

UNICAMP

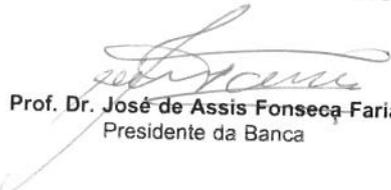
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE EMBALAGEM E CONDIÇÕES DE
COMERCIALIZAÇÃO DE CARNE BOVINA MOÍDA EM ATMOSFERA
MODIFICADA.**

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por **Maria Paula Junqueira Conceição**, aprovada pela Comissão Julgadora em 21 de outubro de 2002.

Campinas, 21 de Outubro de 2002.


Prof. Dr. José de Assis Fonseca Faria
Presidente da Banca

MARIA PAULA JUNQUEIRA CONCEIÇÃO
ENGENHEIRA DE ALIMENTOS

Prof. Dr. JOSÉ DE ASSIS FONSECA FARIA
ORIENTADOR

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

Campinas, 2002.

i
UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIDADE BC
Nº CHAMADA T/UNICAMP
C744a
V _____ EX _____
TOMBO BCI 51526
PROC 16.837102
C _____ D^x _____
PREÇO R\$11,00
DATA 14/11/02
Nº CPD _____

CM00176483--5

BIB ID 266990

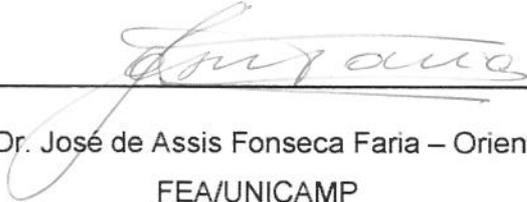
FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. – UNICAMP

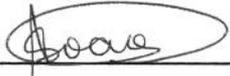
C744a Conceição, Maria Paula Junqueira
Avaliação de sistemas de embalagem e condições de
comercialização de carne bovina moída em atmosfera
modificada / Maria Paula Junqueira Conceição. – Campinas, SP:
[s.n.], 2002.

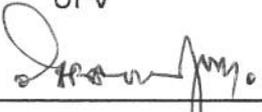
Orientador: José de Assis Fonseca Faria
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia de Alimentos

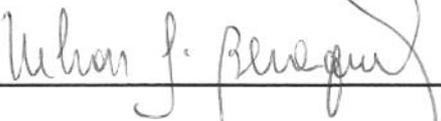
1.Carne bovina. 2.Carne-Conservação. 3.Embalagens.
4.Temperatura. 5.*Atmosfera modificada. I.Faria, José de Assis
Fonseca. II.Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de
Engenharia de Alimentos. III.Título.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. José de Assis Fonseca Faria – Orientador
FEA/UNICAMP


Profa. Dra. Nilda de Fátima Soares – Membro Titular
UFV


Prof. Dr. Carlos Alberto Rodrigues Anjos – Membro Titular
FEA/UNICAMP


Dr. Néilson José Beraquet – Membro Titular
CTC/ITAL


Profa. Dra. Marisa Padula – Membro Titular
CETEA/ITAL

Prof. Dr. Mauro Faber de Freitas Leitão – Membro Suplente
FEA/UNICAMP

Profa. Dra. Maria Aparecida Azevedo P. da Silva – Membro Suplente
FEA/UNICAMP

20025491

Eu tenho uma espécie de dever
de dever de sonhar, de sonhar sempre,
pois sendo mais do que um espectador de mim mesmo,
eu tenho que ter o melhor espetáculo que posso.
E assim, me construo a ouro e sedas,
Em salas supostas,
Invento palco, cenário, para viver o meu sonho,
Entre luzes brandas e músicas invisíveis...

(Fernando Pessoa)

...Sonhar mais um sonho impossível
Lutar quando é fácil ceder
Vencer o inimigo invencível
Negar, quando a regra é vender
Sofrer a tortura implacável
Romper a incabível prisão
Voar no limite improvável
Tocar o inacessível chão
É minha lei, é minha questão
Virar esse mundo
Cravar esse chão
Não me importa saber, se é terrível
demais,
quantas guerras terei que vencer por
um pouco de paz
E amanhã se esse chão que eu beijei
for meu leito e perdão
vou saber que valeu delirar
e morrer de paixão
E assim, seja lá como for,
vai ter fim a infinita aflição
e o mundo vai ver uma flor
brotar do impossível chão!

(Chico Buarque e Ruy Guerra)

Dedico este trabalho a todas as pessoas que conheci e que, de alguma forma, contribuíram para minha evolução. Em especial ao meu avô, Roberto Ribeiro Junqueira, exemplo de integridade, amor, dedicação e paciência, de quem sentirei muita saudade.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Campinas, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos (FEA/UNICAMP), pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao orientador Prof. Dr. José de Assis Fonseca Faria, por acreditar em minha capacidade e possibilitar meu crescimento acadêmico, por sua orientação, confiança e amizade durante a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício, pelas sugestões e pelos oportunos esclarecimentos.

Ao Prof. Dr. Mauro Faber de Freitas Leitão, pelas correções e pelos oportunos esclarecimentos.

Aos pesquisadores Dr. Néelson Beraquet (CTC/ITAL) e Dra. Marisa Padula (CETEA/ITAL) pelas correções e sugestões à primeira versão dessa tese.

Ao pesquisador do CETEA/ITAL, Maurício Bordin, pelos oportunos esclarecimentos.

Aos membros da banca examinadora, pelas contribuições à versão final deste trabalho.

Ao veterinário Renato Macedo e à engenheira de alimentos Simone Yoda pelo incentivo e apoio para a realização deste trabalho.

A todos os professores do curso de pós-graduação da FEA/UNICAMP, pelos conhecimentos transmitidos.

À Kimie Alice do Laboratório de Embalagem, pelo auxílio e amizade.

À Ana Lourdes Gandara do Laboratório de Microbiologia, pelo apoio técnico e amizade.

Aos colegas que participaram das análises sensoriais, pela cooperação.

Aos funcionários técnicos e administrativos da FEA que colaboraram para a execução deste trabalho.

À minha família, pelo constante exemplo de amor, apoio e incentivo.

Aos amigos do doutorado, pelo convívio, pelo auxílio e pela amizade. Em especial a Susana Cardoso, Ricardo Targino, Gisele e Alexandre Urbano, Letícia Arasaki,

Henriette Azeredo, Ana Paula Uetanabaro, Antônio Azeredo, Rodrigo Petrus, Cibele Stroppa, Gisele Duarte e Kelly Cohen.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o êxito deste trabalho.

E por fim, a Deus, pela vida, pela saúde e pelas oportunidades de aprender e crescer.

Muito Obrigada.

ÍNDICE GERAL

RESUMO	XVI
SUMMARY	XVIII
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. CARNE BOVINA <i>IN NATURA</i>	5
2.1.1. <i>Fontes de contaminação microbiológica</i>	7
2.1.2. <i>Cor da carne bovina</i>	10
2.1.2.1. <i>Importância da cor</i>	10
2.2. ATMOSFERA MODIFICADA	13
2.2.1. <i>Sistemas de embalagem</i>	14
2.2.1.1. <i>Materiais de embalagem</i>	14
2.2.1.2. <i>Equipamentos</i>	16
2.2.2. <i>Composição gasosa da atmosfera modificada</i>	18
2.2.3. <i>Efeito da temperatura</i>	21
2.3. EFEITO DO TRANSPORTE E DA DISTRIBUIÇÃO	23
2.3.1. <i>Embalagens de transporte</i>	25
2.4. CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO.....	26
2.5. METODOLOGIA DE DIAGNÓSTICO DE FALHAS.....	30
2.5.1. <i>Significado da confiabilidade</i>	30
2.5.2. <i>Análise da árvore de falhas</i>	30
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1. MATÉRIA-PRIMA.....	33
3.2. EFEITO DO TRANSPORTE	36
3.3. EFEITO DAS CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM	36
3.4. ANÁLISE DA COR.....	37
3.5. AVALIAÇÃO SENSORIAL.....	38
3.6. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	40
3.7. ANÁLISE DE PH E POTENCIAL REDOX	40
3.8. ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO GASOSA.....	41
3.9. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE EMBALAGEM	41
3.9.1. <i>Peso, gramatura e capacidade volumétrica</i>	41
3.9.2. <i>Caracterização dimensional</i>	41
3.9.3. <i>Barreira ao Oxigênio</i>	41
3.9.4. <i>Análise da integridade do sistema</i>	42

3.9.5. Resistência ao estouro	42
3.10. CARACTERIZAÇÃO DAS EMBALAGENS SECUNDÁRIAS	42
3.10.1. Gramatura do papelão ondulado	42
3.10.2. Espessura do papelão ondulado	42
3.10.3. Resistência à compressão de coluna	43
3.10.4. Tipificação de onda.....	43
3.10.5. Dimensões internas das caixas de papelão ondulado.....	43
3.11. MONITORAMENTO DAS TEMPERATURAS	43
3.12. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS.....	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1. EFEITO DO TRANSPORTE	45
4.2. EFEITO DA TEMPERATURA	47
4.2.1. Microbiologia da carne.....	47
4.2.2. A cor da carne	55
4.2.2.1. Avaliação do parâmetro a*	57
4.2.3. O aspecto sensorial.....	62
4.2.4. Avaliação do pH	72
4.2.5. Composição gasosa	75
4.3. CARACTERIZAÇÃO DAS EMBALAGENS	79
4.4. ALTERAÇÃO NO SISTEMA DE ATM DO FRIGORÍFICO B	82
4.4.1. Microbiologia da carne.....	82
4.4.2. Cor da carne.....	85
4.4.2.1. Avaliação do parâmetro a*	86
4.4.3. Composição gasosa.....	89
4.4.4. Caracterização da embalagem.....	90
4.5. MONITORAMENTO DA TEMPERATURA NA DISTRIBUIÇÃO E NOS PONTOS DE VENDA..	91
4.5. A ANÁLISE DA ÁRVORE DE FALHAS.....	96
5. CONCLUSÕES	98
ABREVIACIONES USADAS NO TEXTO	101
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
ANEXOS.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1. Ciclo da cor em carnes frescas.....	12
FIGURA 2.2. Esquema básico de uma máquina <i>thermoform-fill-seal</i> e da unidade de gases para atmosfera modificada.....	17
FIGURA 2.3. Esquema básico de um equipamento horizontal <i>flow-pack</i>	17
FIGURA 2.4. Curvas de PSD indicadas na norma ASTM D 4728-87.....	25
FIGURA 3.1. Fluxograma da carne bovina moída acondicionada em ATM - Frigorífico A.....	34
FIGURA 3.2. Fluxograma da carne bovina moída acondicionada em ATM - Frigorífico B.....	35
FIGURA 3.3. Ficha de avaliação sensorial utilizada pela equipe de consumidores.....	40
FIGURA 4.1. Danos causados nas caixas de papelão durante o teste de simulação de transporte das embalagens com ATM para carne moída – Frigorífico A.....	47
FIGURA 4.2. Contagem total de Psicotróficos a 2, 4 e 6 °C em carne moída acondicionada em ATM, Frigorífico A, durante o período de estocagem.....	51
FIGURA 4.3. Contagem total de <i>Pseudomonas</i> spp a 2, 4 e 6 °C em carne moída acondicionada em ATM, Frigorífico A, durante o período de estocagem.....	51
FIGURA 4.4. Contagem total de Bolores e Leveduras a 2, 4 e 6 °C em carne moída acondicionada em ATM, Frigorífico A, durante o período de estocagem.....	52
FIGURA 4.5. Contagem total de Psicotróficos a 2, 4 e 6 °C em carne moída acondicionada em ATM, Frigorífico B, durante o período de estocagem.....	52
FIGURA 4.6. Contagem total de <i>Pseudomonas</i> spp a 2, 4 e 6 °C em carne moída acondicionada em ATM, Frigorífico B, durante o período de estocagem.....	53
FIGURA 4.7. Contagem total de Bolores e Leveduras a 2, 4 e 6 °C em carne moída acondicionada em ATM, Frigorífico B, durante o período de estocagem.....	53
FIGURA 4.8. Medida do parâmetro a^* da carne moída (patinho) em função da temperatura - Frigorífico A.....	58
FIGURA 4.9. Medida do parâmetro a^* da carne moída (coxão mole) em função da temperatura - Frigorífico B.....	58
FIGOURA 4.10. Cinética de degradação da cor da carne moída em função do tempo e das temperaturas de estocagem (Frigorífico A).....	60
FIGURA 4.11. Cinética de degradação da cor da carne moída em função do tempo e das temperaturas de estocagem (Frigorífico B).....	61
FIGURA 4.12. Intenção de compra da carne moída no 1º dia de estocagem (Frigorífico A).....	68
FIGURA 4.13. Intenção de compra da carne moída no 2º dia de estocagem (Frigorífico A).....	68
FIGURA 4.14. Intenção de compra da carne moída no 3º dia de estocagem (Frigorífico A).....	69

FIGURA 4.15. Intenção de compra da carne moída no 4º dia de estocagem (Frigorífico A).....	69
FIGURA 4.16. Intenção de compra da carne moída no 5º dia de estocagem (Frigorífico A).....	70
FIGURA 4.17. Intenção de compra da carne moída no 1º dia de estocagem (Frigorífico B).....	71
FIGURA 4.18. Intenção de compra da carne moída no 2º dia de estocagem (Frigorífico B).....	71
FIGURA 4.19. Intenção de compra da carne moída no 3º dia de estocagem (Frigorífico B).....	72
FIGURA 4.20. Intenção de compra da carne moída no 4º dia de estocagem (Frigorífico B).....	72
FIGURA 4.21. Composição gasosa (%O ₂) da carne moída em ATM ao longo da estocagem refrigerada (Frigorífico A).....	76
FIGURA 4.22. Composição gasosa (%CO ₂) da carne moída em ATM ao longo da estocagem refrigerada (Frigorífico A).....	76
FIGURA 4.23. Composição gasosa (%O ₂) da carne moída em ATM ao longo da estocagem refrigerada (Frigorífico B).....	77
FIGURA 4.24. Composição gasosa (%CO ₂) da carne moída em ATM ao longo da estocagem refrigerada (Frigorífico B).....	78
FIGURA 4.25. Caracterização dimensional da bandeja utilizada pelo Frigorífico A para o acondicionamento da carne moída em ATM (foto lateral).....	80
FIGURA 4.26. Caracterização dimensional da bandeja utilizada pelo Frigorífico B para o acondicionamento da carne moída em ATM (foto lateral).....	80
FIGURA 4.27. Contagem total de psicotróficos a 2, 4 e 6 °C em carne moída acondicionada em ATM, durante o período de estocagem (Frig. B – novo sistema).....	83
FIGURA 4.28. Contagem total de <i>Pseudomonas</i> spp a 2, 4 e 6 °C em carne moída acondicionada em ATM, durante o período de estocagem (Frig. B – novo sistema).....	84
FIGURA 4.29. Contagem total de Bolores e Leveduras a 2, 4 e 6 °C em carne moída acondicionada em ATM, durante o período de estocagem (Frig. B – novo sistema).....	84
FIGURA 4.30. Medida do parâmetro a* da carne moída (coxão mole) em função da temperatura – Frigorífico B, novo sistema de ATM.	87
FIGURA 4.31. Medida do parâmetro a* da carne moída (coxão mole) em função da temperatura – Frigorífico B, novo sistema de ATM.	88
FIGURA 4.32. Composição gasosa (%O ₂) da carne moída em ATM ao longo da estocagem refrigerada (Frigorífico B – novo sistema).....	90
FIGURA 4.33. Composição gasosa (%CO ₂) da carne moída em ATM ao longo da estocagem refrigerada (Frigorífico B – novo sistema).....	90

FIGURA 4.34. Monitoramento da temperatura do caminhão frigorífico durante o transporte de carne moída em ATM, de São Paulo para Campinas (Frigorífico B).....	92
FIGURA 4.35. Monitoramento da temperatura do caminhão frigorífico durante o transporte de carne moída em ATM, de São Paulo para Campinas (Frigorífico B).....	93
FIGURA 4.36. Variação da temperatura no transporte refrigerado de carne moída em ATM, dentro da cidade de São Paulo (Frigorífico B).....	94
FIGURA 4.37. Variação da temperatura na gôndola do supermercado, contendo a carne moída em ATM (loja Campinas).....	95
FIGURA 4.38. Variação da temperatura na gôndola do supermercado, contendo a carne moída em ATM (São Paulo - loja 1).....	95
FIGURA 4.39. Variação da temperatura na gôndola do supermercado, contendo a carne moída em ATM (São Paulo - loja 2).....	96
FIGURA 4.40. Árvore de falhas da carne moída acondicionada em ATM.....	97

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2.1. Composição centesimal dos músculos bovinos.	5
TABELA 2.2. Taxa de permeabilidade ao oxigênio de estruturas flexíveis do mercado nacional.	16
TABELA 2.3. Classificação do papelão ondulado, quanto à altura e o número de ondas.	26
TABELA 4.1. Médias e desvio padrão dos dados experimentais de composição gasosa nas embalagens (Frigorífico A), submetidas à vibração.	46
TABELA 4.2. Médias e desvio padrão dos dados experimentais de composição gasosa nas embalagens (Frigorífico B), submetidas à vibração.	46
TABELA 4.3. Médias e desvio padrão dos dados experimentais de cor da carne moída (patinho - Frigorífico A), em função da temperatura de estocagem.	56
TABELA 4.4. Médias e desvio padrão dos dados experimentais de cor da carne moída (coxão mole - Frigorífico B), em função da temperatura de estocagem.	57
TABELA 4.5. Médias e desvios padrão dos valores* atribuídos à cor da carne moída - Frigorífico A.	63
TABELA 4.6. Médias e desvios padrão dos valores* atribuídos à cor da carne moída - Frigorífico B.	64
TABELA 4.7. Médias e desvio padrão dos valores* atribuídos à aceitação da aparência da carne moída - Frigorífico A.	65
TABELA 4.8. Médias e desvios padrão dos valores* atribuídos à aceitação da aparência da carne moída - Frigorífico B.	65
TABELA 4.9. Médias e desvios padrão dos valores* atribuídos à intenção de compra da carne moída - Frigorífico A.	66
TABELA 4.10. Médias e desvios padrão dos valores* atribuídos à intenção de compra da carne moída - Frigorífico B.	67
TABELA 4.11. Médias e desvios padrão dos dados experimentais de pH - Frigorífico A.	73
TABELA 4.12. Médias e desvios padrão dos dados experimentais de pH - Frigorífico B.	74
TABELA 4.13. Peso, gramatura e capacidade volumétrica das embalagens.	79
TABELA 4.14. Volume de carne e ar nas embalagens.	81
TABELA 4.15. Taxa de permeabilidade ao O ₂ dos filmes das embalagens.	81
TABELA 4.16. Caracterização das embalagens secundárias.	82
TABELA 4.17. Médias e desvio padrão dos dados experimentais de cor da carne moída (coxão mole - novo sistema do Frigorífico B), em função da temperatura de estocagem.	86
TABELA 4.18. Caracterização do novo sistema de embalagem - Frigorífico B.	91

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 4.1. Equações das retas obtidas pela representação gráfica de $\ln(a^*)$ versus o tempo (Frigorífico A).	60
QUADRO 4.2. Valores da constante de velocidade da reação k_d (Frigorífico A).....	61
QUADRO 4.3. Equações das retas obtidas pela representação gráfica de $\ln(a^*)$ versus o tempo. (Frigorífico B).	61
QUADRO 4.4. Valores da constante de velocidade da reação k_d (Frigorífico B).....	62
QUADRO 4.5. Equações das retas obtidas pela representação gráfica de $\ln(a^*)$ versus o tempo. (Frigorífico B).	88
QUADRO 4.6. Valores da constante de velocidade da reação k_d (Frigorífico B).....	88

ANEXOS

ANEXO 1 - Médias e desvios padrão dos dados experimentais de composição de oxigênio nas embalagens - Frigorífico A	112
ANEXO 2 - Médias e desvio padrão dos dados experimentais de composição de gás carbônico nas embalagens - Frigorífico A.....	112
ANEXO 3 - Médias e desvio padrão dos dados experimentais de composição de oxigênio nas embalagens - Frigorífico B.	112
ANEXO 4 - Médias e desvio padrão dos dados experimentais de composição de gás carbônico nas embalagens - Frigorífico B.....	113
ANEXO 5 - Médias e desvio padrão dos dados experimentais de composição de oxigênio nas embalagens - Frigorífico B (novo sistema de ATM).....	113
ANEXO 6 - Médias e desvio padrão dos dados experimentais de composição de gás carbônico nas embalagens - Frigorífico B (novo sistema de ATM).....	114
ANEXO 7 - Médias e desvios padrão dos dados experimentais do valor a^* da carne moída - Frigorífico A	114
ANEXO 8 - Médias e desvios padrão dos dados experimentais do valor a^* da carne moída - Frigorífico B	115
ANEXO 9 - Médias e desvios padrão dos dados experimentais do valor a^* da carne moída - Frigorífico B, novo sistema.....	115

RESUMO

Este trabalho avaliou sistemas vigentes de atmosfera modificada (ATM) para carne bovina moída *in natura*, comercializada no mercado varejista, no Estado de São Paulo, e a influência das condições de transporte e comercialização sobre a qualidade desta carne. Os experimentos foram realizados com produtos de dois frigoríficos e basearam-se em situações reais e simuladas, das condições de transporte e temperatura de comercialização desses produtos. A resposta medida no teste de simulação de transporte (equipamento de vibração MTS 495.10, controlado em vibração randômica), bem como a influência da posição das embalagens na coluna, foi a manutenção da composição gasosa das embalagens. Verificou-se que os sistemas estudados estavam adequados, uma vez que a integridade das embalagens e, conseqüentemente, a composição gasosa foram mantidas. O mesmo foi observado em relação à posição das embalagens nas colunas durante o transporte. A resposta medida com a simulação das temperaturas (estocagem a 2, 4 e 6 °C) foi a manutenção da qualidade do produto durante o período de vida útil estabelecido para cada frigorífico (6 dias para o Frigorífico A e 5 dias para o Frigorífico B). A qualidade foi medida através de avaliações microbiológicas (psicrotróficos, *Pseudomonas* spp., bolores e leveduras), físico-químicas (pH, cor e composição gasosa) e sensoriais (aparência, cor e intenção de compra), realizadas diariamente. Verificou-se que a 2 °C o produto se manteve mais estável e chegou ao fim da vida útil estabelecida em condições satisfatórias de consumo. O mesmo não aconteceu com aqueles estocados a 4 e 6 °C, sendo verificado que o pequeno aumento de temperatura de estocagem reduziu a qualidade microbiológica e sensorial dos produtos e, conseqüentemente, maior foi a rejeição por parte dos consumidores. A temperatura afetou diretamente a cor do produto, fator limitante da intenção de compra desta carne no mercado varejista. Através das análises objetivas e subjetivas da cor, foi observado que a 2 °C a coloração da carne se manteve estável e aceitável pelo consumidor durante o período estabelecido pelos frigoríficos. O mesmo não aconteceu com a estocagem a 4 e 6 °C, sendo observadas alterações na cor a partir do 3^o dia de estocagem,

confirmando assim, que a manutenção da cadeia do frio durante o transporte e a comercialização da carne em ATM, é um ponto crítico de controle. O estudo permitiu também a conclusão de que aumentos na temperatura ideal de comercialização, considerados pequenos pelo mercado varejista, 3 ou 4°C, podem reduzir a vida útil do produto em atmosfera modificada.

