) demonstrou que a carne com carga inicial de 10⁴ UFC/cm² exibiu limosidade em 16 dias a 0°C, 5 dias a 5°C e apenas 2 dias quando estocado a 10°C.

O desenvolvimento microbiano no interior da embalagem, além da temperatura, a disponibilidade de oxigênio (O₂) e Aa também determinam a quantidade e o tipo de microrganismos que irão se desenvolver na carne (LABADIE, 1999).

2.1.1.1. Seleção da microbiota pelo vácuo

A adaptação e a resistência às condições da superfície da carne e ao seu redor (atmosfera gasosa, refrigeração, condições antimicrobianas, redução da Aa, etc) irão determinar quais grupos, entre os contaminantes iniciais eventualmente sobreviverão (HOLZAPFEL, 1998). A variação das condições de estocagem pode alterar não somente a velocidade de crescimento, mas também o tipo de microrganismo deteriorante que irá predominar, influenciando no tipo de deterioração (GILL, 1986).

No caso da carne embalada a vácuo, a microbiota é selecionada conforme as condições ambientais expostas (temperatura, umidade relativa, pressão parcial de oxigênio e dióxido de carbono), sendo que microrganismos anaeróbios facultativos e estritos adquirem alto potencial de crescimento nessas condições. A competição entre a microbiota inerente ao produto nestas condições, atua favorecendo ou inibindo certas espécies de microrganismos.

O uso de embalagem a vácuo reduz a contagem total de mesófilos, inibe o crescimento de psicrotróficos aeróbios e favorece os lactobacilos (PIERSON, COLLINS-THOMPSON e ORDAL, 1970; GILL, 1983; ROTH e CLARK, 1972). As bactérias lácticas representam uma pequena porção da microbiota inicial, mas passa a representar 50% da população após 6 a 12 dias de estocagem (ORDAL, 1962). Esses microrganismos que apresentam baixo potencial de deterioração tornam-se predominantes, podendo alcançar populações de 10^7 UFC/cm² (SEIDEMAN *et al.*, 1976a), por serem tolerantes ao dióxido de carbono (CO₂), tanto de em embalagem a vácuo como na embalagem com atmosfera modificada, e às baixas temperaturas (DAINTY e MacKEY, 1992).

As bactérias lácticas metabolizam glicose, como fazem em condições aeróbias, para produzir compostos antimicrobianos como ácido láctico e outros ácidos, como isobutanóico, isopentanóico e acético; ou mesmo bacteriocinas, as quais inibem ou eliminam determinados microrganismos do ambiente (NORTJÉ *et al.*, 1985). Esses ácidos dão à carne um sabor e odor levemente acidificado. O acúmulo destes ácidos ocorre principalmente na fase estacionária até o momento que a carne é rejeitada. Outro fenômeno de deterioração, como a proteólise ou a lipólise, é muito limitada ou não existente, porque as bactérias gram-positivas têm atividade limitada de proteólise (GARCÍA-LÓPEZ, PRIETO e OTERO, 1998). Baltzer (1969) notou que a carne embalada a vácuo apresenta desenvolvimento lento da contagem total, acidificação da carne no

lugar da putrefação, formação de limosidade e menor contagem final em relação à carne embalada aerobicamente.

Além das bactérias tradicionalmente envolvidas como bactérias lácticas heterofermentativas, microrganismos menos conhecidos podem predominar e deteriorar a carne sob determinadas condições. Os procedimentos sanitários e uso de baixas temperaturas podem eliminar a microbiota deterioradora tradicional e permitir a proliferação de bactérias deteriorantes não usuais, como *Carnobacterium* spp., *Leuconostoc carnosum*, *Leuconostoc gelidum* e *Lactobacillus sake* (JAY, 1992).

Por muitos motivos (elevada contaminação inicial, permeabilidade do filme, temperatura de estocagem, etc.), bactérias gram-negativas (Enterobacteriaceae e mesmo *Pseudomonas*) podem ocasionalmente formar grandes populações em carne bovina embalada a vácuo com pH normal (DAINTY, SHAW e ROBERTS, 1983; GILL e PENNEY, 1988). Em carne suína embalada a vácuo, um número substancial de enterobactérias pode estar presente em temperatura de estocagem a -1,5 a 3°C (GILL e HARRISON, 1989). Essas bactérias e *Shewanella putrefaciens* podem se desenvolver na gordura e no tecido muscular em suínos embalados a vácuo, independentemente do pH do músculo. O crescimento de Enterobacteriaceae em cordeiro embalado a vácuo também foi observado (GILL e PENNEY, 1985). Com pH acima de 6, crescimento de *Shewanella putrefaciens*, *Alcaligenes*, *Aeromonas* spp. ou algumas espécies de Enterobacteriaceae podem causar deterioração da carne (GARCÍA-LÓPEZ, PRIETO e OTERO, 1998).

A temperatura influencia no desenvolvimento dos microrganismos sob anaerobiose, mas a extensão em que a velocidade de crescimento microbiano é alterada com a redução da temperatura depende de cada microrganismo (LAMBERT, SMITH e DODDS, 1991). Em condições anaeróbicas, *Lactobacillus* sp. psicrotrófico predomina em temperaturas abaixo de 20°C (NEWTON e GILL, 1978), enquanto a 20°C, predomina a Enterobacteriaceae. No entanto, à temperatura de 30°C e acima, lactobacilo mesófilo e clostrídios irão se destacar, e *Clostridium perfringens* pode, se presente na população inicial, tornar-se o microrganismo dominante (GILL e NEWTON, 1980).

Conforme Franco e Landgraf (2002), as principais alterações em condições de anaerobiose são: 1) a acidificação, resultante principalmente do acúmulo de ácidos orgânicos (fórmico, acético, propiônico) durante a degradação enzimática bacteriana de moléculas complexas descrita anteriormente; 2) a proteólise sem putrefação causada por bactérias anaeróbicas ou facultativas, como espécies de *Clostridium* butíricos e coliformes

que também podem contribuir para a acidificação; e 3) a putrefação que significa a decomposição anaeróbia de proteínas com produção de compostos de aroma desagradável como H₂S, indol, escatol, putrescina, cadaverina, etc. Ordóñez *et al.* (1991) explicaram que compostos não voláteis como a putrescina e cadaverina aumentam constantemente durante a estocagem; a espermina, espermidina e triptamina continuaram em níveis similares, enquanto que um pequeno aumento de tiramina foi observado do meio ao final do período de estocagem a 2°C em atmosfera modificada por período superior a 20 dias.

Usualmente, a deterioração da carne resfriada acondicionada a vácuo, pode ser relacionada à elevação da temperatura durante o armazenamento, podendo ou não ser observado estufamento da embalagem. Espécies da família Enterobacteriaceae, como *Serratia liquefaciens*, *Enterobacter aerogenes* e *Hafnia alvei*, têm sido isoladas em números significativos de carne embalada a vácuo com estufamento, sendo constatado o abuso da temperatura de estocagem (HANNA *et al.*, 1979).

A ocorrência de estufamento em carne embalada a vácuo, sem a constatação do aumento da temperatura de condicionamento, pode estar associada à presença de *Clostridium* sp. psicrotróficos e psicrofílicos (DAINTY, EDWARDS e HIBBARD, 1989). Dentre as espécies constituintes deste grupo de microrganismo, destacam-se *Clostridium Laramie* (KALCHAYANAD, 1993), *Clostridium estertheticum* (COLLINS *et al.*, 1992) e *Clostridium alginidicarnis* (LAWSON *et al.*, 1994). Análise por cromatografia gasosa dos gases do estufamento associado ao *Clostridium* psicrotrófico, revelaram a presença de hidrogênio, gás CO₂, éster butil, ácido butírico e butanol, sendo que o odor desses gases sugere semelhança com queijo e derivados lácticos deteriorados (BRODA *et al.*, 1996).

A deterioração também pode ser causada pela bactéria *Brochothrix thermosphacta*, microrganismo aeróbio facultativo, não esporogênico, responsável por alterações na carne, como presença de limosidade, odor pútrido, descoloração de pigmento, com ou sem presença de estufamento (RATTANASOMBOOM *et al.*, 1999).

Intensa alteração de cor acompanha o processo de deterioração, modificando-se da cor vermelho-púrpura para vermelho-cereja e por fim esverdeada (SOFOS, 1994). Diferentes microrganismos são capazes de induzir o esverdeamento em carnes frescas e dois tipos de esverdeamento podem ocorrer em carnes vermelhas, sendo um causado pelo peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e o outro pelo sulfeto de hidrogênio (H₂S) (FRANCO e LANDGRAF, 2002; JENSEN e URBAIN, 1936).

O esverdeamento causado pela produção de H₂S é dado pela reação deste composto com o pigmento normal da carne, a mioglobina (Mb), formando a sulfomioglobina, de coloração verde. Este processo ocorre geralmente em carne vermelha fresca quando armazenadas em embalagens a vácuo ou impermeável a trocas gasosas (tensão de O₂ em torno de 1%) e mantidas em temperaturas entre 1 e 5°C (FRANCO e LANDGRAF, 2002). O microrganismo é capaz de provocar esta alteração, mesmo quando representar pequena porcentagem da microbiota total, quando estiver em condições mencionadas anteriormente e pH da carne superior a 6,0 (SOFOS, 1994). Entre os microrganismos causadores desse defeito, podem ser citados *Pseudomonas mephitica*, *Shewanella putrefaciens*, *Lactobacillus sake* (NICOL, SHAW e LEDWARD, 1970). *Alteromonas putrefaciens* é outro organismo capaz de produzir H₂S com pH acima de 6,0 com efeitos deletérios na cor da carne (GILL e NEWTON, 1979).

O esverdeamento pelo H₂O₂ causado por bactérias oxidantes, ocorre em alguns tipos de salsichas e em carnes curadas e embaladas a vácuo, esse efeito geralmente aparece após a exposição desses produtos ao ar. A colemioglobina pode ser resultado da oxidação da mioglobina por H₂O₂. A fonte de H₂O₂ pode ser microbiológica (JENSEN e URBAIN, 1936), ou resultado da reação do ácido ascórbico com oximioglobina (OxiMb) (FOX, 1966). O H₂O₂ pode também ser produzido por reações endógenas do músculo, porém a quantidade não é suficiente para causar a formação da colemioglobina (HAREL e KANNER, 1985).

2.1.1.2. Produção de CO₂

O CO₂ acumula-se no espaço-livre da embalagem a vácuo (INGRAM, 1962; SEIDEMAN *et al.*, 1979a), produzido pelo tecido e pelo metabolismo bacteriano, atingindo em torno de 10 a 20% (LAMBERT, SMITH e DODDS, 1991; TEWARI, JAYAS e HOLLEY, 1999). Para Enfors, Molin e Ternstrom. (1979), a concentração deste gás pode atingir de 15 a 30%.

Baltzer (1969) reportou que a mitocôndria na carne continua a consumir o O₂ residual da embalagem e converte em CO₂ através do processo de respiração durante a estocagem. Cheah e Cheah (1971) afirmaram que a mitocôndria mantém-se ativa por até 6 dias *postmortem* ou até enquanto o pH se mantiver acima de 5,5.

A respiração muscular e o metabolismo microbiano são responsáveis pelo consumo de O₂ e produção de CO₂. A respiração muscular ocorre principalmente nos primeiros dias após o abate e decresce com o tempo (ENFORS e MOLINS, 1984). O metabolismo microbiano é o contribuinte principal pela alteração da composição gasosa no final do período de vida útil, tempo em que a atividade microbiana é maior (PFEIFFER e MENNER, 1999).

Esse acúmulo de CO₂ parece ser responsável pela alteração na microbiota de carnes embaladas a vácuo (GARDNER, CARSON e PATTON, 1967). Uma atmosfera de 20 a 30% de CO₂ retarda o crescimento de *Pseudomonas* spp. em carne, e concentração superior teve um pequeno aumento no efeito inibitório (CLARK e LENTZ, 1972; ENFORNS, MOLIN e TERNSTROM, 1979; JAKOBSEN e BERTELSEN, 2002). O efeito bacteriostático deste gás é dado pela porção absorvida no tecido, porém, a concentração relatada usualmente nos estudos refere-se ao CO₂ presente no espaço-livre da embalagem e não na concentração deste gás dissolvido no alimento (JAKOBSEN e BERTELSEN, 2002).

O CO₂ produzido pode ser dissolvido no exsudato, no tecido muscular ou na camada de gordura até alcançar a saturação ou o equilíbrio, reduzindo o espaço-livre (JAYE, KITAKA e ORDAL, 1962; GILL, 1988; JAKOBSEN e BERTELSEN, 2002). A capacidade de absorção pela carne está relacionada com fatores biológicos como pH, conteúdo de água e gordura (GILL, 1988), mas também dependente de fatores como condições de embalagem e estocagem, das quais é possível citar a temperatura, pressão parcial de CO₂ e razão entre espaço-livre e volume da carne, superfície da carne, volume total da carne (JAKOBSEN e BERTELSEN, 2002).

O efeito inibitório do CO₂ aumenta com a diminuição da temperatura de estocagem, devido ao aumento da solubilidade do CO₂ na carne (ENFOR e MOLINS, 1981; JAY, 1992; ROTABAKK, LEKANG e SIVERTSVIK, 2007), como ocorre na solubilidade em água. De forma contrária, a solubilidade na camada de gordura aumenta com a temperatura, dentro da faixa de temperatura de refrigeração, -1,5 a 10°C (GILL, 1988). Para Jakobsen e Bertelsen (2004), em temperaturas acima de 2°C, a solubilidade aumenta com o conteúdo de gordura e abaixo de 2°C a solubilidade diminui com o aumento do teor de gordura.

A solubilidade é comparável em tecidos de diferentes espécies, mas a solubilidade do CO₂ no tecido muscular, pH 5,5, a 0°C, é aproximadamente 960 mL/kg do produto em

condições normais. A solubilidade aumenta 360 ml/kg para cada unidade de pH que aumenta e decresce 19 ml/Kg com elevação de cada 1 °C na temperatura de estocagem, conforme esperado pelo comportamento geral dos gases em solução aquosa (GILL, 1988).

O efeito inibitório do CO₂ sob determinados microrganismos tem sido bem discutido. Pois, este gás exerce efeitos diretos no metabolismo microbiano (COYNE, 1933). O CO₂ é solúvel na água e forma ácido carbônico em soluções aquosas. Pode-se dissolver e passar livremente através da membrana, além de ser um substrato ou produto de inúmeras reações enzimáticas. As possíveis formas de ação incluem alteração do pH intracelular com efeito conseqüente na atividade das enzimas intracelulares e no transporte de substratos (WOLFE, 1980), inibição das enzimas descarboxilase (KING e NAGEL, 1975), dissolução expansão das membranas celulares com conseqüente ruptura das funções da membrana (SEARS e EISENBERG, 1961; ENFORS e MOLINS, 1978), e inibição das enzimas não-decarboxilases pela ação nos sítios apolares (RANSON, WALKER e CLARKE, 1960; WHITE, 1974).

Independente da sua forma de atuação, os fatos importantes são: 1) nem todos os microrganismos são igualmente susceptíveis, por exemplo, enquanto os *Pseudomonas* mostraram-se sensíveis à ação do CO₂, os lactobacilos parecem inatingíveis (ENFORS e MOLINS, 1978). 2) o padrão de inibição é dependente do meio de crescimento, o crescimento de *P. fluorescens* em meios simples decresce linearmente com o aumento da concentração de CO₂; enquanto em meio rico, há uma grande inibição no seu desenvolvimento quando a concentração de CO₂ chega a 20% da pressão atmosférica, e em concentrações subseqüentes o crescimento deste microrganismo é pouco afetado. 3) O grau de inibição por qualquer concentração de CO₂ em solução é acentuado com a diminuição da temperatura. Por fim, expor os microrganismos susceptíveis ao CO₂ antes de iniciar o crescimento, prolonga a fase *lag* e o tempo de geração (DANIELS, KRISHNAMURTH e RIZVI, 1985; KING e NAGEL, 1967; CLARK e LENTZ, 1969; GILL e TAN, 1979).

A pressão parcial de CO₂ diminui, de forma linear, com a absorção de CO₂ (GILL e PENNEY, 1986; JEYAMKONDAN, JAYAS e HOLLEY, 2000), que decresce o pH da superfície da carne (LEDWARD, 1970) pela dissociação em carbonatos e íon hidrogênio (DIXON e KELL, 1989). Este gás pode ligar com as proteínas da carne, diminuindo sua

habilidade de ligar água e de regenerar a cor rapidamente (SEIDEMAN *et al.*, 1979b; JEREMIAH, 2001).

2.1.2. Cor na qualidade da carne

Dentre os requisitos sensoriais, a cor é o primeiro critério para avaliação da qualidade e aceitação da carne, fator determinante nas decisões de compra pelo consumidor (RENERRE, 1990). Mais do que qualquer outro fator de qualidade, os consumidores utilizam a coloração da carne como indicador de frescor. Conforme Lynch, Kastner e Kropf (1986), 74% dos consumidores concordaram que a cor influencia suas decisões de compra. Essa percepção inicial determina a vida de prateleira e sua extensão poderia aumentar as vendas no varejo (GATELLIER *et al.*, 2001; CARPENTER, CONFORTH e WHITTIER, 2001). Todavia, para Jeremiah, Carpenter e Smith (1972), a cor não é um indicador da palatabilidade.

A preferência para o consumo de carne bovina *in natura* é a cor vermelho brilhante ou vermelho-cereja (WALSH e KERRY, 2002), e qualquer variação pode resultar em diminuição de vendas, reclamações ou retorno de produtos (CORNFORTH, 1994; KERRY, BUCKLEY e MORRISSEY, 2000). Mas um outro estudo mostrou que os consumidores podem preferir bife mais pálido ao vermelho-cereja, que é a cor proposta como ideal (JEREMIAH, CARPENTER e SMITH, 1972). Para Renerre e Mazuel (1985), quando os pigmentos da superfície da carne apresentarem em torno de 20% de descoloração, as vendas chegam a decrescer 50%. Os Consumidores decidem por não adquirir a carne, quando esta apresentar concentração de 30-40% de MetMb do total de pigmentos sobre a superfície (GREENE, HSIN e ZIPSER, 1971).

Em outro estudo, a nota visual para aparência e a probabilidade para comprar estava correlacionada; as notas diminuíram na ordem de vermelho>púrpura>marrom. Essa observação confirma que há uma ligação próxima entre a preferência de cor e a decisão de compra, e que os consumidores preferem comprar uma carne vermelha do que uma carne com a cor púrpura ou marrom (CARPENTER, CORNFORTH e WHITTIER, 2001).

A carne *in natura* apresenta basicamente três cores; vermelho brilhante, vermelho púrpura e marrom, dadas pelos pigmentos responsáveis pela cor. A percepção da cor vermelha pode ainda variar conforme o tipo de embalagem. Em carnes embaladas com

filmes de contato (Policloreto de Vinila - PVC), a cor percebida é mais vermelha em relação às embalagens que apresentam espaço de ar (CARPENTER, CONFORTH e WHITTIER, 2001).

A mioglobina é a principal proteína responsável pela cor da carne, no entanto, outras heme-proteínas como a hemoglobina e o citocromo C podem contribuir para a cor (MANCINI e HUNT, 2005).

Os pigmentos da carne consistem de duas proteínas: a hemoglobina, o pigmento do sangue; e a mioglobina, o pigmento dos músculos. Em músculos cuja sangria foi bem efetuada, a quantidade da mioglobina corresponde a 80-90% do total de pigmentos da carne. Outros pigmentos também estão presentes, mas sua contribuição para a cor é mínima (HEDRICK *et al.*, 1994).

2.1.2.1. Pigmentos da carne

A mioglobina é uma proteína solúvel em água contendo 8 alfa-hélices (A-H) ligadas por seções curtas não helicoidais. Dos numerosos resíduos da mioglobina, a histidina tem recebido maior atenção pelo seu papel na estrutura e função da mioglobina. (MANCINI e HUNT, 2005)

O anel heme tem um átomo de ferro localizado centralmente, que pode formar seis ligações. Quatro dessas ligações são com nitrogênio pirrólícas enquanto que a quinta se coordena com a Histidina-93 mais próxima. A sexta ligação fica disponível para ligações reversíveis (MANCINI e HUNT, 2005).

O estado químico (oxidação e redução) do ferro e o composto ligado ao sexto elétron definem a cor da carne. A cor vermelha púrpura, cor muscular predominante na ausência de O₂, apresenta íon ferroso (Fe⁺²) e tem a água como sexto ligante, denominado de deoximioglobina (DMb) ou mioglobina reduzida, composto naturalmente presente na carne.

Quando a carne é exposta ao ar, há introdução de O₂ e a Mb se torna oxigenada, isto é, sexto elétron liga-se ao O₂ molecular com o íon ferroso, formando um composto reversível de cor vermelha brilhante, a oximioglobina (OxiMb). Esta oxigenação é conhecida como *bloom*. Adicionalmente, a histidina interage com o O₂ ligado, alterando sua estrutura e estabilidade (MANCINI e HUNT, 2005).

A metamioglobina (MetMb) de cor marrom, tem o ferro no estado oxidado, íon férrico (Fe^{+3}), conhecida como composto de degradação da DMb ou de descoloração da carne. Tal cor é a que os consumidores associam com a deterioração da qualidade (HOOD e RIORDAN, 1973).

2.1.2.2. Descoloração e estabilidade da cor

A descoloração geralmente é referida como a extensão de carne que está coberta pela MetMb, isto é, que se alterou através da oxidação do pigmento da carne, resultando em uma carne de cor marrom não atrativa (MANCINI e HUNT, 2005). A descoloração do músculo não irá se desenvolver enquanto a taxa de formação de MetMb for menor do que a velocidade da Atividade Redutora de MetMb (ARM), cuja atividade diminui e exaure com o tempo (GILL, 1996). A taxa de descoloração está relacionada com a concentração de O_2 , mas a extensão da descoloração depende também da quantidade total de O_2 que precisa ser removido do espaço-livre (GILL, 1996).

A estabilidade da cor varia conforme os fatores intrínsecos (ARM, Taxa de Consumo de O_2 (TCO), pH, tipo de músculo, animal, raça, sexo, dieta, etc) e extrínsecos (manejo pré-abate e durante o abate, estimulação elétrica, desossa a quente, pressão parcial e concentração de O_2 , temperatura de estocagem, exposição à luz, crescimento microbiano e presença de íons metálicos) (MANCINI e HUNT, 2005; RENERRE, 1990; CHAN, FAUSTMAN e DECKER, 1997). Os fatores extrínsecos variam basicamente com a escolha da embalagem, as condições de estocagem e distribuição no varejo.

A carne estocada sob embalagem a vácuo terá uma cor estável por tempo indefinido quando utilizado o material impermeável aos gases, mas sujeito a descoloração lenta e persistente caso o filme empregado apresentar permeabilidade mensurável (GILL, 1990). Os filmes em sua maioria são permeáveis, assim, estes devem apresentar baixa transmissão de O_2 , em torno de $1 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot \text{atm}$ a 25°C e 100% de U. R., porque parte substancial da ARM da carne será consumida para reduzir a MetMb formada com O_2 residual captado da atmosfera na selagem da embalagem, na qual o restante da ARM será utilizada para conter os efeitos de qualquer ingresso de O_2 posterior que permeia pelo material de embalagem. A descoloração transiente é observada quando há formação de MetMb, antes de ser reduzida enzimaticamente (JAKOBSEN e BERTELSEN, 2002).

Hood (1976) reportou que a cor da carne fresca é dependente da contaminação microbiana, temperatura, tempo *postmortem*, propriedades intrínsecas do músculo, exposição à luz e à radiação ultravioleta. O autor observou que *M. Semitendinosus* e *M. Longissimus dorsi* apresenta melhor estabilidade de cor do que *M. Psoas major* e *M. Gluteus medius*, pois a Mb tende a oxidar-se para MetMb mais facilmente. Ele também reportou que um pequeno aumento da temperatura acima do ponto de congelamento, acelera a descoloração e também favorece ao desenvolvimento microbiano, e concluiu que a estocagem a 0°C é essencial para prolongar a preservação da cor.

Comercialmente, o uso de embalagem a vácuo com material de boa barreira ao O₂ e controle da temperatura são fatores principais para extensão da vida útil e da estabilidade da cor de carne fresca durante a distribuição (CORNFORTH, 1994). Pois, a embalagem a vácuo consiste na remoção quase que completa do ar do espaço-livre e produz um micro-sistema anaeróbio/microaeróbio dentro da embalagem que inibe o crescimento de determinados microrganismos aeróbios de alto potencial de deterioração (como *Pseudomonas sp.*) e retardando as demais bactérias (SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI, 2001), reduz a oxidação lipídica e conserva a DMb, a forma estável, mesmo durante a estocagem prolongada. Segundo Seman *et al.* (1988), a embalagem a vácuo apresenta maior estabilidade de cor do que as carnes embaladas em atmosfera de CO₂ nas mesmas condições de estocagem.

George e Stratman (1952) demonstraram que a taxa máxima de oxidação da Mb em solução pura, ocorreu a uma baixa tensão de O₂, 1-1,4 mmHg, a 30°C e pH de 5,69. No entanto, a taxa máxima de formação da MetMb na carne tem sido reportada por uma pressão parcial de 6-7 mmHg, dependendo da temperatura e pH. Maior exigência de O₂ para oxidação máxima da Mb na carne é devido ao consumo por outras reações competidoras, incluindo citocromo oxidase mitocondrial. A formação de MetMb no *M. Semitendinosus* foi maximizada a uma pressão parcial de O₂ de 6 ± 3 mmHg a 0°C, e 7,5 ± 3 mmHg a 7°C em a uma umidade relativa constante (LEDWARD, 1970).

Sabe-se que a formação de MetMb é mais rápida em baixa concentração de O₂ do que em alta (O'KEEFFE e HOOD, 1982). Para Hedrick *et al.* (1994), em níveis baixos de O₂, este gás penetra na camada superficial, resultando em formação de MetMb que gradualmente é transformada em Mb pela ARM do músculo ou pelos microrganismos que consomem o O₂ remanescente. Para Jeremiah, Penney e Gill (1992) e Ledward (1985), o O₂ residual deve ser menor do que 0,1% para prevenir a formação de MetMb na

superfície da carne. Já Faustman e Cassens (1990) afirmaram que para evitar a formação de MetMb, a concentração de O₂ deve ser menor do que 0,05%, e MetMb domina em concentração de 0,5 a 1%, variando com a temperatura. Para carnes com baixa ARM, cerca de 0,01% já é suficiente para que ocorra uma rápida descoloração na superfície de músculos, independente da temperatura de estocagem. Para carnes com maior estabilidade de cor, há menor tendência em descolorir sob concentrações superiores de O₂, entre 0,06 a 0,15% (GILL e McGINNIS, 1995).

Na prática, a concentração inicial de O₂ de 0,01% é a menor que se consegue pelos equipamentos comercialmente disponíveis para embalagem a vácuo (GILL, 1996). Recentemente, Mancini e Hunt (2005) definiram um teor residual de O₂ de 0,05% para carne bovina que deverá ser mantida ao longo da estocagem.

A temperatura é o fator extrínseco que mais afeta a descoloração da carne. O grau de descoloração após 4 dias a 10°C é de 2 a 5 vezes maior do que a 0°C, dependendo do tipo de músculo (HOOD, 1980). Também mantém a ARM ativa da carne fresca por várias semanas a 1°C ou abaixo (VARNAN e SUTHERLAND, 1995).

A carne apresenta uma elevada estabilidade em temperatura abaixo de 0°C (GILL e McGINNIS, 1995). Isso parece acontecer porque a taxa de formação de MetMb decresce bruscamente nas temperaturas próximas de 0°C (GILL, 1996). A temperatura ótima de estocagem de corte de carne pré-embalado é $-1,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$, a temperatura mínima em que o produto pode ser refrigerado sem que haja congelamento (VENTURINI, 2003). Quando as amostras foram estocadas a 1 e 5°C, as aparências de ambas as amostras foram progressivamente degradadas, quando estocadas sob concentração de O₂ similares. No entanto, a velocidade da degradação de cor foi reduzida quando as amostras foram estocadas a 0°C. A aparência de todas as amostras estocadas a $-1,5^\circ\text{C}$ sob concentração de O₂ < 0,04% não degradou durante 48 horas. Alguma das amostras estocadas $-1,5^\circ\text{C}$ sob 0,06% de O₂ também permaneceu sem degradar. Essas observações indicam que a taxa de oxidação de Mb declina rapidamente com o acréscimo da temperatura próxima à 0°C (GILL e McGINNIS, 1995).

Todavia, essas opções de estocagem apresentam poucas desvantagens relatadas na literatura que é o problema de aceitação da coloração púrpura dada pela DMb pelos consumidores no comércio a varejo (LYNCH, KASTNER e KROPF, 1986), exigindo a exposição prévia ao ar para obter OxiMb.

A solução é transferir o produto para uma embalagem com alta permeabilidade ao O_2 , o que permite o *bloom*, formação da OxiMb, cor vermelho vivo, no momento da exposição ao varejo (SARANTÓPOULOS, 1991). Por isso, a embalagem a vácuo é usada principalmente para cortes grandes, nas primeiras fases da cadeia de distribuição (CAYUELA *et al.*, 2004), ou realizando um programa de informação eficiente frente aos consumidores (LYNCH, KASTNER e KROPF, 1986).

A cor preferida pelos consumidores é OxiMb, formada sob elevada tensão de O_2 , a qual é a forma dominante em ambientes com concentração próxima de 4% de O_2 (JAKOBSEN e BERTELSEN, 2002). Entretanto, essa reação é limitada a uma fina camada superficial que corresponde à profundidade da penetração do O_2 (VENTURINI, 2003). Para Mancini e Hunt (2005), a penetração de O_2 e a espessura da camada de OxiMb são determinadas pela taxa de difusão e de TCO pelo tecido muscular; isto é, são dependentes da temperatura da carne, pressão parcial de O_2 , pH e competição do O_2 por outros processos respiratórios. O aumento da temperatura tende a decrescer a camada de OxiMb (CORNFORTH, 1994). MacDougall e Taylor (1975) demonstraram que ao manter bifes a uma atmosfera com 100% de O_2 por um dia a 2°C, a camada de OxiMb aumentou de 3 a 5mm. Daun *et al.* (1971) conseguiram estender a cor de forma estável por 10 dias, quando a carne foi exposta a 90% de O_2 a 4°C.

2.1.3. Exsudação

A perda de líquido, ou a sua extração da carne para o espaço livre ao redor da mesma, pode aparentar como líquido aquoso vermelho. O que afeta visualmente a aparência e a aceitabilidade da carne por tornar pouco atraente. Afeta também economicamente, reduzindo o peso do produto possível de ser vendido, pois representa certa porção do produto que não pode ser consumida (DOHERTY *et al.*, 1995). Além de favorecer a perda de suculência e o crescimento microbiano (JAMES e JAMES, 2002; HODGES, CAHIL e OCKERMAN, 1974; PASSOS, 1991; SARANTÓPOULOS, 1991).

O líquido origina-se dos espaços entre as fibras e rede perimicial, e entre as fibras e a rede endomicial (OFFER e COUSINS, 1992). Esses espaços aparecem durante o desenvolvimento do *rigor mortis*, e tanto a temperatura do *rigor* quanto a integridade da membrana afetam a forma que a água é ligada (HONIKEL *et al.*, 1986; HONIKEL, 1988).

A exsudação é um processo de perda de líquido da carne e pode variar conforme as características intrínsecas, estresse pré-abate, tratamento *postmortem*, pH, velocidade de resfriamento das carcaças, tempo e temperatura de estocagem (MALTON e JAMES, 1983; PAYNE *et al.*, 1997). Para Offer e Knight (1988) e Johnson (1974), a perda por exsudação pode ser aumentada ainda pelo corte da carne em porções menores, flutuações na temperatura e pressão sobre o produto (grau de vácuo e rigidez da embalagem).

Quando o músculo passa pelo *rigor mortis*, importantes alterações ocorrem e afetam o balanço da água. Como um resultado da redução de ATP, filamentos da actina e miosina comprimidas tendem a eliminar água do filamento para espaço sarcoplasmático existente entre as fibras e também do espaço extracelular entre as fibras. Essa água constitui o líquido produzido pela carne durante a estocagem (ROME, 1968; HAMM, 1975).

Diferença na perda de líquido de diferentes músculos, relacionada com características físicas e bioquímicas foi reportada por O'Keefe e Hood (1981). O decréscimo na porcentagem de exsudação por peso da amostra foi predito e os resultados conferem com o que foi reportado por Khan e Lentz (1977).

Foi demonstrado que alto pH final, lenta glicólise *postmortem* e um rápido resfriamento antes do estabelecimento do *rigor mortis* aumentaram a capacidade de retenção de água. Um rápido decréscimo da temperatura durante a glicólise *postmortem*, induz o encurtamento e perda da capacidade de retenção de água (HAMM, 1975). A capacidade de retenção de água aumenta se a temperatura de estocagem for próxima de 0°C, desde que reduza a desnaturação protéica.

Similarmente, a produção de exsudato decresce se a área cortada for mínima e se cortada ao longo da direção das fibras (LAWRIE, 1974). Howard (1956), Taylor (1972), Penny (1974) afirmaram que a porcentagem de exsudação na carne varia de acordo com a relação área por volume da carne. Para Hodges, Cahill e Ockerman (1974), quanto maior a área do músculo exposta, mais fácil será a perda de fluido exsudativo. Maior perda por dia ocorreu nos primeiros 7 dias de estocagem. Para Zarate e Zaritzky (1985) a maior perda ocorre nas primeiras duas semanas após o preparo. Também foi verificado que a relação entre porcentagem de exsudação e a razão área por volume das amostras foi linear.

James e James (2002), após avaliação de vários estudos, concluíram que na estocagem refrigerada, a exsudação aumenta com o tempo; e quanto menor a temperatura de estocagem, menor será a perda (JAMES, JAMES, 2002). Passos (1991) também observou um aumento progressivo da perda de peso em amostras de contrafilé embaladas a vácuo e armazenadas por 60 dias em uma faixa de temperatura de 0-2°C.

Conforme Minks e Stringer (1972), a carne embalada a vácuo apresentou apenas 0,64% de perda, enquanto que a peça não embalada reduziu 5,76% do peso durante um período de maturação de 15 dias.

Previamente, Payne *et al.* (1997) encontraram menor perda por exsudação em carnes embaladas simplesmente em sacos de polietileno, em relação à carne embalada sob sistemas de vácuo convencionais por um período de estocagem de 4 semanas. Assim, eles testaram diferentes aspectos do sistema de embalagem como materiais de embalagem e a taxa de remoção do ar no sistema de embalagem a vácuo e processo de termoencolhimento. Em todos os tratamentos, a exsudação aumentou com o tempo de estocagem. Em sistema cujo ar foi substituído por fluxo de CO₂ sem uso do vácuo, apresentou menor exsudação em relação aos sistemas tradicionais de vácuo e atmosfera modificada com esse gás. Carne em embalagem termoencolhida teve menor exsudação em relação à embalagem tradicional, 2,7 e 3,3%, respectivamente, mas ambas apresentaram valores superiores comparadas as carnes seladas sem vácuo (2,1%). Em tratamentos com termoencolhimento, a formação de exsudato foi menor do que em vácuo tradicional e atmosfera modificada tradicional. Pois, o filme utilizado para embalagens termoencolhíveis é mais macio e flexível do que o filme utilizado no vácuo comum o que deve ter reduzido qualquer compressão sobre a carne e essa menor perda também pode ser atribuída pelo menor espaço para formação de exsudato devido a melhor aderência do filme sobre o produto. Embalagem com atmosfera modificada tradicional com CO₂ teve maior perda por exsudação do que em vácuo tradicional (PAYNE *et al.*, 1998).

Bentley, Reagan e Miller (1989) também verificaram que a maior perda por exsudação foi observada em embalagens a vácuo e relacionada com a quantidade de pressão negativa aplicada sobre a carne durante o processo de embalagem. Uso de suportes, para evitar compressão da carne quando esta foi submetida ao vácuo, reduziu a formação de líquido, confirmando que a compressão física durante o processo de

evacuação do ar causou parte do aumento da formação de exsudato. (PAYNE *et al.*, 1998). A exsudação também aumentou com o tempo e temperatura de estocagem.

Mas também há resultados diferentes como a de Stiebing e Karnitzchky (1997), eles sugeriram que houve menor perda por exsudação no vácuo sem encolhimento. Seideman *et al.* (1976b) afirmaram que o nível de vácuo não afetou a exsudação.

A diferença entre a quantidade de exsudato da embalagem a vácuo e da atmosfera modificada comparada à embalada ao ar, mostra que a simples aplicação do vácuo eleva a exsudação, mesmo com uma pequena duração de aplicação do vácuo (OFFER e KNIGHT, 1988).