Palavras-chave: carne moída *in natura*; atmosfera modificada; mercado varejista, temperatura, vida útil.

SUMMARY

This work evaluated the available systems for ground beef in modified atmosphere packaging (MAP) in the retail market in São Paulo State and how the transport and storage conditions influenced the product's quality. The experiments were held for two different industries and were based on the simulations of the transport and the commercial temperature conditions. The answer measured in the transport simulation test (MTS 495.10 equipment, controlled by random vibration) was the maintenance of the gas composition, and also, the influence of the packaging position in the palette. It was verified that both systems were adequate to keep the packaging integrity and the meat quality after being exposed to the transport action. The same was observed to the packaging position. The answer measured in the simulation of the commercial temperature (storing at 2, 4 and 6 °C) was the maintenance of the ground meat quality in MAP during the shelf life period determined by the industries (6 days for Industry A and 5 days for Industry B). The product quality was measured based on microbiological count (psychrotrophs, pseudomands, mould and yeast), physical chemistry (pH, color and gas composition) and sensorial analysis, daily. It was verified that at 2 °C the meat quality was kept until the end of the meat shelf life. The same did not happen at 4 and 6 °C. The higher the storage temperature was the worse the meat microbial and sensorial quality appeared. The temperature showed a straight influence on meat color, fact that limits the buy intention in the retail market. Objective and subjective analysis showed that at 2 °C the color was stable and acceptable by the consumers during all the product shelf life. The same did not happen at 4 and 6 °C, especially after the third day of storing. The conclusion is that the maintenance of the cold chain during transport and commercialization is extremely important to keep the quality of the ground meat in MAP. And also that small increase in storing temperature, 3 to 4 °C, could decrease the meat shelf life in modified atmosphere.

Key words: ground meat, modified atmosphere, retail market, temperature, shelf life.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Atualmente existe, no setor de alimentos, uma tendência para substituição dos métodos de preservação que os alteram química e fisicamente, por métodos menos severos. A resposta das indústrias de alimentos tem sido investir em novas tecnologias que satisfaçam esta demanda. Por isso, tem sido dada grande atenção ao acondicionamento em atmosfera modificada (ATM), porque atende à crescente demanda dos consumidores por alimentos frescos e de boa qualidade, com maior vida útil, porém sem aditivos (Sarantópoulos et al., 1996).

A embalagem com atmosfera modificada é, hoje em dia, um meio de venda de produtos no mercado varejista, sendo facilmente encontrada nos *displays* dos supermercados. A chave do sucesso deste sistema de embalagem para carne bovina fresca, por exemplo, é a habilidade de estender a vida-de-prateleira e manter a qualidade do produto através da redução da velocidade de crescimento de microrganismos, enquanto mantém a atrativa coloração vermelho-brilhante, preferida pelos consumidores (Luño et al., 1998).

Os benefícios da embalagem com atmosfera modificada visando estender a vida-de-prateleira de alimentos têm sido reconhecidos desde muito tempo. De fato, há mais de 100 anos, uma patente permitiu o uso da mistura de gases CO₂/CO para aumentar a vida útil da carne (Church, 1994). Em 1889, o efeito bacteriostático do CO₂ estava sendo sistematicamente estudado. Em 1910, já havia considerável aplicação de atmosfera controlada para preservar alimentos. Em 1938, 26% do transporte marítimo de carne fresca da Nova Zelândia e 60% da carne da Austrália eram feitos sob atmosfera controlada (Genigeorgis, 1985). Entretanto, de acordo com Brody (1989), apenas a partir de 1960 é que foram desenvolvidos técnicas e materiais para se embalar alimentos sob ATM, em larga escala comercial.

Embalagens de varejo com atmosfera modificada para carnes começaram a ser comercializadas em 1974 na França, mas o grande sucesso comercial aconteceu na Inglaterra, em 1981, quando uma empresa local decidiu utilizar essa

tecnologia para manter a carne vermelha fresca e obteve sucesso nas vendas devido à excelente apresentação do produto (Brody, 1989).

Atualmente, produtos embalados em atmosfera modificada incluem: carnes vermelhas frescas e processadas, frangos, peixes, crustáceos, vegetais, frutas, massas frescas, produtos derivados do leite, produtos de panificação, café e chá. Para alguns produtos, tornou-se o sistema de embalagem predominante; cerca de 95% das massas frescas vendidas na Inglaterra são embaladas neste sistema. Carnes resfriadas ainda dominam este mercado com cerca de 30% dos produtos vendidos em ATM; carnes processadas alcançam 13% do mercado e produtos marinhos, 10% (Church, 1994).

A grande vantagem do sistema de atmosfera modificada para carnes no mercado varejista, sobre o sistema a vácuo é a manutenção da coloração vermelho-brilhante, enquanto que a carne a vácuo se apresenta escura e pouco atrativa para o consumidor.

Segundo dados da AGA S.A., empresa fornecedora de gases na Europa ocidental e no Brasil, a quantidade de produtos alimentícios que utiliza a tecnologia de atmosfera modificada duplicou entre 1987 e 1989 e essa tendência continuou forte na década de 90 (Revista Açougueiro e Frigorífico, 1999).

Entretanto, apesar de todos os benefícios obtidos pelo uso do sistema de atmosfera modificada, a realidade brasileira para carnes frescas apresenta uma retração deste mercado. Apesar de ter sido investido muito nesta tecnologia por parte dos frigoríficos, atualmente, o varejo de carne fresca em atmosfera modificada encontra-se desativado em muitos locais. As indústrias afirmam que, apesar do sistema de atmosfera modificada ser altamente rentável, pela agregação de valor ao produto, problemas de manutenção de temperaturas nas câmaras dos supermercados causavam escurecimento e deterioração da carne, o que levava à devolução do produto e às conseqüentes perdas ocasionadas pela devolução. O que os frigoríficos mais têm contestado são as condições de estocagem destes

produtos no mercado varejista, principalmente a manutenção da cadeia do frio, condição fundamental para eficiência do sistema de atmosfera modificada.

Assim, o que se observa no mercado brasileiro é que uma tecnologia de conservação de alimentos, comprovadamente eficiente e viável comercialmente, tem sido impossibilitada de ser aplicada para carne fresca, devido às condições inadequadas de comercialização do mercado varejista.

A natureza competitiva do setor de alimentos leva os varejistas a estarem continuamente desenvolvendo suas práticas operacionais e melhorando seus serviços em benefício dos consumidores. Na Inglaterra, por exemplo, esta necessidade contínua por melhorias tem revolucionado o mercado varejista corrente, e o segmento da embalagem tem e continuará tendo um papel importante no avanço do mercado varejista de alimentos (Robins, 1997).

Obviamente, não basta produzir mais se as perdas acabam atingindo níveis indesejáveis. Isto é particularmente importante quando se trata de alimentos, pois estão envolvidos aspectos econômicos, sociais e até morais. Assim, técnicas apropriadas de manuseio, processamento, resfriamento, congelamento, estocagem e distribuição frigorificadas devem ser estudadas e suficientemente difundidas (Neves, 2001).

Muitos estudos têm sido conduzidos no sentido de se aprimorar tecnologias no processamento de alimentos, o que é, sem dúvida muito importante; porém, algumas perguntas sobre a qualidade do produto até o fim de sua vida útil têm ficado sem respostas, como por exemplo, o que uma oscilação na temperatura de estocagem de um produto poderia causar. É importante ressaltar aqui, que, muitas vezes, as causas da perda de qualidade do produto final não estão no processamento, mas, sim, na forma como o produto é transportado e manipulado no mercado varejista, acarretando, assim, sérios problemas microbiológicos que causam perdas nas qualidades físico-químicas e sensoriais do produto, além do fator mais agravante que é a de uma possível intoxicação alimentar.

Este projeto de pesquisa visou diagnosticar as falhas no sistema de comercialização de carne bovina moída acondicionada em atmosfera modificada, através da avaliação de etapas envolvidas a partir do processo industrial, transporte e exposição do produto no ponto de venda, bem como a avaliação do sistema de embalagem quanto à sua adequação e eficiência para o mercado varejista. Ademais, foi dada ênfase quanto ao monitoramento da temperatura durante as etapas de comercialização e sua influência sobre a vida-de-prateleira do produto. Foram também realizadas simulações em diferentes condições de estocagem (2, 4 e 6 °C) para verificar a influência de pequenas alterações de temperatura na eficiência do sistema de atmosfera modificada.

O acompanhamento analítico consistiu de avaliações microbiológicas e físico-químicas do produto, bem como avaliações do sistema de embalagem quanto à composição gasosa, barreira aos gases, integridade do fechamento e o efeito dos danos físico-mecânicos causados durante o transporte.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Carne bovina *in natura*

A carne é composta de tecido muscular e tecidos anexos, principalmente de diversos tipos de tecido conjuntivo e, em pequena proporção, de tecido epitelial e nervoso. O Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), define a carne *in natura* ou “de açougue” como massas musculares e demais tecidos que as acompanham, incluindo ou não a base óssea correspondente, procedentes de animais abatidos sob inspeção veterinária (Brasil, 1951).

As características intrínsecas da carne, particularmente sua composição química, elevado teor de água, pH próximo à neutralidade, são fatores que favorecem o desenvolvimento de uma ampla microbiota bacteriana (ICMSF, 1980). A composição média dos músculos de bovinos, após o *rigor mortis*, encontra-se na Tabela 2.1.

TABELA 2.1. Composição centesimal dos músculos bovinos.

Componente	Teor (%)
Água	75,0
Proteínas	19,0
Lipídios	2,5
Carboidratos	1,2
Compostos nitrogenados solúveis	1,65
Compostos inorgânicos	0,65
Vitaminas	Traços

FONTE: ICMSF, 1980.

A alta atividade de água da carne *in natura* ou fresca, cerca de 0,99, torna-a um excelente meio para o rápido crescimento microbiano, bem como para o desenvolvimento de reações químicas e enzimáticas que levam à deterioração.

O potencial de oxidação-redução (Eh) da carne é outro fator significativo no sentido de definir a natureza e a intensidade do crescimento microbiano. No animal vivo, mesmo o interior dos tecidos, apresenta um potencial positivo, graças ao contínuo transporte de oxigênio através dos vasos sanguíneos. No entanto, após a morte, a respiração dos tecidos ainda continua, resultando no consumo de oxigênio residual, que não é mais repostado e acúmulo de CO₂. Nessas condições, o interior dos tecidos torna-se anaeróbico, algumas horas após o abate dos animais (Eh negativo), enquanto a superfície, quando suficientemente aerada, mantém as condições aeróbias (Eh positivo). Assim sendo, a porção interna dos tecidos musculares apenas propiciará condições adequadas para o crescimento de microrganismos anaeróbios ou aeróbios facultativos, ao passo que aqueles com características aeróbias somente se multiplicarão na superfície (ICMSF, 1980).

O pH da carne varia entre 5,4 e 7,0. Quanto mais elevado for o valor do pH, mais intenso será o desenvolvimento de bactérias patogênicas e deterioradoras. O valor de pH é inversamente proporcional à quantidade de ácido láctico formado através da glicólise nos músculos. Assim, valores mais baixos (cerca de 5,5) restringem o crescimento de algumas bactérias e controlam a deterioração (ICMSF, 1980).

A carne moída, em particular, apresenta maiores problemas microbiológicos que os cortes, por sofrer maior manipulação e possuir maior relação área/volume.

Os principais mecanismos de deterioração da carne fresca são o crescimento microbiano, a oxidação do pigmento do músculo (mioglobina) e a rancificação da gordura. Os problemas de deterioração microbiológica e de oxidação de gorduras podem ser minimizados com a utilização de embalagem a vácuo, que aumenta a durabilidade da carne fresca e permite a maturação a 0 °C. A maturação melhora a maciez e a suculência do produto. A embalagem a vácuo, contudo, acarreta o desenvolvimento de uma coloração vermelho-púrpura (mioglobina reduzida), devido a ausência de oxigênio ao redor do produto, que não é bem aceita no mercado de varejo. Para o mercado institucional, a coloração arroxeada não é um problema,

visto que a carne readquire a cor vermelha brilhante (mioglobina oxigenada) quando exposta ao ar (Sarantópoulos et al., 1998).

2.1.1. Fontes de contaminação microbiológica

As condições do animal no abate, o nível de contaminação durante o abate e no processamento, a temperatura, o tempo e demais condições de estocagem e distribuição são os principais determinantes da qualidade da carne (Upton, 1995).

Com exceção da superfície externa, do trato gastrointestinal e das vias respiratórias, os tecidos de animais saudáveis recém abatidos contêm poucos microrganismos, devido principalmente aos mecanismos de defesa do próprio animal, controlando a proliferação microbiana. Entretanto, após o abate e em decorrência das várias operações envolvidas na obtenção final das carcaças refrigeradas, a carne passa a apresentar uma microflora muito variável. Geralmente, a contaminação poderá ocorrer em qualquer uma das operações, como no abate, remoção da pele, corte, processamento, armazenamento e distribuição da carne (Leitão, 1984).

Geralmente a carne é contaminada pelo contato com a pele e cascos do animal, conteúdo do estômago e vísceras, leite retido no úbere, equipamentos e utensílios da usina de abate, mãos e vestuários do pessoal envolvido no processo, água utilizada na lavagem das carcaças e equipamentos, etc. (ICMSF, 1980).

Coliformes, *Escherichia coli*, enterococci, *Campylobacter*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes*, e *Salmonella* estão freqüentemente presentes na carne fresca, pois o processo de abate geralmente não inclui uma etapa bactericida (Vanderzant & Splittstoesser, 1992).

Brody (1989) afirma que, embora microrganismos patógenos cresçam melhor em condições mesófilas ou termófilas, muitas bactérias de origem alimentar são capazes de crescer a 5 °C ou em temperaturas ainda mais baixas, como por exemplo, *Clostridium botulinum* tipo E, *Yersinia enterocolitica*, *Escherichia coli* enterotoxigênica, *Listeria monocytogenes* e *Aeromonas hydrophila*. Também

segundo Phillips (1996), a carne fresca (pH 5,4-7,0) é frequentemente contaminada por patógenos como *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* e *Aeromonas hydrophila*.

Algumas etapas do processamento da carne podem influenciar na disseminação ou aumento da microbiota contaminante. O *stress* pré-abate, por exemplo, seguido de um intenso exercício muscular do animal nesta etapa, leva a uma redução dos níveis de glicogênio no tecido. Durante o processo de *rigor mortis*, o glicogênio é convertido em ácido láctico, causando uma queda no pH de valores de 7,0 para até 5,5. Assim, se o nível de glicogênio for reduzido, o pH final será elevado. Somado isso à redução dos teores de glicose presentes nos tecidos musculares, haverá maior possibilidade de crescimento microbiano, reduzindo o período de conservação sob refrigeração. Carnes nestas condições são chamadas DFD (*dark, firm, dry*), isto é, os músculos exibem uma textura firme e seca e uma coloração escura. Toda carne com pH $\geq 6,0$ pode ser considerada potencialmente sujeita a um processo prematuro de deterioração microbiana (Newton & Gill, 1980).

As etapas de remoção da pele e evisceração são de grande importância no sentido de definir a intensidade e a natureza da contaminação das carnes. A microflora da pele é constituída por organismos que fazem parte da sua flora normal (*Staphylococcus* sp., *Micrococcus* sp., *Pseudomonas* sp., leveduras, bolores), bem como microrganismos originários do solo e matéria fecal. O número total poderá exceder 10^9 UFC/cm², sendo que as espécies mesófilas são predominantes, enquanto que as psicrotróficas podem oscilar entre 1 e 10% da microbiota total. Além desta fonte inicial de contaminação, devem ser consideradas outras adicionais, como as facas, manuseio, vestimenta dos operadores, água de lavagem e equipamentos (ICMSF, 1980).

Segundo Leitão (1984), citando Gill (1983), as tentativas de limpeza das carcaças não fornecem resultados satisfatórios quanto ao aspecto microbiológico. A lavagem dos animais antes do abate remove resíduos grosseiros, reduzindo

eventualmente a contaminação visível, embora o mesmo não possa ser afirmado em relação à contaminação microbiana.

Após a remoção do couro, sob condições higiênicas, a contaminação superficial varia entre 10^3 e 10^5 bactérias/cm², menos de 10^2 psicrotróficos/cm² e 10^1 a 10^2 coliformes/cm². Durante o abate e remoção do couro, a proporção de animais contaminados chega a dobrar, indicando, portanto, a ocorrência de contaminações cruzadas. A modernização das técnicas de abate e o rigor no aspecto higiênico são incapazes de impedir a contaminação cruzada (Leitão, 1984).

Devido a sua elevada carga microbiana, as vísceras devem ser removidas por inteiro, sem qualquer perfuração que possa originar um vazamento ou escorrimento do material nelas contido. A etapa de lavagem das meias-carcaças, após o término de remoção da pele e evisceração e divisão da carcaça é comum, porém, sua eficiência é discutível, acreditando-se inclusive, que este procedimento possa ser prejudicial, uma vez que dissemina a contaminação presente. O aquecimento da carcaça a 60 °C, pela lavagem com água quente (80-90 °C), pode reduzir significativamente a carga contaminante. O mesmo efeito pode ser conseguido com o uso de cloro ou ácido acético na água (ICMSF, 1980).

A deterioração dos alimentos pode ser causada pelo crescimento de microrganismos que levariam a alterações organolépticas. Neste caso, números elevados são esperados e variam com o tipo de alimento e microrganismo presente. A maioria dos alimentos apresenta, quando essas alterações são detectáveis, números superiores a 10^6 UFC/g do alimento (Franco & Landgraf, 1996).

A carne fresca constitui-se num meio rico de desenvolvimento para microrganismos e até se torna inaceitável para o consumidor devido a tal crescimento. Contudo, é possível alterar a velocidade de deterioração, através das modificações das condições de estocagem. As embalagens a vácuo ou com atmosfera modificada podem alterar a velocidade de crescimento e também a composição da microbiota, que determinará a forma de deterioração do produto. A deterioração aeróbica na carne fresca é dependente da disponibilidade de glicose

para a flora deteriorante. As pseudomonas e a maioria dos microrganismos irão utilizar preferencialmente a glicose, em vez de outros substratos disponíveis na carne. Enquanto a glicose servir como principal fonte de energia, nenhum odor de deterioração ou aroma desagradável será detectado (Sarantópoulos, 1991). A concentração de glicose na carne é relativamente baixa (menos de 1mg/g) e à medida que a densidade de células bacterianas aumenta na superfície, a velocidade de difusão da glicose do interior da carne se torna muito baixa para suprir as exigências de desenvolvimento da flora. As bactérias começam, então, a degradar aminoácidos e, logo em seguida, ocorre a produção de amônia e odores de deterioração (Gill, 1986).

Diante do exposto, pressupõe-se que o manuseio em boas condições sanitárias, estocagem à baixa temperatura e o uso de sistemas de atmosfera modificada são fatores importantes no aumento da vida-de-prateleira da carne *in natura*.

2.1.2. Cor da carne bovina

2.1.2.1. Importância da cor

A cor da carne fresca é o principal fator usado pelo consumidor para julgar a qualidade deste produto. Quando a coloração muda de vermelho brilhante (oximioglobina) para marrom (metamioglobina), a carne perde muito de seu apelo comercial e não é vendida (Greene *et al.*, 1971).

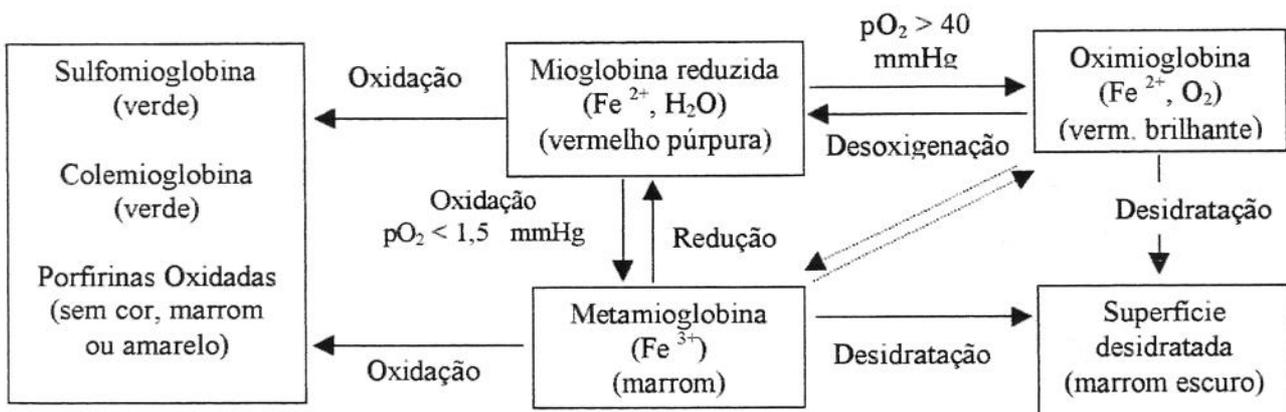
A cor de um produto cárneo está associada à conformação química e concentração dos heme-pigmentos, mais especificamente da mioglobina. A mioglobina está presente no interior das células, e é responsável por armazenar temporariamente o oxigênio trazido pela hemoglobina, outro heme-pigmento presente no sangue. Estes pigmentos têm a capacidade de combinar-se reversivelmente com o oxigênio. A cor das carnes frescas é definida pela quantidade relativa de três formas de mioglobina em seu estado reduzido (Mb) de cor vermelho púrpura, oximioglobina (O₂Mb) de cor vermelho brilhante e metamioglobina (MetMb) de cor marrom (Rizvi, 1981). As reações entre as três

formas de mioglobina são reversíveis e estão em um estado de equilíbrio dinâmico, com uma constante interconversão entre elas (Fox, 1966).

Apesar de não ser bioquimicamente o pigmento mais importante, a mioglobina é o único que está presente em quantidade suficiente para conferir cor às carnes. A mioglobina é composta por uma cadeia polipeptídica com cerca de 150 aminoácidos, denominada globina, acoplada a um grupo não protéico, chamado heme, composto por um átomo central de ferro e um anel porfirínico plano. O anel é formado por quatro subunidades, elementos heterocíclicos pirrólicos unidos por ligações metálicas (Clydesdale & Francis, 1976). A ressonância resultante das ligações duplas conjugadas da parte heme é responsável pela capacidade da mioglobina absorver radiação na faixa visível (Cornforth, 1994).

A coloração da carne é determinada pela estrutura química da mioglobina, seu estado de oxidação, tipo de ligante ao grupo heme e estado da proteína globina. O ferro heme do anel porfirínico pode existir em duas formas: reduzido (+2) e oxidado (+3). A mioglobina reduzida é a forma nativa do pigmento. Quando ocorre oxidação da mioglobina, o átomo de ferro é convertido para o estado férrico (+3), formando a metamioglobina (MMb), de coloração amarronzada. O tecido da carne, que contém principalmente mioglobina, é vermelho-púrpura. O estado de oxidação deve ser distinguido do de oxigenação. Quando o oxigênio molecular se liga à mioglobina, forma-se a oximioglobina (OMb), e este é um processo de oxigenação. A carne adquire daí, uma coloração vermelho-brilhante (Fennema, 1996).