A taxa de vácuo, pressão por tempo, aplicada durante a embalagem a vácuo não apresentou efeito significativo na perda por exsudação. O vácuo completo tendeu a causar maior exsudato, e isso pode ser explicado, em parte, pela compressão da carne. Assim, a redução na pressão durante o processo de vácuo parece ser a causa do aumento da exsudação, mas a forma em que a pressão é reduzida ou a extensão da sua redução (5s e mantida por 35s, 30s e mantida por 10s) não foi importante (PAYNE *et al.*, 1998).

Zarate e Zaritzky (1985) afirmaram que limitando a vida útil para 7 logUFC/cm², a porcentagem de perda no músculo *M. Semitendinosus* estocado a 0°C em Polietileno (PE) e em embalagem a vácuo não foi estatisticamente significativa ($p < 0,05$) ao final da vida útil. Embalagem a vácuo não produziu um excesso de exsudação, mas induziu a uma vida útil mais longa. As temperaturas de estocagem de 0 e 4°C não apresentaram efeito significativo de perda em ambas as embalagens (PE e Copolímero de Acetato de Etil Vinila (EVA)/ Copolímero de Cloreto de Vinila e Cloreto de Vinilideno (PVdC)/EVA sem termoencolhimento). O termoencolhimento reduziu a porcentagem de exsudação em *M. Semitendinosus* estocado a 0°C em até 68%, o que também foi notável nas carnes estocadas a 4°C.

A embalagem a vácuo prolonga a vida útil sem com isso aumentar a perda de líquido. O uso de filmes termoencolhíveis decresce significativamente a liberação de fluidos, e esse efeito foi mais pronunciado a 4°C do que em 0°C. A relação linear foi observada entre a porcentagem de exsudação e a razão área por volume (A/V) das amostras. Análises da distribuição da água em músculo *postmortem* sugerem que o fluido eliminado durante a estocagem é localizado nos espaços extracelular e extrafibrilar.

Forças capilares devem ser consideradas nas análises de fatores que restringem a mobilidade da água no tecido (ZARATE e ZARITZKY, 1985).

Johnson (1974) verificou que a perda de 1 a 2% foi aceitável, enquanto que 4% foi considerado excessivo. Valores de 2 a 4% podem apresentar implicações econômicas substanciais se não controlado; Bensink *et al.* (1974) reportaram uma variação de 0,3 a 6%, dependendo da quantidade de gordura presente nos cortes, mas Gill (1996) citou que uma perda na ordem de 5% deve ser esperada.

Finalizando a questão, a quantidade de exsudato pode ser minimizada pelo rápido e completo resfriamento, bem como a redução do manuseio e número de cortes (HOOD, 1976).

2.1.4. Maturação e textura

A maciez e suculência contribuem para a textura da carne e forma a base para o *marketing* de diferentes cortes. A textura é um dos critérios para a qualidade e é um importante determinante na preferência (DRANSFIELD, 1994b). Isso porque a decisão de compra feita no mercado é influenciada pela aparência, principalmente pela cor, enquanto que a satisfação dependerá somente dos atributos de qualidade da carne como maciez, suculência e sabor (CARPENTER, CORNFORTH e WHITTIER, 2001).

Características da maciez da carne podem ser atribuídas em dois componentes do músculo: a fração miofibrilar, tecido contrátil e a fração do tecido conectivo que determina a dureza. A maciez miofibrilar é influenciada favoravelmente pelas alterações ultra-estruturais causadas tanto por métodos físicos, como amaciamento mecânico (HAYWARD *et al.*, 1980; LYON *et al.*, 1983), ou por métodos bioquímicos, como as atividades das enzimas endógenas, como a calpaína, durante a maturação (KOOHMARAIE *et al.*, 1987; KOOHMARAIE, 1988).

Muitos fatores podem afetar a maciez, tornando-se essencial entender o mecanismo fundamental que controla a maciez, racionalização da produção animal e o processamento da carne (ASHGAR e PEARSON, 1980).

A maturação tradicional conta com as proteases endógenas (KOOHMARAIE, 1994), no entanto, o tempo e a efetividade variam entre animais. A estimulação elétrica foi o primeiro método a ser utilizado para prevenir o endurecimento causado pelo

encurtamento pelo frio (HWANG, DEVINE e HOPKINS, 2003). Foi verificado que *tender stretch* ou suspensão pélvica da carcaça altera a conformação muscular (SORHEIM e HILDRUM, 2002).

Tratar a carne com enzimas exógenas pode causar amaciamento em excesso e danos físicos, quando injetada a solução enzimática (MORRISSEY e FOX, 1981). Métodos de amaciamento mecânico como o *blade tenderization* causam rompimento mecânico afetando tanto a textura como a aparência (HAYWARD *et al.*, 1980). Tratamento com alta pressão (100-800Mpa) causa alterações na cor devido à desnaturação protéica (CHEFTEL e CULIOLI, 1997).

A maciez é afetada também pelo pH final da carne. Estudos mostraram que em carnes *Dry Firm and Dark* (DFD) a maciez foi maior. A relação entre pH e maciez de carne é usualmente quadrática e a menor maciez foi encontrada em pH 5,7-6,0. A maciez altera com a perda de água durante o cozimento, mas em carne crua a força de cisalhamento não é comprometida pelo pH. A relação entre pH e maciez difere ligeiramente entre espécies e músculos (DRANSFIELD, 1981).

A uma temperatura constante acima do congelamento, a dureza da carne decresce exponencialmente com o tempo de estocagem *post-rigor*. Assim, o maior ganho de maciez pela maturação ocorre no início da estocagem e tende a decrescer com o tempo. Esse processo de amaciamento é lento na carne bovina, a qual requer em torno de 3 semanas de estocagem à temperatura de refrigeração, para atingir a maciez ideal (DRANSFIELD, 1994b).

O processo de maturação convencional pode ser descrito como a manutenção da carcaça do animal abatido em temperaturas entre -1 a 4°C por período de tempo variando de 3 dias até 3 ou 4 semanas, dependendo do sistema de distribuição do abatedouro para os pontos de venda (MINKS e STRINGER, 1972; ASGHAR e YEATES, 1978). Dransfield (1994a) observou que a duração da estocagem na Inglaterra, normalmente especificado pelos próprios açougueiros, é fortemente relacionada com a distribuição e a reposição de estoques e pode ser encurtada por pressões comerciais.

O processo de amaciamento durante a estocagem da carne é devido à ação enzimática. Há um envolvimento de dois sistemas proteolíticos, proteases neutras ativadas por cálcio (calpaínas I e II) e proteases ácidas dos lisossomos (catepsinas B, D e L). As calpaínas degradam proteínas miofibrilares e do citoesqueleto; as catepsinas hidrolisam miofibrilas e isolam proteínas (ASHGAR e BHATTI, 1987). O nível de

catepsinas se mantêm constante durante o período de estocagem, enquanto que o nível de calpaínas decresce. O nível de calpanina I mostra uma fase *lag* até o pH atingir 6,2 e depois diminui exponencialmente similarmente ao que ocorre com o amaciamento (DRANSFIELD, ETHERINGTON e TAYLOR, 1992). A degradação proteolítica da fração miofibrilar é responsável pelo aumento na maciez durante a maturação (KOOHMARAIE, 1994 e 1996).

A temperatura influencia grandemente na velocidade do amaciamento. De 0 a 40 °C, a velocidade aumenta 2,5 vezes a cada 10 °C de acréscimo na temperatura. Acima de 60 °C a taxa diminui rapidamente dada a desnaturação protéica. Em temperatura de refrigeração comercial, o maior amaciamento ocorre entre 1 a 4 dias após o abate, com 80% do amaciamento ocorrendo em 10 dias a 1 °C. Grau similar de amaciamento ocorre em 4 dias a 10 °C e apenas 1,5 dias a 20 °C (DRANSFIELD, 1994b).

Além do efeito da temperatura, o sistema de embalagem mostrou ser um método eficiente de maturação (SEIDEMAN e DURLAND, 1983). Hood (1970) listou as seguintes vantagens da maturação de corte embalado a vácuo em relação à maturação na carcaça: menor perda pela evaporação e por aparas da superfície exposta e uso mais eficiente do espaço refrigerado (MINKS e STRINGER, 1972; HODGES, CAHIL e OCKERMAN, 1974, SARANTÓPOULOS, 1991).

O tempo e a temperatura de maturação dos cortes embalados a vácuo, influenciaram, principalmente, os resultados de maciez medida pela força de cisalhamento Warner-Bratzler (WB), as propriedades sensoriais da carne após preparo, as características microbiológicas, a perda de peso dos cortes e a cor da carne (MINKS e STRINGER, 1972; HODGES, CAHIL e OCKERMAN, 1974, GUTOWSKY *et al.*, 1979; LANARI *et al.*, 1987; LEE *et al.*, 1990, SCHOEBITZ, VEGA e TAMAYO, 1990).

Minks e Stringer (1972) observaram efeito positivo da temperatura na velocidade de maturação em embalagem a vácuo. A força de cisalhamento WB foi significativamente ($p < 0,01$) diferente entre as amostras controle e as amostras maturadas por 15 dias a 0 °C e a 4 °C, sendo esta última com menor valor. Também a média das notas da avaliação sensorial de maciez foi afetada ($p < 0,01$), aumentando de 3,86 na amostra controle para 4,64 e 5,00 nas amostras maturadas por 15 dias a 0 e 4 °C, respectivamente.

O processo de embalagem a vácuo representou um grande avanço na conservação deste produto por tempo prolongado, sem a necessidade do congelamento (SCHOEBITZ, VEGA e TAMAYO, 1990). Porém, o período de maturação não deve ser

determinado somente pela melhoria na maciez, mas também pelo crescimento microbiano (LANARI *et al.*, 1987).

Ao estabelecer um limite de contagem microbiana de 10^5 UFC/cm² para a carne maturada, Zamora e Zaritzky (1985) recomendaram um período máximo de maturação a vácuo de 14 dias a 0°C e 6 dias a 4°C, quando o pH for menor que 6,0 e a contagem microbiana inicial for aproximadamente 10^4 UFC/cm².

Seideman e Durland (1983) também indicaram outros quatro elementos de qualidade da carne maturada a vácuo, que são: cor da carne, quantidade de líquido exsudado dentro da embalagem, odor na abertura da embalagem e sabor da carne após preparo. Johnson (1974) elaborou um guia para a obtenção de carne bovina embalada a vácuo de alta qualidade, indicando parâmetros do processo de preparação, maturação e manuseio que influenciam estes elementos de qualidade.

A suculência também é outro fator de grande contribuição para a qualidade funcional (*eating quality*) da carne e na textura (HUTCHINGS e LILLFORD, 1988). Têm sido observadas diferenças altamente significativas entre músculos e entre replicatas ao comparar suculência com porcentagem de líquido (GULLETT, ROWE e HINES, 1984). Hamm (1960) declarou que a relação entre a capacidade de retenção de água da carne e sua suculência requer uma determinação da capacidade de retenção de água na carne crua, a quantidade de água liberada no cozimento, e capacidade de retenção de água da carne cozida comparadas com escala de suculência. A suculência pode sofrer variações com o tipo de músculo, idade, teor de gordura intramuscular. Fatores extrínsecos como a temperatura no processo de maturação pode interferir neste atributo. McCready e Mitchell (1969) relataram que carne maturada a 3°C apresentou maior suculência em relação a carnes maturadas a 18°C. Wheeler *et al.* (1990) notaram pequeno decréscimo na suculência com o aumento do tempo de maturação.

2.2. Embalagem a vácuo

O sistema de embalagem a vácuo é largamente utilizado para distribuição de cortes cárneos. Caracteriza-se pela utilização de filmes flexíveis de boa barreira, tanto ao vapor de água como aos gases, com remoção quase que completa do ar do espaço livre através de uma bomba e fechamento hermético.

Para boa eficiência do sistema, devem ser verificados parâmetros como nível de vácuo aplicado no interior da embalagem que definirá o teor de O₂ residual em contato com o produto, hermeticidade de fechamento para manter o vácuo durante a distribuição e estocagem do produto (SARANTÓPOULOS, 1991; SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI, 2001).

2.2.1. Nível de vácuo

Geralmente o nível de vácuo utilizado nas indústrias de alimentos é baixo (TABELA 2). No baixo vácuo, a pressão ainda é uma fração significativa da pressão atmosférica.

TABELA 2 - Classificação dos níveis de vácuo.

Nível de vácuo	Faixa de Pressão (mbar)
Baixo	1 - P _{atmosférica}
Médio	10 ⁻³ - 1
Alto	10 ⁻⁸ - 10 ⁻³
Ultra-alto	10 ^{-11*} - 10 ⁻⁸

Fonte: CHAMBERS, FITCH e HALLIDAY, 1989.

*ou menor do que 10⁻¹¹mbar.

Seideman et al. (1976b e c) afirmam que o tipo de filme utilizado e grau de vácuo aplicado são dois critérios essenciais para eficiência do sistema a vácuo. Nesse artigo, eles testaram 3 valores diferentes, 18, 48 e 133mbar; e constataram que o nível de vácuo, influenciou na aparência, menor descoloração da superfície e melhor nota na aceitação do corte primário. Mas não afetou a contagem de psicrotróficos, de mesófilos e de bactérias lácticas. Porém, Marriott *et al.* (1976) verificaram que o nível final de vácuo não influenciou significativamente na cor do músculo, frescor da gordura subcutânea, dano microbiano visual, contagem bacteriana, ou a quantidade de encolhimento. Berry, Buchanan e Jennings (1976) também observaram que quanto maior o vácuo produzido, menor descoloração, mas os autores observaram pequenas correlações entre o grau de vácuo e contagem microbiana.

O nível do vácuo aplicado definirá ainda, o teor de O₂ residual em contato com o produto e conseqüentes alterações sensorial e microbiano. Mas essa composição da atmosfera se modifica durante a estocagem, ocorrendo uma redução no teor de O₂ e aumento de CO₂ (HILST, 1992). Zamora e Zaritzky (1985) notaram um rápido aumento na concentração de CO₂, cuja composição inicial era de 0,18%, passou para 6% após 6 h do processo de embalagem; e durante a estocagem de 5 dias a 4 °C, a concentração atingiu 18%. O teor de O₂ residual presente na embalagem pode ser acompanhado ao longo da estocagem com uso de um sensor à base de platina com detector de fibra ótica fluorescente (SMIDDY *et al.*, 2002), por cromatografia gasosa ou por analisadores específicos de gases.

2.2.2. Materiais de embalagem

2.2.2.1. Tipos de Material Plástico

Além das características de permeabilidade, a embalagem deve apresentar alta resistência à perfuração, excelentes características de soldabilidade a fim de evitar vazamento e conseqüente perda de vácuo, boa maquinabilidade, boas características de impressão e/ou transparência e custo compatível com a aplicação, podendo ser do tipo encolhível ou não (SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI, 2001).

Os requisitos apresentados dificilmente são satisfeitos por um único material, por isso, são utilizadas embalagens plásticas de múltiplas camadas. Os materiais podem ser laminados ou coextrusados ou a combinação de ambos. Cada elemento possui sua função, como por exemplo, a combinação da Poliamida (PA) com Polietileno de Baixa Densidade (PEBD), a saber: PA atua como barreira ao O₂ e, simultaneamente, confere ao material resistência mecânica e boa característica de termoformação; o PEBD é a barreira ao vapor de água e a camada termosselante (SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI, 2001; PASSOS, 1991).

No comércio estão disponíveis várias combinações. Os filmes poderão ser encolhíveis ou não, termoformáveis ou não e, preferencialmente, termosseláveis. Sua composição, espessura e propriedades serão em função da aplicação e vida útil desejada (SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI, 2001).

A maioria destas combinações possui o Copolímero de Etileno e Álcool Vinílico (EVOH) ou PVdC que apresentam boas características de barreira aos gases e à

umidade (JEREMIAH, 2001). Daun e Gilbert (1979) comprovaram a eficiência do uso de PVdC em embalagens para carnes aumentando significativamente a vida útil deste alimento. E os filmes com uma camada de EVOH apresentaram Taxa de Permeabilidade ao O₂ (TPO₂) na faixa de 0,5 a 10 cm³ O₂/m².atm.dia a 25°C e com PA entre 20 a 105 cm³ O₂/m².atm.dia, conforme Oliveira *et al.* (2003).

Os filmes não encolhíveis combinam 3 a 5 camadas de PA e PEBD e outras poliolefinas, como os polímeros que contém íons (ionômeros), e Polietileno de Baixa Densidade Linear (PEBDL) obtido com catalisadores metalocênicos. O PE ou outras poliolefinas especiais confere à estrutura características termosselantes e barreira ao vapor de água.

Os ionômeros ou alguns tipos de PEBDL metalocênicos, utilizados como camada interna da estrutura, promovem selagem sobre eventuais contaminantes presentes na área de fechamento, reduzindo o problema de perda de vácuo. Ainda, permitem selagem com melhor resistência a quente, assim, as embalagens podem ser enchidas e seladas a alta velocidade. Estes materiais melhoram a adesão da embalagem ao produto e selagem ente as superfícies do filme que estão em contato entre si, minimizando a exsudação de líquidos e reduzindo os riscos de perda de vácuo por perfuração; e oferecem maior resistência à perfuração. Alguns exemplos dessas combinações são PA/PEBD, PEBD/PA/PEBD, PA/ionômero, PA/EVA, PA/EVA/PA/ionômero, PE/PA/EVA, PA/PE/EVA, PA/EVOH/PA/PEBD, PA/ionômero/EVA, PA/EVOH/EVA, EVA/EVOH/PE, EVA/PA/EVOH/EVA (SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI, 2001).

Os filmes encolhíveis, por sua vez, normalmente combinam 4 a 7 camadas de resinas barreira a gases (PVdC ou EVOH) com resinas poliolefínicas (EVA ou ionômero). Essas embalagens caracterizam-se pela menor espessura e maior transparência que as não encolhíveis devido à ausência da camada de PA, conferindo também maior flexibilidade e, conseqüentemente, melhor conformação ao redor do produto (SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI, 2001).

A propriedade de encolhimento é dada ao filme pela tecnologia de fabricação. O encolhimento permite um maior contato da embalagem com o produto, o que minimiza também problemas de exsudação (ZARATE e ZARITZKY, 1985; REVIERE, 1986); e favorece a redução da TPO₂, pois o produto se torna uma barreira física á difusão do O₂ no interior da embalagem, e também pelo aumento da espessura e pela redução da área de contato do material plástico com o ar (SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI,

2001; REVIERE, 1986). Segundo Zarate e Zaritzky (1985b), o termoencolhimento pode reduzir 65% da área em relação à área inicial da embalagem.

O termoencolhimento é feito após a selagem, normalmente em imersão em água aquecida. O tempo e temperatura variam conforme a especificação da embalagem ou em túnel de ar quente (232°C/9s), fazendo com que o material de embalagem tome a forma de seu conteúdo, conferindo-lhe melhor apresentação visual. As tecnologias de fabricação mais modernas permitem o encolhimento em temperaturas mais baixas, o que minimiza os riscos de leve cozimento da superfície da carne.

Os filmes encolhíveis são compostos normalmente por EVA/PVdC/ionômero, Polipropileno (PP)/PVdC/EVA, EVA/PVdC/EVA ou EVA/EVOH/EVA (SARANTÓPOULOS, 1991). A TPO₂ destas duas últimas estruturas está em torno de 15 a 25 cm³ O₂/m².dia (OLIVEIRA *et al.*, 2003). O EVA é muito utilizado em filmes encolhíveis por apresentar menor temperatura de selagem, maior transparência e excelentes propriedades de estiramento.

2.2.2.2. Taxa de Permeabilidade ao Oxigênio

O material de embalagem a vácuo deverá possuir baixa permeabilidade ao vapor de água a fim de reduzir a perda de peso por evaporação e exsudação durante a estocagem (SACHAROW e GRIFFIN, 1970); evitar contato com odores estranhos e principalmente, boa barreira ao O₂ (TABELA 3) para a conservação do vácuo no interior da embalagem.

A TPO₂ é afetada pela temperatura, seguindo a relação de Arrhenius. Eustace (1981) verificou que a TPO₂ foi menor a temperaturas mais baixas, como exemplo, filme EVA/PVdC/EVA apresentou a 3,5°C a TPO₂ de 3,0 mL/m².24h.atm e a 25°C foi de 37,5 mL/m².24h.atm, menos de 10% do valor a 25°C. Além da temperatura, a umidade relativa pode influenciar a TPO₂ de filmes a base de PA ou compostos hidrofílicos, o aumento da UR de 75 a 98% aumentou significativamente a TPO₂ a uma temperatura de 25°C (EUSTACE, 1981).

O processo de termoencolhimento reduz a TPO₂ aproximadamente na mesma proporção em que reduz em área e aumenta na espessura. Embalagens termoencolhíveis são imersas em água a 83-85°C por 1s, durante esse tempo os sacos reduzem em 65% da sua área original (ZARATE e ZARITIZKY, 1985), como já descrito. Porém, Eustace (1981)

estimou que na prática a área de uma embalagem termoencolhida é usualmente de 70 a 80% da área original.

TABELA 3 - Classificação relativa dos filmes de acordo com a barreira ao oxigênio.

Taxa de Permeabilidade ao O ₂ (cm ³ /m ² atm 90% U.R. 23°C)	Barreira
>300	Baixa
300 – 50	Média
50-10	Alta
<10	Ultra Alta

Fonte: RIZVI, 1984.

Perdue, Kuehne e Brown. (1975) estabeleceram que o material de embalagem com TPO₂ de 30 cm³/m².24h a 23°C foi necessária para uma adequada estabilidade na cor.

Griffin *et al.* (1982), Vanderzant *et al.* (1982) avaliaram carnes embaladas a vácuo com materiais de diferentes TPO₂ (6.500, 30 e 10 cm³/m².24h a 28°C e 0% UR). Os resultados confirmam o que foi descrito por Seideman *et al.* (1976b e c), que o tipo de filme é um dos critérios mais importantes neste tipo de sistema. Pois, constataram que as amostras embaladas a vácuo com materiais de melhor barreira, pôde-se obter produtos com melhores características visuais, como menor descoloração da superfície, melhor aparência da gordura e melhor aparência geral da carne, por garantir a manutenção do ambiente interno microaerófilo. Daun e Gilbert (1979) também confirmam a eficiência do uso de filme com baixa TPO₂ para estender a vida útil da carne fresca e manter o nível de vácuo produzido.

Savell *et al.* (1986) verificaram que ao utilizar embalagens com TPO₂ de 1 ou 12 cm³/m².24h a 4°C, a carne não descoloriu durante 21 dias de estocagem, enquanto que ao utilizar embalagens com 30 ou 400 cm³/m².24h a descoloração foi visível no primeiro dia de estocagem. Hanna *et al.* (1983) notaram que bifos estocados a 2°C com TPO₂ de 10 cm³/m².24h estavam aceitáveis mesmo após 28 dias de estocagem. Egan e Shay

(1982) não detectaram alterações de aroma ou sabor em carne embalada com TPO₂ de 25 cm³/m².24h até 27 dias de estocagem a 4 °C.

Newton e Rigg (1979) demonstraram que a vida útil da carne embalada a vácuo foi inversamente proporcional ao TPO₂. Filmes com maior permeabilidade apresentaram contagens superiores de *Pseudomonas*, maior desenvolvimento da descoloração e odor putrefativo.

Carnes embaladas em filmes impermeáveis não apresentaram alterações no odor e cor por 32 dias a 5 °C, no entanto, desenvolveram descoloração e odor pútrido em 4 dias em embalagens altamente permeáveis ao O₂ (ROTH e CLARK, 1972).

2.2.3. Sistemas de embalagem a vácuo

2.2.3.1. Sistema de Câmara

A carne é acondicionada em uma bolsa pré-formada e o conjunto é colocado em uma câmara que é então fechada, e se produz um vácuo, fazendo com que o filme se colapse em torno da carne. Posteriormente, faz-se a termossoldagem da abertura da bolsa e finalmente se abre a câmara.

Este equipamento, seladora a vácuo, pode ser manual ou automático, composto de uma ou duas câmaras. Os equipamentos semi-automáticos são fabricados em aço inox com tampa de acrílico para facilitar a visualização do produto. Apresentam rendimento de 2 a 3 ciclos/minuto e bomba de vácuo com capacidade de 12 a 63 m³/h. Para grandes produções há no mercado o equipamento com uma esteira transportadora com capacidade de 3 a 4 ciclos/minuto e bomba de vácuo de 600 a 760 m³/h. A capacidade da bomba de vácuo, o tamanho do equipamento e o tempo de ciclo variam conforme os requisitos de cada produto como tamanho e nível de vácuo desejado.

Os filmes utilizados são laminados e coextrusados de vários polímeros. Entre eles estão os de náilon (PA) e de poliéster na parte externa, que proporcionam boa resistência mecânica e boa barreira ao O₂. Na parte interna, usam-se PEBD, ionômero ou EVA, que oferecem boa barreira ao vapor de água e boa termossoldabilidade.

A espessura dos componentes pode variar, sendo que os filmes de PA e de poliéster mais espessos são melhores barreiras aos gases. Todavia, não são tão eficientes quanto àqueles que possuem EVA em sua composição (TAYLOR, 1985).

As embalagens utilizadas neste sistema não são termoencolhíveis e o exsudado proveniente da carne tende a se acumular nos cantos da embalagem, durante a estocagem. Porém, não existem diferenças significativas entre os sistemas Cryovac e o de Câmara em termos de perda por gotejamento (PASSOS, 1991).

2.2.3.2. Sistema Cryovac ®

Este sistema utiliza um coextrusado de EVA/PVdC/EVA ou outras estruturas termoencolhíveis. A empresa Sealed Air® possui um equipamento automático para o acondicionamento de corte primário de carnes frescas com capacidade de operar até 60 ciclos/minuto com tamanho da embalagem bem variada. Neste equipamento o corte é ajeitado e empurrado por um êmbolo até as embalagens abertas. Após o acondicionamento, as embalagens são submetidas ao vácuo mecânico em seladoras semi-automáticas ou automáticas, e seladas por calor ou grampeadas mecanicamente. Posteriormente, para o encolhimento do material plástico, o conjunto já fechado pode ser imerso em água, em tanques ou túneis, à temperatura superior a 80°C e tempo maior que 0,5 segundos, como exemplo 90°C por 7s (HODGES, CAHILL e OCKERMAN, 1974) e 83-85°C por 1s (ZARATE e ZARITZKY, 1985b), ou passar em túneis com correntes de ar quente (PASSOS, 1991).

Tem sido empregadas também a combinação de PA ou ionômero, que também podem ser seladas por calor ou grampo de metal. Em alguns casos, a permeabilidade ao O₂ nessas embalagens é maior do que em embalagens Cryovac®, mesmo assim é suficientemente baixa para se manter uma carne embalada a vácuo (EFFENBERGER e SCHOTTI, 1972).

2.3. Vida útil de carne a vácuo

A vida útil é o tempo requerido para um alimento se tornar inaceitável para consumo em termos sensoriais, nutricionais, microbiológica ou de segurança (LABUZA, 1996). Pode ser estendida, quando se conhece o mecanismo que leva à deterioração do alimento e pode ser manipulado utilizando tecnologia que não afete suas características sensoriais e nutricionais (TEWARI, JAYAS e HOLLEY, 1999). A vida útil depende de 4 fatores: o substrato cárneo; tipo e número de microrganismos presentes; como é embalada e como é estocado, referindo-se principalmente à temperatura (LEITÃO, 2003).

Esse tempo é determinado pela produção de compostos de odor ou descoloração associados ao crescimento microbiano (DAINTY, 1989). A deterioração pode ser definida quando certa bactéria alcança o nível máximo aceitável ou quando o produto desenvolve e manifesta um odor, aparência, sabor ou textura inaceitável aos sentidos humanos (BORCH, KANT-MUERMANS e BLIXT, 1996; GILL, 1986). A taxa de deterioração da carne é alta devido ao meio rico em proteínas, que encoraja o crescimento microbiano (TEWARI, JAYAS e HOLLEY, 1999).

A vida útil da carne embalada com filmes de alta permeabilidade ao O₂ é de aproximadamente uma semana. Mas estudos de distribuição e estocagem de carne até o varejo indicaram que uma vida útil de 3 semanas é requerida para o movimento conveniente da carne através dos sistemas de distribuição (GILL, 1996). Assim, a embalagem a vácuo surgiu como alternativa que possibilitou a comercialização, devido a extensão da vida útil da carne *in natura*.

Carpenter, Smith e Vanderzant (1975) concluiu que a embalagem a vácuo foi o método praticável para estocagem de carne em tempo superiores a 9 dias, e a carne pode com sucesso ser estocada até 7 semanas, se a contaminação inicial for baixa, se minimizado o abuso de temperatura e se mantido o vácuo apropriado. Gill e Newton (1978) conseguiram atingir em torno de 3 a 4 semanas, quando estocados à temperatura de 0°C. Taylor (1983) reportou uma vida útil de 21 dias a 2°C. Egan e Shay (1982) sugeriram uma vida útil de 4 a 5 semanas a 5°C. Eles acreditam que este resultado possa ser extrapolado para 10 a 12 semanas a 0°C. Já Passos (1991) verificou que até o 36º dia de estocagem, a carne não apresentava sinal de deterioração, sendo ainda apropriado para o consumo. Período de estocagem da carne pode alcançar de 9 a 15 semanas quando o produto é mantido a $-1,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ em atmosfera saturada de CO₂ (TEWARI, JAYAS e HOLLEY, 1999).

A vida útil e a qualidade da carne são fortemente influenciadas pela qualidade inicial, parâmetros de embalagem e condições de estocagem (ZHAO, WELLS e McMILLIN, 1994). A temperatura é o fator extrínseco de maior importância que influencia no crescimento microbiano, na estabilidade de cor, na oxidação lipídica e na absorção de CO₂; e, conseqüentemente a deterioração da carne fresca (O'KEEFFE e HOOD, 1981; JEYAMKONDAN, JAYAS e HOLLEY, 2000). A máxima vida útil é atingida quando a carne é mantida a $-1,5^\circ\text{C}$, a qual é a menor temperatura que pode ser mantida sem congelar o tecido da carne embalada (GILL, 1992). Pequenas alterações na temperatura resultam

em grande redução da vida de prateleira (JAKOBSEN e BERTELSEN, 2002). À temperatura de 0, 2, 5 e 10°C, a vida útil da carne é de aproximadamente 70, 50, 30 e 15%, respectivamente, da vida útil a -1,5°C (GILL, 1996). Conforme Gill, Phyllips e Harrison (1989), a cada 1°C no aumento da temperatura de estocagem haverá uma redução de 10% da vida útil da carne embalada a vácuo.

A extensão da vida útil da carne embalada a vácuo é dada pela combinação sinérgica dos efeitos do CO₂, baixa tensão de O₂ e a produção de agentes antimicrobianos pelos lactobacilos (LAMBERT, SMITH e DODDS, 1991). Para eficiência do sistema, devem ainda ser verificados parâmetros como nível de vácuo aplicado; hermeticidade de fechamento para manter o vácuo durante a distribuição e estocagem do produto como já citados em tópicos anteriores (SARANTÓPOULOS, 1991; SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA e CANAVESI, 2001).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Matéria-prima e estocagem

O corte da carne utilizada no estudo constitui uma parte do miolo de alcatra bovino (*M. Gluteus medius*), comercialmente conhecida como bombom da alcatra ou *Eye Rump Side - Handbook of Australian Meat* (H. A. M.) 2094 (AUS-MEAT, 2003). Amostras cedidas pelo frigorífico, adquiridos de animais machos, eram todos do mesmo lote, apresentavam aproximadamente 1,0kg e foram embaladas a vácuo 72 h *postmortem*.

Os cortes embalados foram enviados ao laboratório na Faculdade de Engenharia de Alimentos – Unicamp no mesmo dia da embalagem, em caixas de papelão contidas em isopor com gelo comum, de modo a manter a baixa temperatura (temperatura interna média foi de 5°C durante o transporte, de Lins-SP para Campinas-SP).

As carnes embaladas foram distribuídas em 5 estufas incubadoras da marca Fanem, modelo 347CD, nas temperaturas de 0, 2, 4, 7 e 10 ± 1°C, contendo termômetro em cada estufa para verificar a variação na temperatura durante a estocagem.

Foram distribuídas 36, 33, 30, 21 e 21 amostras, aleatoriamente, nas estufas de 0, 2, 4, 7 e 10°C, respectivamente. O experimento foi finalizado após análises físico-químicas de todas as amostras. As análises microbiológicas foram interrompidas com o surgimento de odor putrefativo e alteração na aparência.

3.2. Taxa de permeabilidade ao oxigênio

A TPO₂ do filme utilizado foi medida com sensor coulométrico, seguindo a norma ASTM F 1307-02 (2002), utilizando-se o OX-TRAN 2/20, marca MOCON. A análise foi realizada à temperatura de 25°C e 75% de UR, em duplicata, cujo resultado foi expresso em cm³/m².24h.0,21atm.

3.3. Análises microbiológicas

3.3.1. Deteriorantes

A qualidade microbiológica do produto foi analisada semanalmente até finalizar as amostras estocadas em estufa, com exceção das temperaturas de 0, 2 e 4°C, que foi avaliada a cada 15 dias do início do experimento. A contagem de microrganismos viáveis foi realizada em placas contendo meios de cultura, que foram inoculadas após uma série de diluições da amostra. Os microrganismos avaliados estão descritos abaixo, conforme metodologia descrita no compendio da *American Public Health Association* (APHA, 2001).

- Bactérias lácticas: incubação por 72h a 30°C em ágar *Man Rogosa e Sharpe* (MRS) sob condição de microaerofilia (*overlay*), seguida de contagem das colônias;
- Contagem padrão de mesófilos: incubação por 48h a 35°C em ágar padrão para contagem (PCA), seguida de contagem das colônias;
- Psicotróficos aeróbios: incubação por 10 dias a 7°C em PCA, seguida de contagem das colônias;
- Psicotróficos anaeróbios: incubação por 10 dias a 7°C em PCA sob condição de anaerobiose em jarras (utilizando geradores de anaerobiose e indicadores dos mesmos), seguida de contagem das colônias.

3.3.2. Coliformes fecais, estafilococos, *Salmonella*

Para quantificação dos microrganismos patogênicos da carne foi seguido a norma Resolução da Diretoria Colegiada - RDC 12 (BRASIL, 2001), cuja metodologia utilizada foi da APHA (2001) com algumas modificações. As análises foram realizadas no intervalo de 15 dias:

- Microrganismos indicadores da contaminação fecal (coliformes fecais): contagem pelo método do número mais provável (NMP) em caldo *Lauril Sulfato Triptose* (LST) com tubos de Duhran incubado a 35°C por 48h, teste presuntivo. Caso positivo, seguiu-se o teste confirmativo para coliformes fecais (produção de gás), em caldo *E. Coli* (EC), incubado a 44,5°C por 48h.

- Estafilococos coagulase positiva: contagem em placas contendo ágar *Baird-Parker* (BP) incubadas por 48 h a 35°C para isolamento das colônias; identificação das colônias pelos testes de coagulase, catalase e coloração de Gram.
- *Salmonella*: pré-enriquecimento em água peptonada tamponada (segundo metodologia descrita pelo Canadá (2002), por 24h a 35°C, transferência para o caldo *Tetrionato* (TT) incubados a 35°C por 24h e caldo *Rapaport-Vasillards* (RV) incubados a 42°C por 24h,. Realizando posteriormente o esgotamento em placas em meio seletivo (*ágar Xilose Lisina Desoxicolato* (XLD), *ágar Entérico Hektoen* (HE), *ágar Bismuto Sulfito* (BS)), incubados por 24h a 35°C. As colônias típicas foram repassadas para um teste pré-confirmativo com *ágar Lisina Ferro* (LIA) e *ágar Tríplice Açúcar Ferro* (TSI), incubados também por 24h a 35°C. As culturas com resultados positivos em LIA e/ou TSI foram confirmadas por outros testes bioquímicos e sorologia.

3.4. Análises físico-químicas

Todas as análises físico-químicas da carne foram realizadas semanalmente, com exceção da análise de força de cisalhamento que foi quinzenal, e em duas peças de cada condição de temperatura.

3.4.1. Medida de pH

Os valores de potencial hidrogeniônico (pH) foram medidos durante o período de avaliação nas duas peças, cada peça em duplicata. Utilizou-se um potenciômetro da marca Digimed, modelo DM 20, devidamente calibrado antes do uso, com eletrodo combinado.

As amostras (50g) foram homogeneizadas com água destilada (10mL), conforme metodologia descrita pelo Laboratório Nacional de Referência Animal-LANARA (BRASIL, 1981).

3.4.2. Exsudação

A quantidade de exsudato foi calculada em porcentagem, a saber: a massa inicial (M_{inicial}) foi obtida, pesando-se a carne embalada, a massa final (M_{final}) foi a embalagem e

a carne sem o exsudato, que foi secada com papel toalha sem pressionar (ZARATE e ZATITZKY, 1985).

$$\%Exsudato = \left(\frac{M_{inicial} - M_{final}}{M_{inicial}} \right) \cdot 100 \quad (\text{eq. 1})$$

3.4.3. Composição gasosa da embalagem

A composição gasosa em porcentagem de O₂ e CO₂ das embalagens contendo a carne foi quantificada pelo medidor de espaço vazio (*head space analyser*) para O₂ e CO₂ da marca Mocon, modelo Pac Check 650, seguindo as recomendações do manual do equipamento. O vácuo foi quebrado injetando 100mL de nitrogênio na embalagem. A medida foi realizada logo após a submissão das amostras à análise de nível de vácuo, evitando assim que o CO₂ fosse reabsorvido pelo tecido da carne (FARIA, 2006).

3.4.4. Nível de vácuo

Foi avaliado de forma indireta, colocando o corte embalado a vácuo numa câmara com tampa de acrílico acoplado a uma bomba de vácuo. A leitura foi realizada com vacuômetro, no momento em que a embalagem desprendia-se da superfície da carne (FARIA, 2006).

3.4.5. Cor instrumental

Para a determinação de cor, utilizou-se um colorímetro da marca HunterLab, modelo Colorquest II, com calibração em Reflectância Especular Excluída (RESEX), usando como sistema de cor CIELAB (L*, a* e b*), iluminante D65 e um ângulo do observador de 10° (HUNTER LAB, 1996).

Foram realizadas leituras:

- da superfície das 2 peças embaladas;
- da superfície das 2 peças sem embalagem logo após abertura;
- da superfície de 3 bifés de 2,5cm de espessura de cada peça, totalizando 6 bifés, logo após o corte;

- da superfície de 3 bifés de cada peça, totalizando 6 bifés após exposição ao ar de 30 minutos, sob refrigeração.

Cada leitura foi realizada a partir da média de 5 pontos (RESEX/D65/10). Foi adotada como padrão a leitura da amostra no dia seguinte à chegada no laboratório em cada condição de leitura (com e sem embalagem, superfície do corte e dos bifés, antes e após exposição ao ar), para obtenção dos valores médios de L^* (luminosidade), a^* (intensidade de cor vermelha) e b^* (intensidade da cor amarela). A partir dos valores médios dos parâmetros L^* , a^* e b^* , calculou-se o ângulo de tonalidade - Hue (h^*), a saturação de cor - Chroma (C^*), a diferença total de cor (ΔE^*) de cada amostra em relação ao padrão definido acima, dadas pelas equações 2, 3 e 4.

$$h^* = \arctan\left(\frac{a^*}{b^*}\right) \quad (\text{eq. 2})$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{eq. 3})$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{eq. 4})$$

3.4.6. Força de cisalhamento (Warner-Bratzler)

Para a análise da maciez instrumental foram retirados 2 bifés de 2,5cm de espessura de cada peça, totalizando 4 bifés para cada condição de estocagem, colocados em chapas pré-aquecidas a 170°C por 10 minutos. Os bifés foram virados quando a temperatura no centro dos mesmos atingiu 45°C e retirados quando esta temperatura chegou a 71°C (AMSA, 1995).

Após o equilíbrio da temperatura dos bifés com a temperatura ambiente, foram retirados de cada um deles em torno de 6 cilindros de 1,25cm de diâmetro com auxílio de um vazador acoplado a uma furadeira comum. Tomou-se o devido cuidado para que o sentido das fibras fosse longitudinal ao eixo do cilindro.

Os cilindros obtidos foram submetidos à análise de maciez, através de uma célula de Warner-Bratzler, utilizando-se o fundo de escala 10, equipamento Warner-Bratzler Shear Force modelo BFG50N.

3.4.7. Perda no cozimento

Foi avaliada a perda no cozimento dos bifes utilizados para análise de maciez instrumental. Esta análise consistiu na pesagem dos bifes antes ($m_{inicial}$) e depois (m_{final}) do cozimento, cujo resultado foi apresentado em porcentagem (%) conforme a equação 5 (JAYASOORIYA *et al.*, 2007):

$$\%Perda\ no\ cozimento = \left(\frac{m_{inicial} - m_{final}}{m_{inicial}} \right) \cdot 100 \quad (eq. 5)$$

3.5. Análise sensorial

Foi realizado um teste afetivo para avaliação dos atributos de aparência, aroma, sabor, maciez, suculência e impressão global, utilizando-se escala hedônica estruturada de 9 pontos, variando de “desgostei muitíssimo” a “gostei muitíssimo” com ponto mediano “nem gostei nem desgostei” (MORAES, 1993). A intenção de compra também foi avaliada, cuja escala variava de “certamente não compraria” para “certamente compraria” (ficha de análise sensorial no ANEXO)

Foram realizados testes no intervalo de 15 dias com o intuito de avaliar a aceitação do *M. Gluteus medius* assado. Essas análises foram interrompidas quando detectadas algum sabor indesejável ou diferente. A carne cozida foi analisada por 35 provadores e foram servidas quentes, em blocos completos balanceados, em copos codificados de três dígitos.

3.6. Análise estatística dos dados

As análises estatísticas foram realizadas em microcomputador, utilizando-se o programa SAS versão 8.0. A diferença estatística entre as médias foi determinada pelo Teste de Tukey.

Os dados referentes às análises físico-químicas (pH, cor, exsudação, textura), de parâmetros de embalagens (nível de vácuo e composição gasosa) e da análise sensorial (aparência, aroma, sabor, suculência, maciez e impressão global) foram tratados estatisticamente para verificação da existência ou não de diferença significativa em função das temperaturas de estocagem (0, 2, 4, 7 e 10 °C) a que o produto foi submetido e durante o tempo de estocagem ao nível de significância de $p < 0,05$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar o efeito da temperatura de estocagem sobre a qualidade e vida útil da carne, as amostras foram submetidas a 5 temperaturas diferentes, 0, 2, 4, 7 e 10°C.

As análises microbiológicas, físico-químicas e sensoriais foram realizadas para acompanhar o perfil de qualidade do produto sob estas condições, verificando assim, se diferenças de temperatura, seriam relevantes para manutenção da qualidade da carne sob vácuo. Temperatura superior a 10°C foi considerada abusiva por Aran (2000) em seu estudo.

4.1. Taxa de permeabilidade ao oxigênio (TPO₂)

A TPO₂ das amostras de embalagem a vácuo termoencolhível foi de 12 cm³/m².24h.0,21atm a 25°C. O filme constituído por EVA/PVdC/EVA, como informado pelo fabricante, o que conferiu às embalagens esta alta barreira e classificou-se dentro do intervalo ideal sugerido por Rizvi (1984).

4.2. Avaliação microbiológica

4.2.1. Matéria-prima

A amostra inicial apresentou 3,60 logUFC/g na contagem padrão de mesófilos e não foi isolada nenhuma cepa de estafilococos coagulase positiva e salmonela, e a contagem de coliformes fecais foi de 4 NMP/g na análise realizada logo no dia seguinte ao recebimento das amostras.

A contagem de microrganismos mesófilos demonstra que a matéria-prima utilizada neste experimento apresentou condições higiênicas satisfatórias, segundo Delazari (citado por Roça e Serrano, 1995). A contagem em placas de bactérias aeróbias mesófilas é comumente empregada por indicar a qualidade sanitária dos alimentos. É importante também devido ao fato de todas as bactérias patogênicas de origem alimentar serem mesófilas (FRANCO e LANDGRAF, 2002).

A ausência de estafilococos coagulase positiva e salmonela, contagem de 4 NMP/g de coliformes fecais, estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente, a RDC 12 (BRASIL, 2001).

A avaliação da qualidade das carnes e dos alimentos em geral pode ser baseada em parâmetros de natureza higiênica ou sanitária. No primeiro grupo, estão incluídos aqueles que permitem uma avaliação global da qualidade da matéria-prima utilizada, do asseio de limpeza ao longo do processo e da provável vida útil do produto final. Por outro lado, os parâmetros de avaliação sanitária já têm uma conotação nítida com o aspecto de saúde pública, contemplando, principalmente a presença de contaminantes microbianos potencialmente patogênicos (ICMSF, 1980).

Newton, Harrison e Wauters (1978) afirmam que a contagem inicial de cerca de 10^3 a 10^4 UFC/g de bactérias demonstra que o abate foi realizado em boas condições higiênicas. Todavia, Nortjé *et al.* (1989) concluíram que uma boa refrigeração irá preservar a qualidade da carne, mas não servirá de garantia desta qualidade se a contaminação microbiológica inicial for elevada.

4.2.2. Microrganismos deteriorantes

A carne estocada a 0°C apresentou sinais nítidos de deterioração somente após 63 dias de estocagem, como alteração perceptível no odor e na aparência. Apesar da elevada contagem de microrganismos psicrotróficos, tanto aeróbios como anaeróbios, a partir de 28 dias de estocagem. A contagem padrão de mesófilos e bactérias lácticas estiveram abaixo de 6 logUFC/g durante os 63 dias de estocagem (FIGURA 1). Os resultados das contagens da Figura 1 estão apresentados na Tabela 11 do Apêndice.

A contagem de bactérias psicrotróficas é importante por avaliar o grau de deterioração de alimentos refrigerados (FRANCO e LANDGRAF, 2002). Porém, neste experimento as contagens estavam elevadas a partir de 28 dias de estocagem, sem alteração aparente nas características da carne, com exceção do odor levemente acidificado. Assim, a vida útil foi definida na semana anterior ao surgimento de alterações na aparência e no odor, quando estes apresentavam manchas escuras na superfície, limosidade e o odor pútrido.

De forma a exemplificar esta mesma situação, Egan (1984) descreveu que a contagem total de microrganismo não foi um bom indicador de deterioração em carne

embalada a vácuo mesmo com pH final normal. Como citado pelo autor, a deterioração significativa, não foi detectada por avaliação sensorial até várias semanas após a contagem total de bactérias lácticas exceder 10^7 UFC/cm². Qvist (1976) enfatizou que avaliações sensoriais e determinações de bactérias específicas devem ser utilizadas de preferência em relação à contagem total, para avaliação da qualidade do produto.

A deterioração de alimentos pode ser causada pela multiplicação de microrganismos que acarretam às alterações sensoriais. Neste caso, números elevados são esperados e variam com o tipo de alimento e microrganismos presentes. A maioria dos alimentos apresenta, quando essas alterações são detectáveis, números superiores a 10^6 UFC/g quando a biomassa é suficiente para a deterioração ser perceptível sensorialmente (GILL, 1996). Entretanto, podem ser necessários 10^7 ou até mesmo 10^8 UFC/g (FRANCO e LANDGRAF, 2002), conforme o potencial de deterioração. Para Patterson e Gibbs (1977), produtos responsáveis pelo odor desenvolvem-se em seis semanas de estocagem, quando a contagem total de mesófilos alcançou 10^7 UFC/cm² e presença de lactobacilos.

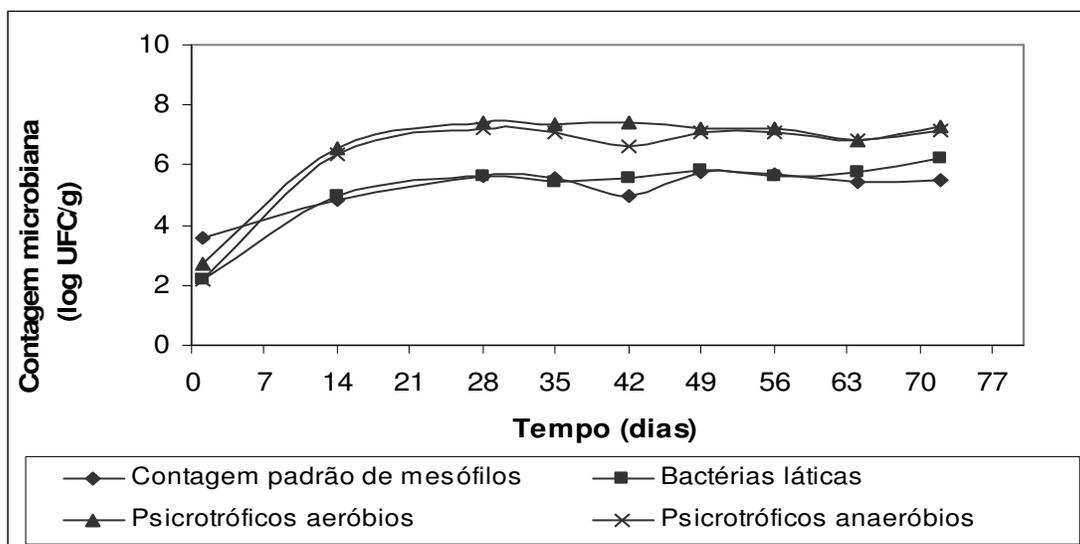


FIGURA 1 – Comportamento microbiano do *M. Gluteus medius* estocado a 0°C.

Esse tempo de 63 dias foi condizente com o estudo de Egan e Shay (1982) que afirmaram que a vida útil de carne embalada a vácuo e estocada 0°C pode ser de 10 a 12 semanas, produzida sob boas condições de higiene, controle de temperatura e baixa TPO₂.

Neste estudo, a carne apresentou um exsudato de cor clara e viscosa, após o primeiro mês de estocagem. A cor rosada do exsudato pode ter se formado por reações da Mb com metabólitos produzidos pelas bactérias deteriorantes ou pelo baixo potencial de oxido-redução. A descoloração rosa foi atribuída à deterioração causada por *Clostridium* sp no experimento de Kalchayanand *et al.* (1989). Gill (1990) sugeriu que o CO₂, produzido pelos microrganismos, solubiliza a proteína e fazendo com que o exsudato torne-se mais viscoso, causando um aumento na perda de líquido pela exsudação, mas afirmou também que esse aspecto exige maiores investigações.

Com o tempo de estocagem, a partir de 15 dias, foi observado o desenvolvimento de odor ácido e aromas lácticos que foi atribuído pelos ácidos graxos voláteis produzidos em parte pelas bactérias lácticas heterofermentativas (GRAU, 1978, HANNA *et al.*, 1979). Conforme Lynch *et al.* (1986), o sabor ácido desenvolveu-se após 8 a 10 dias de estocagem a 1°C em embalagem a vácuo.

Conforme alguns autores, a deterioração da carne foi primeiramente atribuída às alterações no sabor e posteriormente no odor (EGAN e SHAY, 1982; SMITH, 1981). Mas Lee *et al.* (1985) observaram que a 0, 3, e 7°C, a primeira alteração significativa foi no odor, o que não parece estar associado com alteração na aparência ou exsudato. Nesse estudo, o odor tornou-se significativamente diferente em relação à amostra fresca aos 7 e 14 dias para 3 e 0°C, respectivamente. Nesse momento, a contagem de psicotróficos da amostra a 3°C alcançou 10⁷ UFC/g. O efeito da carga microbiana no desenvolvimento do mau odor foi menos aparente a 0°C. A diferença observada no odor pode ter sido causada pelo tipo de microbiota envolvida a 0°C. O odor foi associado com cheiro ácido e levemente sulfurado, provavelmente causado por lactobacilos heterofermentativos ou por outras alterações resultantes da atividade metabólica desses microrganismos.

No final do período de avaliação de 73 dias, a carne passou a apresentar manchas escuras e um odor ácido e pútrido, simultaneamente com exsudato escuro. Após exposição ao ar, foi observada uma alteração na cor, um esverdeamento, principalmente na superfície do corte. Jeremiah, Penney e Gill (1992) notaram que o pigmento presente no exsudato pode oxidar e precipitar sobre a superfície das carnes e descolorir. Ingram

(1962) sugeriu que bactérias lácticas que reduzem o pH causaram a fixação de compostos aminas que são os principais agentes putrefativos. Kalchayanand *et al.* (1989) notaram uma produção de exsudato rosa brilhante em carne embalada a vácuo deteriorada que alterou-se para esverdeado entre 10 a 12 semanas de estocagem refrigerada. O esverdeamento foi provocado pela formação de sulfomioglobina. Para estes autores a deterioração foi associada com o acúmulo de grandes quantidades de gás e fluido com odor desagradável e extensa proteólise.

Em outro estudo, carne embalada a vácuo e estocada a 1°C apresentou uma vida útil de 11 semanas, mas alterações no sabor foram perceptíveis após 11 semanas, e descoloração foi ocasionalmente um problema após 8 semanas. Devido ao surgimento de pontos preto-amarronzados ou marrom sobre a gordura dos cortes observados após 6 semanas, cuja causa atribuída foi a quebra da Mb no exsudato (JOHNSON, 1974).

Na Figura 2 está demonstrado o perfil de desenvolvimento de microrganismos na carne estocada a 2°C. Após 49 dias de estocagem foram detectados os mesmos sinais de deterioração, odor e aparência desagradáveis, para a carne estocada a 0°C após 63 dias. De forma similar a 0°C, a contagem de psicotróficos atingiu valores acima de 6 logUFC/g após 21 dias de estocagem. Bactérias lácticas e contagem padrão oscilaram em torno de 5,5 a 6,5 (TABELA 12 - APÊNDICE).

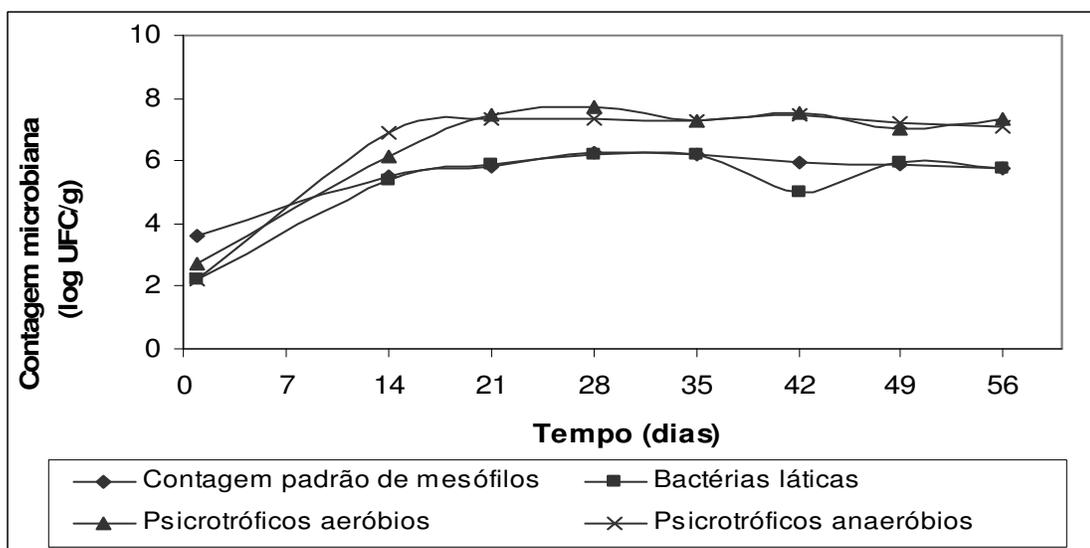


FIGURA 2 – Comportamento microbiano do *M. Gluteus medius* estocado a 2°C.

Os resultados microbiológicos do *M. Gluteus medius* estocado a 4°C estão na Figura 3 (TABELA 13, APÊNDICE). Após 35 dias de estocagem o odor era bem ácido e com notas de enxofre, um indicativo de proteólise, além da presença de manchas escuras. A contagem de todas as análises estava elevada, acima de 6 logUFC/g. Alta contagem de mesófilos, provavelmente, favoreceu o surgimento de sinais de deterioração em tempo mais curto em relação às amostras estocadas a 0 e 2°C. Já na temperatura de 4°C foi possível observar a influência da temperatura sob a microbiota, selecionando diferentes microrganismos.

Roth e Clark (1972) não notaram alterações de cor e odor em carnes embaladas em filmes com baixa TPO₂ por 32 dias a 5°C. Enquanto que Blixt e Borch (2002) observaram que a contagem máxima de bactérias lácticas foi alcançada após 3 a 4 semanas de estocagem a 4°C para carnes com pH inicial elevado, no entanto, só foi obtido após 6 a 8 semanas em carne com pH inicial normal.

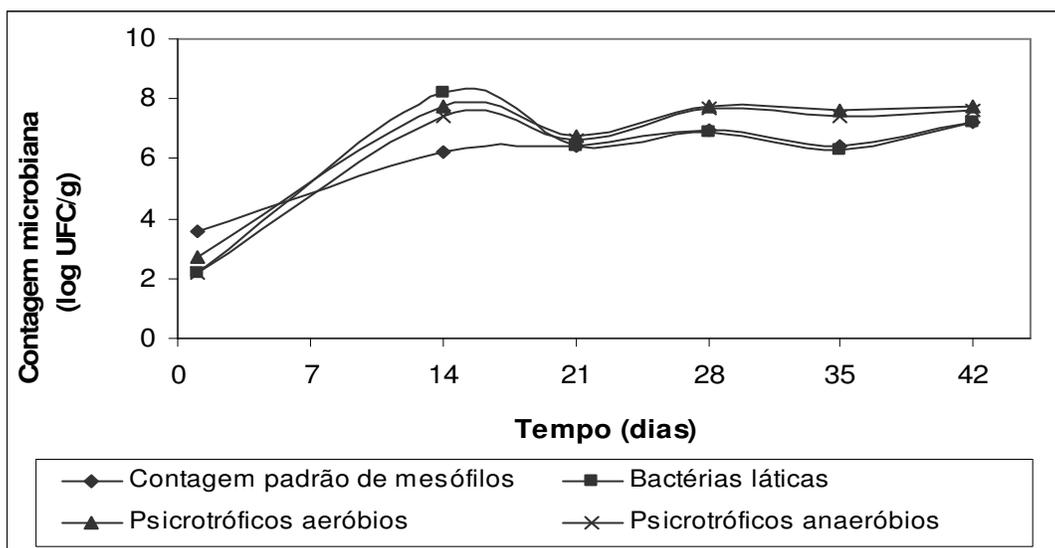


FIGURA 3 – Comportamento microbiano do *M. Gluteus medius* estocado a 4°C.

Em todo o experimento, a maior contagem de bactérias lácticas foi observada aos 14 dias a 4°C (contagem de 8,22 logUFC/g), o que foi um caso pontual devido provavelmente à amostragem. Esta contagem esteve próximo ao sugerido por Cantoni e Bolther (1974) que encontrou 2-3.10⁸ UFC/g em carne embalada a vácuo.

As carnes estocadas a 7°C (FIGURA 4) apresentaram-se deterioradas, sensorialmente, com 21 dias de armazenamento e as que foram estocadas a 10°C (FIGURA 5) com 15 dias. O odor após abertura da embalagem era mais intenso nas amostras deterioradas estocadas nas temperaturas mais altas, possivelmente pelo maior desenvolvimento das bactérias e ao seu metabolismo com o aumento da temperatura.

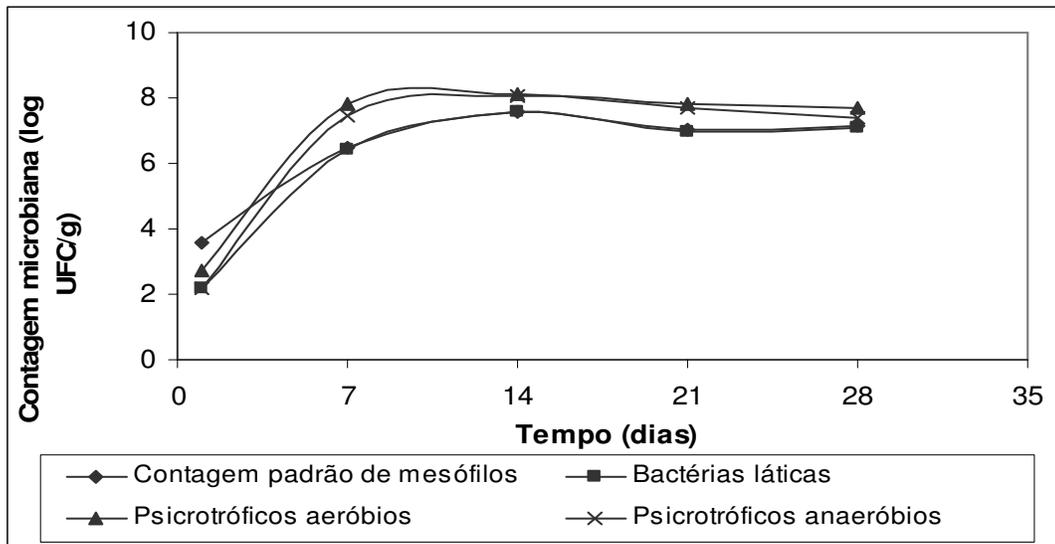


FIGURA 4 – Comportamento microbiano do *M. Gluteus medius* estocado a 7°C.

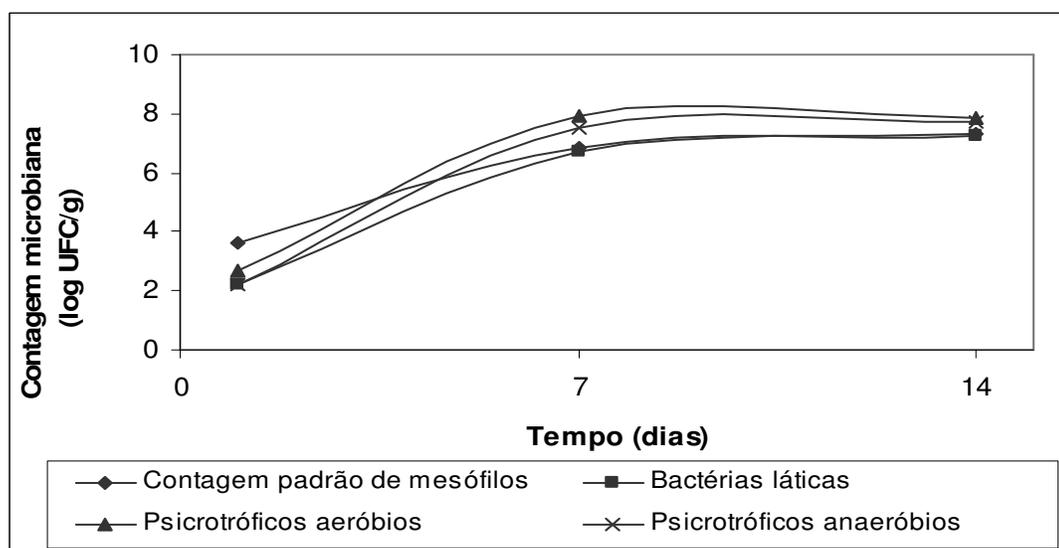


FIGURA 5 – Comportamento microbiano do *M. Gluteus medius* estocado a 10°C.

Lee *et al.* (1985) observaram que o aumento na contagem de psicotróficos não foi evidente até 14 dias de estocagem a 0 e 3°C, mas foi significativo após 7 dias a 7°C, alcançando uma contagem de 6,6 logUFC/g, e 8,7 logUFC/g em 14 dias. Comportamento similar foi observado neste experimento.

Para ressaltar o efeito da temperatura, Griffin *et al.* (1982) embalsamaram carnes a vácuo e as estocaram por diferentes períodos 0, 12 e 24 dias a 2°C. Após cada período as carnes eram colocadas no varejo em filmes com diferentes permeabilidades e temperaturas de 2 e 7°C. Notaram, assim, que a carne no varejo a 2°C apresentou menor alteração no odor em relação à carne exposta a 7°C em, aproximadamente, 60% das comparações realizadas. Independente da TPO₂ dos diferentes filmes utilizados no varejo, baixa, média e alta (10, 30 e 6.500 cm³/m².24h a 22,8°C e 0% UR, respectivamente), verificaram um acúmulo notável de gás em muitas carnes, após exposição ao varejo prolongado de 20 a 30 dias em filmes de média e alta barreira, com elevada incidência de alteração no odor e formação extensa de MetMb na superfície.

Na Figura 1, é possível notar que após duas semanas de estocagem, o crescimento de bactérias psicotróficas tornou-se predominante em relação aos mesófilos. Obviamente, quanto menor a temperatura de estocagem maior a diferença entre as contagens das bactérias psicotróficas com as bactérias lácticas e mesófilas. Enquanto que a 7 e 10°C a contagem de mesófilos e bactérias lácticas se assemelharam com a de psicotróficos.

A composição da microbiota foi afetada pelo aumento da temperatura, permitindo o melhor desenvolvimento de alguns grupos dos microrganismos deteriorantes inicialmente presentes. Adicionalmente, psicotróficos que estavam em condições de pH e/ou concentração de ácido láctico inibitórios em baixas temperaturas estarão disponíveis para crescer com o aumento da temperatura (GILL e NEWTON, 1980).

Goeser (1962) observou que bactérias se multiplicam 10 vezes mais rápido com incremento de 5°C na temperatura de estocagem ou de varejo. O que foi comparável às contagens microbianas de psicotróficos e contagem padrão de mesófilos deste experimento. A citar como exemplo, aos 14 dias de estocagem a 0°C a contagem de psicotróficos esteve em torno de 6 logUFC/g, a 4°C com 7 logUFC/g e a 10°C com 8 logUFC/g.

Contagens próximas de psicotróficos aeróbios e anaeróbios em todas as temperaturas de estocagem indicaram predominância de bactérias anaeróbias

facultativas. Lee *et al.* (1985) sugeriram também que o principal grupo de bactéria nas amostras de carne suína embalada a vácuo, a 0, 3 e 7°C, são os psicotróficos anaeróbios facultativos.

4.2.3. Coliformes fecais, estafilococos, *Salmonella*

As análises de salmonela, estafilococos coagulase positiva e coliformes fecais foram realizadas para verificar a conformidade das amostras com base na legislação, RDC 12 (BRASIL, 2001).

Não foi isolada nenhuma cepa de salmonela ou estafilococos coagulase positiva ao longo das análises de vida útil do *M. Gluteus medius*.

Já as contagens de coliformes fecais (termotolerantes) estão apresentadas na Tabela 4.

TABELA 4 – Resultados de coliformes fecais do *M. Gluteus medius* resfriado e embalado a vácuo sob diferentes temperaturas e tempo de estocagem.

Temperatura de estocagem (°C)	Tempo (dias)	Coliformes fecais (NMP/g)
0	1	4
	14	9
	28	7
	42	23
	56	9
	70	<3
2	1	4
	14	43
	28	93
	42	43
	56	23
4	1	4
	14	23
	28	9
	42	9
7	1	4
	14	23
	28	9
10	1	4
	14	75

Baixas contagens de coliformes fecais, máximo de 93 NMP/g, e ausência de estafilococos coagulase positiva e *Salmonella* sp. indicaram boas condições sanitárias. As amostras encontram-se dentro do limite estabelecido pela RDC 12 (BRASIL, 2001).

Esses microrganismos foram estudados porque consta na literatura que *Staphylococcus aureus* foi capaz de sobreviver por 8 semanas em embalagem a vácuo de carne e que a *Salmonella* mesmo não sendo considerada um patógeno psicrotrófico, sua sobrevivência e multiplicação são bem conhecidas como dependentes de temperatura e

outros fatores como pH, atmosfera e flora competitiva (PATTERSON e SUTHERLAND, 1973, GIBBS, 1987; FERNANDO *et al.*, 1995).

Lee *et al.* (1985) observaram que a contagem de coliformes fecais constituíram somente uma pequena parte da microbiota, nunca alcançando 1% do total da carga microbiana, mesmo após a carne apresentar-se sensorialmente inaceitável. Estes autores observaram também que a contagem foi superior em temperaturas de 3 e 7°C do que a 0°C. O que pode ser justificado pelo fato de algumas linhagens de *Lactobacillus* spp. serem reportadas como capazes de produzir agentes antimicrobianos, que inibem crescimento de espécies competidoras (HURST e COLLINS-THOMPSON, 1979). Além das condições de pH da carne e TPO₂ mensurável do filme podem ser importantes fatores na determinação do desenvolvimento de Enterobacteriaceae em carne embalada a vácuo (GRAU, 1981).

4.3. Resultados físico-químicos

4.3.1. pH

Os resultados de pH da carne podem ser observados na Figura 6 e na Tabelas 16 e 17 (APÊNDICE). Os valores encontrados apresentaram uma leve tendência à queda, mas tal redução encontra-se sem sinal de deterioração mesmo aos 63, 49, 35, 21 e 15 dias para temperaturas de estocagem de 0, 2, 4, 7 e 10°C, respectivamente. Esses valores estavam dentro da faixa de pH considerada ideal para carne bovina, o que corresponde a um intervalo de 5,4 – 5,8 (HEDRICK *et al.*, 1994).

Ao avaliar os dados apresentados na Tabela 16, observou-se que a partir de 22 dias foi nítida a diferença entre os valores de diferentes temperaturas de estocagem ($p < 0,05$). Quanto maior a temperatura menor o valor de pH, pois isso favorece o crescimento microbiano e conseqüentemente a produção de ácidos. O que também já foi observado em um outro estudo, a diminuição no valor do pH foi maior em temperaturas mais elevadas. Os autores correlacionaram essa redução com a elevada contagem de bactérias lácticas e à produção de ácidos produzidos (CAYRÉ, VIGNOLO e GARRO, 2005). Exceção ocorreu para o valor elevado na amostra a 10°C com 43 dias de estocagem, provavelmente decorrente da amostragem.

Egan e Shay (1982) estudaram a importância das bactérias lácticas na carne embalada a vácuo e observaram que em carnes não inoculadas, o pH não se alterou (pH

inicial 5,45 a 5,65), mas nas amostras inoculadas (4 logUFC/cm²) houve uma ligeira queda no pH variando de 5,3 a 5,45; após 24-35 dias de estocagem.

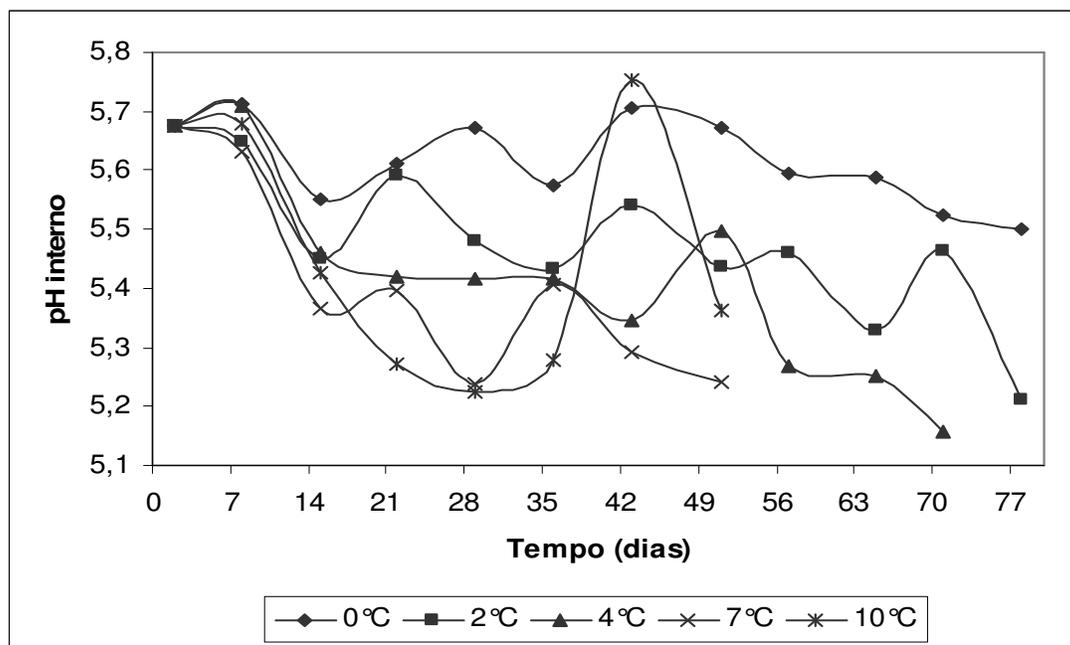


FIGURA 6 – Resultados de pH interno dos cortes de *M. Gluteus medius* estocados sob diferentes temperaturas.

Blixt e Borch (2002) notaram, em seu estudo, uma queda lenta no pH, chegando a 5,3 em 7 semanas a 4°C. O que está de acordo com o valor encontrado aos 43 dias de estocagem.

A alteração no pH que ocorre durante a maturação e estocagem da carne pode ter efeitos significativos em todos os aspectos da qualidade da carne, aumentando ou suprimindo o crescimento microbiano, alterando a perda de líquido e a cor com implicações para aparência geral e vida útil da carne embalada (DOHERTY *et al.*, 1995).