A mioglobina reduzida (Mb), na presença de oxigênio é convertida a O_2Mb , ocorrendo o *bloom* das carnes frescas. O complexo vermelho, uma vez formado, é estabilizado pela formação de uma estrutura ressonante (Fox, 1966). Essa reação é dependente da concentração de oxigênio, atingindo valores máximos quando a pressão parcial do gás for maior que 40 mmHg. Sob pressões reduzidas, de 1,0 a 1,4 mmHg, ocorre a oxidação do ferro reduzido (Fe^{++}) para sua forma férrica (Fe^{+++}), resultando na formação da MetMb de coloração marrom (Rizvi, 1981). O esquema apresentado na Figura 2.1 elucida o ciclo da cor em carnes frescas.



FONTE: RIZVI, 1981.

FIGURA 2.1. Ciclo da cor em carnes frescas.

A carne se tornará inaceitável para o consumidor, quando houver aproximadamente 50% de conversão de O_2Mb a MetMb (Van den Oord & Wesdorp, 1971).

A relação de venda da carne descolorida (20% MetMb) para a carne vermelha é aproximadamente 50% inferior, indicando que o consumidor faz uma distinção apreciável do produto descolorido, mesmo na presença de pequena concentração de mioglobina (Hood & Riordan, 1973).

A metamioglobina pode ser reduzida a mioglobina através da ação de enzimas redutoras (NADH dependentes), fenômeno denominado MRA (*metamyoglobin-reducing activity*). O cofator enzimático NADH é obtido do processo de oxidação enzimática de substratos endógenos como a glicose, ainda presente em carnes frescas. Assim que os substratos oxidáveis são suprimidos, o poder redutor dos tecidos é perdido e o ferro do heme pigmento é oxidado a MetMb . Entre 2 e 4 dias de armazenamento já se verifica uma coloração amarronzada (Ledward, 1972). Na presença de oxigênio, NADH é preferencialmente oxidado, inibindo a redução da metamioglobina. O consumo de oxigênio, através da atividade das mitocôndrias, favorece o estabelecimento de condições redutoras. O NADH pode reduzir diretamente os pigmentos com auxílio de EDTA (Cornforth, 1994).

A desidratação superficial também provoca o escurecimento da carne, devido ao aumento da concentração de pigmentos na superfície do produto (Fox, 1966).

Clydesdale & Francis (1976) afirmam que a coloração da carne não é resultado exclusivo das características espectrais do pigmento, mas também das características ópticas da matriz de fibras musculares. A cor resultante pode ser definida pela razão entre o total de luz absorvida pelos pigmentos da carne (K) e o coeficiente de dispersão de luz (S), promovida pela matriz de fibras musculares. Quanto maior o valor de K, maior a quantidade de cor da carne.

Muitos fatores podem influenciar a estabilidade dos pigmentos da carne. Alguns fatores apresentam um importante efeito para a cor e a estabilidade do pigmento como, por exemplo, luz, temperatura, umidade relativa, pH e a presença de bactérias específicas. Uma importante maneira de se estabilizar a cor é estocá-la sob apropriadas condições atmosféricas (Fennema, 1996).

Atualmente, embalagens com atmosfera modificada, nas quais se empregam grandes proporções de oxigênio combinado com dióxido de carbono e nitrogênio, têm sido utilizadas com o intuito de otimizar a vida-de-prateleira da carne e melhorar o aspecto visual. Entretanto, são necessários altos níveis para manter o pigmento da carne na forma de O_2Mb (oximioglobina), o que pode permitir o desenvolvimento microbiano e acelerar as reações oxidativas (Sorheim et al., 1997).

2.2. Atmosfera modificada

Esta tecnologia consiste em modificar a atmosfera gasosa em torno de um produto alimentício com a finalidade de inibir a deterioração microbiana, manter uma alta qualidade do produto perecível, e assim, estender sua vida útil.

Como toda tecnologia, o uso de atmosfera modificada ao redor do alimento apresenta vantagens e desvantagens. Dentre as vantagens podem ser citadas: o aumento da vida útil do produto; a redução de perdas na distribuição; a possibilidade de comercialização de alimentos de alta qualidade, sendo preservada sua cor, aroma e frescor; eliminação ou redução de conservantes; melhor

apresentação do produto com maior aceitação pelo consumidor; possibilidade de maior margem de lucro, por agregação de valor ao produto, etc. Entretanto o sistema também apresenta algumas desvantagens, como por exemplo, a necessidade de controle rigoroso de temperatura durante o acondicionamento, distribuição, estocagem e venda e um custo adicional com a embalagem, o equipamento e os gases (Farber, 1991).

Segundo este autor, o sucesso dos sistemas de embalagens em atmosfera modificada está diretamente relacionado com os seguintes fatores: natureza e qualidade inicial do produto; especificidade da mistura gasosa em relação ao produto; eficiência do equipamento de acondicionamento; termoselagem; propriedades de barreira da embalagem; controle da temperatura.

2.2.1. Sistemas de embalagem

Existem diversas técnicas distintas para se modificar a atmosfera no interior de uma embalagem. Uma delas é através da fluxação (*gas flushing*), na qual a mistura gasosa desejada substitui a atmosfera de ar ao redor do produto. Outro método é o processo de vácuo compensado, que consiste em retirar parcialmente o ar do interior da embalagem e, então, proceder a um aumento de pressão com a injeção da mistura gasosa desejada. O processo de vácuo compensado, embora com menor velocidade de produção, permite a obtenção de maior eficiência em relação à modificação da atmosfera gasosa no interior da embalagem, e menor consumo de gás (Sarantópoulos, 1991).

2.2.1.1. Materiais de embalagem

Os materiais de embalagem utilizados em sistemas com atmosfera modificada para o acondicionamento de carnes frescas devem apresentar baixa permeabilidade a gases, baixa permeabilidade ao vapor de água, para evitar perda de peso e desidratação do produto, baixa contaminação microbiológica, alta resistência à perfuração e boa termosoldabilidade, para assegurar a integridade do sistema. Caso a embalagem seja rígida (bandejas plásticas, por exemplo), os

cantos devem ser arredondados para evitar danos entre si, com conseqüente perda do gás. Nos filmes de bandejas para carne fresca, usados como tampa, devem ser transparentes e ter característica anti-embassante (*anti-fog*). Materiais constituídos por um único polímero não satisfazem simultaneamente a todas essas exigências, assim, estruturas de multicamadas são utilizadas. Para produtos cárneos comercializados em atmosfera modificada, no mercado varejista, é comum a utilização de bandejas rígidas com tampas flexíveis e transparentes, constituídas por estruturas de alta barreira aos gases (Sarantópoulos, 1991).

O processo de laminação consiste na combinação de dois ou mais filmes já prontos, por meio de adesivos ou pela extrusão de um polímero, geralmente o PEBD. Exemplos de estruturas laminadas utilizadas em embalagens de produtos que “não respiram” são: PET-PVDC/PEBD, PET/PEBD, BOPP met/PEBD e PET/Al/PEBD (Greengrass, 1993).

A co-extrusão é um processo onde vários termoplásticos são extrusados ao mesmo tempo e combinados ainda fundidos em uma única matriz. Quando os materiais não são compatíveis, um adesivo termoplástico também é extrusado entre eles para promover a união das estruturas. Com a co-extrusão é possível usar resinas barreira em quantidades mínimas para atender às necessidades do sistema de acondicionamento e, também, quando se deseja um filme termoencolhível barreira a gases (Sarantópoulos, 1998). Exemplos de estruturas flexíveis co-extrusadas para aplicações em atmosfera modificada são: PA/PEBD, PA/EVOH/PEBD, EVA/PVDC/EVA e PEBD/EVOH/PEBDL (Greengrass, 1993). Valores de taxas de permeabilidade ao oxigênio de estruturas flexíveis do mercado nacional são apresentados na Tabela 2.2.

TABELA 2.2. Taxa de permeabilidade ao oxigênio de estruturas flexíveis do mercado nacional.

Material	TPO ₂ * (cm ³ (CNTP)/m ² .dia.atm)
PET/Al/PEBD	0,05 - 1,0
PETmet/PEBD	0,3 - 15,0
BOPP-PVDCmet/PEBD	2,0 - 10,0
PET/PA/EVOH/PEBD	3,0 - 10,0
PA/EVOH/PEBD	4,0 - 10,0
PET-PVDC/PEBD	8,0 - 10,0
BOPPmet/PEBD	10,0 - 100
PA/PEBD ou PEBD/PA/PEBD	20,0 - 200
PET/PA/PEBD	35,0 - 85,0
EVA/PVDC/EVA	12,0 - 35,0
OPA/PEBD	50,0
PET/PEBD	100

*ASTM D 3985-81

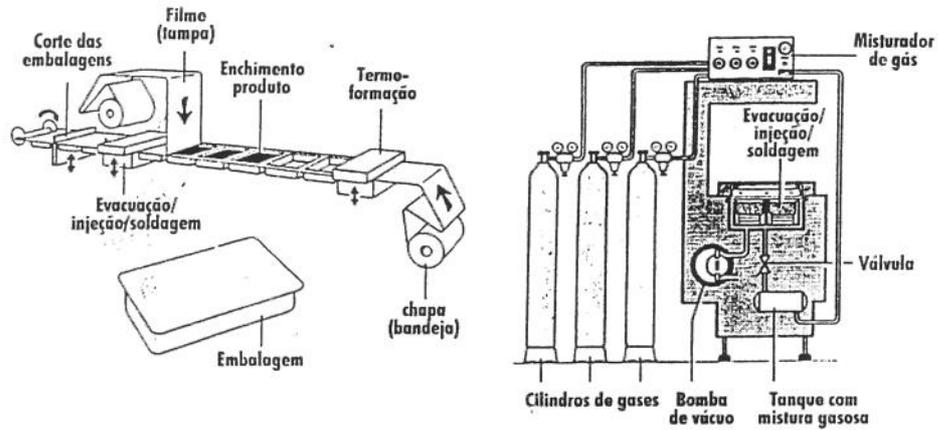
FONTE: Sarantópoulos et al. (1998) citando Banco de Dados - CETEA (1996).

2.2.1.2. Equipamentos

Os equipamentos mais comumente usados são horizontais (Figura 2.2) que termoformam, permitem o enchimento e selam as embalagens (*thermoform-fill-seal machines*). As embalagens produzidas nestes equipamentos são constituídas por uma bandeja plástica rígida, semi-rígida ou flexível, termoformada, fechada pela termossoldagem de uma tampa flexível (Guise, 1987). A etapa de evacuação e injeção de gases é o fator limitante da velocidade de produção dessas máquinas automáticas. Esses equipamentos são indicados para embalagens com atmosfera modificada para venda no varejo, devido à excelente apresentação e conveniência.

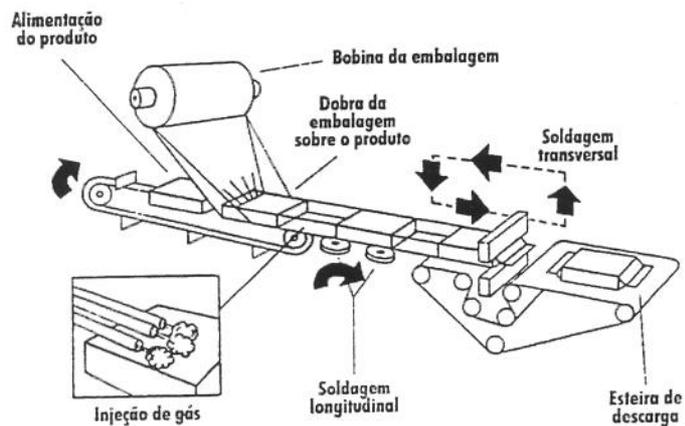
Um outro tipo de equipamento é conhecido por *horizontal flow-pack* e forma embalagens tipo saco (*pillow-pack*), partindo de uma bobina do material de embalagem (Figura 2.3). O produto é colocado dentro de um tubo formado na horizontal pela termossoldagem longitudinal do material da embalagem. O tubo é posteriormente termossoldado na transversal e cortado, formando as embalagens. A modificação da atmosfera é feita por um fluxo de gás no tubo de filme formado

após a soldagem longitudinal e antes da soldagem transversal (Sarantópoulos et al., 1998).



FONTE: SARANTÓPOULOS et al., 1998.

FIGURA 2.2. Esquema básico de uma máquina *thermoform-fill-seal* e da unidade de gases para atmosfera modificada.



FONTE: SARANTÓPOULOS et al., 1998.

FIGURA 2.3. Esquema básico de um equipamento horizontal *flow-pack*.

2.2.2. Composição gasosa da atmosfera modificada

Os principais gases utilizados em atmosfera modificada são oxigênio, nitrogênio e dióxido de carbono. Outros gases, no entanto, apresentam potencial para aumentar a vida útil dos alimentos perecíveis, entre eles o ozônio, o cloro, o dióxido de enxofre e o monóxido de carbono. Entretanto, apresentam uma série de desvantagens que dificultam a aplicação prática.

O dióxido de carbono (CO_2) está presente na atmosfera em baixa quantidade (0,03%) e é também um produto da respiração das mitocôndrias do músculo (logo após abate), dos microrganismos e das frutas e hortaliças. O CO_2 sendo tanto hidrossolúvel quanto lipossolúvel é o principal responsável pelo efeito bacteriostático e fungistático sobre muitos tipos de microrganismos. Este efeito é influenciado pela sua concentração, a idade e a carga da população inicial de bactéria, a temperatura de estocagem e o tipo de produto que está sendo embalado (Church, 1994). Quando adicionado à embalagem de alimentos resfriados, é solubilizado pela umidade e gordura do produto, até que um estado de equilíbrio seja atingido. Conseqüentemente, no equilíbrio, a pressão parcial de CO_2 será menor do que na mistura gasosa injetada na embalagem e o volume de gás ao redor do produto será menor que o inicialmente adicionado. A embalagem flexível tenderá a colapsar sobre o alimento, à medida que o CO_2 é absorvido. A solubilidade do CO_2 no produto depende do pH, da temperatura e da proporção e composição da gordura presente (Gill, 1988).

O dióxido de carbono (CO_2) inibe seletivamente o desenvolvimento de bactérias Gram negativas (consideradas de maior potencial deteriorativo em alimentos), como *Pseudomonas* e outros psicrotróficos afins, que se reproduzem rapidamente e produzem odores repugnantes na carne. As bactérias lácticas, como os *Streptococcus* e os *Lactobacillus*, são menos afetadas por níveis altos de CO_2 . O incremento da eficácia do CO_2 em baixas temperaturas está relacionado com a dissolução do gás na fase aquosa da carne. Considerando que a solubilidade dos gases é maior em baixas temperaturas, a concentração de CO_2 no meio aumenta à

medida que se abaixa a temperatura de estocagem do produto. O mecanismo de inibição ou retardo do crescimento microbiano em atmosferas enriquecidas com CO₂ deve-se a uma interferência do ácido carbônico e do pH com sistemas enzimáticos ligados à célula, como desidrogenases celulares, ou com o equilíbrio da ação de massas da descarboxilação enzimática (Brody, 1996).

O efeito inibitório do CO₂ sobre os microrganismos é proporcional à concentração do gás presente (Church & Parsons, 1995). Já foi demonstrado que 20% de CO₂ podem ser tão eficazes quanto 80%, durante curto período de estocagem. Contudo, altas concentrações são necessárias para uma vida-de-prateleira mais longa. Portanto, quando se deseja um aumento significativo de vida-útil, principalmente com embalagens institucionais e de distribuição, recomenda-se a utilização de misturas gasosas com, no mínimo, 50% de gás carbônico, embora a carga microbiana inicial e a temperatura de estocagem, além da concentração de gás carbônico, afetem a eficácia da mistura gasosa no aumento da vida-de-prateleira (Sarantópoulos et al., 1998).

Genigeorgis (1985) sugeriu que a atividade antimicrobiana do dióxido de carbono deve-se à absorção do gás na superfície do alimento, formando o ácido carbônico, ocorrendo, então, uma subsequente ionização do ácido carbônico e uma conseqüente redução do pH.

Entretanto, segundo Phillips (1996), este decréscimo mínimo no pH provavelmente não é o responsável por um efeito bacteriostático significativo. Este mesmo autor, citando Farber (1991), sugere possíveis teorias para explicar o efeito bacteriostático do CO₂:

- Alteração na função da membrana celular, incluindo efeitos sobre os nutrientes absorvidos e sobre a absorção;
- Inibição direta do sistema enzimático ou diminuição na taxa de reações enzimáticas;
- Penetração nas membranas, resultando em mudanças no pH intracelular;
- Mudanças diretas nas propriedades físico-químicas das proteínas.

Em alimentos proteínáceos estocados a frio, como carne e peixe, por exemplo, o uso de ATM geralmente resulta na inibição das Gram-negativas *Pseudomonas* spp., *Enterobacteriaceae*, *Acinetobacter* spp. e *Moraxella* spp. Entretanto as gram-positivas, bactérias lácticas e *Brochothrix thermophacta*, ainda são organismos dominantes. Como os bolores e os fungos têm necessidade absoluta de O₂, a embalagem em atmosfera modificada pode alcançar largo sucesso na extensão da vida-útil de produtos para os quais os fungos são microrganismos que causam grande preocupação (Church, 1994).

Patógenos que têm a capacidade de se multiplicarem a temperaturas baixas como a *Listeria monocytogenes* e aqueles que são capazes de se multiplicarem em níveis muito baixos de oxigênio, como o psicrotrófico *Clostridium botulinum* merecem atenção especial (Phillips, 1996).

Segundo Brody (1989), a vida-de-prateleira da carne pode ser aumentada de 2 a 3 vezes, em presença de CO₂, quando comparada à acondicionada em ar atmosférico, na mesma temperatura. O crescimento de microrganismos deterioradores típicos da carne como *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Bacillus* e *Pseudomonas* foi observado ser marcadamente inibido a 25% de CO₂ e quase completamente inibido em concentrações mais altas de CO₂. Uma inibição ótima do crescimento de bactérias foi alcançada utilizando atmosfera contendo uma concentração de 40 a 60% de CO₂.

O oxigênio está presente na atmosfera em 21%. É um gás reativo e sua presença nas misturas gasosas é uma questão controversa. Elevadas concentrações de oxigênio são usadas em embalagens com ATM para oxigenar o pigmento da carne fresca e manter a coloração vermelho-brilhante. A desvantagem, porém, é que o oxigênio favorece o crescimento de microrganismos aeróbios deteriorantes e ainda favorece as reações de oxidação de gorduras, vitaminas e pigmentos, levando às alterações indesejáveis de cor, odor, sabor e valor nutricional do produto. Para carnes frescas, cuja manutenção da coloração vermelha é

importante como um fator atrativo ao consumidor, uma concentração de 60 a 85% de O₂ é geralmente usada (Farber, 1991).

Para manter a coloração vermelha brilhante por um período mais longo, são necessárias altas concentrações de O₂. As carnes frescas com maior teor de pigmento, como a carne bovina, requerem concentrações mais altas de O₂ do que as menos pigmentadas, como a carne suína (Sarantópoulos et al., 1998).

Normalmente, recomendam-se misturas de 60 a 80% de oxigênio e de 20 a 40% de gás carbônico para carnes vermelhas, prevendo-se que a durabilidade da carne bovina fresca possa ser aumentada de 2 a 4 dias em ar para 5 a 12 dias em ATM, de 0 a 4 °C (Brody, 1989; Day, 1992).

Hotchkiss (1988) sugere que uma certa quantidade de O₂ (5-10%) faça parte da composição gasosa da embalagem, a fim de que o crescimento de certos patógenos anaeróbicos, particularmente o *Clostridium botulinum*, seja inibido.

Em muitos produtos com ATM, especialmente na carne fresca embalada sob altas concentrações de CO₂, ocorre o colapso da embalagem devido à solubilidade do dióxido de carbono no tecido da carne. O nitrogênio é um gás inerte que tem sido usado por muitos anos com o objetivo principal de evitar o colapso da embalagem. Devido à baixa solubilidade do nitrogênio em lipídios e água (quando comparada ao oxigênio e dióxido de carbono), é também comumente usado como gás de enchimento, evitando assim, o desenvolvimento de vácuo na embalagem. Também é usado como substituto ao oxigênio em alguns produtos sob ATM, para prevenir a rancidez e inibir o crescimento de microrganismos aeróbios (Farber, 1991).

2.2.3. Efeito da temperatura

A microbiota bacteriana da carne é constituída fundamentalmente de espécies mesófilas e psicrotróficas. A temperatura tem um efeito pronunciado na redução da velocidade de multiplicação dos microrganismos. As bactérias patogênicas geralmente cessam por completo sua multiplicação em temperaturas

abaixo de 5 °C; como exceções poderiam ser destacadas a *Yersinia enterocolitica*, capaz de se desenvolver abaixo de 0 °C e o *Clostridium botulinum* tipo E, que se multiplica a temperaturas de até 3°C (Leitão, 1984).

Em atmosfera modificada, a temperatura de estocagem é de fundamental importância no aumento da vida-de-prateleira dos alimentos. A 30 °C, a inibição microbiana de um produto em ATM é de apenas 10 a 20% quando comparada com o crescimento do mesmo microrganismo cultivado no ar, à mesma temperatura; entretanto, a 5 °C, essa inibição é de 80% (Brody, 1996).

A vida-de-prateleira da carne *in natura* é determinada por fatores microbiológicos e sensoriais como cor, odor e exsudação. E pode ser prolongada pelo uso de vácuo ou atmosfera modificada e refrigeração (Church & Parsons, 1995). Como a solubilidade do CO₂ é maior a baixas temperaturas, existe um importante efeito sinérgico ao se usar atmosfera modificada e estocagem a temperaturas baixas (O'Beirne, 1990).

O efeito combinado entre a temperatura de estocagem e da concentração de CO₂ é maior do que a soma dos efeitos individuais destes fatores. A 10°C, uma elevação no teor de CO₂ de 0% para 25% duplicou o tempo médio de geração dos microrganismos em carne de frango resfriada; a 4,4 °C, o aumento foi de 2,5 vezes e a 0°C foi de aproximadamente 3,5 vezes. Além disso, a redução da temperatura e o aumento do teor de CO₂ prolongaram a fase de adaptação dos microrganismos, aumentando ainda mais a efetividade desses agentes (Ogilvy & Ayres, 1951).

Além da temperatura ser um fator importante no controle do crescimento microbiano e na solubilidade do CO₂ no produto, garantindo um maior efeito antimicrobiano deste gás, ela também afeta a permeabilidade aos gases nas embalagens plásticas, que geralmente aumenta com a elevação da temperatura. Logo, a especificação da barreira aos gases da embalagem depende da temperatura de estocagem e distribuição.

O efeito sinérgico entre a temperatura e a concentração de CO₂ também foi verificado por Enfors & Molin (1981). Recomenda-se assim, que a desossa, as etapas de acondicionamento, transporte, distribuição e venda da carne sejam feitas a 10 °C e toda a estocagem a 0 °C. Quanto mais baixa a temperatura, mais eficaz será o CO₂ como inibidor, apresentando um grande efeito entre 0 °C e 5 °C.