No estudo de Fu, Molin e Sebranek (1992) também foi observada uma queda nos valores de pH, das carnes estocadas entre 2 a 4°C, que foi relacionada com a concentração de CO₂. Chasco *et al.* (2002) notaram que o pH das carnes embaladas a vácuo diminuiu de 5,71 da amostra inicial para 5,35 no dia 15. Notaram ainda que aos 15 e 30 dias o pH quase não se alterou, o que pode estar relacionado com o efeito tampão

causado pela produção de ácido lático das bactérias lácticas (FOEGEDING, NAUMANN e STRINGER, 1983).

Neste experimento, foi também avaliado o pH do exsudato dos cortes (FIGURA 7 e TABELAS 18 e 19 – APÊNDICE). O valor inicial está um pouco superior ao valor da carne. A partir da primeira semana foi possível observar uma queda brusca de pH no exsudato em todas as condições de estocagem, principalmente nas temperaturas de estocagem de 7 e 10°C, ($p < 0,05$). Isso ocorreu, provavelmente, devido ao maior desenvolvimento microbiano favorecido pela riqueza em nutrientes no exsudato. Para comprovar a maior contagem no exsudato em relação à carne, foi realizada uma análise microbiológica da carne e do exsudato estocados a 0°C na última semana de estocagem (TABELA 5).

TABELA 5 – Avaliação microbiológica da carne estocada a 0°C com 73 dias de estocagem.

	Contagem microbiana (log UFC/g)	
	Carne	Exsudato
Contagem padrão de mesófilos	5,49	6,88
Bactérias Lácticas	6,25	7,32
Psicrotróficos aeróbios	7,25	7,60
Psicrotróficos anaeróbios	7,14	8,50

A queda no valor de pH pode ainda ser justificada pela alta pressão parcial de CO₂, na qual ocorre um aumento da absorção de CO₂ (LEDWARD, 1970). Pois, em elevadas concentrações de CO₂, este é absorvido pelo tecido e o pH pode ser afetado (BRUCE *et al.*, 1996; GILL, 1988) dependendo da capacidade tampão da carne. Na revisão de Jakobsen e Bertelsen (2002), dos 15 estudos, em 5 foram observados redução no pH de 0,05 a 0,35, enquanto nos outros estudos não foram observados nenhuma alteração (LEDWARD, 1970; HUFFMAL *et al.*, 1975; SEMAN *et al.*, 1988; ROUSSET e RENERRE, 1991; SORHEIM *et al.*, 1996).

Após a estocagem da carne em 10% de CO₂, Sorheim, Oftad e Lea (2004) também observaram uma queda de 0,12 unidades no pH em relação às carnes estocadas em 100% N₂ ou a vácuo e 50% de CO₂ foi suficiente para uma queda significativa no

estudo destes autores. Todavia, o pH do exsudato em carne suína foi menor em estocagem em 25, 50 e 100% de CO₂ do que no vácuo (SORHEIM *et al.*, 1996). Nesse experimento, a tendência de queda do pH foi acompanhada com o aumento gradual da concentração de CO₂.

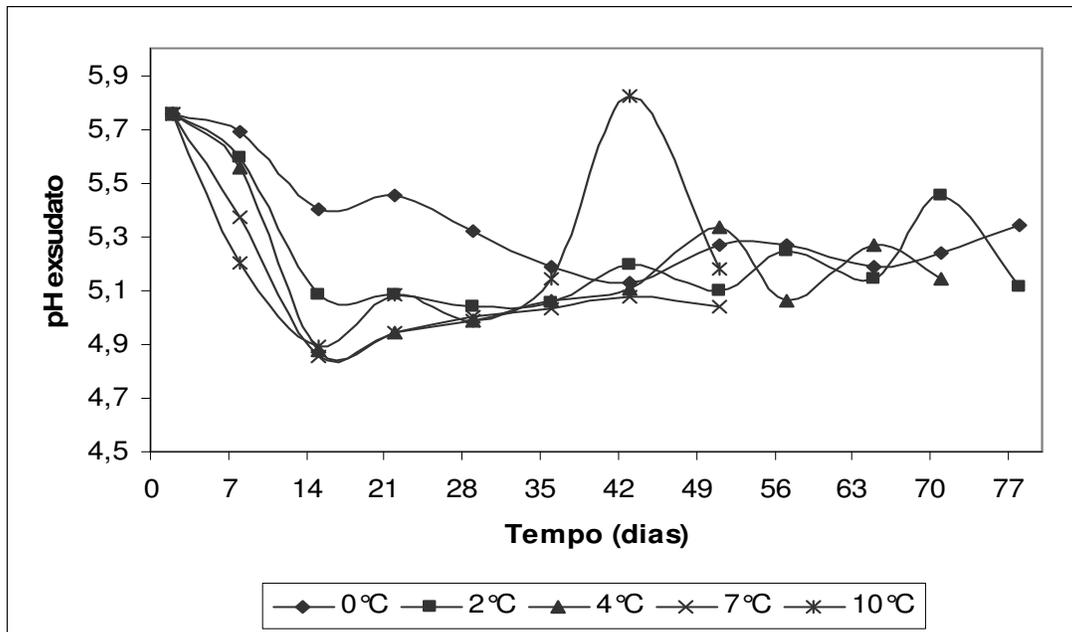


FIGURA 7 - Resultados de pH do exsudato dos cortes de *M. Gluteus medius* estocados sob diferentes temperaturas.

Após a queda, notou-se um sensível aumento ao longo do período de estocagem, o que pode ser conseqüência da proteólise decorrente da atividade microbiana (TABELA 19 – APÊNDICE).

4.3.2. Exsudação

É possível verificar os resultados de exsudação na Figura 8 e Tabelas 20 e 21 (APÊNDICE). Os resultados foram condizentes com os da literatura (MALTON e JAMES, 1983; PAYNE *et al.*, 1997). Maiores valores na exsudação foram percebidos nas temperaturas mais elevadas (TABELA 20 – APÊNDICE) e houve um aumento da

exsudação por tempo de estocagem (TABELA 21 – APÊNDICE), o que está de acordo com os resultados da literatura.

Mas Zarate e Zaritzky (1985) verificaram que a variação da exsudação com o tempo mostrou um comportamento não linear nos primeiros 5 dias de estocagem, seguida por um período de taxa constante de produção de exsudato.

Conforme Griffin *et al.* (1982), carnes expostas a 2°C apresentaram menor perda de líquido ($p < 0,05$) em relação a 7°C. Mas, em ambas as temperaturas, foi verificado o aumento da exsudação com o aumento do tempo, condizente com os resultados deste experimento. Para Goeser (1962), a exsudação pode ser maximizada em estocagem e varejo em temperaturas superiores a 0°C.

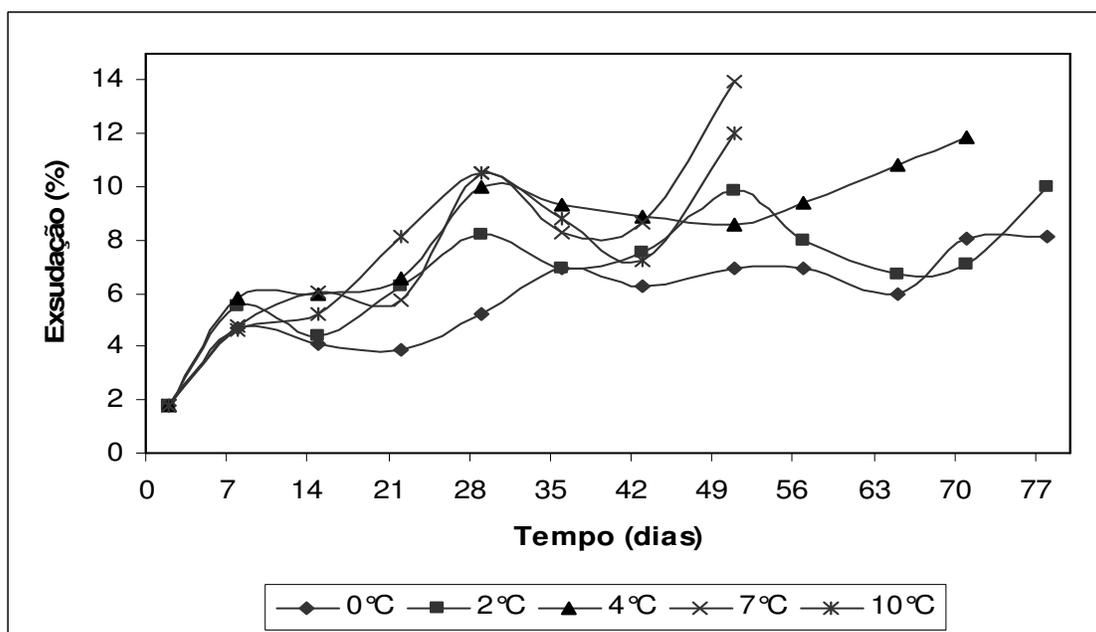


FIGURA 8 – Resultados de exsudação (%) do *M. Gluteus medius* estocados sob diferentes temperaturas.

A presença de grande quantidade de exsudato ao longo de todos os períodos de avaliação, valores de até 14%, pode ser justificada pelo tipo de corte que apresenta grande exposição das fibras, a falta de gordura e proteólise provocada pela deterioração microbiana. Pode ainda estar relacionada com a redução do pH ao longo do período de estocagem, aproximando do ponto isoelétrico (5,4) das proteínas da carne. Os valores, ao

final da vida útil, foram de 5,96; 9,83; 9,36; 5,78 e 5,21 para 0, 2, 4, 7 e 10°C, respectivamente.

Pois, para Hood (1976) afirmou que 2% de perda por exsudação foi considerado aceitável pelos consumidores, mas 3-4% foi excessivo e inaceitável. Bensink *et al.* (1974) encontraram resultados com uma variação de 0,3 a 6%, dependendo da quantidade de gordura presente nos cortes como já descrito na revisão bibliográfica (item 2.1.3.).

4.3.3. Composição gasosa da embalagem

Os resultados de CO₂ estão apresentados na Figura 9 e Tabela 22 (APÊNDICE). Notou-se um aumento da quantidade de CO₂ em função do tempo de estocagem das peças.

Não foi apresentado o comportamento do O₂, devido ao completo consumo do O₂ residual da embalagem durante a primeira semana de estocagem. A concentração inicial de O₂ foi de 0,04% aproximadamente. A ausência de O₂ indicou boa barreira e integridade da embalagem ao longo do período de estocagem. Pois, qualquer aumento de O₂ após a selagem pode geralmente ser atribuída à permeabilidade do filme ou falta de integridade do fechamento da embalagem.

Sorheim *et al.* (1995) também observaram a presença de 0,5% de O₂ em embalagem com 100% de CO₂ após a selagem, mas não foi determinado nenhum residual após 5 dias de estocagem.

Todas as amostras quando apresentaram sinais de deterioração (63, 49, 35, 21 e 15 dias para temperaturas de estocagem de 0, 2, 4, 7 e 10°C) estavam com valores de CO₂ de aproximadamente 20%. Resultado este também encontrado por García-López, Prieto e Otero (1998).

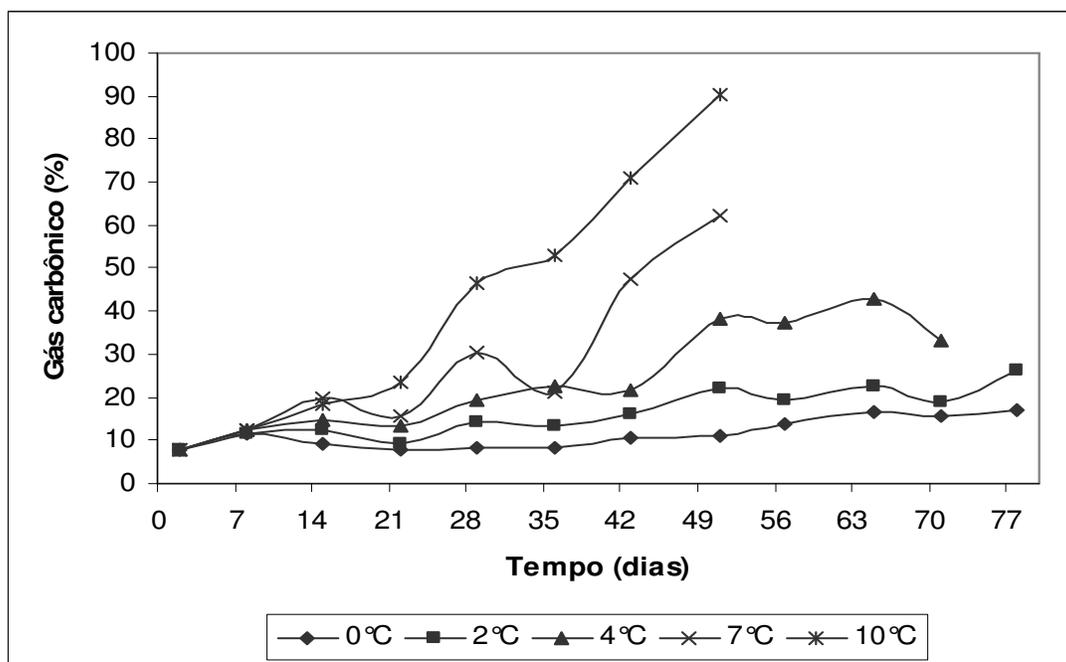


FIGURA 9 – Concentração de CO₂ (%) na embalagem a vácuo de *M. Gluteus medius* estocada sob diferentes temperaturas por tempo.

Foi observado que nas baixas temperaturas de 0 e 2 °C a produção de CO₂ foi lenta e gradativa enquanto que nas temperaturas de 7 e 10°C o aumento da concentração foi mais acentuado. Provavelmente, as temperaturas mais elevadas beneficiaram o crescimento de microrganismos e favoreceram a produção de CO₂. Apesar da alta concentração em amostras estocadas a temperaturas mais elevadas, estas apresentaram uma vida útil menor. Fato que pode ser explicado pelo efeito bacteriostático deste gás ser mais eficiente a baixas temperaturas, devido à sua maior solubilidade no alimento. Comportamento similar foi observado por Conceição (2002).

Fu, Molins e Sebranek (1992) observaram redução gradual na concentração de O₂ e um aumento na concentração de CO₂ em carne embalada em atmosfera modificada. O aumento deste gás foi resultado da geração dentro do sistema. O que pode ter sido causado pela respiração do tecido e principalmente pelo metabolismo bacteriano, como descrito por Johnson (1974) e Enfors e Molins (1984). Para Jaye, Kittaka e Ordal (1967) o gás foi resultado do metabolismo das bactérias lácticas heterofermentativas.

Gardner, Carson e Patton (1967) avaliaram a composição gasosa da carne embalada com filme de baixa TPO₂ em temperaturas de 2 e 16°C. Observaram que a 2°C

a produção de CO₂ aumentou para 13% em apenas 4 dias, seguida de uma lenta evolução para 15% na qual se manteve por 10 dias. Enquanto que a 16°C a velocidade de produção deste gás foi maior, atingindo 30% com 4 dias.

Usualmente, a deterioração da carne resfriada acondicionada a vácuo pode ser relacionada altas temperaturas durante o armazenamento, podendo ou não ser observado estufamento da embalagem. Espécies das famílias Enterobacteriaceae têm sido isoladas em números significativos de carnes embaladas a vácuo com estufamento, após ter sido constatado o abuso da temperatura de estocagem (HANNA *et al.*, 1979). Porém, neste estudo, na qual não houve oscilação considerável de temperatura, possivelmente este gás foi produzido pelas bactérias lácticas, que apresentaram elevada contagem.

Foi possível observar, na 5ª semana de estocagem, um leve estufamento nas embalagens estocadas nas temperaturas 7 e 10°C (FIGURA 27). A ocorrência de estufamento em carnes embaladas a vácuo, sem a constatação do aumento da temperatura de condicionamento, pode estar associada à presença de *Clostridium sp.* psicrotróficos e psicrófilos (DAINTY *et al.*, 1989).

4.3.4. Nível de vácuo

O nível de vácuo constitui um dos critérios para eficiência do sistema de embalagem a vácuo (Seideman *et al.*, 1976b e c). Pois, constataram que quanto maior o nível de vácuo, melhor a aparência devido a menor descoloração da superfície.

Os resultados desta análise estão expostos na Figura 10 e na Tabela 23 (APÊNDICE). Nota-se por esta figura que a redução do nível de vácuo foi mais acentuada quanto maior a temperatura de estocagem. Resultado este que está coerente com o aumento da concentração de CO₂. Essa relação inversamente proporcional à produção de CO₂ pode ser observado na Figura 11.

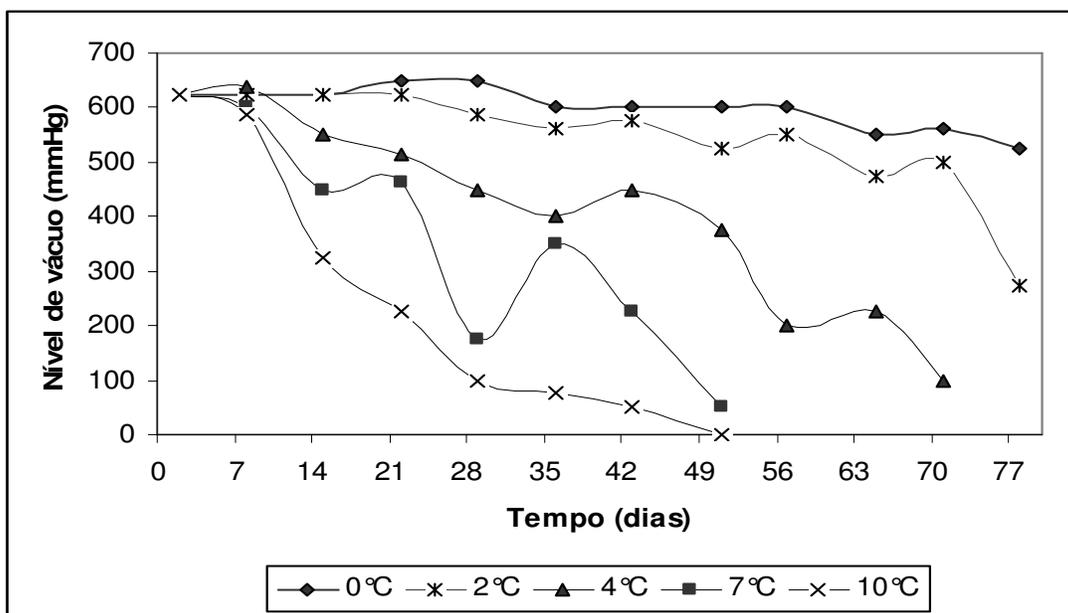


FIGURA 10 – Nível de vácuo (mmHg) do *M. Gluteus medius* embalado a vácuo estocado sob diferentes temperaturas.

A maior perda de vácuo nas temperaturas de 4, 7 e 10°C foi ocasionado provavelmente pelo favorecimento de diferentes microrganismos e/ou metabolismo, de forma a provocar esta diferença na produção de CO₂ e, conseqüentemente, o nível de vácuo. Isso pode ser comprovado pelas Figuras 1 a 5, em que a multiplicação de bactérias lácticas e mesófilas foram maiores a temperaturas elevadas. Seideman *et al.* (1976a) reportaram que a microbiota da carne embalada a vácuo, estocada por duas semanas, foi predominantemente *Lactobacillus* sp, cujas embalagens apresentaram elevado nível de vácuo final. Para embalagens que perderam o seu vácuo, durante o período de estocagem, a microbiota predominante foi composta por *Pseudomonas*, *Microbacterium*, *Lactobacillus*, e *Moraxella-Acinetobacter* sp.

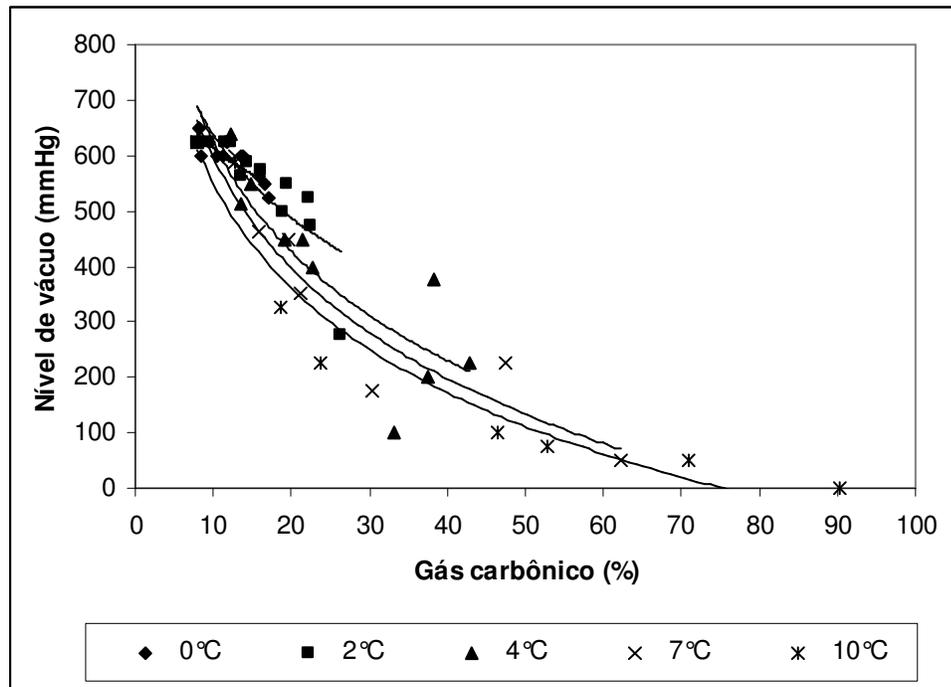


FIGURA 11 – Correlação de nível de vácuo por concentração de CO₂ nas temperaturas avaliadas.

4.3.5. Cor instrumental

4.3.5.1. Cor da superfície do corte

Foi avaliada a cor das amostras com a embalagem, isto é, a cor da superfície do corte foi mensurada sobre o material de embalagem a vácuo de forma a verificar a cor na sua forma de comercialização. Os resultados estão expressos na Figura 12 e os dados nas Tabelas 24-28 (APÊNDICE).

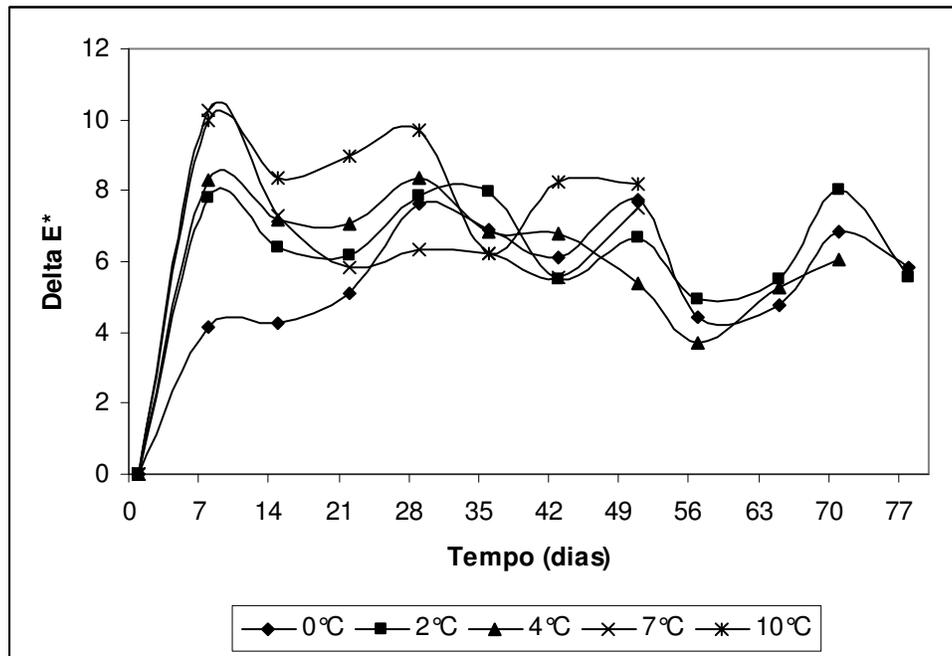


FIGURA 12 – Diferença total de cor da superfície das peças embaladas a vácuo e estocadas sob diferentes temperaturas em relação à amostra inicial.

Verifica-se pela Figura 12 que a maior alteração de cor ocorreu na primeira semana de estocagem e principalmente nas temperaturas mais elevadas. Esta alteração pode ter sido provocado pela descoloração da Mb, formando MetMb, devido à concentração de O₂ residual da embalagem (item 4.3.3.). Já que a descoloração da Mb é mais intensa em baixas concentrações de O₂, variando com a temperatura.

Foi observado também que o exsudato apresentava cor mais clara e certa limosidade, o que deve ter interferido na leitura de cor e mascarado a alteração de cor da superfície da carne.

O comportamento da cor está relacionando com os resultados de pH do exsudato, uma grande redução (principalmente aos 15 dias) e estabilizou-se depois, diminuindo também a diferença total de cor. Conforme Brooks (1931) citado por Piske (1986), a oxidação da Mb foi observada como sendo dependente da concentração do íon de hidrogênio, com taxas de oxidação aumentando rapidamente com a diminuição do pH. O baixo pH final eleva a oxigenação e a oxidação da Mb, sendo que este último processo leva ao escurecimento da carne. Andersen, Bertelsen e Skibsted (1988) também

observaram que a redução do pH promoveu a oxidação da Mb, a queda de uma unidade de pH aumentou a taxa de oxidação em um fator de 10 no sistema modelo estudado.

A diferença de cor foi maior em temperaturas mais altas, 4, 7 e 10°C, o que pode ter sido causado pelo menor valor de pH do exsudato, crescimento microbiano e maior produção de CO₂, o que indica menor valor de pH na superfície do corte. Isso porque, o processo de deterioração da carne inicia-se na superfície, e quando os nutrientes da superfície acabam, a deterioração incipiente inicia e estende-se para o interior da carne (JEYAMKONDAN, JAYAS, HOLLEY, 2000).

Conforme Jakobsen e Bertelsen (2002), a diminuição do valor de pH causado pelo aumento do nível de CO₂ tem um efeito negativo na cor da carne. Hood (1980) verificou que a taxa de formação de MetMb e o conseqüente escurecimento aumentam com a elevação da temperatura.

Mancini e Hunt (2005) reportaram que as indústrias de carnes têm apresentado sérios problemas na avaliação de cor da carne embalada. Enquanto repetidas medições durante o varejo são facilmente executadas em produtos cobertos com filme permeável ao O₂, o uso de embalagem com atmosfera modificada, ou a presença de gases no espaço livre, apresenta certa dificuldade, visto ser um produto não condutor na medição da cor instrumental e não há como mensurar sem comprometer a integridade da embalagem e a sua atmosfera. Para manter a composição gasosa da embalagem, alguns pesquisadores invertem a posição para que a carne mantenha o contato com o filme. No entanto, este processo afeta a transparência do filme, a citar, o exsudato e a gordura que entra em contato com o filme. Outros pesquisadores abrem a embalagem no momento da medição instrumental, permitindo assim um contato direto entre a superfície da carne e a abertura do equipamento (MANCINI e HUNT, 2005).

Neste experimento, houve interferência de gases, do exsudato e possivelmente do próprio filme de embalagem a vácuo na medição. O que pode ser confirmada ao observar a Figura 13 (dados contidos nas TABELAS 29-33 do APÊNDICE) que apresenta a diferença total de cor da superfície do corte sem a embalagem a vácuo. Pois, diferentemente do que ocorre na figura anterior (FIGURA 12), nota-se que os valores estão ordenados de forma crescente ao longo do tempo sem haver o pico na primeira semana de estocagem.

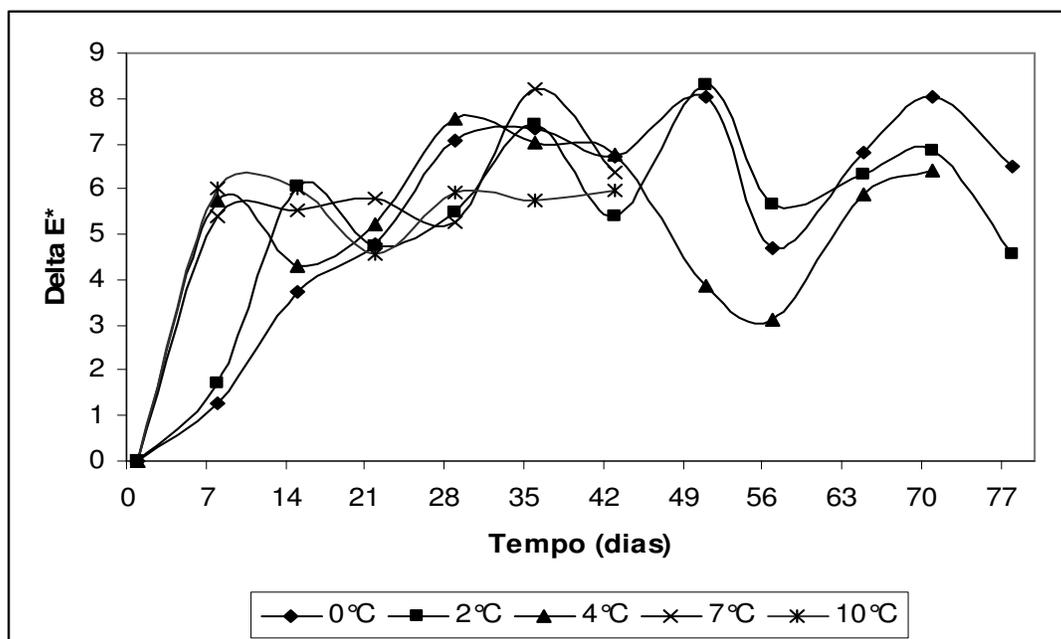


FIGURA 13 – Diferença total de cor da superfície das peças, obtidas logo após abertura e remoção da embalagem a vácuo, estocadas sob diferentes temperaturas em relação à amostra inicial.

Este aumento na diferença total de cor com o tempo foi também observado por Penney e Bell (1993). No estudo com atmosfera modificada os autores verificaram que a velocidade e a extensão das alterações de cor da carne foram influenciadas não somente pela concentração de O_2 na atmosfera da embalagem, mas também pelo volume de CO_2 adicionado e pelas propriedades intrínsecas da carne. A velocidade em que se iniciou a descoloração e sua severidade aparentou estar relacionada diretamente à concentração de O_2 e à duração de estocagem, e inversamente relacionada com o volume de CO_2 por peso da carne (PENNEY e BELL, 1993).

4.3.5.2. Cor dos bifés

A cor dos bifés obtidos dos cortes do *M. Gluteus medius* antes da exposição ao ar encontra-se na Figura 14 e nas Tabelas 34-38 (APÊNDICE). Nota-se que a diferença também é crescente em relação ao tempo, como observado na Figura 13, mas os valores de ΔE^* dos bifés obtidos do corte não variaram tanto (valores inferiores a 4 aos 21 dias) quanto na superfície das mesmas (valores acima de 4 aos 21 dias), apesar de serem

alterações consideráveis. Pois, conforme observado por Abril *et al.* (2001) diferença total de cor de ΔE^* superior a 0,9 é visualmente perceptível.

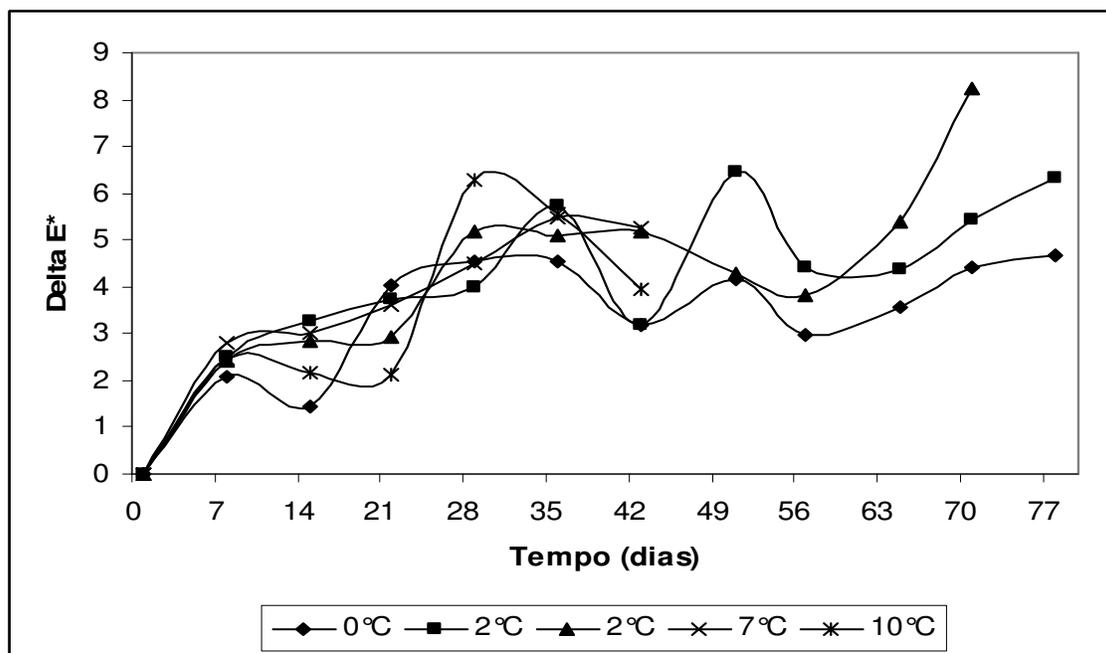


FIGURA 14 - Diferença total de cor dos bifes das carnes estocadas sob diferentes temperaturas ao longo do tempo em relação à amostra inicial antes da exposição ao ar.

A Figura 15 por sua vez apresenta os valores de diferença de cor dos mesmos bifes após exposição ao ar por 30 minutos, isto é, após o processo denominado de *bloom*. Os valores estão expressos nas Tabelas 39-43 (APÊNDICE). Após a diferença significativa na primeira semana, os resultados oscilam entre 2 e 7 ao longo do período de estocagem, sem observar uma tendência para tal.

Cornforth (1994) afirmou que a superfície de carnes frescas expostas ao ar sofre oxigenação ou *blooming* em 30 minutos, formando OxiMb a partir da Mb.

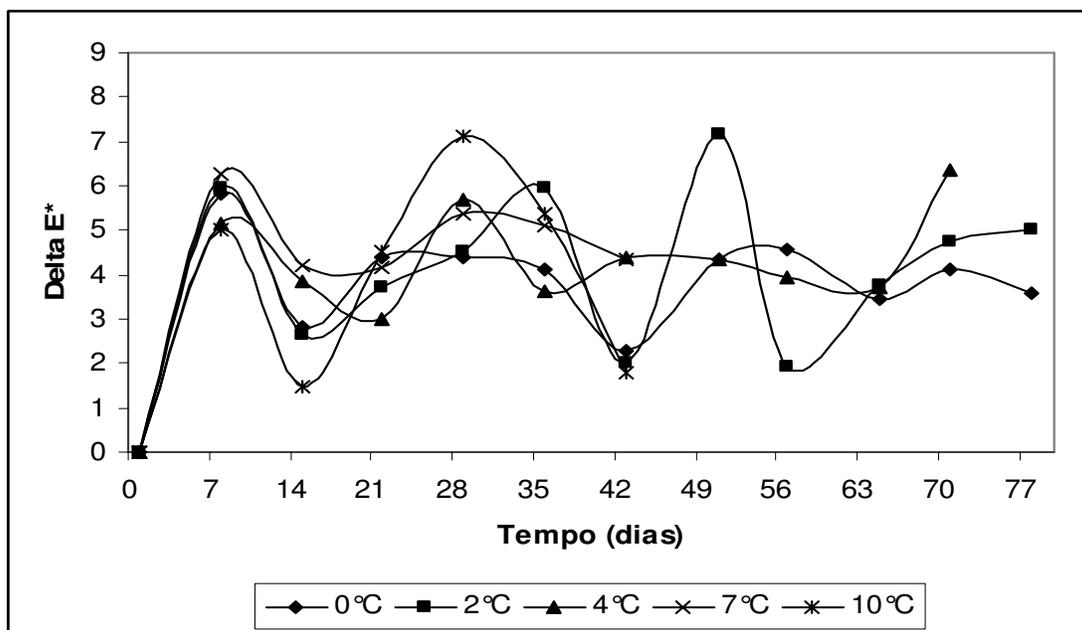


FIGURA 15 - Diferença total de cor dos bifés obtidos das carnes estocadas sob diferentes temperaturas em relação à amostra inicial, após 30 minutos de exposição ao ar.

Foi observado que valores de L^* e b^* quase não alteraram, enquanto que valores de a^* foram afetados significativamente ($p < 0,01$) com o tempo de estocagem; a cor vermelha nos bifés diminuiu com o tempo de estocagem a uma temperatura de 2-4°C no experimento executado por Fu, Molins e Sebranek (1992).