Calil (1999), em um trabalho sobre análise dos perigos e pontos críticos de controle na indústria da carne, afirma que a distribuição e a comercialização de produtos alimentícios apresentam vícios históricos, como a falta de atenção do atacadista ou varejista com a temperatura de conservação, não só na área de venda, mas também na armazenagem. Afirma, ainda, ser comum se verificar caixas de alimentos, expostos ao sol por horas, nas plataformas de recebimento em lojas de supermercado, reduzindo sensivelmente a qualidade e a validade dos produtos. Ressalta, também que os espaços refrigerados, em muitos supermercados, são desorganizados, sem controle de temperatura, misturando alimentos de características distintas.

Em resumo, a temperatura deve ser controlada rigidamente durante todo o ciclo de preparo, distribuição e comercialização do produto, pois é um fator decisivo para o sucesso da tecnologia de embalagens em atmosfera modificada.

2.3. Efeito do transporte e da distribuição

Durante o transporte e distribuição, os produtos estão sujeitos a esforços mecânicos, que se não forem devidamente considerados, poderão produzir efeitos sobre a integridade do sistema de embalagem e, conseqüentemente, causar perdas de qualidade e/ou devolução do produto. Um dos principais esforços sofridos pelos produtos durante o transporte são os movimentos vibratórios. A sua análise é fundamental na adequada especificação do sistema de embalagem. Esta adequação passa pela simulação de transporte em laboratório, que proporciona o conhecimento prévio necessário a um custo muito menor de um teste "prático". Porém, para se fazer a simulação de transporte em laboratório é preciso se ter um conhecimento de como é o meio de transporte utilizado, quanto ao seu

comportamento vibratório. Uma maneira de se fazer isso é conhecer a Densidade Espectral de Potência (PSD) do sistema em estudo. De uma forma simplificada, pode-se dizer que a PSD relaciona o nível de energia vibratória que cada faixa de frequência possui. Este tipo de ensaio, também conhecido como ensaio de vibração randômica, produz resultados mais próximos do real, quando comparado a outros tipos de ensaios de vibração (Bordin, 1994).

Este mesmo autor afirma que quando não é possível uma análise de vibração no transporte a ser utilizado, pode-se recorrer a dados encontrados em literatura, devendo sempre levar em conta as condições para as quais estes dados foram obtidos. A norma ASTM D 4728-87 (*Standard test method for random vibration testing of shipping containers*) contém um gráfico (Figura 2.4) mostrando as curvas de PSD de três diferentes meios de transporte: caminhão, trem e avião. Segundo a norma, estes gráficos são valores médios obtidos pela combinação de várias condições no meio de transporte.

De acordo com a realidade brasileira, a curva PSD mais usada para simulação de transporte de produtos alimentícios é a que retrata o transporte rodoviário, pois esta é a modalidade mais utilizada no país.

No caso das embalagens em atmosfera modificada, o efeito das vibrações e choques de transporte e manuseio pode acarretar perdas na integridade do fechamento da embalagem e conseqüente alteração da composição gasosa. A influência do transporte consiste de uma etapa de análise de falhas do sistema. A integridade do fechamento é um ponto crítico na determinação da vida útil de alimentos acondicionados em atmosfera modificada.

Com referência ao aspecto de proteção das embalagens, a hermeticidade é uma característica fundamental e, portanto, deverá ser avaliada durante as operações de acondicionamento. A integridade do sistema torna-se um fator essencial para que a embalagem venha desempenhar as suas funções durante as etapas de processamento, estocagem, transporte, distribuição e comercialização do

produto. A integridade de uma embalagem ocorre quando não existem vazamentos nos sistemas de fechamento (Faria, 2000).

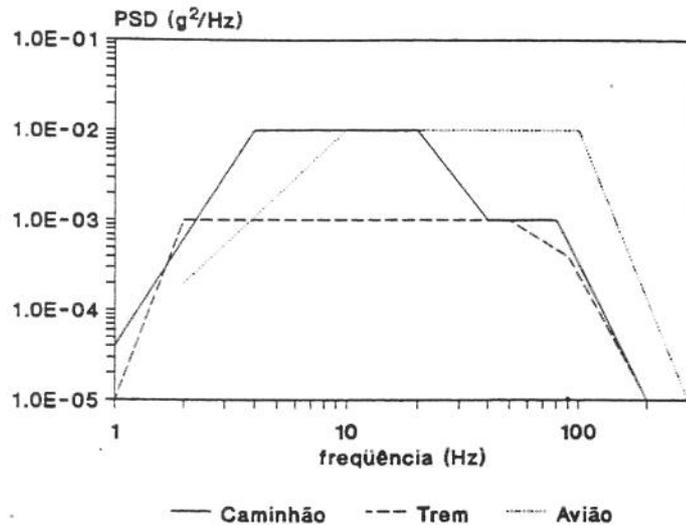


FIGURA 2.4. Curvas de PSD indicadas na norma ASTM D 4728-87.

2.3.1. Embalagens de transporte

Os materiais utilizáveis nas embalagens de transporte e distribuição de alimentos são os mais variados possíveis e, geralmente, os mesmos empregados nas embalagens primárias, exceto os recipientes de vidro.

As caixas de papelão ondulado ou corrugado representam as principais embalagens do sistema de distribuição física de produtos industrializados. Elas atuam como embalagens secundárias, ou seja, acondicionam as embalagens primárias ou de consumo. O seu amplo emprego neste setor é devido a sua elevada resistência mecânica, versatilidade, peso reduzido, dentre outras particularidades. O papelão ondulado consiste de um miolo ondulado, colado sobre uma ou entre duas capas de papel. As ondulações podem ser dos tipos A, B, C e E, em função da altura e do tipo de onda (Faria, 1996). A Tabela 2.3 apresenta a classificação do papelão ondulado.

TABELA 2.3. Classificação do papelão ondulado, quanto à altura e o número de ondas.

Tipo de onda	Altura da onda (mm)	Número de onda (10 cm)
A	4,2 a 4,5	11 a 13
B	2,5 a 2,6	16 a 18
C	3,6 a 3,7	13 a 15
E	1,2 a 1,4	31 a 38

FONTE: Ardito et al. (1988).

No setor alimentício, o papelão ondulado de parede dupla, tipo BC é o mais utilizado, sendo que a ondulação B geralmente fica do lado externo, devido a sua melhor superfície de impressão.

Para produtos sujeitos às condições de alta umidade relativa (perecíveis frigorificados), as caixas deverão receber tratamento superficial com parafina, para eliminar a absorção de umidade e manter a resistência ao empilhamento.

Uma das características importantes das caixas de papelão ondulado é seu desempenho durante o uso, com o mínimo de deformação. A caixa deverá apresentar boa resistência ao empilhamento sem deformar. Tal propriedade depende da resistência à compressão dos componentes do papelão ondulado.

2.4. Cinética de degradação

A cinética é uma ciência que foi desenvolvida para permitir comparações quantitativas entre as diferentes reações observadas nos alimentos, a qual identifica os principais parâmetros que afetam a velocidade de uma reação e estabelece relações quantitativas entre causa e efeito, permitindo assim, comparações. Como toda ciência, a cinética tem as suas leis, expressas por meio de equações baseadas em conceitos (Teixeira Neto et al., 1993, Labuza & Riboh, 1982):

A partir de uma reação do tipo: $A \rightarrow \text{produtos}$, define-se **velocidade de reação** (equação 1) como sendo

$$-d_A = -dC_A / dt \quad (1)$$

onde C_A = concentração do componente A

t = tempo de reação

A **ordem da reação** é definida como sendo a soma dos expoentes das concentrações indicadas na equação de velocidade da reação. Às vezes o expoente é fracionário e a ordem da reação é fracionária. Uma reação pode ser de ordem global 2 (2ª ordem), mas ao mesmo tempo ser de 1ª ordem em relação ao componente A e de 1ª ordem em relação ao componente B (Teixeira Neto et al., 1993).

Ordem zero – É a reação cuja velocidade de conversão é independente da concentração dos reagentes (equação 2).

$$-d_A = k \quad (2)$$

A representação gráfica em escala linear (concentração versus tempo) de uma equação de ordem zero é uma reta, cuja inclinação representa a constante de velocidade de reação.

1ª ordem – É a reação cuja velocidade de conversão depende da concentração dos reagentes (equação 3).

$$-d_A = k C_A \quad (3)$$

A representação gráfica em escala monologarítmica (concentração versus tempo) de uma equação de 1ª ordem é uma reta, cuja inclinação representa a constante de velocidade da reação.

As reações de 1ª ordem são as mais comuns em alimentos. Uma série de reações segue este mecanismo, entre elas: o crescimento e morte de microrganismos; a destruição de vitaminas durante o processo e armazenamento; a destruição de pigmentos durante o processamento e armazenamento; a destruição

da atividade enzimática por aquecimento; a destruição de toxinas por aquecimento, entre outras (Teixeira Neto et al., 1993).

As perdas de nutrientes durante o processamento e/ou armazenamento são baseadas na cinética de primeira ordem, com a dependência da temperatura expressa como energia de ativação de Arrhenius (Wolf et al., 1978 citados por Thompson, 1982).

A estimativa analítica para calcular e prevenir a perda de qualidade em alimentos envolve um modelo cinético/matemático. O modelo pode conter equações de balanço de massa e energia e quantidade de movimento, termodinâmica, propriedades químicas e físicas. O modelo é usualmente composto por equações diferenciais parciais, cuja resolução é muito complicada e outras vezes não existe (Churchill, 1974 citado por Saguy et al., 1980).

Primeiramente, deve-se simplificar estas equações de acordo com condições de contorno. A estimativa cinética é baseada na taxa de processo que pode ser relacionada com fatores ambientais como temperatura, pressão, etc. e fatores de composição, como concentração, pH, entre outros. A perda de qualidade é descrita pela equação geral 5:

$$-dC/dt = f(E_i, F_j) \quad (5)$$

onde: $-dC/dt$ = taxa de degradação

E_i = fatores ambientais

F_j = fatores de composição

Em relação aos efeitos causados pela temperatura, o mais comum é assumir que a taxa de degradação seja dependente da temperatura e seguir o modelo de Arrhenius (Saguy, 1980).

A influência da temperatura na velocidade da reação tem sido obtida empiricamente, bem como por mecanismos estatísticos, termodinâmicos e outros

meios. Basicamente, o log da constante de velocidade é proporcional ao inverso da temperatura absoluta (equação 6):

$$d \ln k_d/dT = E_a/RT^2 \quad (6)$$

onde: E_a = energia de ativação

R = constante universal dos gases

K_d = constante de velocidade de reação

T = temperatura

Esta equação (de Arrhenius) diz que representando graficamente $\ln k$ versus o inverso da recíproca temperatura absoluta tem-se uma reta, cuja inclinação é a energia de ativação dividida pela constante dos gases, R . A partir desta relação, pode-se estabelecer, por extrapolação, a relação entre a constante de velocidade a diferentes temperaturas desejadas (Labuza & Riboh, 1982).

O uso de modelos matemáticos tem sido comum em ciência de alimentos para descrever quão rápida uma reação poderá acontecer quando um produto é aquecido a temperaturas mais elevadas e determinar, portanto, sua vida-de-prateleira (Labuza & Riboh, 1982).

Segundo Lund (1977), vários parâmetros cinéticos têm sido usados para descrever o efeito tempo/temperatura de tratamento e/ou estocagem na destruição de componentes do alimento (pigmentos, vitaminas, enzimas, etc.). Basicamente dois parâmetros são necessários:

- 1) a taxa de destruição do componente na temperatura de referência;
- 2) a dependência da taxa de destruição com a temperatura.

Em muitas aplicações químicas e de engenharia, estes dois parâmetros têm sido a informação da taxa da constante de reação (**k**) à temperatura T_r e da energia de ativação (**Ea**). Para a indústria de processamento de alimentos, estes dois parâmetros são expressos como o tempo necessário para reduzir a concentração do componente em 90% (**D**) à temperatura de referência T_r e como intervalo de temperatura que ocasiona uma variação de 10 vezes na velocidade da reação (**z**).

2.5. Metodologia de diagnóstico de falhas

2.5.1. Significado da confiabilidade

O rápido desenvolvimento tecnológico, aliado à grande competição em escala mundial, tem como conseqüências diretas a elevação dos padrões de consumo e o aumento do leque de opções de compra por parte dos consumidores. Neste contexto, não é de se estranhar que cada vez mais empresas venham se empenhando em desenvolver sistemas de gestão suficientemente fortes e flexíveis, que lhes permitam produzir bens de melhor qualidade, que se diferenciam dos concorrentes, garantindo assim a sua sobrevivência. A confiabilidade de um produto tem, sob diversos aspectos, impacto na satisfação do consumidor, aparecendo, em muitos casos, de maneira inconsciente nas decisões de compra. Portanto, dentre os caminhos que podem ser trilhados com o objetivo de aumentar a fatia do mercado das empresas, aqueles que direcionam para uma melhoria da confiabilidade dos produtos devem ser considerados (Freitas & Colosimo, 1997).

A British Standard (BS 4778) define confiabilidade como a capacidade de um item desempenhar satisfatoriamente a função requerida, sob condições de operação estabelecidas, por um período de tempo pré-determinado.

Uma empresa dedicada à geração de produtos cada vez melhores deve ter sempre presente a preocupação com a confiabilidade do produto, seja nos aspectos da durabilidade, manutenibilidade (através de um programa de manutenções preventivas) ou segurança, o que significa que será necessário estabelecer e cumprir metas relacionadas à confiabilidade. Essas metas poderão ser tanto para manutenção como para melhoria do nível de confiabilidade do produto (Freitas & Colosimo, 1997).

2.5.2. Análise da árvore de falhas

A análise da árvore de falhas (FTA) é uma técnica de confiabilidade utilizada no estudo de falhas potenciais de um sistema. É uma representação gráfica, associada ao desenvolvimento de uma falha particular do sistema (efeito), chamada

de evento de topo (*top event*), e às falhas básicas (causas), denominadas de eventos primários (*primary events*).

Uma vez finalizada, a árvore representará visualmente, as relações existentes entre as várias partes do sistema que levarão à ocorrência do evento de topo. Tais procedimentos poderão ser usados para diagnosticar as falhas em sistemas com atmosfera modificada, objetivo desta pesquisa.

Segundo Ireson & Coombs (1998), existem cinco etapas para a realização de uma FTA:

1. *Definir o evento de topo*: estado do sistema considerado anormal. A sua definição pode ser formulada em função de relatos de falhas ocorridas no campo (no caso de produtos que já estão no mercado) e falhas potenciais (quando ainda em fase de projeto), principalmente aquelas relacionadas com a segurança do usuário.
2. *Entender o sistema*: a análise da árvore de falhas exige o conhecimento da estrutura do sistema e do seu esquema de funcionamento.
3. *Construir a árvore de falhas*: Essa é apenas uma das etapas da FTA. Ela vai levar em conta todo o conhecimento que se tem do sistema. Na sua construção são usados símbolos especiais, que representarão a inter-relação operacional das várias partes do sistema que, de alguma maneira, possam acarretar a ocorrência do evento do topo.
4. *Avaliar a árvore de falhas*: tem como objetivo final fornecer uma expressão para o cálculo da probabilidade de ocorrência do evento de topo.
5. *Implementar ações corretivas*: o resultado da avaliação da árvore de falhas, em geral, auxilia a equipe na identificação de partes do sistema, cuja baixa aceitação estaria afetando a confiabilidade do sistema como um todo, aumentando em muito a probabilidade de ocorrência do evento de topo.

Neste ponto é importante montar um plano de ação para implementação de ações corretivas.

Trabalhos têm sido realizados na área de alimentos utilizando a análise de árvore de falhas. Romano et al. (2001), em um trabalho sobre a formação e estabilidade da cor de produtos cárneos curados, concluem, através da construção de uma árvore de falhas, as causas da deterioração da cor neste tipo de produto.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em sua maior parte nos laboratórios do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas-SP. Os testes de simulação de transporte foram feitos no Centro de Tecnologia de Embalagem (CETEA) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), Campinas-SP.

3.1. Matéria-prima

A presente pesquisa foi realizada em um sistema de parceria Indústria/Universidade. A primeira parceira forneceu a carne já embalada em atmosfera modificada. À segunda coube a realização de análises sobre a vida-de-prateleira desse produto em condições simulando o mercado varejista e, também, monitorando as reais temperaturas de transporte e comercialização de dois frigoríficos, localizados na grande São Paulo. O Frigorífico A utilizou o sistema de vácuo compensado (vácuo seguido da injeção da mistura gasosa desejada) e equipamento para a produção de bandeja termoformada e fechada por termossoldagem de uma tampa flexível (*thermoform-fill-seal*). O corte cárneo processado pelo frigorífico A foi patinho (*Quadriceps femoris*) extra limpo. O frigorífico B utilizou o sistema de fluxo de gás (substituição do gás do interior da embalagem pela composição gasosa desejada) e equipamento *horizontal flow pack* (forma embalagens tipo saco). O frigorífico B processou coxão mole (*Semimembranosus*, *Adductor femoris* e *Gracilis*). A composição gasosa para os dois processos foi a mesma: 80% de oxigênio e 20% de gás carbônico.

Realizou-se um estudo das etapas envolvidas desde o processo industrial de moagem e acondicionamento, transporte, estocagem, e venda do produto. Paralelamente a esses procedimentos foram realizadas análises físico-químicas, microbiológicas e avaliações da eficiência da embalagem, permitindo que o estudo chegasse às suas conclusões acerca das condições de comercialização desses produtos no mercado varejista.

As Figuras 3.1 e 3.2 apresentam os fluxogramas de obtenção da carne moída em atmosfera modificada para os dois frigoríficos em estudo.

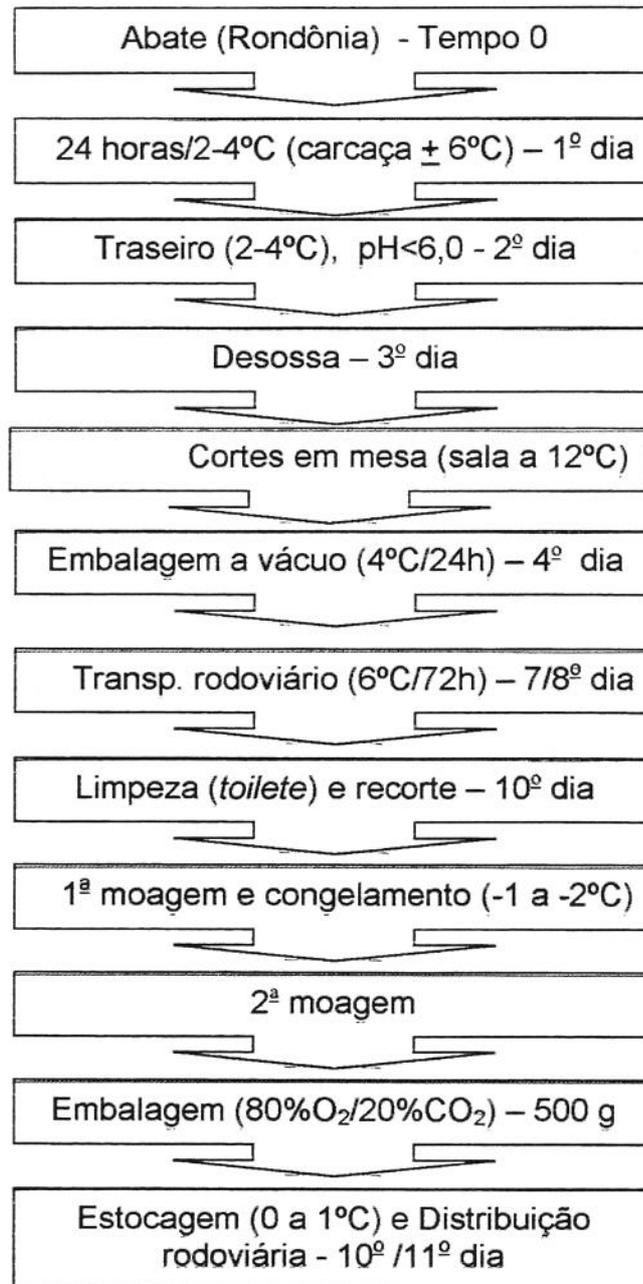
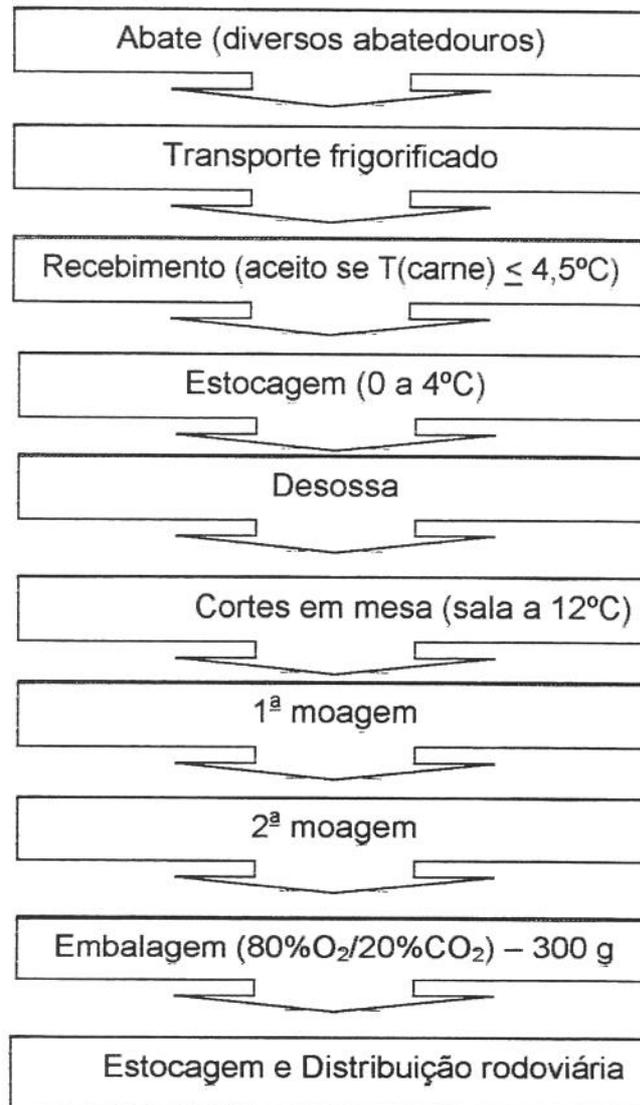


FIGURA 3.1. Fluxograma da carne bovina moída acondicionada em ATM - Frigorífico A.



Obs: Este frigorífico recebe carne de diversos abatedouros nacionais. Após o abate a carne deve ser entregue num prazo máximo de 5 dias. O processo de acondicionamento em ATM dura 2 dias. Assim, estima-se que o tempo máximo entre o abate e o supermercado seja de 7 dias.

FIGURA 3.2. Fluxograma da carne bovina moída acondicionada em ATM - Frigorífico B.

3.2. Efeito do transporte

Foram feitos testes que visavam simular as condições de transporte para se verificar a manutenção da integridade do sistema e a conseqüente manutenção da composição gasosa no interior da embalagem.

Este ensaio foi realizado em um equipamento de vibração MTS 495.10, controlado em vibração randômica por um *Random Vibration Controller Schlumberger*, modelo 1209. As amostras foram dispostas na mesa vibratória em camadas, conforme são transportadas em condições reais (paletes de 7 caixas sobrepostas para o Frigorífico A e 6 caixas para o frigorífico B, com oito bandejas em cada caixa), e sofreram vibração randômica segundo o Espectro de Densidade de Potência (PSD) sugerido pela norma ASTM D 4169-96 para caminhões, com nível de severidade II (0,52 grms). As amostras foram submetidas a estas condições durante uma hora a temperatura ambiente, simulando um percurso de 500 km. Após o teste de vibração, as amostras foram estocadas por um período de 12 horas em temperatura de aproximadamente 3 °C e em seguida feita a medida da composição de O₂ e CO₂ nas embalagens, utilizando um medidor de composição gasosa (*headspace*) para O₂ e CO₂, marca MOCON, modelo PAC CHECK 650, comercializado pela POLI Instrumentos Ltda. As amostras que não foram submetidas ao teste de vibração de transporte também foram estocadas e analisadas quanto à composição gasosa sob as mesmas condições de estocagem.

3.3. Efeito das condições de estocagem

Para se avaliar o efeito das temperaturas de estocagem sobre a qualidade e vida útil da carne moída embalada em atmosfera modificada, o produto foi estocado em três diferentes temperaturas: 2 (±1), 4 (±1) e 6 (±1) °C, em câmaras incubadoras, marca FANEM[®], modelo 347 CD, com temperaturas controladas.

Tais temperaturas se aproximaram das temperaturas médias das gôndolas no ponto de venda, analisadas neste trabalho. Logo, retrataram as condições reais

de comercialização da carne moída em ATM em alguns supermercados do Estado de São Paulo.

3.4. Análise da cor

Para determinação da cor utilizou-se um espectrofotômetro marca Hunter Lab, modelo ColorQuest II, com calibração em Reflectância Especular Incluída (RSIN), usando como sistema de cor CIELAB (L^* , a^* , b^*), iluminante D_{65} e um ângulo do observador de 10° .

Na calibração foram utilizados padrões de cor marca Hunter Lab em calibração RSIN/ $D_{65}/10^\circ$, sendo branco o número C6299 de 03/1996, valores de $x=77,46$; $y=82,08$; $z=88,38$ e padrão cinza o número C6299G de 03/1996, com valores de $x=47,71$; $y=50,83$; $z=54,94$ (Hunter Lab, 1996).

Foram utilizadas três repetições para cada amostra e três pontos de leitura em cada uma das repetições. Foi adotada como padrão a carne no primeiro dia de estocagem a 2°C e foram obtidos valores médios de L^* (luminosidade), a^* (intensidade de cor vermelha) e b^* (intensidade de cor amarela).

Diariamente, durante o tempo de vida-de-prateleira estabelecido pelos frigoríficos (6 dias para o frigorífico A e 5 dias para o frigorífico B), as amostras eram retiradas das temperaturas de estocagem (2 , 4 e 6°C) e imediatamente submetidas a leituras de cor.

A cor do produto foi dada pela combinação dos parâmetros L^* , a^* e b^* . A partir destes parâmetros, calculou-se a diferença total de cor (ΔE^*) e a diferença de croma (ΔC^* - intensidade da diferença da parte cromática da cor entre dois objetos, onde não há participação da luminosidade L^*) dada pelas equações 1 e 2, respectivamente (Hunter Lab, 1996).

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

$$\Delta C^* = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (2)$$

Onde: $\Delta L^* = L^* - L_0^*$, $\Delta a^* = a^* - a_0^*$, $\Delta b^* = b^* - b_0^*$

O sub-índice zero (₀) foi o valor padrão determinado na amostra de carne no primeiro dia de estocagem.

A cor também foi analisada por uma equipe sensorial utilizando-se procedimento descrito a seguir.

3.5. Avaliação sensorial

Testes sensoriais, baseados em metodologia descrita por Moraes (1993) e Chaves & Sproesser (1999), foram realizados utilizando-se uma equipe composta por 35 indivíduos, compradores de carne moída. As amostras foram apresentadas em uma geladeira, com porta de vidro (*display*), simulando-se a forma como o produto é encontrado no mercado varejista, com incidência de luz fluorescente e temperatura controlada (3 ± 1 °C).

Diariamente, durante o tempo de vida-de-prateleira estabelecido pelos frigoríficos, as amostras eram retiradas das temperaturas de estocagem (2, 4 e 6°C) e colocadas, aleatoriamente, no *display*. Os provadores analisaram as amostras, para cada frigorífico, quanto aos critérios de aceitação da aparência, intensidade ideal da cor e nível de intenção de compra, conforme mostra a Figura 3.3.

Nome: _____ Data: _____

1. Você está recebendo 3 amostras codificadas de uma **carne moída em atmosfera modificada**. Por favor, avalie a **APARÊNCIA** de cada uma das amostras codificadas e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou da **APARÊNCIA** de cada amostra.

- 9- adorei
- 8- gostei muito
- 7- gostei moderadamente
- 6- gostei ligeiramente
- 5- nem gostei/ nem desgostei
- 4- desgostei ligeiramente
- 3- desgostei moderadamente
- 2- desgostei muito
- 1- detestei

Amostra	Valor	Comentários
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

2. Avalie, por favor, a **COR DA CARNE** e indique, utilizando a escala abaixo, o quão próximo do ideal encontra-se a **COR** de cada amostra.

- +4 -extremamente + escuro que o ideal
- +3 -muito + escuro que o ideal
- +2 -moderadamente + escuro que o ideal
- +1 -ligeiramente + escuro que o ideal
- 0 -ideal
- 1 -ligeiramente + claro que o ideal
- 2 -moderadamente + claro que o ideal
- 3 -muito + claro que o ideal
- 4 -extremamente + claro que o ideal

Amostra	Valor	Comentários
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

3. Com base na sua opinião sobre as amostra, indique na escala abaixo, sua atitude se você encontrasse cada uma das amostras à venda. **SE eu encontrasse este produto à venda eu :**

5-Certamente compraria
 4-Possivelmente compraria
 3-Talvez comprasse/ talvez não comprasse
 2-Possivelmente não compraria
 1-Certamente não compraria

Amostra	Valor	Comentários
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

FIGURA 3.3. Ficha de avaliação sensorial utilizada pela equipe de consumidores.

3.6. Análises microbiológicas

A qualidade microbiológica do produto foi avaliada através da contagem de células viáveis em placas contendo meios seletivos, que foram inoculados após uma série de diluições da amostra (Vanderzant & Splittstoesser, 1992).

Três amostras para cada temperatura de estocagem foram retiradas, aleatoriamente, durante os tempos de comercialização previamente estabelecidos pelos frigoríficos (6 dias para o Frigorífico A e 5 dias para o Frigorífico B) e analisadas diariamente. Como indicadores da qualidade do produto foram feitas contagens em superfície de Psicotróficos, *Pseudomonas* spp e Bolores e Leveduras. Os meios de cultivos utilizados foram, respectivamente, ágar padrão para contagem (PCA) com incubação a 7°C/10 dias, ágar-pseudomonas suplementado com glicerol e incubação a 25°C/3dias e ágar batata dextrose (PDA) suplementado com cloranfenicol e incubação a 20°C/5dias.

3.7. Análise de pH e potencial redox

Os valores do potencial hidrogeniônico (pH) foram medidos em triplicata para cada tratamento, durante a vida útil estabelecida pelo frigorífico. As análises foram

diárias e utilizou-se um potenciômetro da marca Mettler Toledo, modelo MP 130. No mesmo aparelho foi medido o potencial de oxido-redução de cada amostra.

3.8. Análise da composição gasosa

A composição gasosa das embalagens contendo a carne moída em ATM foi medida em triplicata para cada tratamento durante a vida útil estabelecida pelos frigoríficos, através do medidor de espaço vazio (*head space analyser*) para O₂ e CO₂, marca MOCON, modelo PAC CHECK 650, seguindo as recomendações do manual do aparelho.

3.9. Caracterização dos sistemas de embalagem

3.9.1. Peso, gramatura e capacidade volumétrica

O peso e a capacidade volumétrica foram determinados por meio de balança semi-analítica, com precisão de 0,01g. A gramatura foi determinada a partir de pesagem de amostras de áreas conhecidas, em balança analítica com precisão de 0,001g. Os resultados foram calculados como média de 10 unidades amostrais, expressos em g/m².

3.9.2. Caracterização dimensional

Compreendeu as determinações de altura, largura, comprimento e espessura das bandejas. As medidas de altura, largura e comprimento foram feitas por meio do uso de paquímetro, com precisão de 0,01 mm, enquanto que as medidas de espessura foram feitas por meio do uso de um micrômetro com precisão de 0,01 mm. Os resultados foram calculados a partir da média de 10 unidades amostrais.

3.9.3. Barreira ao Oxigênio

A taxa de permeabilidade ao O₂ (TPO₂) foi feita pelo método coulométrico, segundo ASTM F 1307-90 (1997), à pressão atmosférica local, umidade relativa de 70% ± 5% e temperatura de 25 °C ± 2 °C. O equipamento utilizado foi o OX-TRAN

2/20, fabricado pela MOCON. Para se medir a TPO_2 do sistema da embalagem termoformada + tampa, utilizou-se um kit de fixação da embalagem ao OX-TRAN, segundo descrito por Faria (1998). Para o sistema utilizado pelo frigorífico B, a permeabilidade foi determinada utilizando-se o filme que envolvia a bandeja e a TPO_2 foi calculada em função de sua área média.

3.9.4. Análise da integridade do sistema

A integridade dos sistemas estudados foi determinada pelo ensaio de emissão de bolhas, segundo ASTM E 515-95 (1995), utilizando-se um kit de vácuo/pressão (Faria, 1998). Os resultados foram expressos a partir das médias de 10 unidades amostrais.

3.9.5. Resistência ao estouro

A resistência dos sistemas estudados ao estouro foi calculada com base na metodologia de determinação da resistência de embalagens rígidas à carga vertical, segundo ASTM D 2659-67 (1969). Os resultados foram expressos a partir das médias de 2 unidades amostrais.

3.10. Caracterização das embalagens secundárias

3.10.1. Gramatura do papelão ondulado

A gramatura foi calculada baseada na metodologia descrita na norma MB-1321 – “Papelão ondulado: Determinação de gramatura” (ABNT, 1981). Os corpos-de-prova foram cortados no tamanho 100 x 100 mm com auxílios de dispositivo padrão e pesados em balança analítica Mettler, modelo AE 163. Os resultados foram expressos em g/m^2 .

3.10.2. Espessura do papelão ondulado

A espessura foi determinada de acordo com a norma NBR 6738 – “Papelão ondulado: determinação da espessura” (ABNT, 1981) Utilizou-se micrômetro da marca Lorentzen & Wettre, com área de contato igual a $10,0 \pm 0,2$ cm² e pressão

exercida sobre a amostra de $20,0 \pm 0,5$ kPa. Os resultados foram expressos em mm.

3.10.3. Resistência à compressão de coluna

A resistência à compressão de coluna foi determinada de acordo com a norma NBR 6737 – “Papelão ondulado: determinação da resistência à compressão de coluna” (ABNT, 1981). Utilizou-se prensa de compressão, marca REGMED, CT 400 kgf, tipo placa de deflexão com aumento de força à razão de (111 ± 23) N/s. Os resultados foram expressos em kgf/cm.

3.10.4. Tipificação de onda

A tipificação da onda foi determinada de acordo com o método de ensaio “Determinação do tipo de onda do papelão ondulado”. Utilizou-se paquímetro com precisão de 0,1 mm na determinação da altura de onda.

3.10.5. Dimensões internas das caixas de papelão ondulado

As dimensões internas da caixa de papelão foram determinadas de acordo com a norma ASTM D2658 – 94 “*Standard test method for determining interior dimensions of fiberboard boxes*” (ASTM, 1994). Utilizou-se calibres de medição para as dimensões internas. Os resultados foram expressos em mm.

3.11. Monitoramento das temperaturas

O monitoramento das temperaturas de processamento, estocagem, transporte e comercialização do produto foi feito pelo registrador de temperatura marca TRACON, modelo HO8-032-08, auxiliado pelo Kit de Programação BoxCar Pro, marca TRACON. Foram selecionados três clientes do Frigorífico B pois, nesta ocasião o Frigorífico A já se encontrava com a linha de atmosfera modificada comercialmente desativada.

3.12. Análise estatística dos resultados

Os dados referentes às análises físico-químicas (pH, composição gasosa das embalagens e cor) e sensoriais (aparência, cor e intenção de compra), dos dois sistemas estudados foram tratados estatisticamente para se verificar a existência ou não de diferença significativa entre as temperaturas de estocagem (2, 4 e 6°C) a que o produto foi submetido, durante a vida-de-prateleira previamente estabelecida pelos frigoríficos. A diferença estatística entre as médias foi determinada pelo Teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas em microcomputador, utilizando-se o programa STATISTICA® versão 5.0. A mesma metodologia foi aplicada para avaliar se houve diferença estatisticamente significativa na composição gasosa das embalagens, nos testes de transporte, entre as camadas empilhadas e entre as amostras que foram submetidas ao efeito do transporte em relação às que não foram testadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeito do transporte

A análise dos resultados após aplicação do Teste de Tukey mostrou que para ambos os sistemas testados, as amostras submetidas ao teste de transporte não apresentaram diferença significativa de composição gasosa entre as camadas, permitindo a conclusão de que a altura da embalagem na coluna durante o transporte não influenciou significativamente ($p \leq 0,05$) na manutenção da sua composição gasosa. Porém, quando as embalagens controle, que não foram submetidas ao teste de vibração de transporte, foram comparadas às submetidas ao teste, observou-se uma diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre elas para o frigorífico A, em relação à concentração de O_2 e CO_2 . A Tabela 4.1 expressa a média e o desvio padrão dos valores da composição gasosa das embalagens provenientes do Frigorífico A.

Já para o frigorífico B, a composição gasosa tanto de O_2 , quanto de CO_2 não apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras submetidas à vibração e as controle. A Tabela 4.2 expressa a média e o desvio padrão dos valores de composição gasosa das embalagens provenientes do Frigorífico B.

Apesar de ter havido uma diferença significativa entre algumas amostras que sofreram a ação mecânica da vibração no teste de simulação de transporte, esta diferença, em termos práticos, foi pequena, uma vez que a integridade do sistema não foi alterada de maneira que comprometesse a vida útil do produto. Entretanto, foram observados, para um dos frigoríficos estudados, danos nas embalagens secundárias (caixas de papelão) posicionadas na parte inferior da coluna, devido ao peso das demais. Esses danos não afetaram a integridade das embalagens primárias contidas na caixa de papelão. A Figura 4.1 mostra como ficou a embalagem secundária inferior na coluna, após o teste de simulação de transporte para o Frigorífico A. Tal resultado indica a necessidade de uma melhor especificação das caixas quanto a resistência à carga vertical.

É válido ressaltar que a avaliação da composição gasosa das embalagens foi realizada 12 horas após o teste de vibração, tempo julgado necessário para detectar danos na embalagem que compromettesse sua integridade, e que, 24 horas após o teste, nova leitura de composição gasosa foi feita e não foi observada diferença, confirmando assim que o transporte não afetou a integridade dos sistemas de embalagens estudados.

TABELA 4.1. Médias e desvio padrão dos dados experimentais de composição gasosa nas embalagens (Frigorífico A), submetidas à vibração.

TRATAMENTO	%O ₂		%CO ₂	
	Média	desvio padrão	média	desvio padrão
Sem vibração	72,5 ^a	1,25	19,5 ^a	0,36
Vibração – camada 1	68,5 ^b	1,14	22,6 ^b	0,55
Vibração – camada 2	68,0 ^b	1,43	22,5 ^b	0,70
Vibração – camada 3	67,8 ^b	1,19	23,3 ^b	0,25
Vibração – camada 4	69,3 ^{a, b}	0,72	22,0 ^b	0,40
Vibração – camada 5	67,4 ^b	1,29	22,8 ^b	0,50
Vibração – camada 6	67,2 ^b	1,01	22,6 ^b	0,60
Vibração – camada 7	68,9 ^b	1,06	22,1 ^b	0,65

Resultados de média de 3 medidas por ensaio.

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Camada 1 – mais inferior no palete.

TABELA 4.2. Médias e desvio padrão dos dados experimentais de composição gasosa nas embalagens (Frigorífico B), submetidas à vibração.

TRATAMENTO	%O ₂		%CO ₂	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão
Sem vibração	70,5 ^a	1,17	17,7 ^a	0,38
Vibração – camada 1	72,3 ^a	0,8	17,2 ^a	0,17
Vibração – camada 2	71,0 ^a	0,12	17,6 ^a	0,57
Vibração – camada 3	71,5 ^a	0,68	17,5 ^a	0,61
Vibração – camada 4	81,0 ^a	1,34	17,9 ^a	0,27
Vibração – camada 5	70,0 ^a	0,24	17,9 ^a	0,61
Vibração – camada 6	80,0 ^a	0,52	18,3 ^a	0,54

Resultados de média de 3 medidas por ensaio.

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Camada 1 – mais inferior no palete.



FIGURA 4.1. Danos causados nas caixas de papelão durante o teste de simulação de transporte das embalagens com ATM para carne moída – Frigorífico A.

4.2. Efeito da temperatura

No sentido de avaliar o efeito da temperatura de comercialização e estocagem sobre a qualidade e vida útil do produto, as amostras foram submetidas a três diferentes temperaturas: 2 (± 1), 4 (± 1) e 6 (± 1) °C, durante 6 e 5 dias, prazo comercialmente estabelecido pelos frigoríficos A e B, respectivamente. As análises microbiológicas, físico-químicas e sensoriais foram realizadas diariamente para se acompanhar o perfil de qualidade do produto sob estas condições, verificando assim, se diferenças de temperaturas, consideradas pequenas por muitos varejistas, seriam relevantes para a manutenção da qualidade da carne moída sob atmosfera modificada.

4.2.1. Microbiologia da carne

Observou-se que as amostras já possuíam uma carga inicial de psicrotóxicos bastante elevada, $2,3 \cdot 10^7$ UFC/g (Frigorífico A) e $3,3 \cdot 10^6$ UFC/g (Frigorífico B). O

processo de moagem é um ponto crítico no controle da qualidade microbiológica da carne. A contagem total de psicotróficos, feita antes da moagem, ou seja, no corte de patinho inteiro, no caso do Frigorífico A, resultou num total de $8,4 \cdot 10^5$ UFC/g. Um aumento da carga microbiana após a moagem também foi observada para a contagem de *Pseudomonas* spp que passou de $1,0 \cdot 10^4$ UFC/g (na peça inteira) para $3,6 \cdot 10^5$ UFC/g (moída). No caso do Frigorífico B, a contagem total de psicotróficos feita antes da moagem, ou seja, no corte de coxão mole inteiro, resultou num total de $6,0 \cdot 10^6$ UFC/g. O mesmo aconteceu para a contagem de *Pseudomonas*, Bolores e Leveduras. Assim, conclui-se que houve uma contaminação cruzada através de superfícies de contato ou dos manipuladores da peça inteira, sendo esta contaminação, neste caso, maior que a ocorrida no equipamento de moagem. Destes resultados diferentes para os dois frigoríficos, podem ser destacados dois pontos críticos na indústria que muito contribuem para o aumento da carga microbiana do produto antes de ele ser embalado em ATM: o corte das peças (utensílios, manipuladores, etc.) e o equipamento de moagem.

Martins et al. (2001) em um estudo sobre a avaliação microbiológica de pontos críticos de controle no preparo de carne bovina encontraram, nos equipamentos e utensílios, índices entre 7,0 UFC/cm² e $1,3 \cdot 10^4$ UFC/cm². Constataram que 58% dos utensílios e equipamentos analisados apresentaram valores de contagem na faixa de 100 UFC/cm² a 800 UFC/cm²; 16,7% entre 7,0 UFC/cm² a 30 UFC/cm² e 25% entre $7,2 \cdot 10^3$ UFC/cm² e $1,3 \cdot 10^4$ UFC/cm². Nesta última faixa encontraram-se as bandejas, afiadores e facas de cozinhas, sendo estas as que apresentaram contagens mais elevadas ($1,3 \cdot 10^3$ UFC/cm²).

Novas amostras de carne moída provenientes de um outro lote de cada um dos frigoríficos foram avaliadas, com o objetivo de se verificar se a carga microbiana é sempre inicialmente bastante elevada, ou se varia de acordo com o lote. Para o frigorífico A foram encontrados os seguintes resultados: $1,7 \cdot 10^7$ UFC/g de psicotróficos, $9,5 \cdot 10^5$ UFC/g de *Pseudomonas* spp e $6,8 \cdot 10^5$ UFC/g de bolores e leveduras. O que indica novamente uma carga microbiana inicial bastante elevada. Para o Frigorífico B encontraram-se $1,2 \cdot 10^4$ UFC/g de psicotróficos, $6,0 \cdot 10^2$ UFC/g

de *Pseudomonas* spp e $1,0 \cdot 10^2$ UFC/g de bolores e leveduras. Tendo havido uma diferença significativa de contagem entre os dois lotes testados do Frigorífico B, um terceiro lote foi analisado, encontrando-se $3,1 \cdot 10^5$ UFC/g de psicrotóxicos, $3,1 \cdot 10^3$ UFC/g de *Pseudomonas* spp e $2,0 \cdot 10^3$ UFC/g de bolores e leveduras. Foi observado que a carga inicial de microrganismos na carne moída proveniente do Frigorífico B é bastante variável, provavelmente em função das carcaças serem provenientes de diversos abatedouros, de várias regiões do país.

Pesquisas têm comprovado que carnes de mamíferos abatidos sob condições higiênicas apresentam uma contaminação inicial de cerca de 10^3 a 10^4 bactérias/cm² (Newton, 1978). A carne moída geralmente apresenta uma contagem microbiana muito mais elevada devido à excessiva manipulação e ao aumento da superfície de exposição durante o processamento.

Segundo a portaria nº 451, de 19/09/97, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (Brasil, 1997), a carne moída comercializada *in natura* deverá apresentar apenas ausência de *Salmonella* sp em 25 g de amostra. E para ambos os frigoríficos estudados observou-se que, apesar da elevada carga microbiana inicial, não foi detectada presença de *Salmonella* sp em 25 g de amostra.

Carne *in natura* revela-se como um excelente meio para o crescimento de microrganismos e cumpre notar que a carne moída aumenta ainda mais a chance de crescimento dos mesmos. A carne que será moída normalmente é desossada à mão, o que contribui bastante para o aumento da população microbiana (Almeida et al., 2002).

Julião & Costa (2002) recomendam que a higienização do equipamento de moagem seja feita após cada hora de trabalho, para minimizar os riscos de contaminação na carne moída.

A carne previamente embalada a vácuo, antes de ser acondicionada em atmosfera modificada, tem sua vida útil reduzida. Assim, quanto maior for o tempo

no vácuo, menor a vida útil em ATM, devido à maior carga microbiana que se desenvolve no período de estocagem a vácuo (Nortjè & Shaw, 1989). O Frigorífico A acondicionava sua carne a vácuo em abatedouro no Norte do país, mantendo-a por 6 dias, durante o transporte e estocagem, em São Paulo. Nesse período, muito provavelmente havia oscilação da temperatura e, portanto, desenvolvimento de condições favoráveis ao crescimento de microrganismos.