Jeremiah e Gibson (2001) avaliaram a cor de bifés e verificaram que o valor de L^* aumentou com o tempo de estocagem, como verificado uma tendência neste estudo para todas as condições de medição (TABELA 31-40). Resultou também uma perda progressiva do a^* durante estocagem e varejo, indicando que o valor a^* está relacionado negativamente com o tempo de duração da estocagem (JEREMIAH e GIBSON, 2001). Jakobsen e Bertelsen (2000) também notaram que o valor de a^* diminuiu com o aumento da temperatura e tempo.

4.3.5.3. Capacidade de regeneração de cor

Nas Figuras 16-20, verifica-se que mesmo após a deterioração (alteração na aparência e odor pútrido) das peças, a regeneração de cor no interior do corte ainda foi possível, dado pelo aumento do valor de C^* , o que indica aumento na saturação da cor

vermelha, considerando que a tonalidade de cor, h^* , não variou significativamente com o tempo de estocagem ($p < 0,05$) (TABELAS 44 e 45 - APÊNDICE). Também foi evidenciado nas Figuras 27 e 28 (APÊNDICE), em relação a carne estocada a 10°C , aos 36^o dia de estocagem.

A média de h^* dos bifes deste experimento para 0°C após a exposição ao ar, de 36,53, foi semelhante ao resultado encontrado por Began, Allen e Butler (2004) que avaliaram a cor do mesmo músculo (*M. Gluteus medius*) e verificaram que os valores de h^* situaram-se entre 35 e 45 para estocagem a 0°C dada a formação de MetMb.

Após 30 minutos de oxigenação (*bloom*), todos os valores de C^* para as temperaturas avaliadas apresentaram valores acima de 20 (TABELA 45 - APÊNDICE), independente da temperatura de estocagem, mesmo apresentando sinais nítidos de deterioração. Esse resultado indica que as amostras apresentaram brilho e cor agradável. Pois Began, Allen e Butler (2004) verificaram que valores de C^* entre 17 e 18 de uma amostra após exposição ao ar é uma indicação de cor sem brilho e da falta de *blooming* devido a formação de MetMb durante a estocagem, fato que ocorreu somente ao final da estocagem das amostras a 4 e 10°C .

Ledward (1985) propôs que a alta ARM foi o fator mais importante para prevenir a descoloração da carne. Mas estudos recentes mostram que músculos com estabilidade de cor intermediária como o *M. Gluteus medius* apresenta maior TCO, comparada com o *M. Longissimus dorsi*, que apresenta maior estabilidade de cor. (LANARI e CASSENS, 1991; BEGAN, ALLEN e BUTLER, 2004).

O aumento no C^* não foi afetado pela temperatura de estocagem, tanto na medição antes da exposição ao ar quanto depois. Apesar de haver uma maior preservação da capacidade de *bloom* a baixas temperaturas, provocado pela diminuição da velocidade de reação, como oxidação do pigmento e crescimento microbológico.

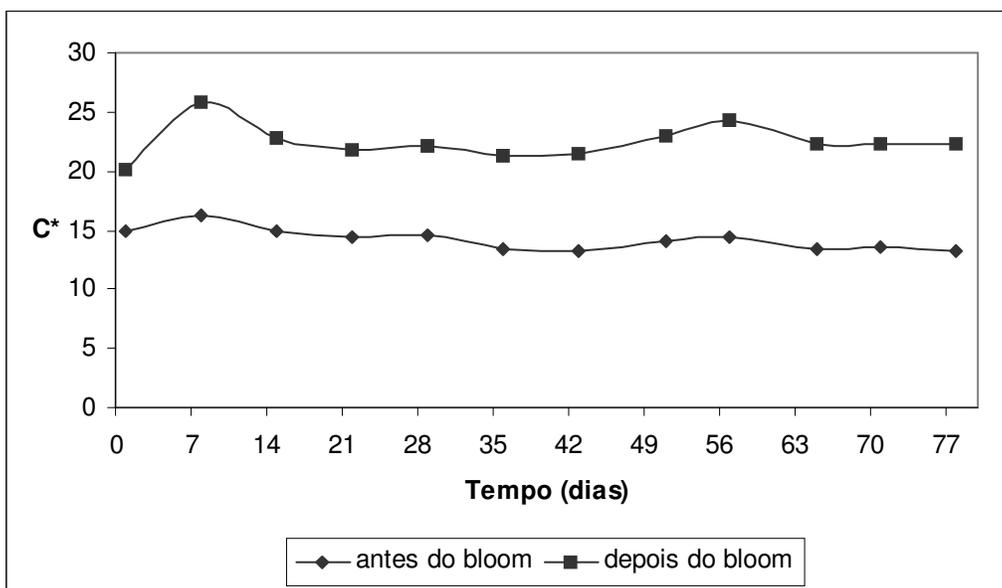


FIGURA 16 – Chroma (C*) antes e depois da exposição ao ar de bifes do *M. Gluteus medius* estocado a 0°C.

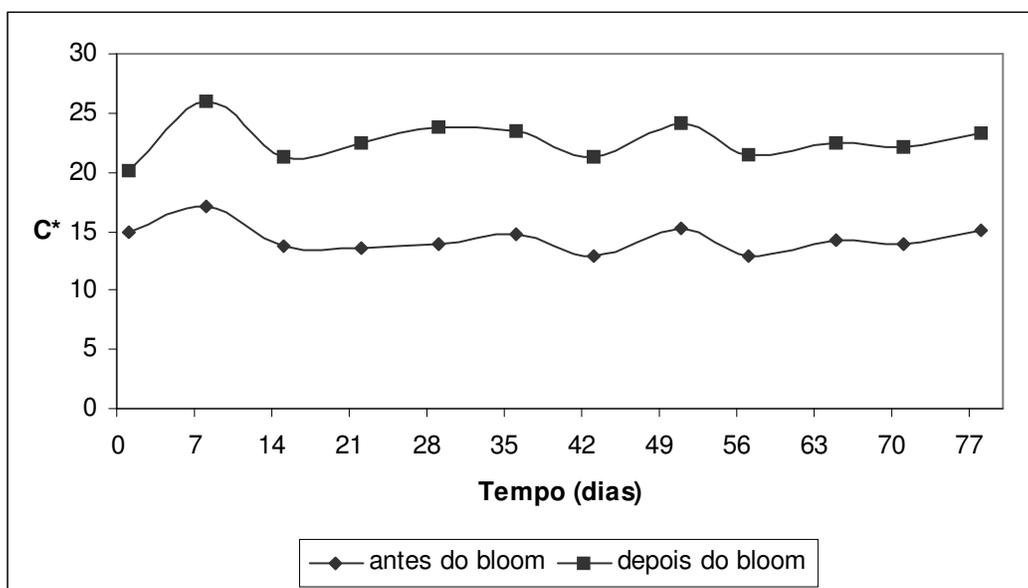


FIGURA 17 – Chroma (C*) antes e depois da exposição ao ar de bifes do *M. Gluteus medius* estocado a 2°C.

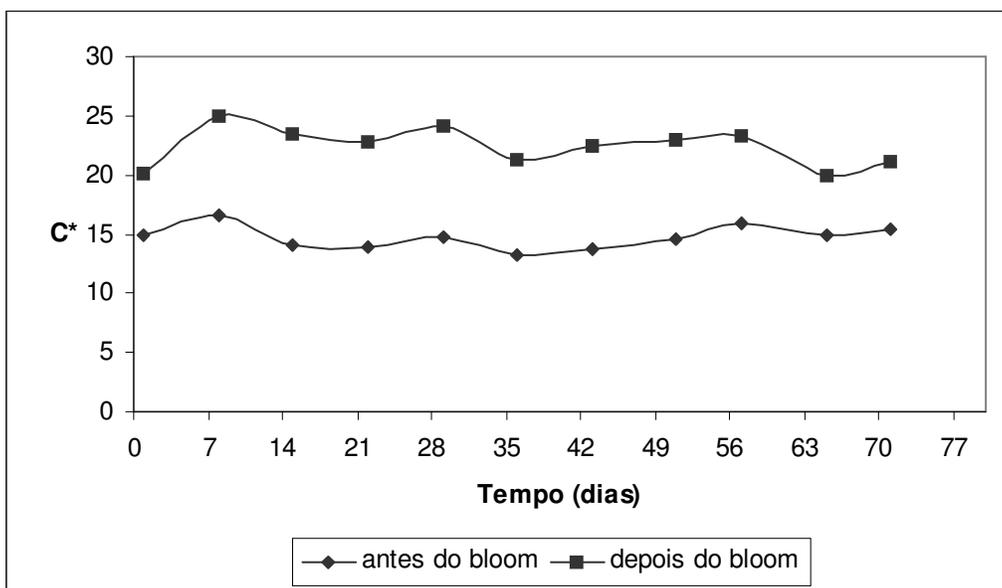


FIGURA 18 – Chroma (C*) antes e depois da exposição ao ar de bifes do *M. Gluteus medius* estocado a 4°C.

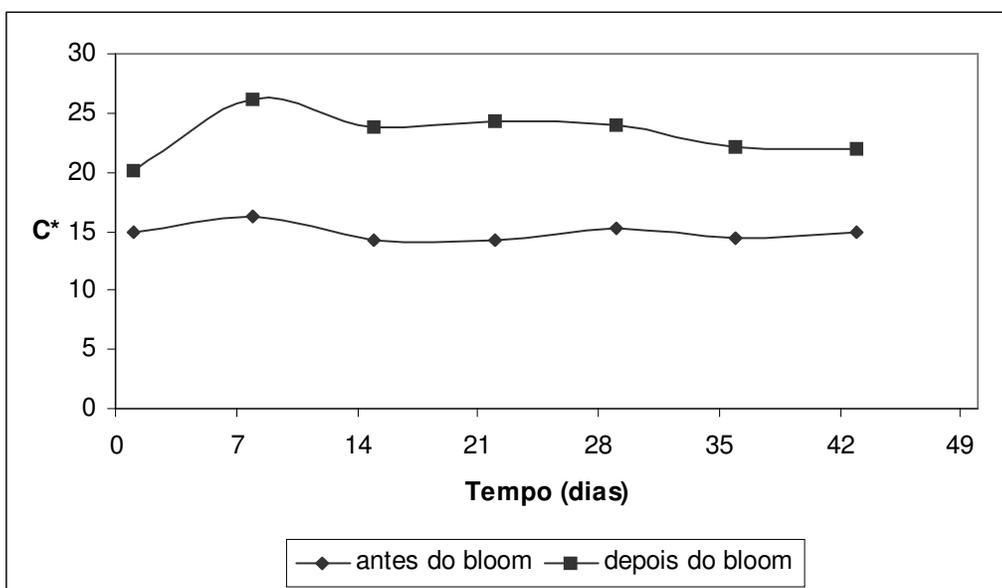


FIGURA 19 – Chroma (C*) antes e depois da exposição ao ar de bifes do *M. Gluteus medius* estocado a 7°C.

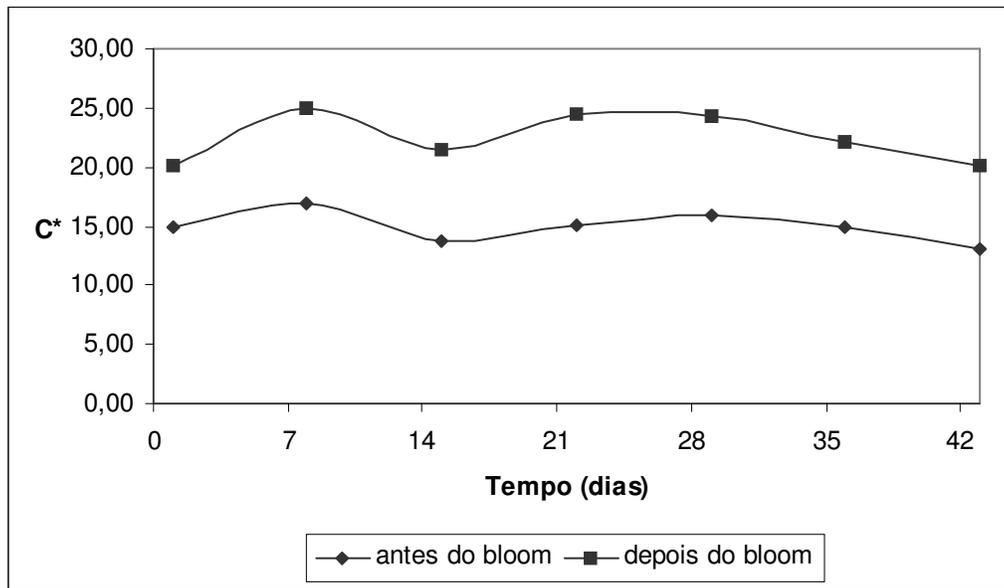


FIGURA 20 – Chroma (C*) antes e depois da exposição ao ar de bifes do *M. Gluteus medius* estocado a 10°C.

Foi observado que após o *bloom*, os valores de L* não alteraram muito, apresentando uma média de 0,6 (ΔL^*), enquanto que a* teve um aumento médio de 6,5 (Δa^*); e o valor de b* aumentou 4,5 (Δb^*). Ao medir o *bloom* de carne suína, Brewer *et al.* (2001) observaram que L* não foi muito afetado pelo tempo de reoxigenação, enquanto a* e b* aumentaram nos primeiros 10 minutos, mas após este período manteve-se constante. O valor de h* foi menos intenso na alteração de cor durante o *bloom* (5 minutos).

É importante salientar que a taxa de formação de MetMb varia em função de vários fatores entre músculos e aumenta com a elevação da temperatura de estocagem em todos os músculos. Mesmo se a formação de MetMb fosse prevenida pela rigorosa exclusão de O₂ durante a estocagem, a exaustão da ARM reduz a habilidade do músculo de resistir à descoloração quando exposta ao ar (JEREMIAH, 2001). O que pode justificar a pequena queda nos valores de C* para temperaturas mais elevadas, já que esta capacidade esgota-se mais rapidamente com o aumento da temperatura.

4.3.6. Perda no cozimento e Força de cisalhamento

O resultado das análises de força de cisalhamento está apresentado na Figura 21 e na Tabela 46 (APÊNDICE). Notou-se uma redução nos valores com o tempo, dado pela ação das enzimas proteolíticas durante processo conhecido como maturação.

Os resultados obtidos, ao final do período em que as amostras não apresentaram sinais de deterioração, variaram entre 3,99 a 4,56kgf (TABELA 46 - APÊNDICE). Ormenese (1995) considerou para efeito de comparação um valor de 5,0kgf como limite máximo aceitável. Para Shackelford *et al.* (1991), o valor de 5,0kgf também foi considerado como macio.

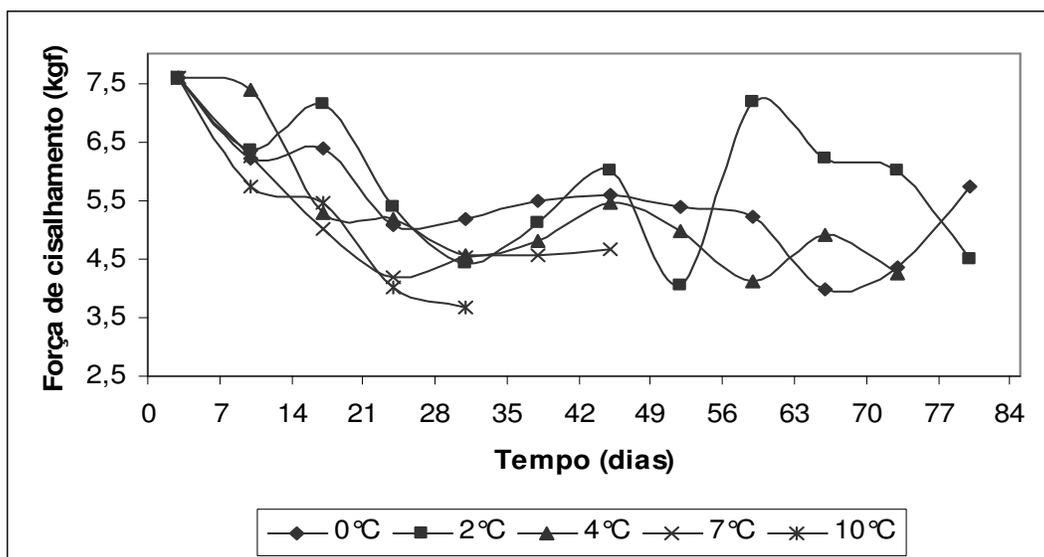


FIGURA 21 – Força de cisalhamento dos bifes de *M. Gluteus medius* estocados sob diferentes temperaturas de estocagem.

Observa-se na Figura 21 que a força de cisalhamento decaiu principalmente no primeiro mês de estocagem. Nota-se também que nas temperaturas mais elevadas, a redução da força de cisalhamento foi maior. Mas, Joseph (1976) verificou que o maior ganho de maciez durante a maturação ocorreu entre o 2° e o 7° dia de estocagem e que o aumento após este período foi mínimo.

Na Figura 22 encontra-se a perda por cocção, na qual ficou nítido que essa perda foi crescente com o tempo e com o aumento da temperatura de estocagem. Como a

ligação da água é promovida pelas proteínas miofibrilares, a proteólise decorrente do processo de maturação (WISMER-PEDERSEN, 1976) e do metabolismo das bactérias, e redução do pH próximo ao ponto isoelétrico das proteínas, favoreceram a diminuição da retenção da água. Com isso o aumento da perda de líquido e redução da suculência. Para Davis, Huffman e Cordray (1975) e Joseph (1976), a perda se dá tanto na forma de exsudação como durante o processo de cocção.

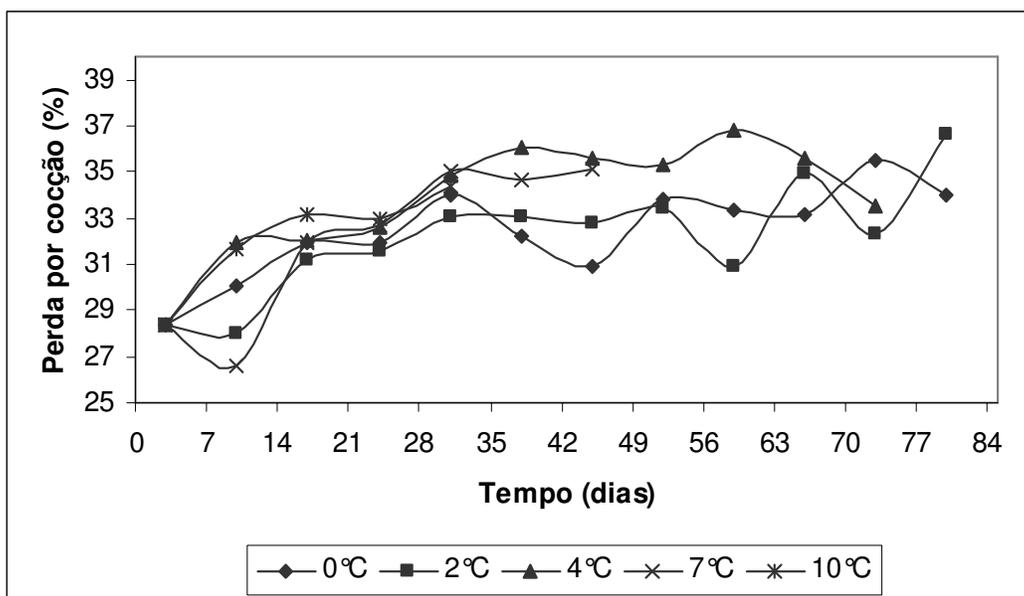


FIGURA 22 – Perda por cocção dos bifes de *M. Gluteus medius* estocados sob diferentes temperaturas de estocagem.

Sabe-se que a multiplicação microbiana altera a capacidade de retenção de água em carnes, através da proteólise (PEARSON, 1968). Kalchayanand *et al.* (1989) afirmaram que a perda da textura e maior acúmulo de líquido poderiam ter sido devido a proteólise do tecido muscular pelas enzimas proteolíticas dos microrganismos psicrotróficos deteriorantes. Avaliação microscópica do exsudato das amostras deterioradas apresentou grandes quantidades de miofibrilas. Buckley *et al.* (1976) verificaram atividades proteolíticas significativas quando a contagem microbiana atingiu 10^9 UFC/g e que o nitrogênio volátil total não se tornou evidente até que os compostos indesejáveis fossem detectados.

A maturação resultou no rompimento e possível dissolução do material da linha z, o enfraquecimento das ligações interfibrilar ou a perda da força dentro das miofibrilas (DAVEY e GILBERT, 1969). Berry, Smith e Carpenter (1974) e Moller, Vestergaard e Wismer-Pedersen (1973), reportaram a relação significativa entre a maciez e o número de sarcômeros por fragmento da miofibrila ou do grau de fragmentação da miofibrila.

Elevadas temperaturas apresentaram maior perda devido ao crescimento microbiológico, também pode ser consequência da maior concentração de CO₂. Sorheim, Ofstad e Lea (2004) demonstraram que a estocagem da carne à elevada concentração de CO₂ aumentou significativamente a perda durante o cozimento. Honikel *et al.* (1981) sugeriram que a redução do pH, em carnes expostas a ambiente ao CO₂, apresentou um efeito negativo na perda no cozimento.

4.4. Resultados sensoriais

4.4.1. Resultados em função do tempo

Os resultados sensoriais das amostras com o mesmo tempo de estocagem foram avaliados estatisticamente (TABELA 6). Na avaliação da aparência não foi detectada nenhuma diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$). Já no aroma das amostras com 17 dias de estocagem, houve diferença entre temperaturas, sendo que a maior nota foi 7,34 para 7°C.

No parâmetro sabor e suculência, as notas foram inversamente proporcionais à temperatura de estocagem ($p < 0,05$) para o tempo de 31 dias, o que influenciou na impressão global das amostras. Muitos provadores sentiram um sabor ácido, que foi considerado como um sabor indesejável pelas notas que as amostras obtiveram. Esta diminuição das notas de suculência pode estar relacionada com a elevada exsudação e a altas perdas por cocção apresentados no item 4.3.6.

Alguns autores têm reportado que a maturação diminui a suculência da carne (DAVIS, HUFFMAN e CORDRAY, 1975; JOSEPH, 1976), sendo menos aceitável no aroma (OCKERMAN *et al.*, 1976). Mas Tuma *et al.* (1963) concluíram que a maturação teve pequena influência no sabor e na suculência.

A nota obtida para maciez aos 3 dias de estocagem foi baixa e houve um aumento nas análises subseqüentes (17, 31 e 45 dias), independentemente da temperatura de

estocagem. Ao correlacionar com os resultados de força de cisalhamento, pode-se dizer que carnes mais macias receberam melhores notas de aceitação.

TABELA 6 – Resultados sensoriais do teste de aceitação do *M. Gluteus medius* assado estocados sob diferentes temperaturas de estocagem.

Tempo (dias)	Temperatura de estocagem (°C)	Aparência	Aroma	Sabor	Maciez	Suculência	Imp. Global
3	0	7,57	7,26	6,77	5,34	6,74	6,60
17	0	7,20 ^a	6,86 ^{ab}	6,37 ^a	6,31 ^a	6,43 ^a	6,29 ^a
	2	7,00 ^a	6,66 ^b	6,83 ^a	6,00 ^a	6,40 ^a	6,54 ^a
	4	7,09 ^a	6,86 ^{ab}	6,89 ^a	6,80 ^a	6,43 ^a	6,63 ^a
	7	7,37 ^a	7,34 ^a	6,57 ^a	6,51 ^a	6,00 ^a	6,46 ^a
	MDS*	0,72	0,59	0,67	0,92	0,86	0,75
31	0	6,74 ^a	6,86 ^a	6,26 ^a	6,94 ^a	6,43 ^a	6,49 ^a
	2	6,34 ^a	6,49 ^a	6,14 ^a	7,09 ^a	6,26 ^{ab}	6,20 ^{ab}
	4	6,29 ^a	6,26 ^a	5,23 ^b	6,37 ^a	5,57 ^b	5,63 ^b
	MDS*	0,72	0,76	0,89	0,80	0,78	0,83
45	0	6,94	7,51	6,94	6,83	6,57	6,94

^{a-b} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$), dentro do dia de estocagem avaliado.

Valores na escala de 1 a 9, ordem crescente de aceitação, 1 indica “desgostei muitíssimo” e 9 “gostei muitíssimo”.

* MDS = Diferença Mínima Significativa ($p < 0,05$).

4.4.2. Resultados em função da temperatura de estocagem

Para as amostras estocadas a 0 e 2°C, houve diferença significativa apenas nos parâmetros de aparência e maciez (TABELAS 7 e 8). A maciez obteve maiores notas com o decorrer do tempo de estocagem, redução na força de cisalhamento, isto foi devido ao processo de maturação.

TABELA 7 – Resultados sensoriais da amostra estocada a 0 °C.

Tempo (dias)	Aparência	Aroma	Sabor	Maciez	Suculência	Imp. Global
3	7,57 ^a	7,26 ^a	6,77 ^a	5,34 ^b	6,74 ^a	6,60 ^a
17	7,20 ^{ab}	6,86 ^a	6,37 ^a	6,31 ^{ab}	6,43 ^a	6,29 ^a
31	6,74 ^b	6,86 ^a	6,26 ^a	6,83 ^a	6,43 ^a	6,49 ^a
45	6,94 ^{ab}	7,51 ^a	6,94 ^a	6,94 ^a	6,57 ^a	6,94 ^a
MDS*	0,80	0,97	1,02	1,16	0,99	0,97

^{a-b} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

Valores na escala de 1 a 9, ordem crescente de aceitação, 1 indica “desgostei muitíssimo” e 9 “gostei muitíssimo”.

* MDS = Diferença Mínima Significativa ($p < 0,05$).

TABELA 8 – Resultados sensoriais da amostra estocada a 2 °C.

Tempo (dias)	Aparência	Aroma	Sabor	Maciez	Suculência	Imp. Global
3	7,57 ^a	7,26 ^a	6,77 ^a	5,34 ^b	6,74 ^a	6,60 ^a
17	7,00 ^{ab}	6,66 ^a	6,83 ^a	6,00 ^b	6,40 ^a	6,54 ^a
31	6,34 ^b	6,49 ^a	6,14 ^a	7,09 ^a	6,26 ^a	6,20 ^a
MDS*	0,76	0,84	0,75	0,96	0,90	0,73

^{a-b} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

Valores na escala de 1 a 9, ordem crescente de aceitação, 1 indica “desgostei muitíssimo” e 9 “gostei muitíssimo”.

* MDS = Mínima diferença significativa ($p < 0,05$).

Já os resultados da carne estocada a 4 °C apresentaram notas menores ($p < 0,05$) ao final de sua estocagem nos atributos avaliados, com exceção da maciez (TABELA 9). O que provavelmente esteve associado com o início do processo de deterioração.

TABELA 9 – Resultados sensoriais da amostra estocada a 4°C.

Tempo (dias)	Aparência	Aroma	Sabor	Maciez	Suculência	Imp. Global
3	7,57 ^a	7,26 ^a	6,77 ^a	5,34 ^b	6,74 ^a	6,60 ^a
17	7,09 ^a	6,86 ^{ab}	6,89 ^a	6,80 ^a	6,43 ^{ab}	6,29 ^a
31	6,29 ^b	6,16 ^b	5,23 ^b	6,37 ^b	5,57 ^b	5,63 ^b
MDS*	0,77	0,85	0,87	0,94	0,90	0,85

^{a-b} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

Valores na escala de 1 a 9, ordem crescente de aceitação, 1 indica “desgostei muitíssimo” e 9 “gostei muitíssimo”.

* MDS = Mínima diferença significativa ($p < 0,05$).

As amostras estocadas a 7°C não apresentaram diferenças significativas nos atributos dentro do período avaliado (TABELA 10).

TABELA 10 – Resultados sensoriais da amostra estocada a 7°C.

Tempo (dias)	Aparência	Aroma	Sabor	Maciez	Suculência	Imp. Global
3	7,57 ^a	7,26 ^a	6,77 ^a	5,34 ^b	6,74 ^a	6,60 ^a
17	7,37 ^a	7,34 ^a	6,57 ^a	6,51 ^a	6,00 ^a	6,45 ^a
MDS*	0,59	0,67	0,87	0,83	0,84	0,64

^{a-b} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

Valores na escala de 1 a 9, ordem crescente de aceitação, 1 indica “desgostei muitíssimo” e 9 “gostei muitíssimo”.

* MDS = Mínima diferença significativa ($p < 0,05$).

Houve uma tendência de redução nos valores de suculência ao longo do tempo de estocagem em todas as temperaturas avaliadas. O que pode ser correlacionado ao aumento da exsudação e da perda por cocção com o tempo.

Neste experimento, por exemplo, para carne estocada a 0°C, a perda por cocção variou de 28,40 a 30,88%, enquanto que a exsudação alterou de 1,81 a 6,29% durante o período em que a análise sensorial foi realizada. Porém, James e James (2002) afirmaram que a perda por exsudação pouco afeta a qualidade sensorial da carne, pois a perda de líquido no cozimento é muito maior do que a perda por exsudação.

As Figuras 23-26 apresentam as intenções de compra das amostras avaliadas.

A maioria dos provadores deu notas variando de “tenho dúvida se compraria ou não” para “certamente compraria” para amostras estocadas a 0 e 2°C. As notas melhoraram com o tempo de estocagem, influenciados principalmente pelo aumento da maciez, único atributo que aumentou com o tempo. Como exemplo pode ser observado a amostra estocada a 0°C. Aos 3 dias de estocagem concentrou 41,17% em “tenho dúvida se compraria ou não”, sendo que 63% dos provadores optaram entre “tenho dúvida se compraria ou não” e “provavelmente compraria” aos 17 dias e 68% disseram que “provavelmente compraria” e “certamente compraria” aos 31 dias. Comprovando a importância do parâmetro maciez na satisfação do consumidor.

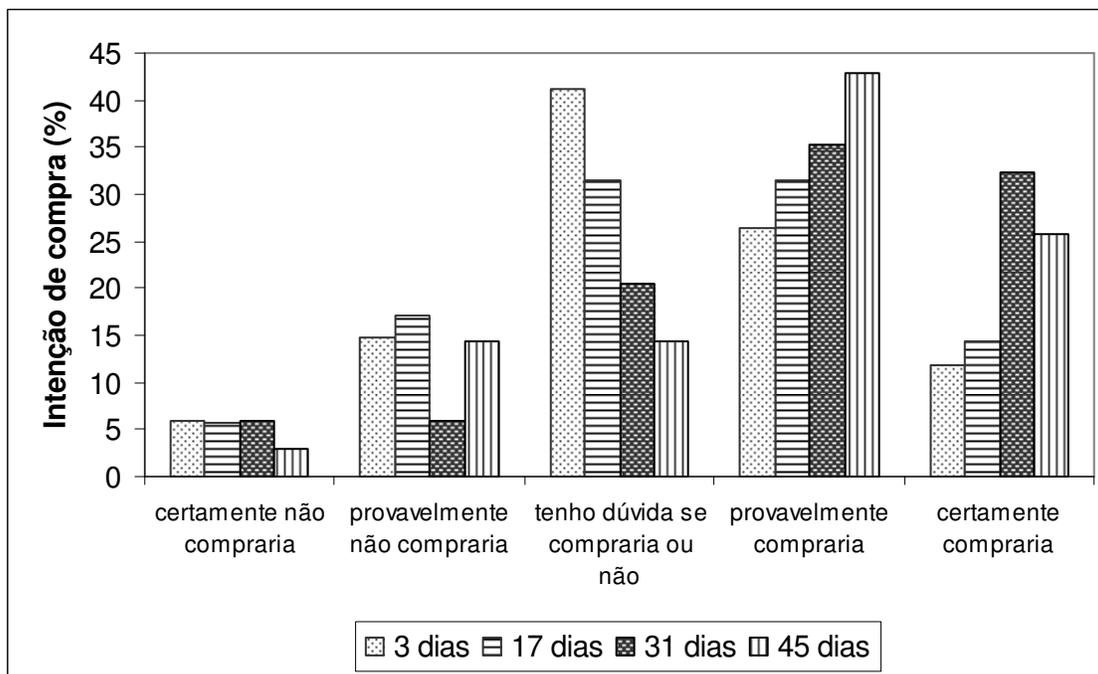


FIGURA 23 – Intenção de compra da carne estocada a 0°C e avaliada nos tempos 3, 17, 31 e 45 dias de estocagem.

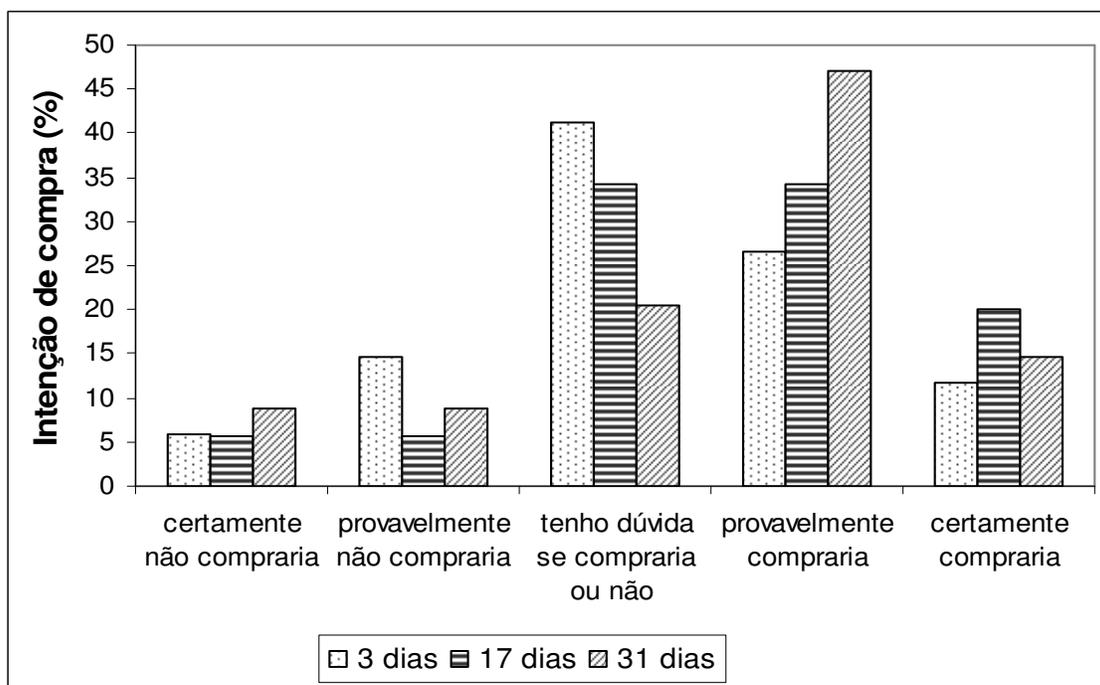


FIGURA 24 – Intenção de compra da carne estocada a 2°C e avaliada nos tempos 3, 17 e 31 dias de estocagem.

A amostra estocada a 4°C teve baixa intenção de compra aos 31 dias em relação aos 17 dias, o que pode ser explicado pelas baixas notas em sabor e suculência (TABELA 9), mesmo apresentando nota razoável na maciez. Indicando que o atributo que mais influencia na intenção de compra seja o sabor e depois a maciez.

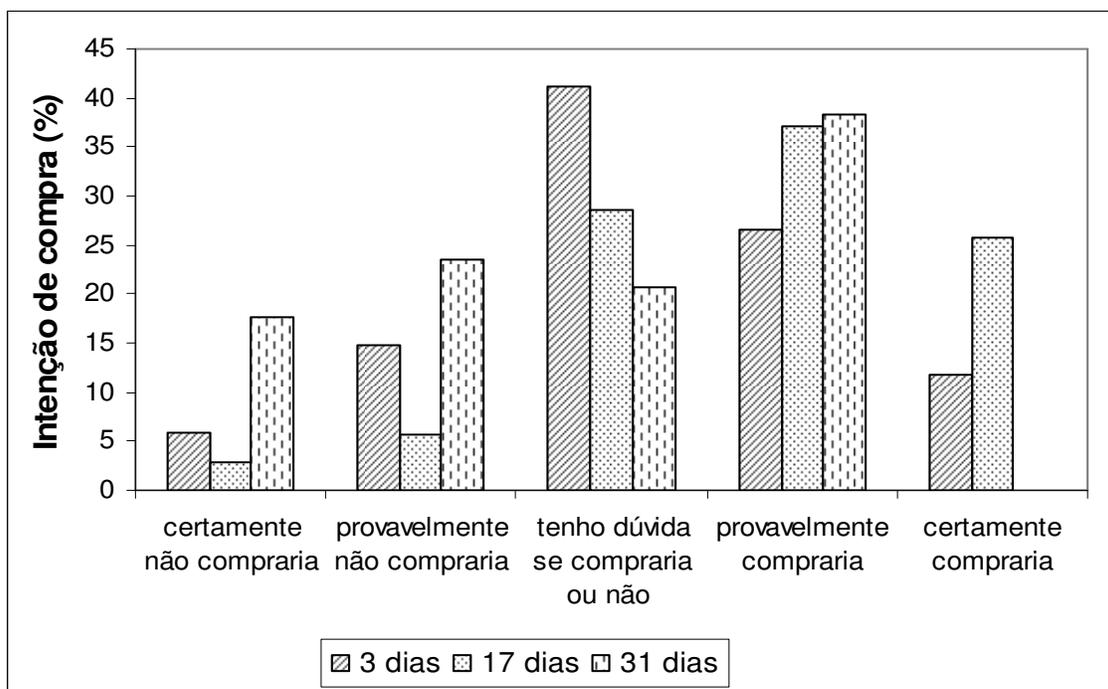


FIGURA 25 – Intenção de compra da carne estocada a 4°C e avaliada nos tempos 3, 17 e 31 dias de estocagem.