Nas Figuras 4.2, 4.3 e 4.4 observa-se que o crescimento de Psicrotróficos, de *Pseudomonas* e de Bolores e Leveduras, respectivamente, mostram o efeito da temperatura de estocagem sobre o crescimento desses microrganismos para o Frigorífico A. Já as Figuras 4.5, 4.6, e 4.7 representam as mesmas análises microbiológicas para o Frigorífico B. Tais resultados indicam ainda, a maior eficiência da tecnologia de atmosfera modificada na extensão da vida-de-prateleira do produto, quando o mesmo é estocado sob baixas temperaturas, sendo o ideal entre 0 e 3°C, segundo Day (1992). Para Farber (1991), temperaturas próximas a 0 °C resultam em uma maior extensão da fase lag e um longo tempo de geração e, também, asseguram uma maior solubilidade do CO₂.

Nortjè & Shaw (1989), em um experimento com carnes em atmosfera bastante próxima à estudada neste experimento (25% CO₂ + 75% O₂) e estocadas a 1 e 6 °C, observaram que o crescimento microbiano a 6 °C foi muito mais acelerado, chegando a reduzir consideravelmente a vida-de-prateleira do produto. A 1°C a vida útil da carne variou de 14 a 21 dias, de acordo com o tempo em que a carne ficou previamente acondicionada a vácuo. Já a 6 °C este tempo foi reduzido para 7 a 11 dias.

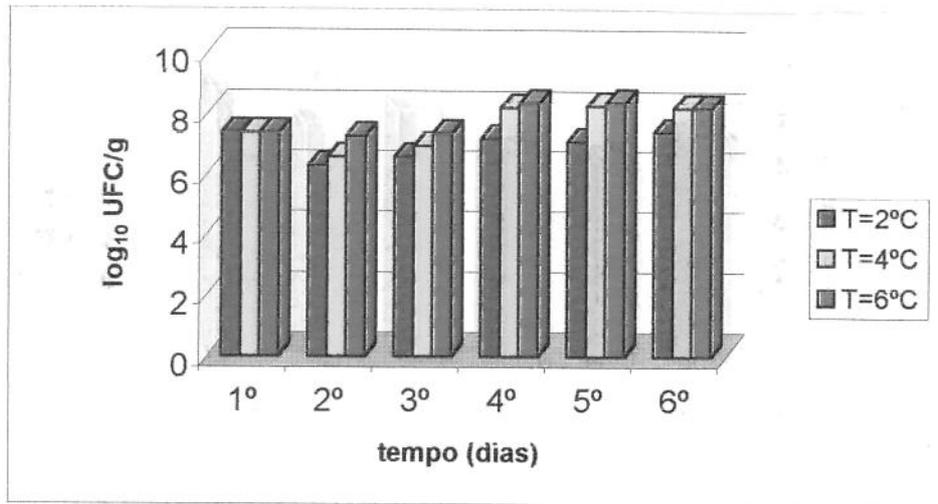


FIGURA 4.2. Contagem total de Psicrotróficos a 2, 4 e 6 °C em carne moída acondicionada em ATM, Frigorífico A, durante o período de estocagem.

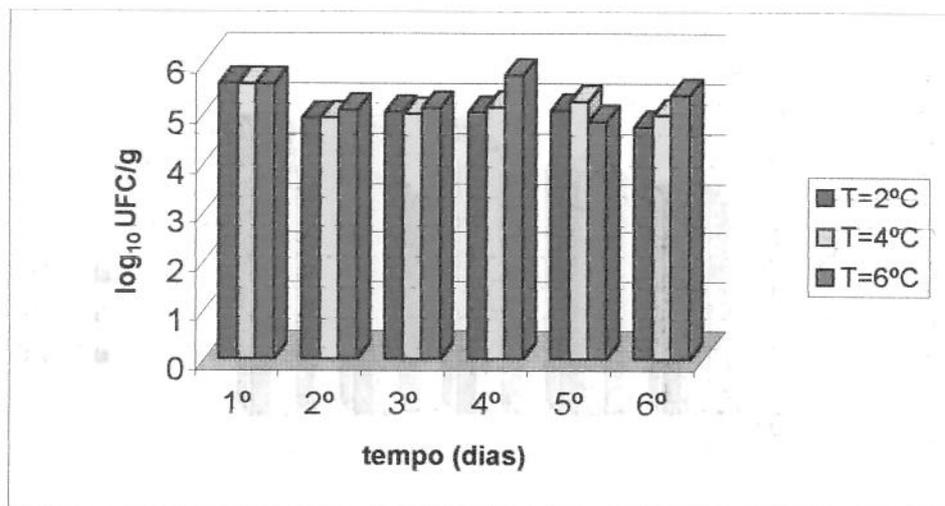


FIGURA 4.3. Contagem total de *Pseudomonas* spp a 2, 4 e 6 °C em carne moída acondicionada em ATM, Frigorífico A, durante o período de estocagem.

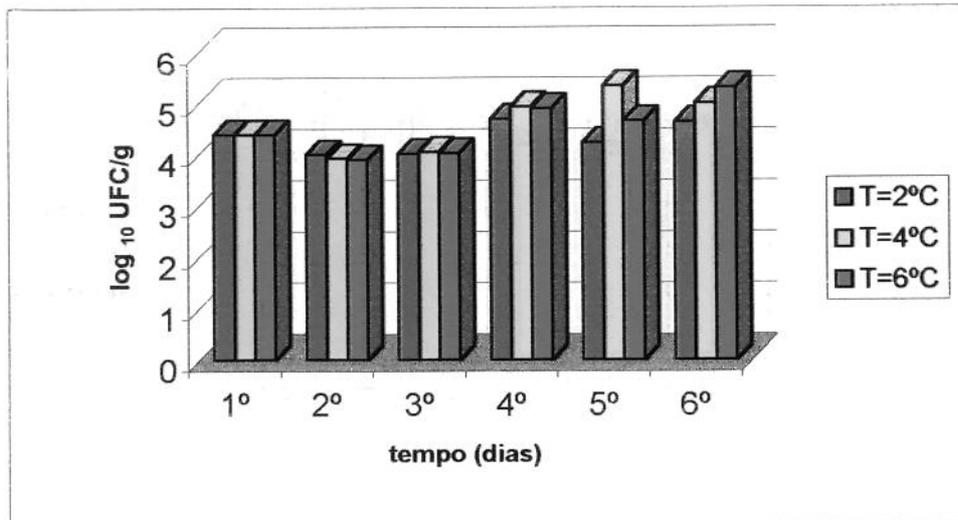


FIGURA 4.4. Contagem total de Bolores e Leveduras a 2, 4 e 6 °C em carne moída acondicionada em ATM, Frigorífico A, durante o período de estocagem.

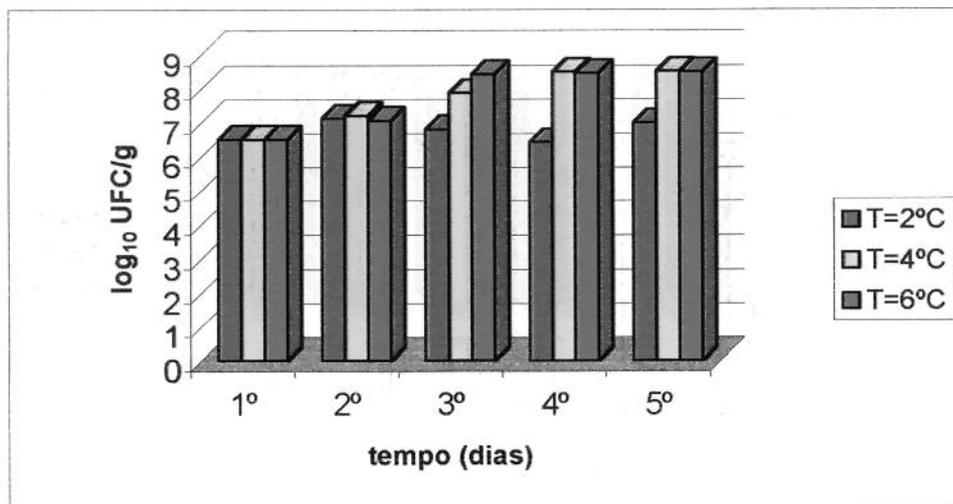


FIGURA 4.5. Contagem total de Psicotróficos a 2, 4 e 6 °C em carne moída acondicionada em ATM, Frigorífico B, durante o período de estocagem.

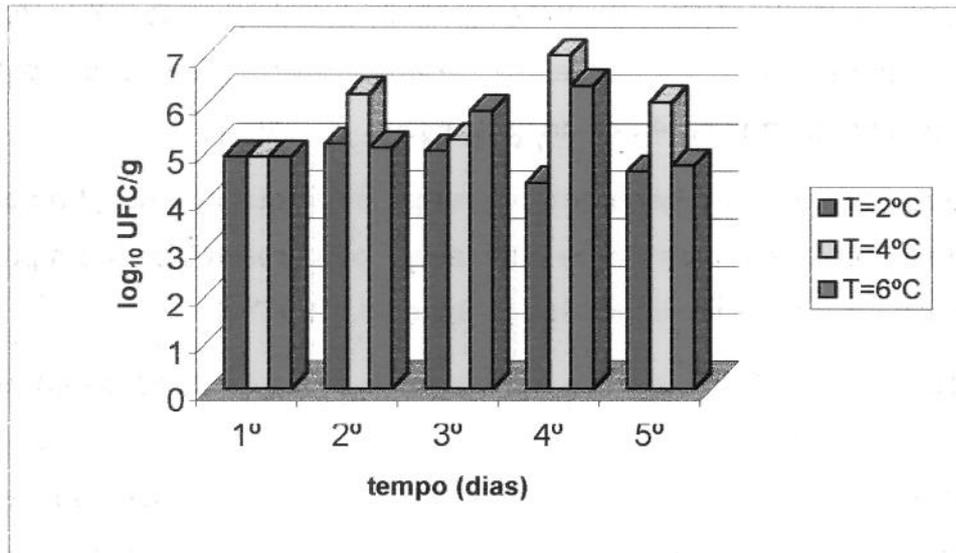


FIGURA 4.6. Contagem total de *Pseudomonas* spp a 2, 4 e 6 °C em carne moída acondicionada em ATM, Frigorífico B, durante o período de estocagem.

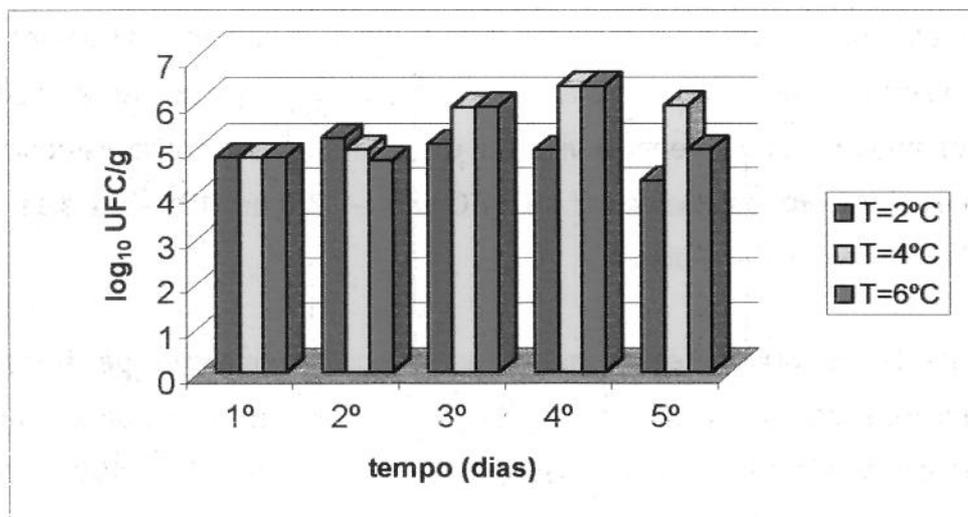


FIGURA 4.7. Contagem total de Bolores e Leveduras a 2, 4 e 6 °C em carne moída acondicionada em ATM, Frigorífico B, durante o período de estocagem.

A 2 °C o produto se manteve mais estável microbiologicamente, não apresentando alteração na aparência e no odor, durante todo o tempo de estocagem, para ambos os frigoríficos. O mesmo não aconteceu com as amostras

estocadas a 4 e 6°C, sendo observado um aumento na contagem de microrganismos, com conseqüente desenvolvimento de odor putrefativo e escurecimento, a partir do 4º dia de estocagem.

Pseudomonas é o gênero de microrganismos que se encontra como um dos mais presentes nos processos de putrefação, pois crescem bem em pH próximo à neutralidade ou ligeiramente alcalino (Pardi et al., 1993).

Nortjé et al. (1989) em um estudo sobre a microbiologia da carne fresca no mercado varejista, concluíram que uma boa refrigeração irá preservar a qualidade da carne, mas não servirá de garantia desta qualidade se a contagem microbiológica inicial for elevada. Estes mesmos autores, citando uma revisão de Eustace (1979), afirmam que a temperatura apresenta o maior efeito na taxa de crescimento de bactérias em carne, e que em baixa temperatura a fase lag se estende, aumentando assim, a vida útil do produto.

Porto (1996), em um trabalho sobre a influência da refrigeração na microbiota da carne, afirmou que as condições de armazenamento, o tipo e o número inicial de microrganismos influenciarão diretamente na durabilidade da carne, pois quanto maior a contagem inicial, menor a vida útil do produto. Para carne estocada a 0 °C, a seguinte relação foi estabelecida: 10 UFC/cm² – 17 dias; 10² – 14 dias; 10³ – 11 dias; 10⁴ – 8 dias e 10⁵ – 6 dias.

Durante as operações tecnológicas do processamento de alimentos, os microrganismos podem ser destruídos injuriados, terem seu número diminuído, manter-se em níveis perigosos ou até desenvolverem-se (ICMSF, 1980). De acordo com essas observações, pode-se dizer que a contaminação inicial da carne deve ser reduzida ao máximo possível, pois quanto menor ela for, maior será o tempo necessário para que a microbiota bacteriana atinja níveis capazes de produzir alterações (Hayes, 1993).

4.2.2. A cor da carne

Com relação à cor, tanto as análises objetivas, utilizando o sistema de cor CIE-lab, através dos valores de L^* (luminosidade), a^* (intensidade de cor vermelha) e b^* (intensidade de cor amarela), quanto as análises sensoriais, mostraram haver uma grande influência da temperatura sobre a qualidade e vida útil da carne moída em atmosfera modificada, para os dois sistemas em estudo.

As Tabelas 4.3 e 4.4 apresentam as médias e os desvios padrão dos dados experimentais de cor (L^* , a^* e b^*) da carne moída *in natura* em ATM, para os Frigoríficos A e B, respectivamente. Em complementação, tomando-se a carne a 2°C, no primeiro dia de estocagem, como padrão, foi calculado a diferença de croma (ΔC^*) e a diferença total de cor (ΔE^*) para cada um dos frigoríficos em questão.

Analisando o componente vermelho (a^*), todas as amostras apresentaram-se menos vermelhas que o padrão, sendo mais acentuada a diferença à medida que se aumentavam o tempo e a temperatura de estocagem. Observando-se a diferença de croma (ΔC^*) foi possível verificar que a perda das tonalidades vermelha e amarela das amostras foi proporcional ao aumento da temperatura e do tempo de estocagem.

TABELA 4.3. Médias e desvio padrão dos dados experimentais de cor da carne moída (patinho - Frigorífico A), em função da temperatura de estocagem.

Amostra	Ensaio	L*	a*	b*	ΔC^*	ΔE^*
1	2°C - 1º dia	43,67(±0,59)	20,36 (± 1,8)	15,03 (± 0,99)	Padrão	
2	2°C - 2º dia	45,12 (± 1,21)	18,31 (± 2,21)	14,12 (± 1,1)	-2,18	2,67
3	2°C - 3º dia	43,24 (± 0,46)	19,04 (± 3,27)	14,20 (± 1,46)	-1,55	1,62
4	2°C - 4º dia	45,28 (± 0,73)	19,26 (± 1,11)	14,62 (± 0,58)	-1,13	1,99
5	2°C - 5º dia	45,53 (± 1,42)	17,78 (± 0,24)	14,00 (± 0,17)	-2,68	3,34
6	2°C - 6º dia	45,91 (± 0,28)	16,60 (± 1,48)	13,12 (± 0,89)	-4,15	4,78
7	4°C - 1º dia	43,67(± 0,59)	20,36 (± 1,8)	15,03 (± 0,99)	0,0	0,0
8	4°C - 2º dia	44,50 (± 0,67)	18,64 (± 2,95)	13,45 (± 1,55)	-2,32	2,48
9	4°C - 3º dia	43,65 (± 0,8)	17,57 (± 1,99)	13,27 (± 0,74)	-3,29	3,30
10	4°C - 4º dia	43,79 (± 0,27)	16,30 (± 0,57)	13,11 (± 0,28)	-4,39	4,49
11	4°C - 5º dia	45,18 (± 0,4)	12,14 (± 4,24)	12,69 (± 1,05)	-7,74	8,68
12	4°C - 6º dia	46,65 (± 0,49)	11,45 (± 2,3)	11,74 (± 0,96)	-8,91	9,95
13	6°C - 1º dia	43,67(± 0,59)	20,36 (± 1,8)	15,03 (± 0,99)	0,0	0,0
14	6°C - 2º dia	44,10 (± 1,64)	14,70 (± 1,01)	12,32 (± 0,83)	-6,13	6,29
15	6°C - 3º dia	43,27 (± 0,39)	16,27 (± 4,21)	12,82 (± 2,05)	-4,59	4,67
16	6°C - 4º dia	45,81 (± 0,56)	13,82 (± 0,65)	12,10 (± 0,18)	-6,94	7,48
17	6°C - 5º dia	44,69 (± 0,76)	10,81 (± 4,66)	11,36 (± 1,17)	-9,63	10,28
18	6°C - 6º dia	45,37 (± 0,43)	8,57 (± 4,42)	10,86 (± 1,19)	-11,47	12,62

Resultados de média de 9 medidas por ensaio.

Amostra 1 – amostra utilizada como padrão.

L* (luminosidade); a* (intensidade de vermelho); b* (intensidade de amarelo).

ΔC^* = diferença de croma (a* e b*). ΔE^* = diferença total de cor.

TABELA 4.4. Médias e desvio padrão dos dados experimentais de cor da carne moída (coxão mole - Frigorífico B), em função da temperatura de estocagem.

Amostra	Ensaio	L*	a*	b*	ΔC^*	ΔE^*
1	2°C - 1º dia	42,22 (± 1,16)	19,69 (± 0,12)	13,40 (± 0,18)	Padrão	
2	2°C - 2º dia	42,30 (± 0,39)	19,27 (± 0,47)	13,67 (± 0,46)	-0,19	0,51
3	2°C - 3º dia	43,13 (± 0,36)	18,99 (± 0,61)	13,32 (± 0,45)	-0,62	1,15
4	2°C - 4º dia	43,37 (± 0,64)	17,56 (± 0,48)	12,42 (± 0,72)	-2,31	2,61
5	2°C - 5º dia	43,23 (± 0,21)	17,34 (± 0,54)	12,31 (± 0,62)	-2,55	2,78
6	4°C - 1º dia	42,22 (± 1,16)	19,69 (± 0,12)	13,40 (± 0,18)	0,0	0,0
7	4°C - 2º dia	41,03 (± 0,54)	19,67 (± 0,91)	14,22 (± 0,71)	0,45	1,45
8	4°C - 3º dia	42,56 (± 0,28)	18,80 (± 1,35)	12,71 (± 0,91)	-1,12	1,18
9	4°C - 4º dia	42,13 (± 0,20)	14,78 (± 1,59)	10,79 (± 0,82)	-5,52	5,56
10	4°C - 5º dia	42,64 (± 1,04)	13,93 (± 2,7)	10,60 (± 1,27)	-6,31	6,42
11	6°C - 1º dia	42,22 (± 1,16)	19,69 (± 0,12)	13,40 (± 0,18)	0,0	0,0
12	6°C - 2º dia	42,58 (± 1,14)	17,66 (± 0,40)	12,96 (± 0,27)	-1,91	2,11
13	6°C - 3º dia	41,40 (± 1,05)	13,04 (± 2,1)	9,33 (± 0,31)	-7,78	7,84
14	6°C - 4º dia	43,70 (± 0,58)	9,65 (± 0,75)	10,55 (± 0,90)	-9,52	10,54
15	6°C - 5º dia	42,10 (± 0,90)	9,87 (± 2,45)	9,15 (± 1,71)	-10,36	10,70

Resultados de média de 9 medidas por ensaio.

Amostra 1 – amostra utilizada como padrão.

L* (luminosidade); a* (intensidade de vermelho); b* (intensidade de amarelo).

ΔC^* = diferença de croma (a* e b*). ΔE^* = diferença total de cor.

4.2.2.1. Avaliação do parâmetro a*

Os resultados da variação do parâmetro a* ao longo do armazenamento para as diferentes temperaturas estudadas seguem apresentados na Figura 4.8 (Frigorífico A) e Figura 4.9 (Frigorífico B). Observou-se que a 2 °C a cor se manteve mais estável que nas demais temperaturas. Às temperaturas de 4 e 6 °C a perda de cor vermelha (a*) foi proporcionalmente mais acentuada, conforme se aumentava a temperatura.

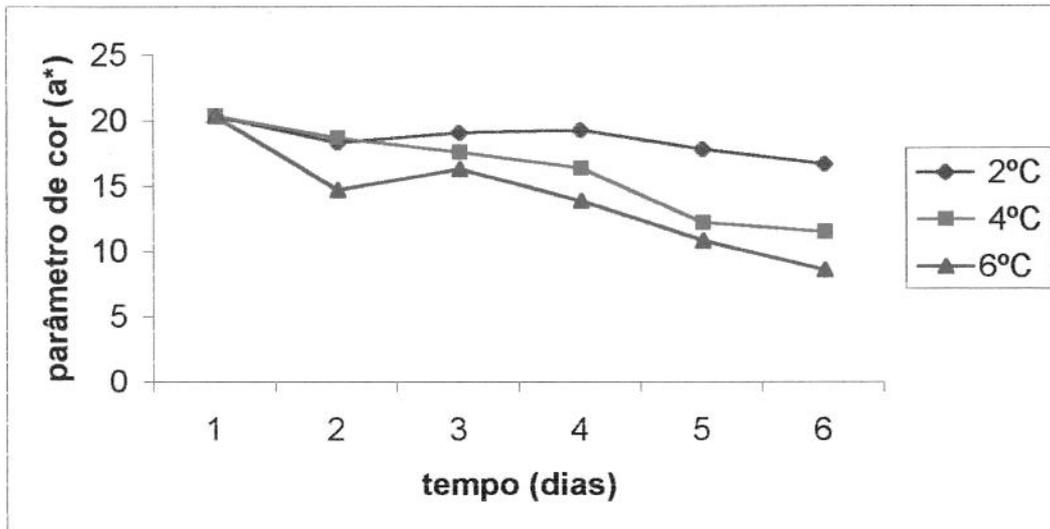


FIGURA 4.8. Medida do parâmetro a* da carne moída (patinho) em função da temperatura - Frigorífico A.

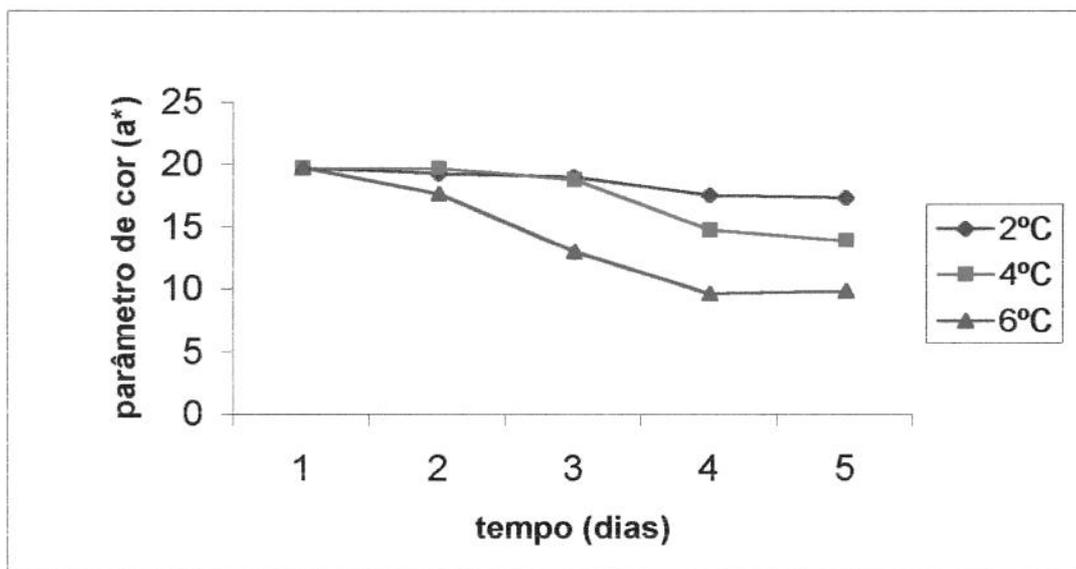


FIGURA 4.9. Medida do parâmetro a* da carne moída (coxão mole) em função da temperatura - Frigorífico B.

Este experimento confirma o que foi observado por Lanier et al. (1977), concluindo que a taxa de formação da metamioglobina e o conseqüente escurecimento aumentam com o aumento da temperatura.

Hood (1980) também afirmou que a velocidade de formação da metamioglobina foi proporcional ao aumento da temperatura. Este mesmo autor constatou que a razão de descoloração após 4 dias a 10 °C foi de duas a cinco vezes maior do que a 0 °C.

A temperatura tem um efeito marcante na estabilidade da cor. Quando aumentada, acelera a taxa de autoxidação da oximioglobina porque o oxigênio é dissociado da mioglobina promovendo sua autoxidação a metamioglobina. (Piske, 1986). Essa mesma autora, citando um trabalho de MacDougall & Taylor (1975) afirma que um pequeno aumento na temperatura de estocagem acelera a formação de metamioglobina, e que esta formação foi duplicada com um aumento de apenas 3 °C.

Também Sarantópoulos (1991) constatou que a formação de metamioglobina foi acelerada pela temperatura e pela atividade microbiana.

A análise objetiva da cor vermelha (a^*), segundo o teste de Tukey, mostrou que não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras estocadas a 2 °C ao longo do período de estocagem para os dois sistemas em estudo. Tomando-se a coloração do primeiro dia de estocagem como padrão, para o Frigorífico A, nos quatro primeiros dias não houve diferença significativa entre os tratamentos. A partir do quinto dia, os tratamentos a 4 e 6 °C apresentaram diferença significativa em relação às amostras estocadas a 2 °C. Para o Frigorífico B, a partir do 3º dia, a estocagem a 6 °C apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) em relação a 2 °C.

A cinética de degradação da cor da carne moída acondicionada em atmosfera modificada, submetida às temperaturas de 2, 4 e 6 °C, apresentou reação de primeira ordem para os Frigoríficos A e B, como pode ser observado pelas Figuras 4.10 e 4.11, respectivamente. Os valores de k_d (constante de velocidade da reação) foram determinados pela inclinação das retas, obtidas quando se representou graficamente $\ln(a^*)$ (intensidade de cor vermelha) versus o tempo de estocagem (Quadros 4.1 e 4.3). Estes valores calculados para cada temperatura

estão apresentados nos Quadros 4.2 e 4.4, respectivamente, para os Frigoríficos A e B.

Os valores das constantes (k_d) mostram claramente a influência da temperatura de estocagem na constante de velocidade da reação de degradação da cor vermelha. Quanto maior a temperatura, maior foi o valor de k_d . Para o Frigorífico A, a constante de velocidade da reação a 4 °C foi 3,9 vezes maior e a 6 °C foi 5,0 vezes maior, quando comparada a 2 °C. Para o Frigorífico B essas diferenças foram 2,8 vezes maior a 4 °C e 5,7 vezes maior a 6°C, quando comparadas a 2 °C.

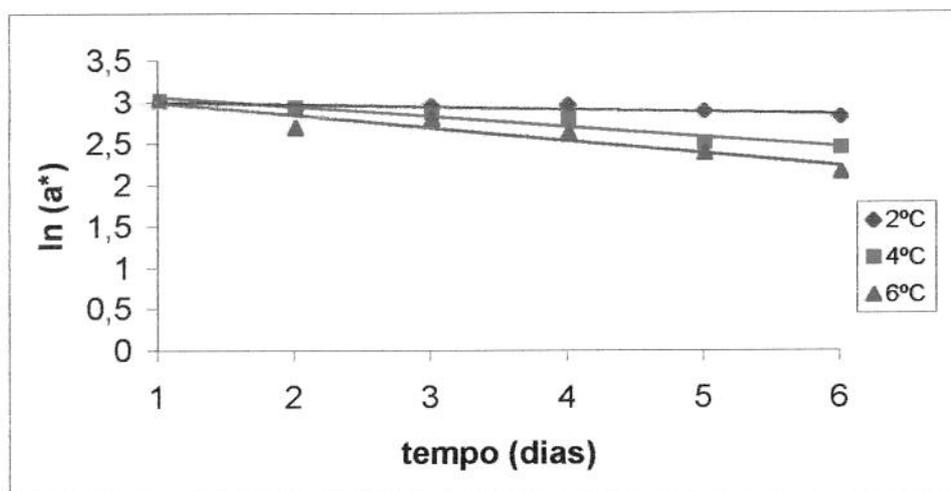


FIGURA 4.10. Cinética de degradação da cor da carne moída em função do tempo e das temperaturas de estocagem (Frigorífico A).

QUADRO 4.1. Equações das retas obtidas pela representação gráfica de $\ln(a^*)$ versus o tempo (Frigorífico A).

Temperatura (°C)	Equação da reta
2	$\ln y = -0,0309x + 3,0280$ $r^2 = 0,6829$
4	$\ln y = -0,1206x + 3,1787$ $r^2 = 0,9274$
6	$\ln y = -0,154x + 3,1473$ $r^2 = 0,8951$

$y = a^*$ $x =$ tempo em dias

QUADRO 4.2. Valores da constante de velocidade da reação k_d (Frigorífico A).

Temperatura (°C)	k_d (a*/dias)
2	0,0309
4	0,1206
6	0,1540

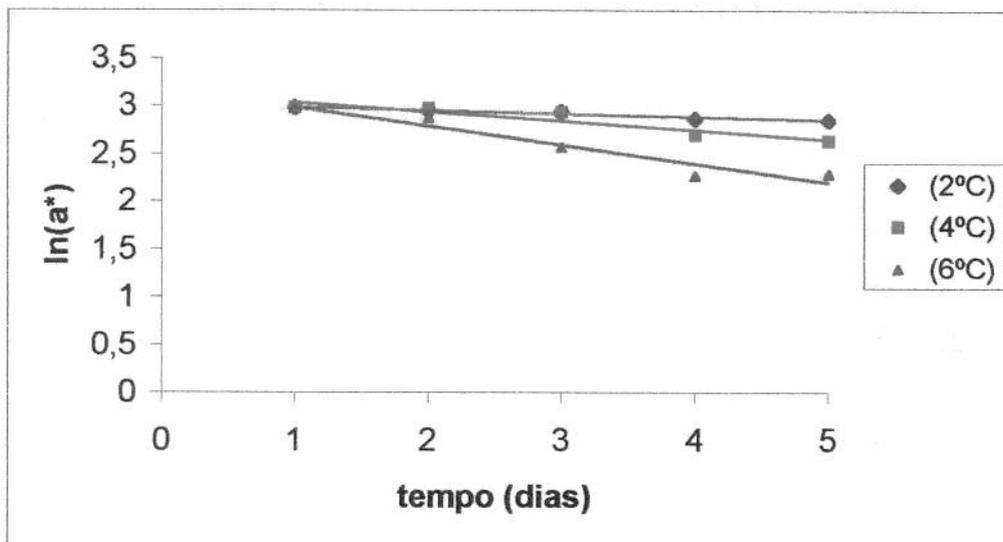


FIGURA 4.11. Cinética de degradação da cor da carne moída em função do tempo e das temperaturas de estocagem (Frigorífico B).

QUADRO 4.3. Equações das retas obtidas pela representação gráfica de $\ln(a^*)$ versus o tempo. (Frigorífico B).

Temperatura (°C)	Equação da reta
2	$\ln y = -0,0347x + 3,0244$ $r^2 = 0,9187$
4	$\ln y = -0,0977x + 3,1372$ $r^2 = 0,8568$
6	$\ln y = -0,1986x + 3,1908$ $r^2 = 0,9248$

$y = a^*$ $x =$ tempo em dias

QUADRO 4.4. Valores da constante de velocidade da reação k_d (Frigorífico B).

Temperatura (°C)	k_d (a*/dias)
2	0,0347
4	0,0977
6	0,1986

As diferenças nas constantes de velocidade de reação dos dois frigoríficos podem ser atribuídas à variabilidade intermuscular, com relação à atividade aeróbica redutora dos músculos. Segundo Ledward (1970), a susceptibilidade quanto à formação de metamioglobina no músculo é dada por *biceps femoris* > *semimembranosus* > *longissimus dorsi* = *semitendinosus*. Hood (1980) constatou a seguinte ordem: *psoas major* > *gluteus medius* > *semimembranosus* > *longissimus dorsi*, o músculo mais estável quanto à coloração.

4.2.3. O aspecto sensorial

A análise sensorial de cor, segundo o teste de Tukey, mostrou que os consumidores não detectaram diferença significativa entre as amostras estocadas a 2 °C ao longo do período de estocagem para os dois sistemas em estudo (Tabelas 4.7 e 4.8). A Tabela 4.5, para o Frigorífico A, mostra que nos dois primeiros dias de estocagem, não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos. A partir do terceiro dia os tratamentos de 4 e 6 °C apresentaram diferença significativa entre eles e em relação às amostras estocadas a 2 °C. A Tabela 4.5 expressa a média e o desvio padrão dos valores atribuídos à cor para as amostras provenientes do Frigorífico A.

TABELA 4.5. Médias e desvios padrão dos valores* atribuídos à cor da carne moída - Frigorífico A.

TEMPO DE ESTOCAGEM (dias)	TEMPERATURA (°C)					
	2		4		6	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
1	-0,03 ^a	±0,47	-0,06 ^a	±0,62	-0,06 ^a	±0,62
2	0,03 ^a	±0,31	0,6 ^a	±0,76	0,2 ^a	±1,21
3	-0,2 ^a	±0,57	0,8 ^b	±0,66	2,8 ^c	±0,81
4	0,2 ^a	±0,59	1,1 ^b	±0,84	2,7 ^c	±1,05
5	0,2 ^a	±0,57	1,3 ^b	±1,67	3,4 ^c	±1,66

Resultados de média de 35 provadores. (Escala variando de 4 a -4).

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

*4 = extremamente mais escuro que o ideal; 0 = ideal; -4 = extremamente mais claro que o ideal.

Para o frigorífico B, a Tabela 4.6 mostra que a partir do segundo dia de estocagem, as carnes do tratamento a 6 °C apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) em relação à cor ideal das amostras. Este efeito não ocorreu entre as amostras estocadas a 2 e 4 °C. No 4º dia as amostras provenientes dos três tratamentos de estocagem apresentaram diferença significativa entre si para o atributo cor.

TABELA 4.6. Médias e desvios padrão dos valores* atribuídos à cor da carne moída - Frigorífico B.

TEMPO DE ESTOCAGEM (dias)	TEMPERATURA (°C)					
	2		4		6	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
1	0,5 ^a	±0,66	0,5 ^a	±0,66	-0,06 ^a	±0,66
2	0,3 ^a	±0,62	0,3 ^a	±0,63	0,2 ^b	±0,70
3	0,1 ^a	±0,55	0,2 ^a	±0,71	2,8 ^b	±0,87
4	-0,03 ^a	±0,62	1,0 ^b	±0,69	2,7 ^c	±1,09

Resultados de média de 35 provadores. (Escala variando de 4 a -4).

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

* 4 = extremamente mais escura que o ideal; 0 = ideal; -4 = extremamente mais clara que o ideal.

As Tabelas 4.7 (Frigorífico A) e 4.8 (Frigorífico B), mostram que, para as amostras estocadas a 2 °C, a aceitação da aparência não foi alterada significativamente ($p \leq 0,05$) durante o período de armazenamento. Para as amostras estocadas a 4 °C, a aceitação da aparência caiu significativamente ($p \leq 0,05$) a partir do 4º dia de armazenamento e, para as amostras estocadas a 6 °C, a aceitação da aparência caiu significativamente a partir do 3º dia de armazenamento.

É importante verificar, entretanto, que, enquanto para as amostras do Frigorífico A estocadas a 4 °C, após 4 dias de armazenamento, suas médias de aceitação situavam-se próximas a 7,0, correspondendo ao termo "gostei moderadamente" na escala hedônica, para as amostras estocadas a 6°C, após 3 dias de armazenamento, suas médias de aceitação já haviam caído para 3,7, próximo ao termo "desgostei ligeiramente" na escala hedônica. As amostras do Frigorífico B, estocadas a 6°C, após 4 dias de estocagem, tiveram média de aceitação de 5,7, correspondendo ao termo "gostei ligeiramente".

TABELA 4.7. Médias e desvio padrão dos valores* atribuídos à aceitação da aparência da carne moída - Frigorífico A.

TEMPO DE ESTOCAGEM (dias)	TEMPERATURA (°C)					
	2		4		6	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
1	8,2 ^a	±0,81	8,2 ^a	±0,81	8,2 ^a	±0,81
2	8,1 ^a	±1,03	7,6 ^a	±1,11	7,2 ^a	±1,19
3	8,1 ^a	±0,80	7,1 ^a	±1,30	3,7 ^b	±1,60
4	7,8 ^a	±1,08	6,7 ^b	±1,81	3,5 ^c	±1,87
5	8,0 ^a	±1,06	4,6 ^b	±2,03	1,3 ^c	±0,79

Resultados de média de 35 provadores. (Escala variando de 1 a 9).

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

9 = adorei; 5 = nem gostei, nem desgostei; 1 = detestei.

TABELA 4.8. Médias e desvios padrão dos valores* atribuídos à aceitação da aparência da carne moída -Frigorífico B.

TEMPO DE ESTOCAGEM (dias)	TEMPERATURA (°C)					
	2		4		6	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
1	8,0 ^a	±1,01	8,0 ^a	±1,03	8,0 ^a	±1,01
2	8,3 ^a	±0,62	8,0 ^a	±0,89	7,6 ^a	±1,09
3	7,9 ^a	±0,92	8,0 ^a	±0,97	6,9 ^b	±1,37
4	7,9 ^a	±0,92	6,9 ^b	±1,33	5,7 ^c	±2,09

Resultados de média de 35 provadores. (Escala variando de 1 a 9).

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

* 9 = adorei; 5 = nem gostei, nem desgostei; 1 = detestei.

As Tabelas 4.9 (Frigorífico A) e 4.10 (Frigorífico B) mostram que, para as amostras estocadas a 2 °C, a intenção de compra não foi alterada significativamente ($p \leq 0,05$) durante o período de armazenamento. Para as amostras estocadas a 4 °C e 6 °C, a intenção de compra caiu, significativamente, ($p \leq 0,05$) a partir do 3º dia de armazenamento para o Frigorífico A e do 4º dia de armazenamento para o Frigorífico B.

É importante ressaltar, entretanto, que, para as amostras estocadas a 4 °C, os consumidores tiveram intenção de comprar o produto até o 4º dia de armazenamento. A média para ambos os frigoríficos foi de 3,7, correspondendo ao termo “possivelmente compraria”, na escala hedônica. As amostras do Frigorífico A estocadas a 6°C a partir do 3º dia tiveram média de 1,7 para o atributo intenção de compra, correspondendo ao atributo “possivelmente não compraria”, na escala hedônica.

TABELA 4.9. Médias e desvios padrão dos valores* atribuídos à intenção de compra da carne moída – Frigorífico A.

TEMPO DE ESTOCAGEM (dias)	TEMPERATURA (°C)					
	2		4		6	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
1	4,8 ^a	±0,37	4,8 ^a	±0,37	4,8 ^a	±0,37
2	4,7 ^a	±0,81	4,2 ^{a,b}	±1,10	3,8 ^b	±0,93
3	4,8 ^a	±0,51	4,0 ^b	±0,90	1,7 ^c	±1,00
4	4,5 ^a	±0,76	3,7 ^b	±1,15	1,6 ^c	±0,91
5	4,4 ^a	±1,10	2,5 ^b	±1,30	1,1 ^c	±0,35

Resultados de média de 35 provadores. (Escala variando de 1 a 5).

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

*5=certamente compraria; 3=talvez comprasse/talvez não comprasse; 1=certamente não compraria.

TABELA 4.10. Médias e desvios padrão dos valores* atribuídos à intenção de compra da carne moída - Frigorífico B.

TEMPO DE ESTOCAGEM (dias)	TEMPERATURA (°C)					
	2		4		6	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
1	4,6 ^a	±0,69	4,7 ^a	±0,68	4,7 ^a	±0,68
2	4,7 ^a	±0,46	4,6 ^a	±0,69	4,4 ^a	±0,97
3	4,7 ^a	±0,54	4,6 ^a	±0,81	4,1 ^a	±0,94
4	4,6 ^a	±0,65	3,7 ^b	±1,15	2,9 ^c	±1,55

Resultados de média de 35 provadores. (Escala variando de 1 a 5).

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

*5=certamente compraria; 3=talvez comprasse/talvez não comprasse; 1=certamente não compraria.

As Figuras 4.12, 4.13, 4.14, 4.15 e 4.16 mostram a intenção de compra do consumidor durante a estocagem dos produtos oriundos do Frigorífico A.

A partir do 2^o dia de estocagem os consumidores já demonstraram perceber a diferença de qualidade entre as carnes estocadas a 2, 4 e 6 °C. Cerca de 83% deles certamente comprariam a carne moída estocada a 2 °C contra 51,4% a 4 °C e apenas 22,6% a 6 °C.

No 3^o dia de estocagem, cerca de 77% dos consumidores certamente comprariam a carne moída estocada a 2 °C e 60% deles certamente não comprariam o produto a 6 °C.

No 5^o dia de estocagem 75% dos consumidores ainda apresentam uma grande intenção de compra para a carne estocada a 2 °C. Já a carne estocada a 6 °C foi rejeitada por 97% deles.

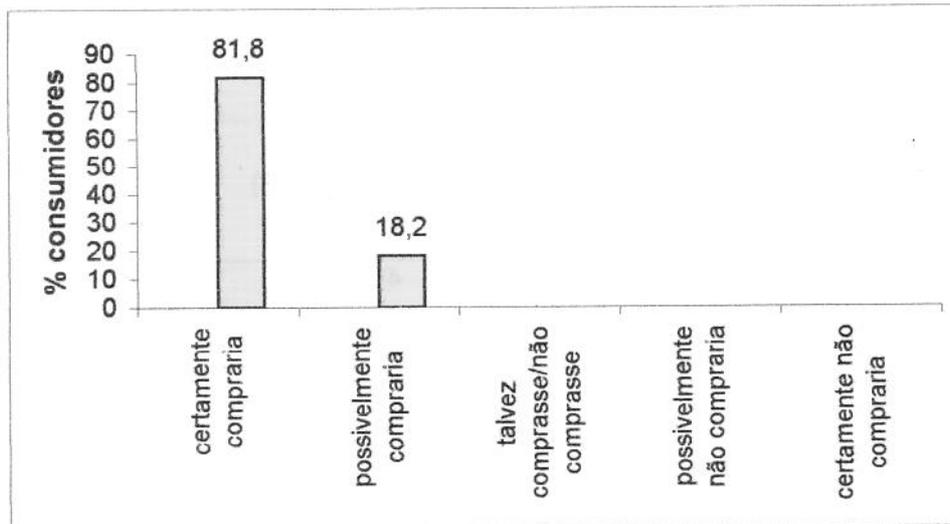


FIGURA 4.12. Intenção de compra da carne moída no 1º dia de estocagem (Frigorífico A).

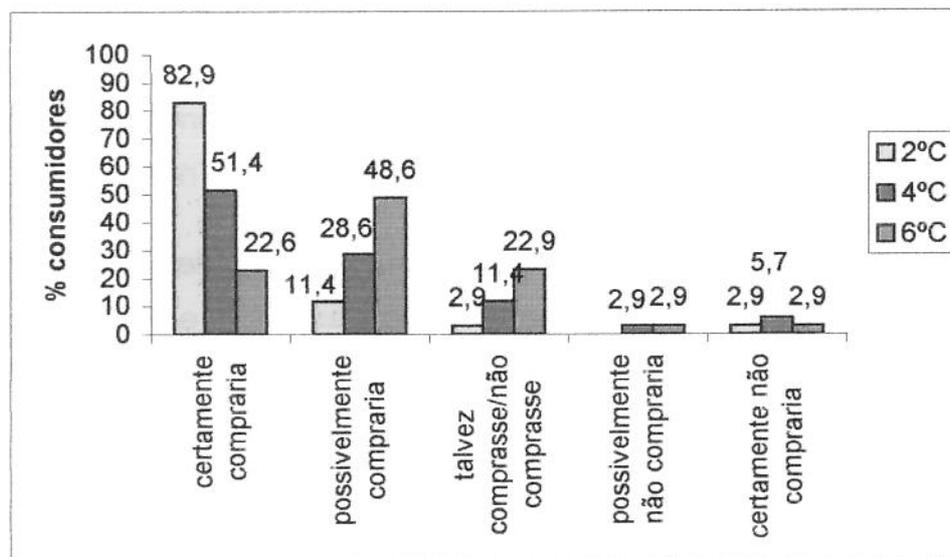


FIGURA 4.13. Intenção de compra da carne moída no 2º dia de estocagem (Frigorífico A).