As amostras estocadas a 7°C, apesar das notas recebidas serem razoáveis e sem diferença significativa entre os dois tempos (TABELA 10), a intenção de compra com 17 dias de estocagem variou de “provavelmente não compraria” até “certamente compraria”.

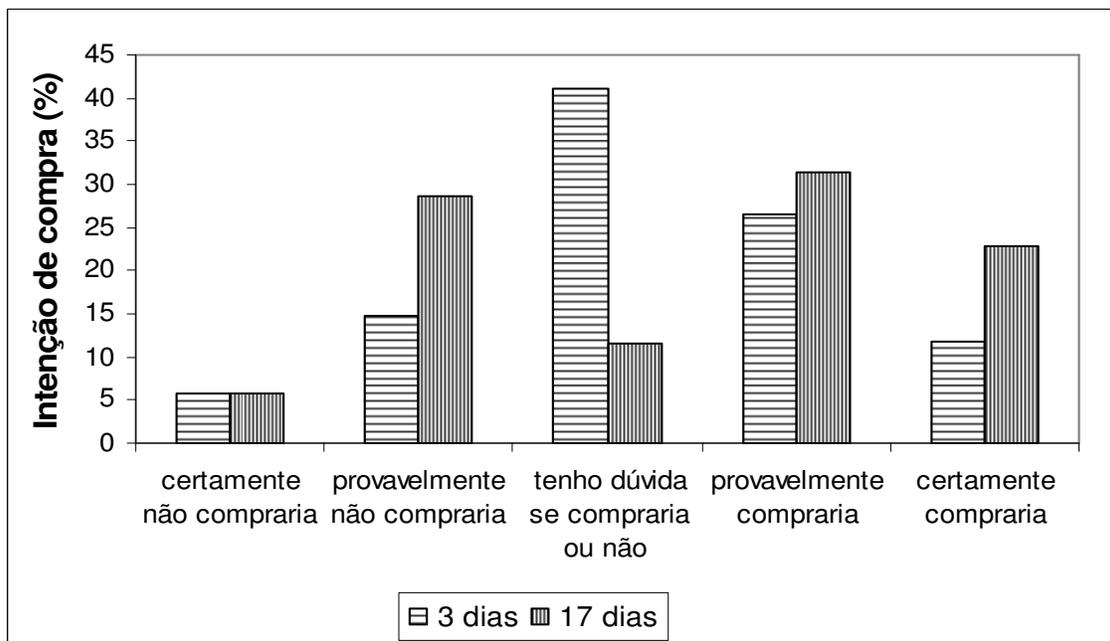


FIGURA 26 – Intenção de compra da carne estocada a 7°C e avaliada nos tempos 3 e 17 dias de estocagem.

5. CONCLUSÕES

Através dos resultados deste estudo foi possível chegar às seguintes conclusões:

- A extensão da vida útil da carne no sistema de embalagem a vácuo foi extremamente dependente da baixa temperatura de estocagem, associada a baixa contaminação inicial e garantia da hermeticidade das embalagens. A amostra estocada a 0°C apresentou sinais nítidos de deterioração em 63 dias de armazenamento. O corte estocado a 2°C deteriorou aos 49 dias, enquanto as outras amostras estocadas a 4, 7 e 10°C deterioraram-se em 35, 21 e 15 dias, respectivamente.
- A temperatura de estocagem interferiu em vários aspectos de qualidade da carne, tanto no aspecto microbiológico como no físico-químico. Elevadas temperaturas favoreceram a multiplicação microbiológica deteriorantes, como mesófilos e bactérias lácticas e que, conseqüentemente, provocou o desenvolvimento de odor e sabores estranhos, e aumento do CO₂, levando perda de vácuo.
- Foi observada uma tendência de queda nos valores de pH, com o aumento da temperatura e tempo de estocagem, provocada provavelmente pela produção de ácidos orgânicos e de CO₂ pelos microorganismos presentes. A queda de pH foi mais acentuada no exsudato.
- A redução nos valores de pH, próximos ao ponto isoelétrico das proteínas da carne, possivelmente influenciou a capacidade de retenção de água e, conseqüentemente, aumentou a exsudação e as perdas por cocção. O que afetou diretamente nas características sensoriais da carne assada, tais como a suculência.
- Houve um decréscimo na força média de cisalhamento inversamente proporcional ao tempo e à temperatura de estocagem. Este atributo foi importante na aceitação e na intenção de compra, nas amostras que mantiveram um sabor agradável.
- A alteração de cor foi maior na superfície do que na parte interna do corte, devido a presença de níveis residuais de O₂ e favorecido pelo desenvolvimento microbiológico. A descoloração do exsudato, presença de gases e o próprio filme pode ter mascarado a cor da carne embalada.

- Notou-se uma regeneração da cor dos bifés mesmo em estado de deterioração, de modo que este parâmetro não é adequado para definição de frescor da carne.

6. REFERÊNCIAS

- ABRIL, M.; CAMPO, M. M.; ONENC, A.; SANUDO, C.; ALBERTI, P.; NEGUEUELA, A. L. Beef COLOR Evolution as a function of ultimate pH. **Meat Science**, v. 58, p. 60-78, 2001.
- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION – AMSA. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and tenderness measurements of fresh meat. **National Live Stock and Meat Board**, Chicago, IL, 1995.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **Standard test method for oxygen transmission rate through dry packages using a coulometric sensor**. ASTM F 1307-02. Philadelphia: ASTM, 2002, 6 p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. Editado por DOWNES, F. P.; ITO, K. 4 ed. 2001.
- ANDERSEN, H. J.; BERTELSEN, G.; SKIBSTED, L. H. Salt effect on acid-catalized autoxidation of oxymyoglobin. **Acta Chemica Scandinavica**, v. 42, p. 226-236, 1988.
- ANONYMOUS. In: SILLIKER, J. H.; ELLIOT, R. P.; BAIRD-PARKER, A. C.; BRYAN, F. L.; CHRISTIAN, J. H.B.; CLARK, D. S.; OLSON, J. C.; ROBERTS, T. A. (Org.). Microbial ecology of foods. V. 2, Food Commodities. New York: Academic Press. P. 189-192. 1980.
- ARAN, N. The effect of calcium and sodium lactates on growth from spores of *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* in a 'sous vide' beef goulash under temperature abuse. **International Journal of Food Microbiology**, v. 63, p. 117-123, 2001.
- ASGHAR, A. e YEATES, N. T. M. The mechanism for the promotion of tenderness in meat during the postmortem process. A review. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 10, n. 11, p. 105-145, 1978.
- ASHGAR, A. e BHATTI, A. R. Endogenous proteolytic enzymes in skeletal muscle: their significance in muscle and during post-mortem aging events in carcasses. **Advances in Food Research**, v. 31, p. 343-451, 1987.
- ASHGAR, A. e PEARSON, A. M. Influence of ante- and post-mortem treatments upon muscle composition and meat quality. **Advances in Food Research**, v. 26, p. 54-65, 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES. Exportação de carne bovina brasileira por país importador – de janeiro a outubro de 2007. www.abiec.com.br acessado em 25/11/2007.
- AUS-MEAT Ltda, **Value adding muscle seaming and cooking methods**. Meat & Liver Stock, 2003.
- AYRES, J. C. Temperature relationships and some other characteristics of the microbial flora developing on refrigerated beef. **Food Research**, v. 25, p. 1-18, 1960.
- BALTZER, J. The relationship between bacterial contamination and growth on meats and the quality of meat products. **Proceedings of the Reciprocal Meat Conference**, 22, p. 294, 1969.
- BEGGAN, M.; ALLEN, P.; BUTLER, F.; Shelf-life of retail beef muscles following storage in a low oxygen environment. **Journal of Muscle Foods**, v. 15, p. 269-285, 2004.
- BELL, R. G. e GAROUT, A. M. The effective product life of vacuum-packaged beef imported into Saudi Arabia by sea, as assessed by chemical, microbiological and organoleptic criteria. **Meat Science**, v. 36, p. 381-396, 1994.
- BENNING, C. J. **Plastic films for packaging technology, applications and process economics**. Lancaster, Pennsylvania: Technomic Publishing Co., Inc. 1983, p. 16.
- BENSINK, J. C. FORD, A. L.; YATES, J. R. Properties and performance of a range of commercial vacuum packaging films used for packing chilled beef. **Unpublished mimeographed report**. CSIRO, Cannon Hill, Australia, 1974.

- BENTLEY, D. S.; REAGAN, J. O. e MILLER, M. F. Effects of gas atmosphere, storage temperature and storage time on the shelflife and sensory attributes of vacuum packaged ground beef patties. **Journal of Food Science**, v. 54, p. 284-286, 1989.
- BERRY, B. W.; BUCHANAN, A.; JENNINGS, T. G. Fat thickness, marbling and aging. II. Effects on beef shelflife. **Journal of Animal Science**, v. 43, p. 237, 1976.
- BERRY, B. W.; SMITH, G. C. e CARPENTER, Z. L. Relationships of certain muscle, cartilage and bone traits to tenderness of the beef *longissimus*. **Journal of Food Science**, v. 39, p. 819-824, 1974.
- BLIXT, Y. e BORCH, E. Comparison of shelf life of vacuum-packed pork and beef. **Meat Science**, v. 60, p. 371-378, 2002.
- BORCH, E.; KANT-MUERMANS, M. e BLIXT, Y. Bacterial spoilage of meat and cured meat products. **International Journal of Food Microbiology**, v. 33, p. 103-120, 1996.
- BRASIL. Resolução RDC/ANVISA n. 12 de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicas para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção 01, p. 54, jan. 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal (LANARA). Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus **ingredientes II**. Métodos Físico Químicos. Brasília, 1981.
- BREWER, M. Z.; ZHU, L. G.; BIDNER, B.; MEISINGER, D. J.; McKEITH, F. K. Measuring pork color: effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters. **Meat Science**, v. 57, p. 169-176, 2001.
- BRODA, D. M.; DELACY, K. M.; BELL, R. G.; BRAGGINS, R. L. C. Psychrotrophic *Clostridium spp.* Associated with "blown pack" spoilage of chilled vacuum-packed red meats and dog rolls in gas-impermeable plastic casings. **International Journal of Food Microbiology**, v. 29, n. 2/3, p. 335-352, 1996.
- BROOKS, J. Postmortem formation of methemoglobin in red muscle. **Biochemical Journal**, v. 23, p. 1391-1400, 1929.
- BRUCE, H. L.; WOLFE, F. H.; JONES, S. D. M.; PRICE, M. A. Porosity in cooked beef from controlled atmosphere packaging is caused by rapid CO₂ evolution. **Food Research International**, v. 29, p. 189-193, 1996.
- BUCHANAN, R. L. e PALUMBO, S. A. *Aeromonas hydrophila* and *Aeromonas sobria* as potential food poisoning species: a review. **Journal of Food Safety**, v. 7, p.15-29, 1985.
- CANADA. Isolation and Identification of Salmonella from Foods. In: **Health Products and Food Branch**. Compendium of analytical methods: laboratory procedures of microbiological analytical of foods. [MFO-21]. Ottawa. 2002. Disponível em: www.hc-sc.gc.ca/food-aliment acesso em: 01/07/2006.
- CANTONI, C.; BOLTHER, I. Preservation of fresh beef, vacuum packed in plastic materials. Unpublished mimeographed report. Veterinary University of Milan, Italy, 1974.
- CARPENTER, C. E.; CORNFORTH, D. P. e WHITTIER, D. Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. **Meat Science**, v. 57, n. 4, p. 359-363. 2001.
- CARPENTER, Z. L.; SMITH, G. C. e VANDERZANT, C. Meat microbiology – film packaged meat. **Proceedings of the Meat Industry Research Conference**. p. 91-101, 1975.
- CAYRÉ, M. E.; VIGNOLO, G. e GARRO, O. Modeling lactic acid bacteria growth in vacuum-packaged cooked meat emulsions stored at three temperatures. **Food Microbiology**, v. 20, p. 561-566, 2003.
- CAYRÉ, M. E.; VIGNOLO, G. e GARRO, O. Effect of storage temperature and gas permeability of packaging film on the growth of lactic acid bacteria and *Brochothrix thermosphacta* in cooked meat emulsions. **Food Microbiology**, v. 22, p. 505-512, 2005.

- CAYUELA, J. M.; GIL, M. D.; BAÑÓN, S.; GARRIDO, M. D. Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on the quality of pork loin. **European Food Research and Technology**, v. 219, p. 316-320, 2004.
- CHAMBERS, A.; FITCH, R. K. e HALLIDAY, B. S. **Basic Vacuum Technology**. England: Bristol Adam Hilger, 1989. 166 p.
- CHAN, W. K.M.; FAUSTMAN, C. e DECKER, E. A. Oxymyoglobin oxidation as affected by oxidation products of phosphatidylcholine liposomes. **Journal of Food Science**, v. 62, n. 4, p. 709. 1997
- CHASCO, J.; ALZUETA, M. J.; BERIAIN, M. J.; INSAUSTI, K. Estimate of the shelf-life of beef under vacuum packaging by objective and subjective measurements. **Journal of Food Quality**, v. 26, p. 499-509, 2002.
- CHEAH, K. S.; CHEAH, A. M. Postmortem changes in structure and function of ox muscle mitochondria. 1. Electron microscopic and polarographic investigation. **Journal of Bioenergetics and Biomembranes**, v. 2, p. 85-92, 1971
- CHEFTEL, J. C. e CULIOLI, J. Effects of high pressure on meat: a review. **Meat Science**, v. 46, p. 211-236, 1997.
- CHRISTENSEN, S. K. Carcass beef down, boxed beef up. **Meat Processing**, p. 28, 1979.
- CLARK, D. S. e LENTZ, C. P. The effect of carbon dioxide on the growth of slime-producing bacteria on the fresh beef. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, J. 2, p. 72-75, 1969.
- CLARK, D. S. e LENTZ, C. P. Use of carbon dioxide for extending shelf-life of prepackaged beef. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, v. 9, p. 114-119, 1972.
- COLLINS, M. D.; RODRIGUES, U. M.; DAINTY, R. H.; EDWARDS, R. A.; ROBERTS, T. A. Taxonomic studies on a psychrophilic *Clostridium* from vacuum-packed beef: description of *Clostridium estertheticum* sp. **FEMS Letters Microbiology**, v. 96, n. 2/3, p. 235-240, 1992.
- CONCEIÇÃO, M. P. J. **Avaliação de sistemas de embalagem e condições de comercialização de carne bovina moída em atmosfera modificada**. 2002. 116p. Tese (doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP.
- CORNFORTH, D. Color: Its basis and importance. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (Org.) **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products**. Glasgow, UK: Chapman & Hall, 1994, cap. 2, p. 34-68.
- COYNE, F. P. The effect of carbon dioxide on bacterial growth. **Proceedings of the Royal Society of London** B113, p. 196-217, 1933.
- DAINTY, R. H.; EDWARDS, R. A. e HIBBARD, C. M. Spoilage of vacuum-packed beef by a *Clostridium* sp. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 49, n. 4, p. 473-486, 1989.
- DAINTY, R. H.; MacKEY, B. M. The relationship between the phenotypic properties of bacteria from chill-stored meat and spoilage process. **Journal of Applied Bacteriology, Symposium Supplement**, v. 73, p. 103S-114S, 1992.
- DAINTY, R. H.; SHAW, B. G.; ROBERTS, T. A. Microbial and chemical changes in chill-stored red meats. In: ROBERTS, T. A.; SKINNER, F. A. (Org.) **Food microbiology: advances and prospects**. London: Academic Press. 1983. p. 151-178.
- DAINTY, R. Spoilage microbes on meat and poultry. **Food Science Technology Today**, v. 3, p. 250-251, 1989.
- DANIELS, J. A.; KRISHNAMURTHI, R.; RIZVI, S. H. A review of effects of carbon dioxide on microbial growth and beef quality. **Journal of Food Protection**, v. 45, p. 532-537, 1985.
- DAUN, H.; GILBERT, S. G. How film choices affects shelf life of packaged meats. **Meat Research Institute**, v. 24, n. 2, p. 49-51, 1979.

- DAUN, H.; SOLBERG, M.; FRANKE, W.; GILBERT, S. Effect of oxygen enriched atmospheres on storage quality of packaged fresh meat. **Journal of Food Science**, v. 36, p. 1011-1014, 1971.
- DAVEY, D. L. e GILBERT, K. V. Studies in meat tenderness. 7. Changes in the fine structure of meat during aging. **Journal of food Science**, v. 34, p. 69-74, 1969.
- DAVIS, K. A.; HUFFMAN, D. L.; CORDRAY, J. A. Effect of mechanical tenderization, aging and pressing on beef quality. **Journal of Food Science**, v. 40, p. 1222-1224, 1975.
- DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. e VAN IMPE, J. Effect of dissolved carbon dioxide and temperature on the growth of *Lactobacillus sake* in modified atmospheres. **International Journal of Food and Microbiology**, v. 41, p. 231-238, 1998.
- DIXON, N. M. e KELL, B. The inhibition by CO₂ of the growth and metabolism of micro-organisms: a review. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 67, p. 109-136, 1989.
- DOHERTY, A. M.; SHERIDAN, J. J.; ALLEN, P.; McDOWELL, D. A.; BLAIR, I. S. Physical characteristics of lamb primals packaged under vacuum or modified atmospheres. **Meat Science**, v. 42, p. 315-324, 1995.
- DRANSFIELD, E. Eating quality of DFD beef. In: NIJHOFF, M. (Org.). **The problem of dark-cutting beef**. London: Ed D. E. Hood and P. V. Tarrant, p. 344. 1981.
- DRANSFIELD, E. Optimization of tenderization, ageing and tenderness. **Meat Science**, v. 36, n.1/2, p. 105-121, 1994a.
- DRANSFIELD, E. Tenderness of meat, poultry and fish. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (Org.) **Quality attributes and their measurements in meat, poultry and fish products**. Glasgow, UK: Chapman & Hall, 1994b, cap. 11, p. 289-315.
- DRANSFIELD, E.; ETHERINGTON, D. J.; TAYLOR, M. A. J. Modelling post-mortem tenderization - 2. Enzyme changes during storage of electrically stimulated and non-stimulated beef. **Meat Science**, v. 31, p. 75-84, 1992.
- EFFENBERGER, G.; SCHOTTI, K. **Empaquetado de la carne y productos carnicos**. Acribia, Zaragoza, 1972, 186 p.
- EGAN, A. F. Microbiology and storage life of chilled fresh meats. **Proceedings of the European Meeting of Meat Research Workers**, v. 30, p. 211-214, 1984.
- EGAN, A. F. e SHAY, B. J. Significance of lactobacilli and film permeability in the spoilage of vacuum-packaged refrigerated beef. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 1119-1122, 1982.
- ENFORS, S. O. e MOLIN, G. Carbon dioxide evolution of refrigerated meat. **Meat Science**, v. 10, p. 197-206, 1984.
- ENFORS, S. O. e MOLIN, G. Studies on the mechanism of the inhibition of spore germination by inert gases and carbon dioxide. In: CHAMBLISS, G.; VARY, J. C. (Org.) **Spores VII**. American Society for Microbiology, Washington D. C., 1978, p. 80-84.
- ENFORS, S. O. e MOLIN, G. The influence of temperature on the growth inhibitory effects of carbon dioxide on *Pseudomonas fragi* and *Bacillus cereus*. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 27, p. 15-19, 1981.
- ENFORS, S. O.; MOLIN, G.; TERNSTROM, A. Effect of packaging under carbon dioxide, nitrogen or air on the microbial flora of pork stored at 4°C. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 47, p. 197-208, 1979.
- ESKIN, N. A. M. **Biochemistry of Foods**. San Diego: Academic Press Inc. 1990. Ed. 2.
- EUSTACE, I. J. Some factors affecting oxygen transmission rates of plastic films for vacuum packaging of meat. **Journal of Food Technology**, v. 16, p. 73-80, 1981.
- FARIA, J. A. F. TA 711 – Embalagem de Alimentos: Roteiros de aula prática. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, 2006.

- FAUSTMAN, C. e CASSENS, R. G. The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. **Journal of Muscle Food**, v. 1, p. 217-243, 1990.
- FERNANDO, G. D.; NYCHAS, G. J. E.; PECK, M. W.; ORDÓÑEZ, J. A. Growth/survival of psychrotrophic pathogens on meat packaged under modified atmospheres. **International Journal of Food Microbiology**, v. 28, p. 221-231, 1995.
- FOEGEDING, E. A.; NAUMANN, H. D. e STRINGER, W. C. Effect of aerobic storage before vacuum packaging on the pH, color and bacterial flora of beef. **Journal of Food Protection**, v. 46, p. 287-291, 1983.
- FOX, J. B. The chemistry of meat pigments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 14, p. 207-210, 1966.
- FRANCO, B. D. G. de M. e LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 2002.
- FU, A. H.; MOLINS, R. A. e SEBRANEK, J. G. Storage quality characteristics of beef rib eye steaks packaged in modified atmospheres. **Journal of Food Science**, v. 57, 283-287, 1992.
- GARCÍA-LÓPES, M. L.; PRIETO, M. e OTERO, A. The physiological attributes of Gram-negative bacteria associated with spoilage of meat and meat products. In: DAVIES, A.; BOARD, R. (org.) **The Microbiology of meat and poultry**. London: Blackie Academic & Professional. 1998. p. 1-34.
- GARDNER, G. A.; CARSON, A. W. e PATTON, J. Bacteriology of prepacked pork with reference to the gas composition within the pack. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 30, p. 321-333, 1967.
- GATELLIER, P.; HAMELIN, C.; DURAND, Y.; RENERRE, M. Effect of a dietary vitamin E supplementation on colour stability and lipid oxidation of air- and modified atmosphere-packaged beef. **Meat Science**, v. 59, n. 2, p. 133-140. 2001.
- GEORGES, P.; STRATMAN, C. J. The oxidation of metmyoglobin by oxygen: The relation between the first order rate constant and the partial pressure of oxygen. **Biochemical Journal**, v. 51, p. 418-424. 1952.
- GIBBS, P. A. Novel uses for lactic acid fermentation in food preservation. In: GUTTERIDGE, C. S.; NORRIS, J. R. Changing perspectives in applied microbiology. **Society for Applied Bacteriology Symposium Series**. N. 16, pp. 515-585, 1987.
- GILL, C. O. Cold storage temperature fluctuations and predicting microbial growth. **Journal of Food Protection**, suppl, p. 43-47, 1996.
- GILL, C. O. Controlled atmosphere packaging of chilled meat. **Food Control**, v. 1, p. 74-78, 1990.
- GILL, C.O. Microbial interaction with meats. In: BROWN, M. H. (Org.). **Meat microbiology**. London: Applied Science Publishers. p. 255, 1982.
- GILL, C. O. The control of microbial spoilage in fresh meats. In: **Advances in meat Research. V. 2: Meat and poultry microbiology**. Org.: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. Westport: AVI Publishing Co, 1986. p. 49-88.
- GILL, C. O. The solubility of carbon dioxide in meat. **Meat Science**, v. 22, p. 65-71, 1988.
- GILL, C. O.; PHYLLIPS, D. M. e HARRISON, J. C. L. In: **Proc. Symp. Transport. Handling and Storing of Food Products in the Kingdom**. Saudi Arabia, p. 445, 1989.
- GILL, C. O. e HARRISON, J. C. I. The storage life of chilled pork packaged under carbon dioxide. **Meat Science**, v. 26, p. 313-324, 1989.
- GILL, C. O.; JONES, S. D. M. Efficiency of commercial process for the storage and distribution of vacuum packaged beef. **Journal of Food Protection**, v. 55, p. 880-887, 1992.
- GILL, C. O. e MCGINNIS, J. C. The effects of residual oxygen concentration and temperature on the degradation of the colour of beef packaged under oxygen-depleted atmospheres. **Meat Science**, v. 39, n. 3, p. 389-394. 1995.

- GILL, C. O. e NEWTON, K. G. Growth of bacteria on meat at room temperatures. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 49, p. 315-323, 1980.
- GILL, C. O. e NEWTON, K. G. Spoilage of vacuum-packaged dark, firm, dry meat at chill temperatures. **Journal of Applied Environmental Microbiology**, v. 37, p. 362-364, 1979.
- GILL, C. O. e NEWTON, K. G. The ecology of bacterial spoilage of fresh meat at chill temperatures. **Meat Science**, v. 2, p. 207-217, 1978.
- GILL, C. O. e PENNEY, N. Modification of in-pack conditions to extend the storage life of vacuum packaged lamb. **Meat Science**, v. 14, p. 43-60, 1985.
- GILL, C. O. e PENNEY, N. Packaging conditions for extended storage of chilled dark, firm, dry beef. **Meat Science**, v. 18, p. 41-53, 1986.
- GILL, C. O. e PENNEY, N. The effect of initial gas volume to meat weight ratio on the storage life of chilled beef packaged under carbon dioxide. **Meat Science**, v. 22, p. 53-63, 1988.
- GILL, C. O. e TAN, K. H. Effect of carbon dioxide on growth of *Pseudomonas fluorescens*. **Journal of Applied Environmental Microbiology**, v. 38, p. 237-240, 1979.
- GOESER, P. A. What you should know about meat appearance. **Food in Canada**, v. 22, p. 24-25, 1962.
- GRAU, F. H. The spoilage of meat and meat products. **Food Technology in Australia**, v. 30, p. 385-388, 1978.
- GRAU, F. H. Role of pH, lactate, and anaerobiosis in controlling the growth of some fermentative Gram-negative bacteria on beef. **Applied Environmental Microbiology**, v. 42, p. 1043-1050, 1981.
- GRENE, B. E.; HSIN, I. e ZIPSER, M. W. Retardation of oxidative color changes in raw ground beef. **Journal of Food Science**, v. 36, p. 940-942, 1971.
- GRIFFIN, D. B.; SAVELL, J. W.; SMITH, G. C.; VANDERZANT, C.; TERRELL, R. N.; LIND, K. D.; GALLOWAY, D. E. Centralized packaging of beef loin steaks with different oxygen-barrier films; physical and sensory characteristics. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 1059-1069, 1982.
- GULLET, E. A.; ROWE, D. L.; HINES, R. J. Sensorial assessment of the eating quality of meat. **Canadian Institute of Food Science Technology Journal**, v. 17, p. 229, 1984.
- GUTOWSKI, G. H.; HUNT, M. C.; KASTNER, C. L.; KROPF, D. H.; ALLEN, D. M. Vacuum aging, display and level of nutrition effects on beef quality. **Journal of Food Science**, v.44, n.1, p. 140-145, 1979.
- HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advances in food research**, v. 10, p. 355-463, 1960.
- HAMM, R. Water holding capacity of meat. In: COLE, D. J. A.; LAWRIE, R. A. (Org.) **Meat**. P. 324. Westport, CT: AVI Publishing. 1975.
- HANNA, M. O.; SMITH, G. C.; HALL, L. C.; VANDERZANT, C. Role of *Hafnia alvei* and *Lactobacillus* species in the spoilage of vacuum packaged strip loin steaks. **Journal of Food Protection**, v. 42, n. 7, p. 569-571, 1979.
- HAREL, S.; KANNER, J. Hydrogen peroxide generation in ground muscle tissues. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 33, p. 1186-1188, 1985.
- HAYWARD, L. H.; HUNT, M. C.; KASTNER, C. L.; KROPF, D. H. Blade tenderization effects on beef *Longissimus* sensory and instron textural measurements. **Journal of Food Science**, v. 45, p. 925-935, 1980.
- HEDRICK, H. B.; ABERLE, E. D.; FORREST, J. C.; JUDGE, M. D.; MERKEL, R. A. **Principles of meat science**. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company, 1994, p. 354, 3. ed.

- HILST, M. A. S. Estabilidade de alimentos perecíveis. In: FARIA, J. A. F. (Org.) **Sistemas de embalagem e vida de prateleira de alimentos**. 1992. Anais do seminário apresentada na Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas.
- HODGES, J. H.; CAHILL, V. R. e OCKERMAN, H. W. Effect of vacuum packaging on weight loss, microbial growth and palatability of fresh beef wholesale cuts. **Journal of Food Science**, v. 39, p. 143-146, 1974.
- HOLZAPFEL, W. H. The Gram-positive bacteria associated with meat and meat products. In DAVIES, A.; BOARD, R. (Org.) **The microbiology of meat and poultry**. London: Blackie Academic & Professional. 1998. p. 35-84.
- HONIKEL, K. O. The water binding of meat. **Fleischwirtschaft International**, v. 1, p. 14-22, 1988.
- HONIKEL, K. O.; HAMID, A.; FISCHER, C.; HAMM, R. Influence of postmortem changes in bovine muscle on the water-holding capacity of beef. Postmortem storage of muscle at various temperatures between 0 and 32°C. **Journal of Food Science**, v. 46, p. 23-25, p. 31, 1981.
- HONIKEL, K. O.; KIM, C. J.; HAMM, R.; RONCALES, P. Sarcomere shortening of pre rigor muscles and its influence on drip loss in meat. **Meat Science**, v. 16, p. 267-282, 1986.
- HOOD, D. E. Effect of packaging on meat products. **Proceedings of 22nd European Meeting Meat Research Workers** 1 : k0 : 1 - k0 : 4, 1976.
- HOOD, D. E. Factors affecting the rate of metmyoglobin accumulation in pre-packaged beef. **Meat Science**, v. 4, p. 247-265, 1980.
- HOOD, D. E. Packaged meat for export. **Farm and Food Research**, v. 1, n.1, p. 4-6, 1970.
- HOOD, D. E.; RIORDAN, E. B. Discolouration in prepackaged beef: measurement by reflectance spectrophotometry and shopper discrimination. **Journal of Food Technology**, v. 8, p. 333-343, 1973.
- HOWARD, A. The measurement of drip from frozen meat. **CSIRO Food Research Quarterly**, v. 16, p. 31, 1956.
- HUFFMAN, D. L.; DAVIS, K. A.; MARPLE, D. N.; McGUIRE, J. A. Effect of gas atmospheres on microbial growth, color and pH of beef. **Journal of Food Science**, v. 40, p. 1229-1231, 1975.
- HUNTER LAB (Hunter Associates Laboratory, Inc.). **User's manual**, versão 1.4. Reston, Virginia, 1996.
- HURST, A. e COLLINS-THOMPSON, D. L. Food as bacterial habitat. **Advances in microbial ecology**, v. 3, p. 79-134, 1979.
- HUTCHINGS, J. B. e LILLFORD, P. J. The perception of food texture – the philosophy of the breakdown path. **Journal of Texture Studying**, v. 19, p. 103-108, 1988.
- HWANG, I. H.; DEVINE, C. E. e HOPKINS, D. L. The biochemical and physical effects of electrical stimulation on beef and sheep meat tenderness. **Meat Science**, v. 65, p. 677-691, 2003.
- INGRAM, M. Microbiological principles in prepacking meats. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 25, p. 259-281, 1962.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS – ICMSF. **Microbial ecology of foods**. New York: Academic Press, 1980. v. 2, p. 333-997.
- JAKOBSEN, M.; BERTELSEN, G. The use of CO₂ in packaging of fresh red meats and its effect on chemical quality changes in the meat: a review. **Journal of Muscle Foods**, v. 13, 143-168, 2002.
- JAMES, S. J.; JAMES, C. **Meat Refrigeration**. London: Woodhead Publishing. 2002.
- JAY, J. M. **Modern food microbiology**. New York: Chapman e Hall. 1992. 4° ed.

- JAYASOORIYA, S. D.; TORLEY, P. J.; D'ARCY, B. R.; BHANDARI, B. R. Effect of high power ultrasound and ageing on the physical properties of bovine *Semitendinosus* and *Longissimus* muscles. **Meat Science**, v. 75, p. 628-639, 2007.
- JAYE, M.; KITAKA, R. S.; ORDAL, Z. J. The effect of temperature and packaging material on the storage life and bacterial flora of ground beef. **Food Technology**, v. 16, p. 95, 1962.
- JENSEN, L. B.; URBAIN, W. M. Bacteriology of green discoloration in meats and spectrophotometric characteristics of the pigments involved. **Food Research**, v. 1, p. 263-273, 1936.
- JEREMIAH, L. E. A review of factors affecting meat quality. **Research Branch Agriculture Canada**, 1978.
- JEREMIAH, L. E. Packaging alternatives to deliver fresh meats using short- or long-term distribution. **Food Research International**, v. 34, p. 749-772, 2001.
- JEREMIAH, L. E.; CARPENTER, Z. L.; SMITH, G. C. Beef color as related to consumer acceptance and palatability. **Journal of Food Science**, v. 37, p. 476-479, 1972.
- JEREMIAH, L. E. e GIBSON, L. L. The influence of packaging and storage time on the retail properties and case-life of retail-ready beef. **Food Research International**, v. 34, p. 621-631, 2001.
- JEREMIAH, L. E.; PENNEY, N. e GILL, C. O. The effects of prolonged storage under vacuum and CO₂ on the flavor and texture profiles of chilled pork. **Food Research International**, v. 25, p. 9-19, 1992.
- JEYAMKONDAN, S.; JAYAS, D. S. e HOLLEY, R. A. Review of centralized packaging systems for distribution of retail-ready meat. **Journal of Food Protection**, v. 63, p. 796-804, 2000.
- JOHNSON, B. Y. Chilled vacuum-packaged beef. A guide to processing this high quality product for the export market. **CSJRO Food Research Quarterly**, v. 34, p. 14-20, 1974.
- JOSEPH, R. L. Improving beef tenderness. **Farm Food Research**, v. 155, p. 18-19, 1976.
- KALCHAYANAND, N. Characteristics of psychrotrophic *Clostridium Laramie* causing spoilage of vacuum-packaged refrigerated fresh and roasted beef. **Journal of Food Protection**, v. 56, n. 1, p. 13-17, 1993.
- KALCHAYANAND, N.; RAY, B.; FIELD, R. A.; JOHNSON, M.C. Spoilage of vacuum-packaged refrigerated beef by *Clostridium*. **Journal of Food Protection**, v. 52, p. 424-426, 1989.
- KERRY, J. P., BUCKLEY, D. J. e MORRISSEY, P. A. Improvement of oxidative stability of beef and lamb with vitamin E. In: DECKER, E.A., FAUSTMAN, C. e LOPEZ-BOTE, C.J. (Org.) **Antioxidants in Muscle Foods**. New York: John Wiley & Sons, 2000, p. 229.
- KHAN, A. W. e LENTZ, C. P. Effects of freezing, thawing and storage on some quality factors for portion-size beef cuts. **Meat Science**, v. 1, p. 263-270, 1977.
- KING, A. D., JR. e NAGEL, C. W. Growth inhibition of a *Pseudomonas* by carbon dioxide. **Journal of Food Science**, v. 32, p. 575-579, 1967.
- KOOHMARAIE, M. The role of endogenous proteases in meat tenderness. **Proc. Recip. Meat Conf.**, v. 41, p. 89-100, 1988.
- KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, v. 36, p. 93-104, 1994.
- KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization process of meat. **Meat Science**, v. 43, sup. 1, p. S193-S201, 1996.
- KOOHMARAIE, M.; SEIDEMAN, S. C.; SCHOLLMAYER, J. E.; DUTSON, T. R.; CROUSE, J. D. Effect of post-mortem storage on Ca⁺⁺-dependent proteases, their inhibitor and myofibril fragmentation. **Meat Science**, v. 19, p. 187-196, 1987.

- KOTULA, A. W.; BERRY, B. W.; EMSWILER-ROSE, B. S. Microbiology of restructured meat and poultry products. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (Org.) **Advances in meat research, v. 3: Restructured meat and poultry products**. Westport: AVI Publishing. 1987. p. 161-220.
- LABADIE, J. Consequences of packaging on bacterial growth. Meat is an ecological niche. **Meat Science**, v. 52, p. 299-305, 1999.
- LABUZA, T. P. An introduction to active packaging of foods. **Food Technology**, v. 50, p. 68-71, 1996.
- LAMBERT, A. D.; SMITH, J. P. e DODDS, K.I. Shelf life extension and microbiological safety of fresh meat – a review. **Food microbiology**, v. 8, p. 267-297, 1991.
- LAMMERDING, A. M.; GARCIA, M. M.; MANN, E. D.; ROBINSON, Y.; DORWARD, W. J.; TRUSCOTT, R. B.; TITTIGER, F. Prevalence of *Salmonella* and thermophilic *Campylobacter* in fresh pork, beef and poultry in Canada. **Journal of Food Protection**, v. 51, p. 47-52, 1988.
- LANARI, M. C.; BEVILACQUA, A. E.; ZARITZKY, N. E. Changes in tenderness during aging of vacuum-packaged beef. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 11, n. 2. p. 95-109, 1987.
- LANARI, M. C. e CASSENS, R. G. Mitochondrial activity and beef muscle color stability. **Journal of Food Science**, v. 56, p. 1476-1479, 1991.
- LAWRIE, R. **Meat Science**. Oxford: Pergamon Press. 1974.
- LAWSON, P.; DAINITY, R. H.; KRISTIANSEN, N.; BERG, J.; COLLINS, M. C. Characteristics of psychrotrophic *Clostridium* causing spoilage in vacuum packed cooked pork: description of *Clostridium algidicarnes* sp. **Letters in Applied Microbiology**, v. 19, n. 3, p. 153-157, 1994.
- LEDWARD, D. A. Metmyoglobin formation in beef stored in carbon dioxide enriched and oxygen depleted atmospheres. **Journal of Food Science**, v. 35, p. 33-37, 1970.
- LEDWARD, D. A. Post-slaughter influences on the formation of metmyoglobin in beef muscles. **Meat Science**, v. 15, p. 149-171, 1985.
- LEE, L. M.; HAWRYSH, Z. J.; JEREMIAH, L. E.; HARDIN, R. T. Shrouding, spray-chilling and vacuum-packaged aging effects on processing and eating quality attributes of beef. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 5, p. 1270-1273, 1990.
- LEE, B. H.; SIMARD, R. E.; LALEYE, L. C.; HOLLEY, R. A. Effects of Temperature and storage duration on the microflora, physicochemical and sensory changes of vacuum- or nitrogen-packed pork. **Meat Science**, v. 13, p. 99-112, 1985.
- LEITÃO, M. F. F. Aspectos microbiológicos das carnes. In: **Higiene e sanitização na indústria de carnes e derivados**. São Paulo: Varela Editora, p. 1-5, 2003.
- LEITÃO, M. F. F. Controle microbiológico da qualidade no processamento industrial de bovinos. In: **Ciência e tecnologia da carne bovina**. Campinas: CTC/ITAL, 1995, p. 89-96.
- LYNCH, N. M.; KASTNER, C. L. e KROPF, D. H. Consumer acceptance of vacuum packaged ground beef as influenced by product color and educational materials. **Journal of Food Science**, v. 51, p. 253-255, 1986.
- LYNCH, N. M.; KASTNER, C. L.; KROPF, D. H.; CAUL, J. F. Flavor and aroma influences on acceptance of polyvinyl chloride versus vacuum packaged ground beef. **Journal of Food Science**, v. 51, p. 256-257, 1986.
- LYON, M.; KASTNER, C. L.; DIKEMAN, M. E.; HUNT, M. C.; KROPF, D. H.; SCHWENKE, J. R. Effects of Electrical Stimulation, Aging, and Blade Tenderization on Hot-Boned Beef Psoas major and Triceps brachii Muscles. **Journal of Food Science**, v. 48, p. 131-135, 1983.
- MALTON, R. e JAMES, S. J. Drip loss from wrapped meat on retail display. **Meat Industry**, v. 56, p. 39-41, 1983.

- MANCINI, R. A. e HUNT M. C. Current Research in Meat Color: A Review. **Meat Science**, v. 71, p. 100-121, 2005.
- MacDOUGALL, D. B.; TAYLOR, D. E. Color retention in fresh meat stored in oxygen – a commercial scale trial. **Journal of Food Technology**, v. 10, p. 339-347, 1975.
- MARRIOTT, N. G.; SMITH, G. C.; CARPENTER, Z. L.; HOKE, K. E. The effects of terminal vacuum level on appearance of beef. **Journal of Animal Science**, v. 43, p. 243, 1976.
- McCREADY, S. T.; MITCHELL, J. D. Processing factors affecting pheasant meat quality. **Poultry Science**, v. 48, p. 2018, 1969.
- MINKS, D. e STRINGER, W. C. The influence of aging beef in vacuum. **Journal of Food Science**, v. 37, n. 5, p. 736-738, 1972.
- MOLLER, A. J. VESTERGAARD, T.; WISMER-PEDERSEN, J. Myofibril fragmentation in bovine *longissimus dorsi* as an index of tenderness. **Journal of Food Science**, v.38, p. 824-825, 1973.
- MORAES, M. A. C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. Editora da Unicamp: Campinas, 8ª edição, 93p., 1993.
- MORRISSEY, P. A.; FOX, P. F. Tenderization of meat: a review. **Irish Journal of Food Science and Technology**, v. 5, p. 33-47, 1981.
- NEWTON, K. G.; GILL, C. O. The development of the anaerobic spoilage flora of meat stored at chill temperatures. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 44, p. 91-95, 1978.
- NEWTON, K. G.; HARRISON, J. C. L.; WAUTERS, A. M. Sources of psychrotrophic bacteria on meat at the abattoir. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 45, p. 75-82, 1978.
- NEWTON, K. G. e RIGG, W. J. The effect of film permeability on the storage life and microbiology of vacuum-packaged meat. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 47, p. 433-441, 1979.
- NICOL, D. J.; SHAW, M. K.; LEDWARD, D. A. Hydrogen sulfide production by bacteria and sulfmyoglobin formation in prepacked chilled beef. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 19, p. 937-939, 1970.
- NORTJÉ, G. L.; NAUDÉ, R. T. Microbiology of beef carcass surfaces. **Journal of Food Protection**, v. 44, p. 355-358, 1981
- NORTJÉ, G. L.; NAUMANN, H. D.; LAUBSCHER, A.; GROBLER, I.; NAUDÉ, L.; OOSTHUIZEN, W.; JORDAAN, E.; NAUDÉ, R. T. Effects of exercise, electrical stimulation and vacuum packaging on bacterial counts and tenderness of fresh beef primal cuts. **Journal of food Protection**, v. 48, p. 1036-1039, 1985.
- NORTJÉ, G. L.; NEL, L.; JORDAAN, E.; NAUDÉ, R. T. A microbiological survey of fresh meat in the supermarket trade. Part 2: Beef retail cuts. **Meat Science**, v. 25, p. 99-112, 1989.
- NOTTINGHAM, P. M. Microbiology of carcass meats. In: BROWN, M. H. (Org.). Meat microbiology. London: Applied Science Publishers. P. 13. 1982.
- O'KEEFE, M.; HOOD, D. E. Anoxic storage of fresh beef: 2. Color, stability and weight loss. **Meat Science**, v. 5, p. 267-281, 1981.
- O'KEEFFE, M. e HOOD, D. E. Biochemical factors influencing metmyoglobin formation on beef from muscles of differing colour stability. **Meat Science**, v. 7, p. 209-228, 1982.
- OCKERMANN, H. W.; PLIMPTON, R. F.; CAHILL, V. R.; BOYD, K. J. Mechanically tenderized beef. **Proceedings 22nd of European Meat Research Workers** 1 : A10 : 1-A10:6, 1976
- OFFER, G. e COUSINS, T. The mechanism of drip production: formation of two compartments of extracellular space in muscle *postmortem*. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 58, p. 107-116, 1992.

- OFFER, G.; KNIGHT, P. The structural basis of water-holding in meat part 2: Drip losses In: LAWRIE, R. A. (Org.) **Developments in Meat Research**, v. 4. London: Elsevier Applied Science. 1988. p. 173-243.
- OLIVEIRA, L. M. de, SARANTÓPOULOS, C. I. G. L., CUNHA, D. G., MOREIRA, C. Q., LEMOS, A. B. **Diagnóstico da qualidade tecnológica de embalagens plásticas barreira a gases utilizadas para preservação de produtos cárneos**. Relatório final FAPESP, processo 2000/09565-0. Campinas, CETEA – ITAL, 2003, 61p.
- ORDAL, Z. J. Anaerobic packaging of fresh meat. **Proceedings of the Meat Industry Research Conference - American Meat Institute Foundation**, Chicago 14, p. 39-45, 1962.
- ORDÓÑEZ, J. A.; PABLO, B. de; CASTRO, B. P. de; ASENSIO, M. A.; SANZ, B. Selected chemical and microbiological changes in refrigerated pork stored in carbon dioxide and oxygen enriched atmospheres. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 39, p. 668-672, 1991.
- ORMENESE, F. M. **Efeito do processo Tender Tainer de maturação sob pressão na maciez da carne bovina**. 1995. Dissertação (mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas – SP.
- PASSOS, R. B. **Efeitos de dois tipos de embalagem a vácuo e de um monoglicerídeo acetilado (DFG) na microbiota deterioradora e patogênica da carne bovina armazenada sob refrigeração**. 1991. 138 f. Dissertação (mestrado em Ciência de Alimentos) – Departamento de Ciência de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP.
- PATTERSON, J. T. e GIBBS, P. A. Incidence and spoilage potential of isolates from vacuum packaged meat of high pH value. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 43, p. 25-38, 1977.
- PATTERSON, J. T.; SUTHERLAND, J. P. The microflora developing aerobically on beef after aging *in vacuo*. **Proceedings of European Meeting Meat Research Workers**, v. 19, p. 327-341, 1973.
- PAYNE, S. R.; DURHAM, C. J.; SCOTT, S. M.; DEVINE, C. E. The effects of non-vacuum packaging systems on drip loss from chilled beef. **Meat Science**, v. 49, p. 277-287, 1998.
- PAYNE, S. R.; DURHAM, C. J.; SCOTT, S. M.; PENNEY, N.; BELL, R. G.; DEVINE, C. E. The effects of rigor temperature, electrical stimulation, storage duration and packaging systems on drip loss in beef. **Proceedings of the 43rd International Congress of Meat Science and Technology, Auckland**, G1-22, pp. 592-593, 1997.
- PEARSON, D. Assessment of meat freshness in quality control employing chemical techniques: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 19, p. 357, 1968.
- PENNY, I. F. The effect of freezing on the amount of drip from meat. In: MRI Symposium n. 3. **Meat Freezing Why and How**. 8.1 (Ed.) C. L. Cutting. Meat Research Institute, Langford, Bristol. 1974
- PENNEY, N. e BELL, R. G. Effect of residual oxygen on the colour, odour and taste of carbon dioxide-packaged beef, lamb and pork during short term storage at chill temperatures. **Meat Science**, v. 33, p. 245-252, 1993.
- PERDUE, R. R. KUEHNE, R. O.; BROWN, W. L. Vacuum packaging to extend shelf life of fresh beef. In: **35th Annual Meeting of Food Technologist**, Chicago, Illinois, 1975.
- PFEIFFER, T. e MENNER, M. Modified atmosphere packaging for self-service fresh meat – Change of gas atmosphere during storage. **Fleischwirtschaft**, v. 12, p. 79-83, 1999.
- PIERSON, M. D.; COLLINS-THOMPSON, D. L.; ORDAL, Z. J. Microbiological, sensory, and pigment changes of aerobically and anaerobically packaged beef. **Food Technology**, v. 24, p. 1171, 1970.
- PIRKO, P. C.; AYRES, J. C. Pigment changes in packaged beef during storage. **Food Technology**, v. 11, p. 461, 1957.

- PISKE, D. **Effect of oxygen exposure on color stability of ground beef**. Master of Science. Kansas State University, Manhattan, Kansas, 1986, 98p.
- QVIST, S. Microbiology of sliced vacuum packed meat products. **Proceedings of 22nd European Meeting of Meat Research Workers**, 1 : k4 : 1-k4:7. 1976.
- RAMSBOTTOM, J. M. **Pakaging: The Science of Meat and Meat Products**. San Francisco: W. H. Freeman and Company. 1971. Ed. 2. p. 514.
- RANSOM, S. L.; WALKER, D. A.; CLARKE, I. D. Effects of carbon dioxide on mitochondrial enzymes from *Ricinus*. **Biochemical Journal**, v. J 76, p. 216, 1960.
- RATTANASOMBOOM, N.; BELLARA, S. R.; HARDING, C. L.; FRYER, P. J.; THOMAS, C. R.; AL-RUBEAI, M.; MCFARLAME, L. M. Growth and enumeration of the meat spoilage bacterium *Brochotrix thermosphact*. **International Journal of Food Microbiology**, v. 51, n. 2/3, p. 145-158, 1999.
- RENERRE, M. e MAZUEL, J. P. Relations entre methods de mesures instrumentals et sensorielles de la couleur de la viande, **Science des Aliments**, v. 5, p. 541-557, 1985.
- RENERRE, M. Review: Factors Involved in The discoloration of beef meat. **International Journal of Food Science and Technology**, p. 613-630. 1990
- REVIERE, R. D. Vacuum packaging of fresh red meats. In: **Proceedings of the Second International Conference and Exhibition on Controlled atmosphere packaging**. CAP'86. 10-12 de Setembro, 1986. New Jersey, EUA. Schotland Business Research.
- RIZVI, S. S. H. Flexible packaging material properties that influence shelf life. In: **Am. Meat Science Association**. Proceedings of the Meat Industry Conference. New Orleans, Louisiana, p. 125-141, September, 1984.
- ROÇA, R. O.; SERRANO, A. M. Abate de bovinos: alterações microbianas da carcaça. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 9, n. 35, p. 8-13, 1995.
- ROME, E. X-ray diffraction studies of the filament lattice of striades muscle in various bathing media. **Journal Mol. Biol.** , v. 37, p. 331-344, 1968.
- ROTABAKK, B. T.; LEKANG, O. I.; SIVERTSVIK, M. Voumetric method to determine carbon dioxide solubility and absorption rate in foods packaged in flexible or semi rigid package. **Journal of Food Engineering**, v. 82, p. 43-50, 2007.
- ROTH, L. A. e CLARK, D. S. Studies on the bacterial flora of vacuum-packaged fresh beef. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 18, p. 1761-1766, 1972.
- ROUSSET, S. e RENERRE, M. Effect of CO₂ or vacuum packaging on normal and high pH meat shel-life. **International Journal of Food Science and Tchnology**, v. 26, p. 641-652, 1991.
- SACHAROW, S. e GRIFFIN, R. C. Jr. **Food Packaging, a guide for the supplier, processor, and distributor**. Westport, Connecticut: The AVI, 1970. 412 p.
- SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. Embalagem a vácuo e com atmosfera modificada para carnes frescas. In: CETEA, Ital (Org.) **Embalagens para produtos cárneos**. Campinas, SP: CETEA, 1991, p. 1-20.
- SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M. de; CANAVESI, E. Carnes, aves, pescados e derivados. In: **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**, Campinas, SP: CETEA, 2001, p. 151-174.
- SAVELL, J. W.; GRIFFIN, D. B.; DILL, C. W.; ACUFF, G. R.; VANDERZANT, C. Effect of film oxygen transmission rate on lean color and microbiological characteristics of vacuum-packaged beef knuckles. **Journal of Food Protection**, v. 49, p. 917, 1986.
- SCHOEBITZ, R.; VEGA, J. A. de La e TAMAYO, R. Calidad microbiológica y sensorial de carne de vacuno envasada al vacío almacenada a diferentes temperaturas. **Fleischwirtschaft español**, v. 2, p. 31-36, 1990.

- SEARS, D. F. e EISENBERG, R. M. A model representing a physiological role of CO₂ at the cell membrane. **Journal of General Physiology**, v. 44, p. 869-887, 1961.
- SEIDEMAN, S. C.; CARPENTER, Z. L.; SMITH, G. C.; DILL, D. W.; VANDERZANT, C. Physical characteristics and microbial flora of vacuum packaged beef. **Journal of Animal Science**, v. 43, p. 246, 1976a.
- SEIDEMAN, S. C.; CARPENTER, Z. L.; SMITH, G. C.; DILL, D. W.; VANDERZANT, C. Physical and sensory characteristics of beef packaged in modified gas atmospheres. **Journal of Food Protection**, v. 42, p. 233, 1979a.
- SEIDEMAN, S. C.e DURLAND, P. R. Vacuum packaging of fresh beef: a review. **Journal of Food Quality**, v. 6, p. 29-47, 1983.
- SEIDEMAN, S. C.; SMITH, G. C.; CARPENTER, Z. L.; DUTSON, T. R.; DILL, C. W. Modified gas atmospheres and changes in beef during storage. **Journal of Food Science**, v. 44, p. 1036-1046, 1979b.
- SEIDEMAN, S. C.; VANDERZANT, C.; SMITH, G. C.; HANNA, M. O.; CARPENTER, Z. L. Effect of degree of vacuum and length of storage on the physical characteristics of vacuum packaged beef wholesale cuts. **Journal of Food Science**, v. 41, p. 732-737, 1976b.
- SEIDEMAN, S. C.; VANDERZANT, C.; SMITH, G. C.; HANNA, M. O.; CARPENTER, Z. L. Effect of degree of vacuum and length of storage on the microflora of vacuum packaged beef wholesale cuts. **Journal of Food Science**, v. 41, n. , p. 738-742, 1976c.
- SEMAN, D. L.; DREW K. R.; CLARKEN, P. A.; LITTLEJOHN, R. P. Influence of packaging method and length of chilled storage on microflora, tenderness and colour stability of venison loins. **Meat Science**, v. 22, n. 4, p. 267-282, 1988.
- SHACKELFORD, S. D.; MORGAN, J.B.; CROSS, H. R.; SAVELL, J. W. Identification of threshold levels for Warner Bratzler shear force in beef top loin steaks. **Journal of Muscle Foods**, v. 2, p. 289, 1991.
- SHAW, S. T. Past half-way point, move to boxed beef is accelerating. **National Provisioner**, v. , p. 12, 1973.
- SMIDDY, M.; FITZGERALD, M.; KERRY, J. P.; PAPKOVSKY, D. B.; O'SULLIVAN, C. K.; GUILBAULT, G. G. Use of oxygen sensors to non-destructively measure the oxygen content in modified atmosphere and vacuum packed beef: impact of oxygen content on lipid oxidation. **Meat Science**, v. 61, p. 285-290, 2002.
- SMITH, G. C. Consideration for fresh meat packaging. **National Provisioner**, v. 31, p. 27, 1981.
- SOFOS, J. N. Microbial growth and its control in meat, poultry and fish. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (Org.). **Quality Attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products**. Maryland: Aspen Publication, 1999. p. 359-403.
- SORHEIM, O.; KROPF, D. H.; HUNT, M. C.; KARWOSKI, M. T.; WARREN, K. E. Effects of modified gas atmosphere packaging on pork loin color, display life and drip loss. **Meat Science**, v. 43, p. 203-212, 1996.
- SORHEIM, O.; LEA, P.; ANDERSEN, A. K.; HANSTOL, J. Color of beef loins stored in carbon dioxide with oxygen scavengers. In: ACKERMANN, P.; TAGERSTAD, M.; OHLSSON. (Org.). **Trends in packaging materials – chemical interactions**. Lund, Sweeden: Royal Society of Chemistry. 1995. p. 217-228)
- SORHEIM, O. e HILDRUM, K. I. Muscle stretching techniques for improving meat tenderness. **Trends in Food Science and Technology**, v. 13, p. 127-135, 2002.
- SORHEIM, O.; OFSTAD, R. e LEA, P. Effects of carbon dioxide on yield, texture and microstructure of cooked ground beef. **Meat Science**, v. 67, p. 231-236, 2004.

- STIEBING, A. e KARNITZSCHY, I. A new way of packaging fresh meat without using vacuum. **Fleischwirtschaft**, v. 77, p. 246-248, 1997.
- TAYLOR, A. A. Extending shelf life in retail packaged meats. **Meat Processing International**, v. 6, p. 16-24, 1983.
- TAYLOR, A. A. Gases in fresh meat packaging. **Meat World**, v. 5, p. 3-6, 1972.
- TAYLOR, A. A. Packaging of fresh meat. In: Lawrie, R. (Org.). **Development of Meat Science**, 1 ed., London: Elsevier, 1985.
- TEWARI, G.; JAYAS, D. S. e HOLLEY, R. A. Centralized packaging of retail meat cuts: a review. **Journal of Food Protection**, v. 62, p. 418-425, 1999.
- TUMA, H. J.; HENRICKSON, R. L.; ODELL, G. L.; STEPHENS, D. F. Variation in the physical and chemical characteristics of the LD muscle from animals differing in age. **Journal of Animal Science**, v. 22, p. 354-357, 1963.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. www.usda.gov acessado em 25/11/2007.
- VANDERZANT, C.; HANNA, M. O.; EHLERS, J. G.; SAVELL, J. W.; SMITH, G. C.; GRIFFIN, D. B.; TERRELL, R. N.; LIND, K. D.; GALLOWAY, D. E. Centralized packaging of beef loin steaks with different oxygen-barrier films: microbiological characteristics. **Journal of Food Science**, v. 47, n. 4, p. 1070-1079, 1982.
- VARNAM, A. H. e SUTHERLAND, J. P. **Meat and meat products: technology, chemistry and microbiology**. London: Chapman & Hall. 1995. 2° ed.
- VENTURINI, A. C. **Embalagem de transporte (masterpack) com atmosfera modificada e absorvedores de oxigênio para aumento da vida útil da carne bovina**. 2003. 130 p. Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- WALSH, H. M. e KERRY, J. P. Meat Packaging. University College Cork. In: **Meat Processing**. London: Woodhead Publishing Limited. 2002.
- WHEELER, T. L.; MILLER, R. K.; SAVELL, J. W.; CROSS, H. R. Palatability of chilled and frozen beef steaks. **Journal of Food Science**, v. 55, p. 301-304, 1990.
- WHITE, D. C. Anaesthetic and enzyme interactions. In: HALSEY, M. J.; MILLAR, R. A.; SUTTON, J. A. (Org.) **Molecular mechanisms in general anaesthesia**. p. 209-221. Churchill Livingstone, Edinburgh. 1974.
- WIJZES, T.; WIT, J. C. de; HUIS, J. H. J.; VAN'T RIET, K.; ZWIETERING, M. H. Modelling bacterial growth of *Lactobacillus curvatus* as a function of acidity and temperature. **Applied Environmental Microbiology**, v. 61, p. 2533-2539, 1995.
- WISMER-PEDERSEN, J. Recent advances in muscular postmortem biochemistry. **Proceedings of 22nd European Meeting of Meat Research Workers** 1 : BO : 1-BO:4, 1976.
- WOLFE, S. K. Use of CO and CO₂ enriched atmospheres for meats, fish and produce. **Food Technology**, v. 43, p. 55-58, 1980.
- ZAMORA, M. C.; ZARITZKY, N. E. Modeling of microbial growth in refrigerated packaged beef. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 1003-1006, 1985.
- ZHAO, Y.; WELLS, J. H.; McMILLIN, K. W. Applications of dynamic modified atmospheres packaging systems for fresh red meats: a review. **Journal of Muscle foods**, v. 5, p. 299-328, 1994.
- ZARATE, J. R.; ZARITZKY, N. E. Production of weep in packaged refrigerated meat. **Journal of Food Science**, v. 50, n. 1, p. 155-159, 1985.

ANEXO

Ficha da análise sensorial

Nome: _____ Data: _____

Você está recebendo uma amostra de carne bovina assada. Por favor, observe, aspire e prove a amostra e marque na escala o que você achou.

9. Gostei muitíssimo
8. Gostei muito
7. Gostei moderadamente
6. Gostei ligeiramente
5. Nem gostei nem desgostei
4. Desgostei ligeiramente
3. Desgostei moderadamente
2. Desgostei muito
1. Desgostei muitíssimo

	AMOSTRA

APARÊNCIA	_____
AROMA	_____
SABOR	_____
TEXTURA	_____
SUCULÊNCIA	_____
IMPRESSÃO GLOBAL	_____

Comentários: _____

—

Em relação a compra deste produto, qual seria sua atitude:

	AMOSTRA

Eu certamente não compraria	_____
Eu provavelmente não compraria	_____
Eu tenho dúvida se compraria ou não	_____
Eu provavelmente compraria	_____
Eu certamente compraria	_____

Comentários: _____

APÊNDICE

Resultados microbiológicos

TABELA 11 – Contagem bacteriana de amostras estocadas a 0°C.

Tempo (dias)	Contagem padrão	Contagem (log UFC/g)		
		Bactérias Láticas	Psicrotróficos aeróbios	Psicrotróficos anaeróbios
1	3,60	2,20	2,70	2,19
14	4,82	4,97	6,53	6,38
28	5,63	5,64	7,40	7,23
35	5,54	5,46	7,36	7,11
42	4,98	5,56	7,43	6,62
49	5,79	5,83	7,25	7,09
56	5,73	5,63	7,23	7,06
64	5,42	5,74	6,85	6,83
72	5,49	6,25	7,25	7,14

TABELA 12 – Contagem bacteriana de amostras estocadas a 2°C.

Tempo (dias)	Contagem padrão	Contagem (log UFC/g)		
		Bactérias Láticas	Psicrotróficos aeróbios	Psicrotróficos anaeróbios
1	3,60	2,20	2,70	2,19
14	5,54	5,39	6,12	6,91
21	5,80	5,88	7,44	7,35
28	6,26	6,23	7,72	7,36
35	6,17	6,22	7,25	7,25
42	5,97	5,03	7,52	7,48
49	5,86	5,93	7,05	7,23
56	5,75	5,77	7,32	7,08

TABELA 13 – Contagem bacteriana de amostras estocadas a 4°C.

Tempo (dias)	Contagem (log UFC/g)			
	Contagem padrão	Bactérias Láticas	Psicrotróficos aeróbios	Psicrotróficos anaeróbios
1	3,60	2,20	2,70	2,19
14	6,20	8,22	7,76	7,42
21	6,40	6,45	6,73	6,65
28	6,93	6,92	7,72	7,68
35	6,45	6,28	7,59	7,42
42	7,25	7,21	7,75	7,63

TABELA 14 – Contagem bacteriana de amostras estocadas a 7°C.

Tempo (dias)	Contagem (log UFC/g)			
	Contagem padrão	Bactérias Láticas	Psicrotróficos aeróbios	Psicrotróficos anaeróbios
1	3,60	2,20	2,70	2,19
7	6,50	6,43	7,82	7,44
14	7,59	7,57	8,11	8,06
21	7,05	6,98	7,84	7,68
28	7,13	7,09	7,70	7,39

TABELA 15 – Contagem bacteriana de amostras estocadas a 10°C.

Tempo (dias)	Contagem (log UFC/g)			
	Contagem padrão	Bactérias Láticas	Psicrotróficos aeróbios	Psicrotróficos anaeróbios
1	3,60	2,20	2,70	2,19
7	6,87	6,71	7,89	7,54
14	7,32	7,24	7,84	7,70

Resultados Físico-químicos

TABELA 16 – Valores de pH interno do corte de amostras estocadas a diferentes temperaturas de estocagem.

Tempo (dias)	Temperatura de estocagem (°C)					MDS*
	0	2	4	7	10	
2	5,68 ^a	5,68 ^a	5,68 ^a	5,68 ^a	5,68 ^a	0
8	5,71 ^a	5,65 ^a	5,71 ^a	5,63 ^a	5,68 ^a	0,12
15	5,55 ^a	5,45 ^a	5,46 ^a	5,37 ^a	5,43 ^a	0,25
22	5,61 ^a	5,59 ^{ab}	5,42 ^{bc}	5,40 ^c	5,27 ^c	0,19
29	5,67 ^a	5,48 ^b	5,42 ^b	5,24 ^c	5,23 ^c	0,17
36	5,58 ^a	5,43 ^b	5,42 ^b	5,41 ^b	5,28 ^c	0,12
43	5,71 ^{ab}	5,54 ^{bc}	5,35 ^{cd}	5,29 ^d	5,75 ^a	0,20
51	5,67 ^a	5,44 ^b	5,50 ^b	5,24 ^c	5,36 ^{bc}	0,15
57	5,60 ^a	5,46 ^b	5,27 ^c	-	-	0,13
65	5,59 ^a	5,33 ^b	5,25 ^b	-	-	0,19
71	5,53 ^a	5,47 ^a	5,16 ^b	-	-	0,14
78	5,50 ^a	5,21 ^b	-	-	-	0,19

^{a-c} valores na mesma linha com diferentes letras sobscritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 17 – Valores de pH interno do corte de amostras estocadas a diferentes temperaturas de estocagem ao longo do tempo.

Tempo (dias)	Temperatura de estocagem (°C)					MDS*
	0	2	4	7	10	
2	5,68 ^{abc}	5,68 ^a	5,68 ^{ab}	5,68 ^a	5,68 ^a	0
8	5,71 ^a	5,65 ^a	5,71 ^a	5,63 ^a	5,68 ^a	0,12
15	5,55 ^{abc}	5,45 ^{abc}	5,46 ^{bdc}	5,37 ^{bc}	5,43 ^b	0,25
22	5,61 ^{abc}	5,59 ^{ab}	5,42 ^{cd}	5,40 ^b	5,27 ^b	0,19
29	5,67 ^{abc}	5,48 ^{ab}	5,42 ^{cd}	5,24 ^d	5,23 ^b	0,17
36	5,58 ^{abc}	5,43 ^{abc}	5,42 ^{cd}	5,41 ^b	5,28 ^b	0,12
43	5,71 ^{ab}	5,54 ^{ab}	5,35 ^{cde}	5,29 ^{bdc}	5,75 ^a	0,20
51	5,67 ^{abc}	5,44 ^{abc}	5,50 ^{abc}	5,24 ^{cd}	5,36 ^b	0,15
57	5,60 ^{abc}	5,46 ^{abc}	5,27 ^{de}	-	-	0,13
65	5,59 ^{abc}	5,33 ^{bc}	5,25 ^{de}	-	-	0,19
71	5,53 ^{bc}	5,47 ^{abc}	5,16 ^e	-	-	0,14
78	5,50 ^c	5,21 ^c	-	-	-	0,19

^{a-c} valores na mesma linha com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 18 – Valores de pH do exsudato das amostras estocadas a diferentes temperaturas de estocagem.

Tempo (dias)	Temperatura de estocagem (°C)					MDS*
	0	2	4	7	10	
2	5,76 ^a	5,76 ^a	5,76 ^a	5,76 ^a	5,76 ^a	0
8	5,69 ^a	5,59 ^{ab}	5,56 ^{ab}	5,38 ^{bc}	5,21 ^c	0,23
15	5,40 ^a	5,09 ^b	4,88 ^b	4,86 ^b	4,90 ^b	0,28
22	5,45 ^a	5,09 ^b	4,94 ^b	4,94 ^b	5,09 ^b	0,17
29	5,32 ^a	5,04 ^a	4,99 ^a	5,01 ^a	4,99 ^a	0,44
36	5,19 ^a	5,06 ^a	5,06 ^a	5,04 ^a	5,14 ^a	0,35
43	5,13 ^b	5,20 ^b	5,11 ^b	5,08 ^b	5,83 ^a	0,62
51	5,27 ^a	5,10 ^a	5,34 ^a	5,04 ^a	5,18 ^a	0,47
57	5,27 ^a	5,25 ^a	5,07 ^a	-	-	0,81
65	5,19 ^a	5,15 ^a	5,27 ^a	-	-	0,67
71	5,24 ^b	5,46 ^a	5,15 ^b	-	-	0,18
78	5,35 ^a	5,12 ^a	-	-	-	2,03

^{a-c} valores na mesma linha com diferentes letras sobscritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 19 – Valores de pH do exsudato das amostras estocadas a diferentes temperaturas de estocagem, comparadas ao longo do tempo.

Tempo (dias)	Temperatura de estocagem (°C)					MDS*
	0	2	4	7	10	
2	5,76 ^a	5,76 ^a	5,76 ^a	5,76 ^a	5,76 ^a	0
8	5,69 ^{ab}	5,59 ^{ab}	5,56 ^{ab}	5,38 ^b	5,21 ^b	0,23
15	5,40 ^{abc}	5,09 ^c	4,88 ^d	4,86 ^c	4,90 ^b	0,28
22	5,45 ^{abc}	5,09 ^c	4,94 ^{cd}	4,94 ^c	5,09 ^b	0,17
29	5,32 ^{abc}	5,04 ^c	4,99 ^{cd}	5,01 ^c	4,99 ^b	0,44
36	5,19 ^{bc}	5,06 ^c	5,06 ^{cd}	5,04 ^c	5,14 ^b	0,35
43	5,13 ^c	5,20 ^{bc}	5,11 ^{cd}	5,08 ^c	5,83 ^a	0,62
51	5,27 ^{abc}	5,10 ^c	5,34 ^{bc}	5,04 ^c	5,18 ^b	0,47
57	5,27 ^{abc}	5,25 ^{bc}	5,07 ^{cd}	-	-	0,81
65	5,19 ^{bc}	5,15 ^{bc}	5,27 ^{bcd}	-	-	0,67
71	5,24 ^{abc}	5,46 ^{abc}	5,15 ^{cd}	-	-	0,18
78	5,35 ^{abc}	5,12 ^{bc}	-	-	-	2,03

^{a-c} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 20 – Valores de exsudação (%) para diferentes temperaturas de estocagem .

Tempo (dias)	Temperatura de estocagem (°C)					MDS*
	0	2	4	7	10	
2	1,81 ^a	1,81 ^a	1,81 ^a	1,81 ^a	1,81 ^a	0
8	4,70 ^a	5,51 ^a	5,81 ^a	4,75 ^a	4,61 ^a	9,41
15	4,14 ^a	4,42 ^a	5,94 ^a	6,05 ^a	5,21 ^a	3,16
22	3,87 ^b	6,29 ^{ab}	6,56 ^{ab}	5,78 ^{ab}	8,15 ^a	3,27
29	5,22 ^b	8,20 ^{ab}	10,01 ^a	10,53 ^a	10,54 ^a	4,76
36	6,96 ^a	6,92 ^a	9,36 ^a	8,29 ^a	8,84 ^a	6,26
43	6,29 ^a	7,51 ^a	8,90 ^a	8,68 ^a	7,27 ^a	5,06
51	6,97 ^b	9,83 ^{ab}	8,60 ^{ab}	13,93 ^a	12,01 ^{ab}	6,78
57	6,97 ^a	7,96 ^a	9,40 ^a	-	-	4,85
65	5,96 ^a	6,75 ^a	10,84 ^a	-	-	9,56
71	8,04 ^{ab}	7,11 ^b	11,89 ^a	-	-	4,26
78	8,17 ^b	9,99 ^a	-	-	-	1,08

^{a-b} valores na mesma linha com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 21 – Valores de exsudação (%) para diferentes temperaturas de estocagem por tempo.

Tempo (dias)	Temperatura de estocagem (°C)					MDS*
	0	2	4	7	10	
2	1,81 ^c	1,81 ^b	1,81 ^d	1,81 ^d	1,81 ^d	0
8	4,70 ^{abc}	5,51 ^{ab}	5,81 ^{cd}	4,75 ^{cd}	4,61 ^{cd}	9,41
15	4,14 ^{bc}	4,42 ^{ab}	5,94 ^{bc}	6,05 ^{bcd}	5,21 ^{bcd}	3,16
22	3,87 ^{bc}	6,29 ^{ab}	6,56 ^{ab}	5,78 ^{cd}	8,15 ^{abc}	3,27
29	5,22 ^{abc}	8,20 ^a	10,01 ^{abc}	10,53 ^{ab}	10,54 ^{ab}	4,76
36	6,96 ^{ab}	6,92 ^{ab}	9,36 ^{abc}	8,29 ^{bc}	8,84 ^{abc}	6,26
43	6,29 ^{ab}	7,51 ^{ab}	8,90 ^{abc}	8,68 ^{bc}	7,27 ^{abcd}	5,06
51	6,97 ^{ab}	9,83 ^a	8,60 ^{abc}	13,93 ^a	12,01 ^a	6,78
57	6,97 ^{ab}	7,96 ^a	9,40 ^{abc}	-	-	4,85
65	5,96 ^{ab}	6,75 ^{ab}	10,84 ^{ab}	-	-	9,56
71	8,04 ^a	7,11 ^{ab}	11,89 ^a	-	-	4,26
78	8,17 ^a	9,99 ^a	-	-	-	1,08

^{a-b} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 22 – Valores da concentração de CO₂ (%) dentro da embalagem em diferentes temperaturas de estocagem por tempo.

Tempo (dias)	Temperatura de estocagem (°C)					MDS*
	0	2	4	7	10	
2	7,95 ^a	7,95 ^a	7,95 ^a	7,95 ^a	7,95 ^a	0
8	11,65 ^a	11,50 ^a	12,25 ^a	12,65 ^a	12,65 ^a	8,52
15	9,35 ^c	12,30 ^{bc}	14,85 ^{abc}	19,65 ^a	18,50 ^{ab}	7,04
22	8,05 ^b	9,40 ^b	13,50 ^{ab}	15,70 ^{ab}	23,60 ^a	13,45
29	8,15 ^c	14,35 ^{bc}	19,15 ^{bc}	30,35 ^{ab}	46,45 ^a	18,66
36	8,50 ^d	13,50 ^{cd}	22,70 ^b	21,10 ^{bc}	52,90 ^a	7,78
43	10,45 ^d	16,15 ^{cd}	21,55 ^c	47,40 ^b	71,00 ^a	6,69
51	11,10 ^c	22,20 ^c	38,30 ^{bc}	62,15 ^{ab}	90,20 ^a	36,22
57	13,7 ^b	19,30 ^{ab}	37,45 ^a	-	-	20,58
65	16,65 ^a	22,45 ^a	42,80 ^a	-	-	45,94
71	15,75 ^b	18,80 ^b	33,05 ^a	-	-	11,34
78	17,15 ^a	26,40 ^a	-	-	-	47,65

^{a-d} valores na mesma linha com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 23 – Valores do nível de vácuo (mmHg) dentro da embalagem em diferentes temperaturas de estocagem por tempo.

Tempo (dias)	Temperatura de estocagem (°C)					MDS*
	0	2	4	7	10	
2	625,0 ^a	625,0 ^a	625,0 ^a	625,0 ^a	625,0 ^a	0
8	625,0 ^{ab}	625,0 ^{ab}	637,5 ^a	600,0 ^{ab}	587,5 ^b	43,04
15	625,0 ^a	625,0 ^a	550,0 ^a	450,0 ^a	325,0 ^a	302,33
22	650,0 ^a	625,0 ^a	512,5 ^{ab}	462,5 ^{ab}	225,0 ^b	371,11
29	650,0 ^a	587,50 ^a	450,0 ^b	175,0 ^c	100,0 ^d	70,29
36	600,0 ^a	562,5 ^a	400,0 ^a	350,0 ^{ab}	75,0 ^b	302,33
43	600,0 ^a	575,0 ^a	450,0 ^a	225,0 ^b	50,0 ^b	192,50
51	600,0 ^a	525,0 ^a	375,0 ^{ab}	50,0 ^{bc}	00,0 ^c	325,93
57	600,0 ^a	550,0 ^a	200,0 ^b	-	-	240,49
65	550,0 ^a	475,0 ^a	225,0 ^b	-	-	208,27
71	562,5 ^a	500,0 ^a	100,0 ^b	-	-	180,37
78	525,0 ^a	275,0 ^a	-	-	-	635,29

^{a-d} valores na mesma linha com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 24 – Dados de cor das amostras estocadas a 0°C obtidos da superfície dos cortes sobre a embalagem a vácuo.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE^*
1	36,84 ^a	10,04 ^a	8,87 ^a	41,47 ^a	13,39 ^a	0,00
8	39,57 ^a	8,68 ^a	6,07 ^a	34,80 ^a	10,60 ^a	4,14
15	40,15 ^a	8,93 ^a	6,46 ^a	35,68 ^a	11,05 ^a	4,25
22	41,71 ^a	9,40 ^a	7,55 ^a	38,69 ^a	12,08 ^a	5,09
29	44,07 ^a	8,34 ^a	7,26 ^a	40,87 ^a	11,10 ^a	7,60
36	43,04 ^a	9,17 ^a	6,01 ^a	32,95 ^a	10,97 ^a	6,88
43	42,58 ^a	10,35 ^a	6,75 ^a	33,15 ^a	12,36 ^a	6,13
51	44,27 ^a	9,05 ^a	7,02 ^a	37,83 ^a	11,45 ^a	7,72
57	40,70 ^a	10,14 ^a	6,69 ^a	33,43 ^a	12,15 ^a	4,43
65	41,33 ^a	10,69 ^a	7,37 ^a	34,57 ^a	12,98 ^a	4,78
71	43,31 ^a	10,06 ^a	6,72 ^a	33,72 ^a	12,10 ^a	6,82
78	42,05 ^a	9,95 ^a	6,28 ^a	32,45 ^a	11,78 ^a	5,83
MDS*	8,05	2,73	3,67	15,87	3,31	

^a valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 25 – Dados de cor das amostras estocadas a 2°C o obtidos da superfície dos cortes sobre a embalagem a vácuo.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE^*
1	36,84 ^b	10,04 ^{abc}	8,87 ^a	41,47 ^a	13,39 ^{ab}	0,00
8	43,39 ^a	7,77 ^c	5,26 ^a	34,08 ^{ab}	9,38 ^b	7,81
15	43,09 ^a	8,98 ^{bc}	7,88 ^a	41,00 ^a	11,96 ^{ab}	6,42
22	42,43 ^{ab}	8,77 ^{bc}	6,54 ^a	36,72 ^{ab}	10,95 ^{ab}	6,19
29	44,39 ^a	10,39 ^{abc}	6,86 ^a	33,45 ^{ab}	12,45 ^{ab}	7,83
36	44,49 ^a	9,80 ^{abc}	6,58 ^a	33,82 ^{ab}	11,80 ^{ab}	7,99
43	41,75 ^{ab}	10,85 ^{abc}	6,48 ^a	30,68 ^b	12,63 ^{ab}	5,52
51	42,79 ^{ab}	13,00 ^a	8,68 ^a	33,48 ^{ab}	15,64 ^b	6,65
57	41,43 ^{ab}	10,77 ^{abc}	7,27 ^a	33,97 ^{ab}	13,00 ^{ab}	4,92
65	42,01 ^{ab}	11,35 ^{ab}	7,56 ^a	33,65 ^{ab}	13,64 ^{ab}	5,49
71	44,64 ^a	10,71 ^{abc}	7,10 ^a	33,20 ^{ab}	12,87 ^{ab}	8,03
78	41,98 ^{ab}	10,56 ^{abc}	6,77 ^a	32,59 ^{ab}	12,54 ^{ab}	5,58
MDS*	6,03	3,55	4,71	9,90	5,46	

^{a-c} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 26 – Dados de cor das amostras estocadas a 4°C obtidos da superfície dos cortes sobre a embalagem a vácuo.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE*
1	36,84 ^a	10,04 ^a	8,87 ^a	41,47 ^a	13,39 ^a	0,00
8	44,36 ^a	8,24 ^a	5,79 ^a	35,09 ^a	10,07 ^a	8,32
15	43,81 ^a	9,70 ^a	7,27 ^a	36,90 ^a	12,14 ^a	7,17
22	43,68 ^a	9,91 ^a	7,24 ^a	35,95 ^a	12,31 ^a	7,04
29	44,91 ^a	12,08 ^a	8,13 ^a	34,01 ^a	14,56 ^a	8,36
36	43,14 ^a	10,24 ^a	6,21 ^a	31,25 ^a	11,98 ^a	6,84
43	43,36 ^a	11,86 ^a	8,21 ^a	34,64 ^a	14,43 ^a	6,80
51	41,56 ^a	10,69 ^a	6,36 ^a	30,84 ^a	12,45 ^a	5,39
57	39,67 ^a	11,93 ^a	7,47 ^a	32,04 ^a	14,07 ^a	3,68
65	41,65 ^a	10,07 ^a	6,79 ^a	34,39 ^a	12,15 ^a	5,25
71	42,59 ^a	10,86 ^a	7,13 ^a	33,36 ^a	12,99 ^a	6,07
MDS*	5,29	4,48	3,11	12,13	4,75	

^a valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 27 – Dados de cor das amostras estocadas a 7°C obtidos da superfície dos cortes sobre a embalagem a vácuo.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE*
1	36,84 ^c	10,04 ^a	8,87 ^a	41,47 ^a	13,39 ^a	0,00
8	46,53 ^a	7,85 ^a	6,29 ^{ab}	38,73 ^a	10,06 ^a	10,26
15	43,65 ^b	9,78 ^a	6,25 ^{ab}	32,56 ^a	11,60 ^a	7,31
22	42,24 ^b	11,16 ^a	7,03 ^{ab}	32,01 ^a	13,20 ^a	5,81
29	42,83 ^b	10,75 ^a	6,87 ^{ab}	32,48 ^a	12,76 ^a	6,36
36	42,72 ^b	10,75 ^a	6,97 ^{ab}	32,94 ^a	12,81 ^a	6,23
43	41,82 ^b	9,29 ^a	6,60 ^{ab}	35,97 ^a	11,44 ^a	5,52
51	43,16 ^b	7,49 ^a	5,71 ^b	37,45 ^a	9,42 ^a	7,51
MDS*	2,82	4,33	2,89	14,14	4,38	

^{a-c} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 28 – Dados de cor das amostras estocadas a 10°C obtidos da superfície dos cortes sobre a embalagem a vácuo.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE^*
1	36,84 ^b	10,04 ^{ab}	8,87 ^a	41,47 ^a	13,39 ^a	0,00
8	46,12 ^a	7,93 ^{bc}	5,83 ^a	36,34 ^a	9,84 ^{ab}	10,00
15	44,72 ^a	9,33 ^{abc}	6,26 ^a	33,71 ^a	11,24 ^{ab}	8,33
22	45,47 ^a	9,96 ^a	6,45 ^a	33,01 ^a	11,86 ^{ab}	8,97
29	46,44 ^a	10,56 ^a	7,73 ^a	36,21 ^a	13,09 ^{ab}	9,68
36	42,74 ^a	10,01 ^{ab}	6,97 ^a	34,90 ^a	12,19 ^{ab}	6,20
43	44,79 ^a	9,77 ^{ab}	6,77 ^a	34,69 ^a	11,88 ^{ab}	8,23
51	43,68 ^a	7,11 ^c	5,40 ^a	36,28 ^a	8,98 ^b	8,21
MDS*	4,30	2,50	4,04	14,36	4,13	

^{a-c} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 29 – Dados de cor da superfície das peças estocadas a 0°C após a abertura da embalagem a vácuo.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE^*
1	35,14 ^a	14,71 ^a	12,16 ^a	39,60 ^a	19,08 ^a	0,00
8	34,96 ^a	13,64 ^a	12,83 ^a	43,27 ^a	18,74 ^a	1,27
15	37,96 ^a	12,56 ^a	11,02 ^a	41,30 ^a	16,71 ^a	3,72
22	39,76 ^a	13,61 ^a	12,74 ^a	43,16 ^a	18,64 ^a	4,79
29	41,26 ^a	11,23 ^a	11,62 ^a	45,79 ^a	16,18 ^a	7,06
36	42,00 ^a	12,46 ^a	10,93 ^a	41,21 ^a	16,58 ^a	7,32
43	41,45 ^a	12,61 ^a	11,23 ^a	41,82 ^a	16,89 ^a	6,71
51	42,74 ^a	12,09 ^a	11,98 ^a	44,79 ^a	17,02 ^a	8,04
57	39,66 ^a	13,53 ^a	11,67 ^a	40,79 ^a	17,87 ^a	4,69
65	41,46 ^a	12,42 ^a	11,06 ^a	41,69 ^a	16,63 ^a	6,81
71	42,91 ^a	12,86 ^a	11,36 ^a	41,47 ^a	17,15 ^a	8,02
78	40,94 ^a	12,11 ^a	10,71 ^a	41,57 ^a	16,16 ^a	6,52
MDS*	8,08	4,01	3,16	8,82	4,39	

^a valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 30 – Dados de cor da superfície das peças estocadas a 2°C após a abertura da embalagem a vácuo.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE^*
1	35,14 ^b	14,71 ^a	12,16 ^a	39,60 ^a	19,08 ^a	0,00
8	35,79 ^{ab}	13,13 ^{ab}	12,37 ^a	43,32 ^a	18,04 ^a	1,72
15	40,36 ^{ab}	11,78 ^b	11,17 ^a	43,34 ^a	16,24 ^a	6,06
22	39,64 ^{ab}	13,17 ^{ab}	12,12 ^a	42,52 ^a	17,92 ^a	4,75
29	40,59 ^{ab}	14,06 ^{ab}	11,85 ^a	40,12 ^a	18,38 ^a	5,49
36	42,52 ^{ab}	14,09 ^{ab}	11,93 ^a	40,26 ^a	18,46 ^a	7,40
43	40,12 ^{ab}	13,11 ^{ab}	10,73 ^a	39,28 ^a	16,94 ^a	5,42
51	43,33 ^a	13,44 ^{ab}	12,18 ^a	41,96 ^a	18,16 ^a	8,28
57	40,71 ^{ab}	13,73 ^{ab}	11,89 ^a	40,85 ^a	18,16 ^a	5,66
65	40,98 ^{ab}	12,82 ^{ab}	10,62 ^a	39,65 ^a	16,66 ^a	6,32
71	41,92 ^{ab}	13,80 ^{ab}	11,47 ^a	39,63 ^a	17,95 ^a	6,87
78	39,33 ^{ab}	13,40 ^{ab}	10,90 ^a	39,13 ^a	17,27 ^a	4,56
MDS*	7,96	2,83	4,75	9,53	4,69	

^{a-b} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 31 – Dados de cor da superfície das peças estocadas a 4 °C após a abertura da embalagem a vácuo.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE*
1	35,14 ^a	14,71 ^a	12,16 ^a	39,60 ^a	19,08 ^a	0,00
8	40,36 ^a	12,37 ^a	12,85 ^a	46,14 ^a	17,84 ^a	5,76
15	39,36 ^a	13,99 ^a	12,56 ^a	41,92 ^a	18,80 ^a	4,30
22	40,24 ^a	13,52 ^a	11,81 ^a	41,41 ^a	17,98 ^a	5,24
29	42,65 ^a	14,27 ^a	12,69 ^a	41,65 ^a	19,09 ^a	7,54
36	42,00 ^a	13,67 ^a	10,95 ^a	38,73 ^a	17,52 ^a	7,04
43	41,67 ^a	13,37 ^a	11,01 ^a	39,39 ^a	17,33 ^a	6,76
51	38,52 ^a	13,36 ^a	10,92 ^a	39,35 ^a	17,25 ^a	3,84
57	37,49 ^a	13,79 ^a	10,34 ^a	36,85 ^a	17,23 ^a	3,11
65	39,46 ^a	11,30 ^a	10,10 ^a	42,25 ^a	15,16 ^a	5,88
71	40,75 ^a	11,95 ^a	10,83 ^a	42,59 ^a	16,16 ^a	6,39
MDS*	9,43	6,24	2,92	11,09	6,09	

^a valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 32 – Dados de cor da superfície das peças estocadas a 7 °C após a abertura da embalagem a vácuo.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE*
1	35,14 ^a	14,71 ^a	12,16 ^a	39,60 ^a	19,08 ^a	0,00
8	39,10 ^a	11,04 ^a	12,39 ^a	48,72 ^a	16,61 ^a	5,40
15	40,66 ^a	14,52 ^a	12,78 ^a	41,35 ^a	19,34 ^a	5,55
22	40,75 ^a	15,71 ^a	13,34 ^a	40,35 ^a	20,61 ^a	5,82
29	40,34 ^a	13,99 ^a	11,80 ^a	40,10 ^a	18,30 ^a	5,26
36	43,27 ^a	13,49 ^a	11,71 ^a	40,96 ^a	17,86 ^a	8,23
43	38,98 ^a	10,35 ^a	9,50 ^a	42,86 ^a	14,09 ^a	6,38
MDS*	9,03	7,64	5,32	12,18	8,79	

^a valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 33 – Dados de cor da superfície das peças estocadas a 10°C após a abertura da embalagem a vácuo.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE*
1	35,14 ^b	14,71 ^a	12,16 ^b	39,60 ^b	19,08 ^a	0,00
8	40,25 ^{ab}	14,13 ^a	15,28 ^a	47,29 ^a	20,81 ^a	6,02
15	41,07 ^b	13,70 ^a	12,51 ^{ab}	42,40 ^{ab}	18,56 ^a	6,02
22	39,55 ^{ab}	15,69 ^a	12,68 ^{ab}	38,98 ^b	20,18 ^a	4,54
29	40,89 ^a	13,21 ^a	12,26 ^{ab}	42,88 ^{ab}	18,02 ^a	5,94
36	40,53 ^a	13,20 ^a	10,85 ^b	39,44 ^b	17,08 ^a	5,74
43	40,73 ^a	13,22 ^a	10,71 ^b	38,94 ^b	17,01 ^a	5,96
MDS*	5,24	3,70	3,09	5,72	4,43	

^{a-b} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 34 – Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 0°C obtidos logo após o corte da carne.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE*
1	36,21 ^a	11,83 ^a	9,11 ^{ab}	37,61 ^a	14,93 ^a	0,00
8	37,33 ^a	12,09 ^a	10,84 ^a	41,86 ^a	16,24 ^a	2,08
15	37,64 ^a	11,67 ^a	9,22 ^{ab}	38,30 ^a	14,87 ^a	1,44
22	40,17 ^a	10,97 ^a	9,25 ^{ab}	40,07 ^a	14,35 ^a	4,05
29	40,71 ^a	11,14 ^a	9,39 ^{ab}	39,93 ^a	14,59 ^a	4,56
36	40,49 ^a	10,68 ^a	8,21 ^{ab}	37,44 ^a	13,47 ^a	4,53
43	38,95 ^a	10,67 ^a	7,97 ^b	36,77 ^a	13,32 ^a	3,19
51	40,27 ^a	11,01 ^a	8,86 ^{ab}	38,85 ^a	14,13 ^a	4,15
57	39,12 ^a	11,45 ^a	8,67 ^{ab}	37,10 ^a	14,36 ^a	2,97
65	39,38 ^a	10,84 ^a	7,79 ^b	35,67 ^a	13,35 ^a	3,57
71	40,44 ^a	10,89 ^a	8,16 ^{ab}	36,81 ^a	13,61 ^a	4,43
78	40,59 ^a	10,64 ^a	7,92 ^b	36,67 ^a	13,26 ^a	4,69
MDS*	7,04	2,32	2,76	7,54	3,09	

^{a-b} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 35 – Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 2°C obtidos logo após o corte da carne.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE^*
1	36,21 ^b	11,83 ^{ab}	9,11 ^{ab}	37,61 ^a	14,93 ^{ab}	0,00
8	36,94 ^{ab}	12,81 ^a	11,27 ^a	41,31 ^a	17,06 ^a	2,48
15	39,19 ^{ab}	10,49 ^b	8,84 ^{ab}	39,80 ^a	13,74 ^{ab}	3,28
22	39,66 ^{ab}	10,66 ^{ab}	8,26 ^{ab}	37,69 ^a	13,50 ^b	3,73
29	40,05 ^{ab}	11,05 ^{ab}	8,40 ^{ab}	37,14 ^a	13,89 ^{ab}	3,98
36	41,92 ^{ab}	11,67 ^{ab}	8,90 ^{ab}	37,27 ^a	14,68 ^{ab}	5,71
43	38,64 ^{ab}	10,59 ^b	7,47 ^b	35,13 ^a	12,96 ^b	3,18
51	42,63 ^a	11,66 ^{ab}	9,82 ^{ab}	39,95 ^a	15,27 ^{ab}	6,46
57	40,08 ^{ab}	10,34 ^b	7,64 ^b	36,42 ^a	12,86 ^b	4,40
65	40,51 ^{ab}	11,39 ^{ab}	8,47 ^{ab}	36,59 ^a	14,20 ^{ab}	4,37
71	41,52 ^{ab}	11,07 ^{ab}	8,34 ^{ab}	36,87 ^a	13,86 ^{ab}	5,42
78	42,53 ^a	12,12 ^{ab}	9,04 ^{ab}	36,70 ^a	15,12 ^{ab}	6,33
MDS*	6,03	2,17	3,30	8,34	3,34	

^{a-b} valores na mesma coluna com diferentes letras sobscritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 36 – Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 4°C obtidos logo após o corte da carne.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE*
1	36,21 ^d	11,83 ^a	9,11 ^{ab}	37,61 ^{bcd}	14,93 ^a	0,00
8	37,34 ^{cd}	12,20 ^a	11,20 ^a	42,59 ^a	16,56 ^a	2,40
15	38,89 ^{bcd}	11,02 ^a	8,72 ^b	38,33 ^{bc}	14,05 ^a	2,83
22	38,94 ^{bcd}	11,17 ^a	8,35 ^b	36,79 ^{bcd}	13,95 ^a	2,91
29	41,37 ^{ab}	11,50 ^a	9,35 ^{ab}	39,10 ^{ab}	14,82 ^a	5,17
36	41,01 ^{abc}	10,68 ^a	7,85 ^b	36,33 ^{bcd}	13,26 ^a	5,09
43	41,25 ^{ab}	10,98 ^a	8,32 ^b	37,09 ^{bcd}	13,78 ^a	5,17
51	40,48 ^{bc}	11,73 ^a	8,65 ^b	36,40 ^{bcd}	14,57 ^a	4,29
57	39,76 ^{bcd}	13,21 ^a	8,81 ^b	33,66 ^d	15,88 ^a	3,83
65	41,57 ^{ab}	12,29 ^a	8,54 ^b	34,81 ^{cd}	14,98 ^a	5,41
71	44,42 ^a	12,33 ^a	9,26 ^{ab}	36,90 ^{bcd}	15,42 ^a	8,22
MDS*	3,78	3,40	2,32	4,05	4,00	

^{a-d} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 37 – Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 7°C obtidos logo após o corte da carne.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE*
1	36,21 ^c	11,83 ^a	9,11 ^b	37,61 ^b	14,93 ^b	0,00
8	38,23 ^{bc}	11,97 ^a	11,05 ^a	42,70 ^a	16,29 ^a	2,80
15	39,14 ^{abc}	11,24 ^a	8,70 ^b	37,73 ^b	14,21 ^b	3,01
22	39,73 ^{ab}	11,25 ^a	8,72 ^b	37,78 ^b	14,23 ^b	3,59
29	40,70 ^{ab}	11,89 ^a	9,50 ^b	38,59 ^{ab}	15,23 ^{ab}	4,50
36	41,65 ^a	11,36 ^a	8,95 ^b	38,22 ^{ab}	14,46 ^b	5,46
43	41,44 ^a	12,06 ^a	8,64 ^b	35,60 ^b	14,84 ^b	5,26
MDS*	3,14	1,01	1,43	4,61	1,28	

^{a-c} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 38 – Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 10°C obtidos logo após o corte da carne.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE*
1	36,21 ^b	11,83 ^{ab}	9,11 ^{bc}	37,61 ^{ab}	14,93 ^{abc}	0,00
8	36,94 ^b	12,65 ^a	11,30 ^a	41,78 ^a	16,97 ^a	2,45
15	38,05 ^{ab}	10,92 ^{bc}	8,46 ^c	37,71 ^{ab}	13,82 ^{bc}	2,15
22	38,33 ^{ab}	12,13 ^a	9,10 ^{bc}	36,88 ^b	15,17 ^{abc}	2,14
29	42,41 ^a	12,23 ^a	10,19 ^{ab}	39,76 ^{ab}	15,92 ^{ab}	6,30
36	41,76 ^a	12,04 ^a	8,93 ^{bc}	36,51 ^b	14,99 ^{abc}	5,55
43	39,68 ^{ab}	10,60 ^c	7,71 ^c	36,03 ^b	13,10 ^c	3,94
MDS*	4,70	1,07	1,69	4,30	2,25	

^{a-c} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 39 – Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 0°C obtidos após exposição de 30 minutos.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE*
1	37,76 ^a	16,31 ^b	11,86 ^b	36,01 ^a	20,17 ^b	0,00
8	37,19 ^a	19,72 ^{ab}	16,52 ^a	39,96 ^a	25,73 ^a	5,80
15	38,60 ^a	18,31 ^{ab}	13,67 ^{ab}	36,77 ^a	22,85 ^{ab}	2,82
22	41,76 ^a	17,27 ^{ab}	13,38 ^{ab}	37,65 ^a	21,86 ^{ab}	4,38
29	41,57 ^a	17,48 ^{ab}	13,67 ^{ab}	37,96 ^a	22,20 ^{ab}	4,38
36	41,74 ^a	17,21 ^{ab}	12,45 ^b	35,86 ^a	21,25 ^b	4,12
43	39,61 ^a	17,52 ^{ab}	12,43 ^b	35,37 ^a	21,48 ^b	2,28
51	41,06 ^a	18,23 ^{ab}	13,97 ^{ab}	37,44 ^a	22,97 ^{ab}	4,36
57	39,59 ^a	20,08 ^a	13,66 ^{ab}	34,21 ^a	24,28 ^{ab}	4,56
65	40,43 ^a	18,34 ^{ab}	12,70 ^b	34,71 ^a	22,31 ^{ab}	3,45
71	41,32 ^a	17,97 ^{ab}	13,16 ^{ab}	36,23 ^a	22,27 ^{ab}	4,14
78	40,63 ^a	17,99 ^{ab}	13,14 ^b	36,16 ^a	22,28 ^{ab}	3,56
MDS*	7,10	3,42	3,37	6,05	4,19	

^{a-b} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 40 – Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 2°C obtidos após exposição de 30 minutos.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE^*
1	37,76 ^a	16,31 ^b	11,86 ^b	36,01 ^a	20,17 ^b	0,00
8	38,17 ^a	20,15 ^a	16,38 ^a	39,08 ^a	25,97 ^a	5,94
15	40,08 ^a	16,83 ^{ab}	13,05 ^{ab}	37,70 ^a	21,32 ^{ab}	2,65
22	40,70 ^a	18,14 ^{ab}	13,15 ^{ab}	35,89 ^a	22,41 ^{ab}	3,70
29	40,48 ^a	19,17 ^{ab}	14,08 ^{ab}	36,24 ^a	23,79 ^{ab}	4,53
36	42,68 ^a	18,78 ^{ab}	14,09 ^{ab}	36,84 ^a	23,48 ^{ab}	5,94
43	39,41 ^a	17,44 ^{ab}	12,11 ^{ab}	34,74 ^a	21,24 ^{ab}	2,02
51	43,69 ^a	18,71 ^{ab}	15,14 ^{ab}	38,90 ^a	24,08 ^{ab}	7,18
57	38,90 ^a	17,85 ^{ab}	12,02 ^{ab}	33,98 ^a	21,53 ^{ab}	1,92
65	40,75 ^a	18,12 ^{ab}	13,20 ^{ab}	36,01 ^a	22,42 ^{ab}	3,74
71	42,04 ^a	17,70 ^{ab}	13,35 ^{ab}	36,96 ^a	22,18 ^{ab}	4,74
78	41,73 ^a	18,46 ^{ab}	14,10 ^{ab}	37,39 ^a	23,23 ^{ab}	5,04
MDS*	6,72	3,50	4,40	6,40	5,02	

^{a-b} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 41 – Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 4°C obtidos após exposição de 30 minutos.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE^*
1	37,76 ^{cd}	16,31 ^a	11,86 ^b	36,01 ^{bc}	20,17 ^a	0,00
8	37,48 ^d	18,89 ^a	16,31 ^a	40,81 ^a	24,96 ^a	5,15
15	39,87 ^{bcd}	18,73 ^a	14,01 ^{ab}	36,80 ^{bc}	23,38 ^a	3,86
22	39,07 ^{bcd}	18,65 ^a	13,23 ^{ab}	35,33 ^c	22,87 ^a	3,01
29	41,80 ^{ab}	19,22 ^a	14,59 ^{ab}	37,21 ^{bc}	24,13 ^a	5,68
36	41,23 ^{abc}	17,12 ^a	12,66 ^{ab}	36,47 ^{bc}	21,29 ^a	3,65
43	41,55 ^{ab}	17,95 ^a	13,35 ^{ab}	36,59 ^{bc}	22,37 ^a	4,39
51	41,07 ^{abc}	18,46 ^a	13,69 ^{ab}	36,56 ^{bc}	22,98 ^a	4,35
57	40,04 ^{bcd}	18,98 ^a	13,61 ^{ab}	35,63 ^c	23,36 ^a	3,93
65	41,46 ^{ab}	15,88 ^a	11,94 ^{ab}	36,99 ^{bc}	19,87 ^a	3,72
71	43,97 ^a	16,41 ^a	13,25 ^{ab}	38,92 ^{ab}	21,09 ^a	6,36
MDS*	3,47	5,43	3,94	3,19	6,60	

^{a-d} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 42 – Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 7°C obtidos após exposição de 30 minutos.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE^*
1	37,76 ^c	16,31 ^a	11,86 ^b	36,01 ^b	20,17 ^b	0,00
8	38,29 ^c	20,00 ^a	16,88 ^a	40,15 ^a	26,17 ^a	6,25
15	40,02 ^{abc}	19,08 ^a	14,08 ^{ab}	36,41 ^{ab}	23,72 ^{ab}	4,21
22	38,60 ^{bc}	19,66 ^a	14,22 ^{ab}	35,88 ^b	24,27 ^{ab}	4,19
29	41,49 ^{ab}	19,00 ^a	14,60 ^{ab}	37,53 ^{ab}	23,97 ^{ab}	5,35
36	42,48 ^a	17,64 ^a	13,29 ^b	36,97 ^{ab}	22,09 ^{ab}	5,11
43	41,66 ^{ab}	17,57 ^a	13,25 ^b	37,11 ^{ab}	22,01 ^{ab}	4,33
MDS*	3,11	4,70	3,18	3,83	5,46	

^{a-c} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 43 – Dados de cor da superfície dos bifes das amostras estocadas a 10°C obtidos após exposição de 30 minutos.

Tempo (dias)	L*	a*	b*	h*	C*	ΔE*
1	37,76 ^c	16,31 ^a	11,86 ^d	36,01 ^a	20,17 ^b	0,00
8	37,27 ^c	19,14 ^a	16,00 ^a	39,91 ^a	24,95 ^a	5,04
15	38,56 ^c	17,25 ^a	12,71 ^{cd}	36,41 ^a	21,42 ^{ab}	1,49
22	39,22 ^{bc}	19,57 ^a	14,62 ^{abc}	36,77 ^a	24,43 ^a	4,51
29	43,46 ^a	18,94 ^a	15,21 ^{ab}	38,77 ^a	24,29 ^a	7,11
36	42,74 ^{ab}	17,87 ^a	13,13 ^{bcd}	36,32 ^a	22,18 ^{ab}	5,37
43	39,54 ^{bc}	16,28 ^a	11,74 ^d	35,78 ^a	20,07 ^b	1,78
MDS*	3,91	3,58	2,34	4,60	3,89	

^{a-d} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 44 - Dados de Chroma (C*) dos bifes obtidos das amostras estocadas a diferentes temperaturas de estocagem antes da exposição ao ar.

Tempo (dias)	Temperatura (°C)					MDS*
	0	2	4	7	10	
1	14,93 ^a	0,00				
8	16,24 ^a	17,07 ^a	16,56 ^a	16,29 ^a	16,97 ^a	4,42
15	14,87 ^a	13,75 ^a	14,06 ^a	14,22 ^a	13,82 ^a	2,49
22	14,35 ^a	13,50 ^a	13,95 ^a	14,23 ^a	15,17 ^a	2,96
29	14,59 ^a	13,89 ^a	14,83 ^a	15,23 ^a	15,92 ^a	3,41
36	13,48 ^a	14,68 ^a	13,26 ^a	14,46 ^a	14,99 ^a	3,10
43	13,32 ^a	12,97 ^a	13,79 ^a	14,84 ^a	13,10 ^a	3,55
51	14,13 ^a	15,27 ^a	14,58 ^a	-	-	5,34
57	14,36 ^a	12,86 ^b	15,88 ^c	-	-	1,45
65	13,35 ^a	14,21 ^a	14,98 ^a	-	-	5,11
71	13,61 ^a	13,86 ^a	15,42 ^a	-	-	2,94
78	13,27 ^a	15,12 ^a	-	-	-	10,10

^a valores na mesma linha com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 45 – Dados de Chroma (C*) dos bifes obtidos das amostras estocadas a diferentes temperaturas de estocagem após 30 minutos de exposição ao ar.

Tempo (dias)	Temperatura (°C)					MDS*
	0	2	4	7	10	
1	20,17 ^a	0,00				
8	25,73 ^a	25,97 ^a	24,96 ^a	26,17 ^a	24,95 ^a	4,93
15	22,85 ^a	21,32 ^a	23,39 ^a	23,72 ^a	21,43 ^a	3,75
22	21,86 ^a	22,42 ^a	22,87 ^a	24,27 ^a	24,43 ^a	8,36
29	22,20 ^a	23,79 ^a	24,13 ^a	23,97 ^a	24,29 ^a	3,83
36	21,25 ^a	23,48 ^a	21,30 ^a	22,09 ^a	22,18 ^a	6,09
43	21,48 ^a	21,24 ^a	22,38 ^a	22,02 ^a	20,07 ^a	4,89
51	22,97 ^a	24,09 ^a	22,98 ^a	-	-	3,66
57	24,28 ^a	21,53 ^a	23,37 ^a	-	-	5,36
65	22,31 ^a	22,43 ^a	19,88 ^a	-	-	11,11
71	22,28 ^a	22,18 ^a	21,09 ^a	-	-	6,17
78	22,28 ^a	23,23 ^a	-	-	-	19,50

^a valores na mesma linha com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

TABELA 46 – Valores de perda de cozimento e força de cisalhamento por temperatura de estocagem ao longo do tempo.

Tempo (dias)	Temperatura de estocagem (°C)									
	0		2		4		7		10	
	Perda coz. (%)	Força Cisal. (kgf)	Perda coz. (%)	Força Cisal. (kgf)	Perda coz. (%)	Força Cisal. (kgf)	Perda coz. (%)	Força Cisal. (kgf)	Perda coz. (%)	Força Cisal. (kgf)
3	28,40 ^a	7,58 ^b	28,40 ^{ab}	7,58 ^c	28,40 ^a	7,58 ^c	28,40 ^{ab}	7,58 ^b	28,40 ^a	7,58 ^b
10	30,09 ^{ab}	6,22 ^{ab}	27,96 ^a	6,34 ^{abc}	31,90 ^b	7,37 ^{bc}	26,56 ^a	6,23 ^{ab}	31,63 ^{ab}	5,74 ^{ab}
17	31,90 ^{abc}	6,37 ^{ab}	31,16 ^{ab}	7,14 ^{bc}	32,00 ^b	5,28 ^{abc}	31,93 ^{ab}	5,01 ^a	33,15 ^{ab}	5,46 ^{ab}
24	31,91 ^{abc}	5,10 ^{ab}	31,53 ^{ab}	5,39 ^{abc}	32,59 ^{bc}	5,18 ^{ab}	32,70 ^{ab}	4,20 ^a	32,99 ^{ab}	4,03 ^a
31	34,00 ^{bc}	5,18 ^{ab}	33,02 ^{ab}	4,43 ^{ab}	34,85 ^{abcd}	4,55 ^a	34,99 ^{ab}	4,54 ^a	34,39 ^b	3,67 ^a
38	32,21 ^{abc}	5,49 ^{ab}	33,03 ^{ab}	5,11 ^{abc}	36,04 ^{de}	4,79 ^a	34,61 ^{ab}	4,56 ^a	-	-
45	30,88 ^{abc}	5,60 ^{ab}	32,80 ^{ab}	6,01 ^{abc}	35,60 ^{de}	5,46 ^{abc}	35,16 ^b	4,65 ^a	-	-
52	33,80 ^{bc}	5,40 ^{ab}	33,44 ^{ab}	4,04 ^a	35,35 ^{cde}	4,98 ^{ab}	-	-	-	-
59	33,39 ^{bc}	5,23 ^{ab}	30,90 ^{ab}	7,17 ^{bc}	36,82 ^e	4,12 ^a	-	-	-	-
66	33,20 ^{abc}	3,99 ^a	34,94 ^{ab}	6,22 ^{abc}	35,60 ^{de}	4,91 ^a	-	-	-	-
73	35,53 ^c	4,35 ^{ab}	32,32 ^{ab}	6,01 ^{abc}	33,51 ^{bcd}	4,24 ^a	-	-	-	-
80	34,04 ^{bc}	5,73 ^{ab}	36,60 ^b	4,50 ^{ab}	-	-	-	-	-	-
MDS*	4,87	3,38	8,57	2,92	3,00	2,39	8,45	2,36	5,00	2,13

^{a-e} valores na mesma coluna com diferentes letras sobrescritas são diferentes ($p < 0,05$).

* MDS = Mínima Diferença Significativa

Fotos



FIGURA 27 – Carne embalada a vácuo estocado a 10°C, com 36 dias de estocagem.



FIGURA 28 – Carne estocada a 10°C logo após o corte, aos 36 dias de estocagem.



FIGURA 29 – Carne estocada a 10°C após 30 minutos de exposição ao ar, aos 36 dias de estocagem.