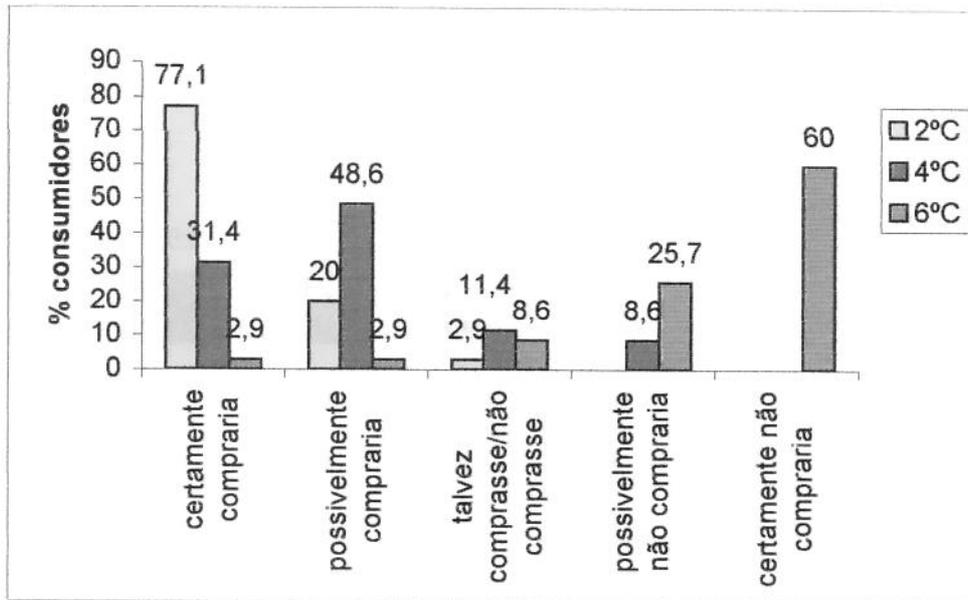


FIGURA 4.14. Intenção de compra da carne moída no 3º dia de estocagem (Frigorífico A).

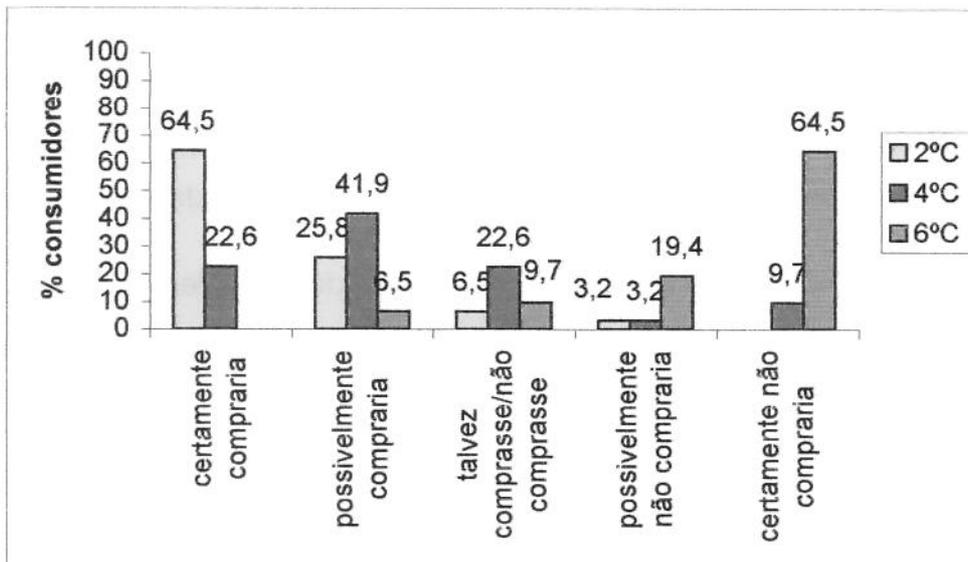


FIGURA 4.15. Intenção de compra da carne moída no 4º dia de estocagem (Frigorífico A).

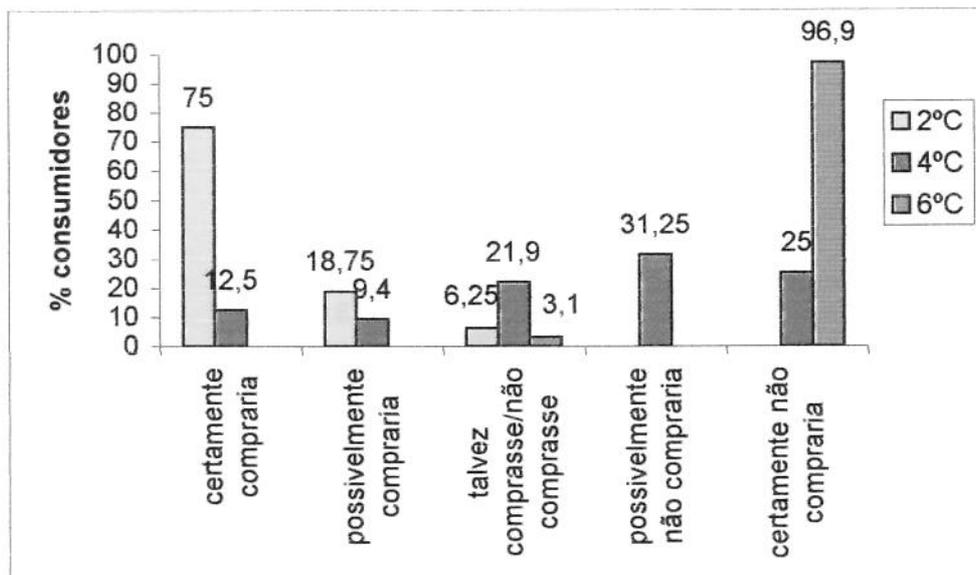


FIGURA 4.16. Intenção de compra da carne moída no 5º dia de estocagem (Frigorífico A).

As Figuras 4.17, 4.18, 4.19 e 4.20 retratam a intenção de compra do consumidor durante a estocagem dos produtos oriundos do Frigorífico B.

As amostras de carne moída estocadas a 2°C despertaram nos consumidores uma boa intenção de compra durante todo o período de estocagem analisado. O mesmo não aconteceu com as amostras estocadas a 4 e 6 °C.

A partir do 3º dia de estocagem os consumidores já demonstraram perceber a diferença de qualidade entre as carnes estocadas a 2 e 4°C e as estocadas a 6 °C. Cerca de 68,6% deles certamente comprariam a carne moída estocada a 2 °C, 65,7% a 4 °C e apenas 42,9% a 6 °C.

No 4º dia os consumidores percebem de maneira bastante clara a diferença de qualidade entre as amostras estocadas a 2, 4 e 6 °C.

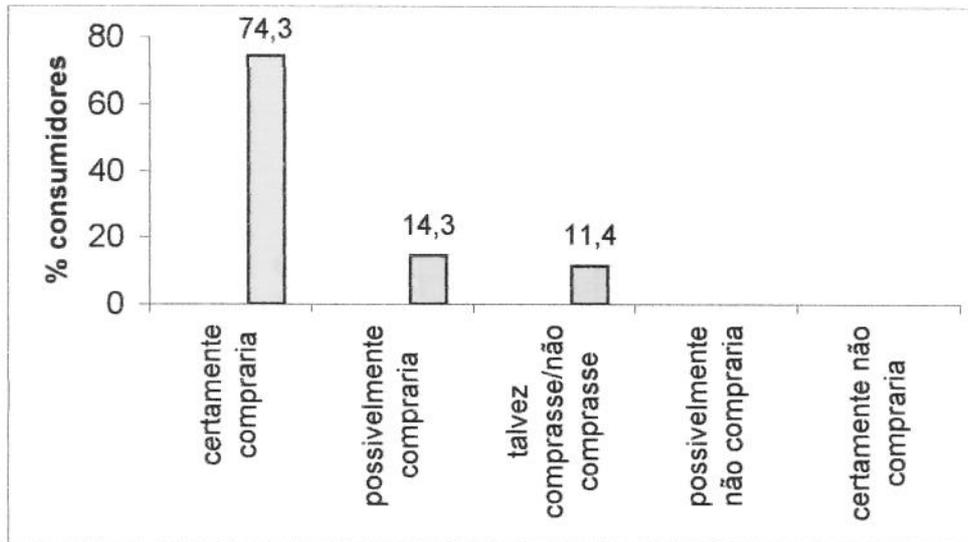


FIGURA 4.17. Intenção de compra da carne moída no 1º dia de estocagem (Frigorífico B).

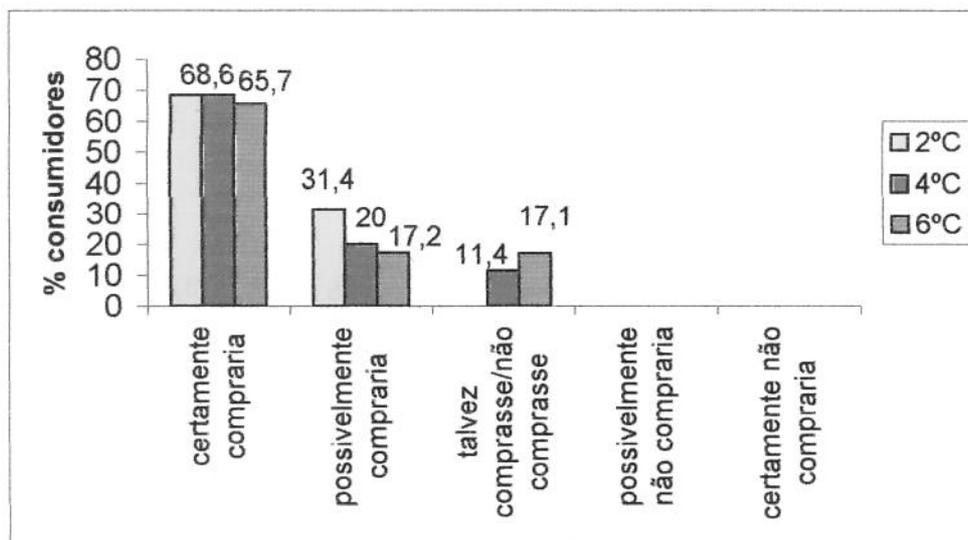


FIGURA 4.18. Intenção de compra da carne moída no 2º dia de estocagem (Frigorífico B).

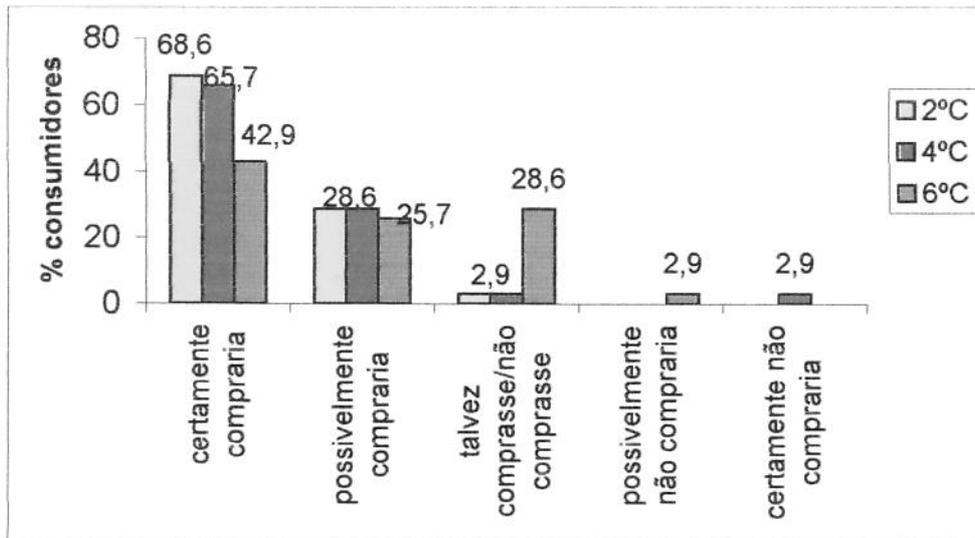


FIGURA 4.19. Intenção de compra da carne moída no 3º dia de estocagem (Frigorífico B).

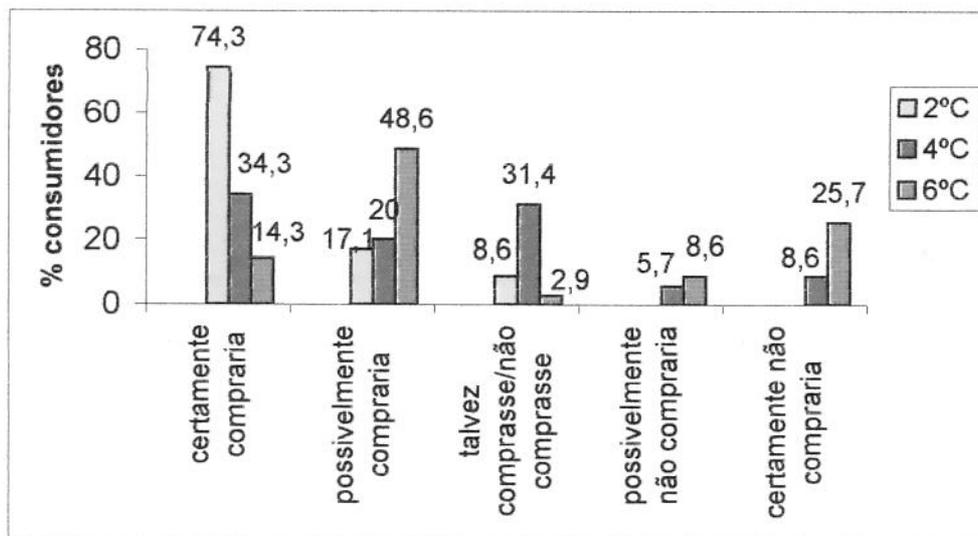


FIGURA 4.20. Intenção de compra da carne moída no 4º dia de estocagem (Frigorífico B).

4.2.4. Avaliação do pH

Os valores de pH, segundo Teste de Tukey, para as amostras provenientes do Frigorífico A, não apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os

tratamentos no primeiro dia de estocagem. A partir do segundo dia, todas as amostras apresentaram diferença significativa entre as temperaturas estudadas. A Tabela 4.11 expressa as médias e o desvios padrão dos valores de pH da carne proveniente do Frigorífico A no decorrer da estocagem.

TABELA 4.11. Médias e desvios padrão dos dados experimentais de pH – Frigorífico A.

TEMPO (dias)	TEMPERATURA (°C)					
	2		4		6	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
1	5,77 ^a	±0,003	5,77 ^a	±0,003	5,77 ^a	±0,003
2	5,79 ^a	±0,002	5,76 ^b	±0,003	5,74 ^c	±0,005
3	5,83 ^a	±0,001	5,76 ^b	±0,003	5,78 ^c	±0,004
4	5,74 ^a	±0,006	5,78 ^b	±0,002	5,62 ^c	±0,003
5	5,80 ^a	±0,010	5,60 ^b	±0,005	5,69 ^c	±0,011
6	5,72 ^a	±0,003	5,64 ^b	±0,003	5,62 ^c	±0,002

Resultados de média de 3 medidas por ensaio.

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Já para as amostras provenientes do Frigorífico B, o valor de pH não apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos, nos cinco dias de estocagem. Entretanto, apesar da diferença de pH ter sido considerada significativa entre os tratamentos, durante a estocagem do produto para o Frigorífico A, esta não foi uma oscilação significativa que afetasse a química da cor ou a contagem de microrganismos, por exemplo. A Tabela 4.12 expressa a média e o desvio padrão dos valores de pH da carne proveniente do Frigorífico B durante a estocagem.

TABELA 4.12. Médias e desvios padrão dos dados experimentais de pH – Frigorífico B.

TEMPO (dias)	TEMPERATURA (°C)					
	2		4		6	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
1	5,78 ^a	±0,022	5,78 ^a	±0,022	5,78 ^a	±0,022
2	5,74 ^a	±0,041	5,83 ^a	±0,106	5,78 ^a	±0,102
3	5,76 ^a	±0,030	5,83 ^a	±0,060	5,66 ^a	±0,052
4	5,77 ^a	±0,003	5,84 ^a	±0,010	5,80 ^a	±0,049
5	5,69 ^a	±0,035	5,79 ^a	±0,056	5,93 ^a	±0,264

Resultados de média de 3 medidas por ensaio.

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A oxidação da mioglobina (Mb) foi observada como sendo dependente da concentração do íon de hidrogênio, com taxas de oxidação aumentando rapidamente com a diminuição do pH (Brooks, 1931 citado por Piske, 1986). O pH, particularmente entre 5 e 7, influencia a taxa de associação e dissociação da hemoglobina (Piske, 1986). De acordo com Brown & Mebine (1969), citados por Piske (1986), a oxidação da Mb bovina ocorre 2,5 vezes mais rápida com pH 6,0 do que com pH 6,5. O baixo pH final então eleva a oxigenação e a oxidação da Mb, sendo que este último processo conduz ao escurecimento da cor.

Em carcaças normais, a glicólise e o abaixamento do pH inativa as mitocôndrias e os sistemas de enzimas associados. O consumo de oxigênio é inibido e, conseqüentemente, a Mb continua mais oxigenada, resultando na coloração vermelho brilhante. O pH da carne também influencia a cor visualizada, afetando a capacidade de retenção de água das proteínas da carne. Se o pH está perto do ponto isoelétrico, menos água é retida e maior a incidência de luz é dispersa, e a carne aparenta ser menos vermelha. Mais recentemente, Offer e Trinick (1983) sugeriram que as diferenças na coloração da carne, associada a

diferentes estados (PSE, DFD, normal), é devida à diferença no índice de refração entre as miofibrilas e o sarcoplasma, que depende do grau de encolhimento das miofibrilas. Em estado normal e em condição PSE, as miofibrilas retraem-se consideravelmente, o que aumenta o índice de refração e produz mais dispersão de luz. Em contraste, o músculo DFD com pH mais alto, há menos encurtamento miofibrilar, conseqüentemente os índices de refração das miofibrilas e do sarcoplasma são quase os mesmos e a dispersão de luz diminui (Piske, 1986).

4.2.5. Composição gasosa

A análise da composição gasosa (O_2 e CO_2) das amostras do Frigorífico A ao longo da estocagem apresentou o comportamento representado nas Figuras 4.21 e 4.22. E, segundo o teste de Tukey, nos três primeiros dias de estocagem não houve influência significativa ($p \leq 0,05$) da temperatura em relação à manutenção da composição gasosa, para % O_2 e para % CO_2 . No entanto, a partir do quarto dia de estocagem observou-se uma diferença significativa entre as temperaturas 2 °C e 4°C em relação a 6 °C, para % O_2 . Para a % CO_2 , no quarto dia, houve diferença com relação à temperatura de 6°C quando comparada às demais. No quinto dia, as amostras estocadas a 2 °C diferiram daquelas a 4 °C e 6 °C e no sexto dia, as estocadas a 6 °C diferiram das demais. Foi possível, a partir daí, observar que quanto mais elevada a temperatura, maior foi a perda de O_2 , seguida de um aumento de CO_2 ao longo da estocagem.

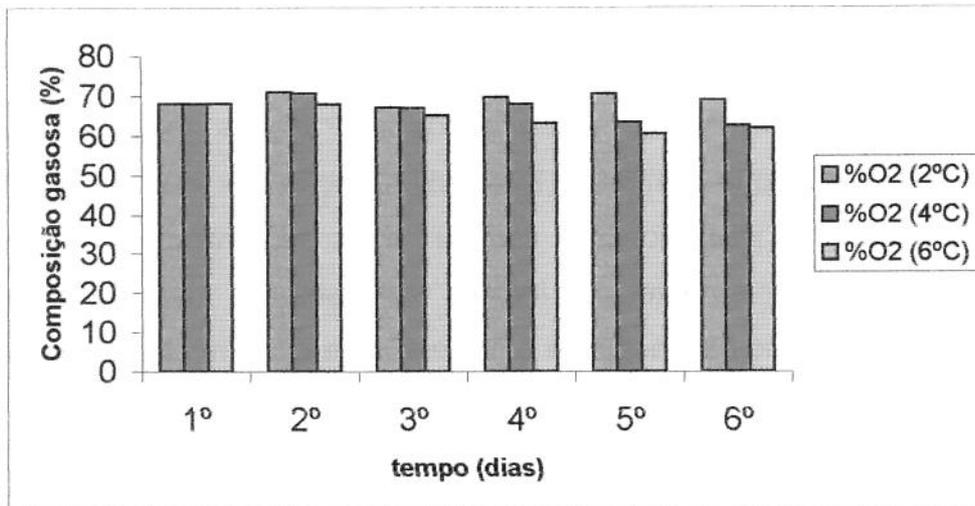


FIGURA 4.21. Composição gasosa (%O₂) da carne moída em ATM ao longo da estocagem refrigerada (Frigorífico A).

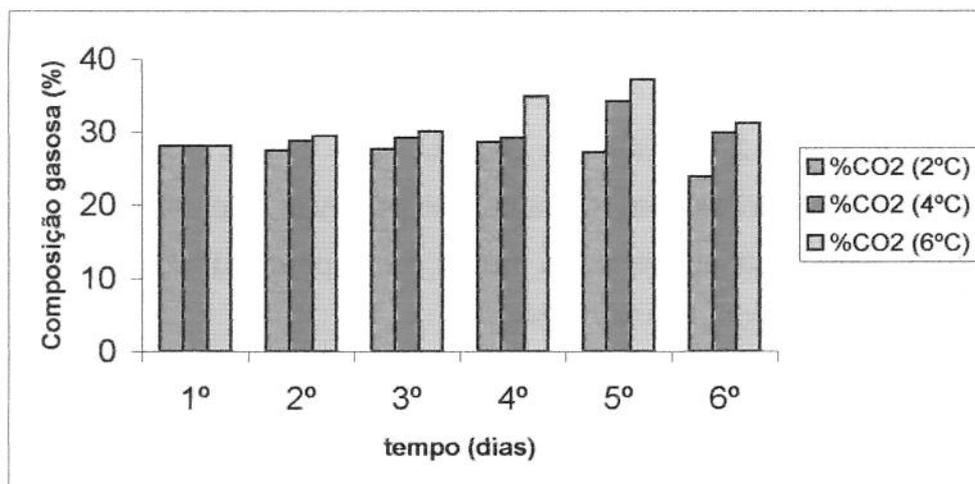


FIGURA 4.22. Composição gasosa (%CO₂) da carne moída em ATM ao longo da estocagem refrigerada (Frigorífico A).

A composição gasosa das amostras do Frigorífico B se manteve praticamente estável a 2 °C, sendo que a 4 e 6 °C houve um acentuado declínio na quantidade de O₂ e um considerável aumento de CO₂. Tais temperaturas favoreceram o crescimento de microrganismos que consomem oxigênio e liberam

gás carbônico. Além disso, o CO_2 apresenta efeitos bacteriostáticos bastante eficientes em temperaturas de até $3\text{ }^\circ\text{C}$, pois em baixas temperaturas ele se dissolve no alimento facilitando a conservação do mesmo.

Ainda foi observada uma falta de homogeneidade da composição gasosa das amostras estocadas sob as mesmas condições, indicando que o sistema de injeção de gases do Frigorífico B não foi ideal.

As Figuras 4.23 e 4.24 mostram a alteração da composição gasosa de O_2 e CO_2 das amostras do Frigorífico B durante a estocagem a 2 , 4 e $6\text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente.

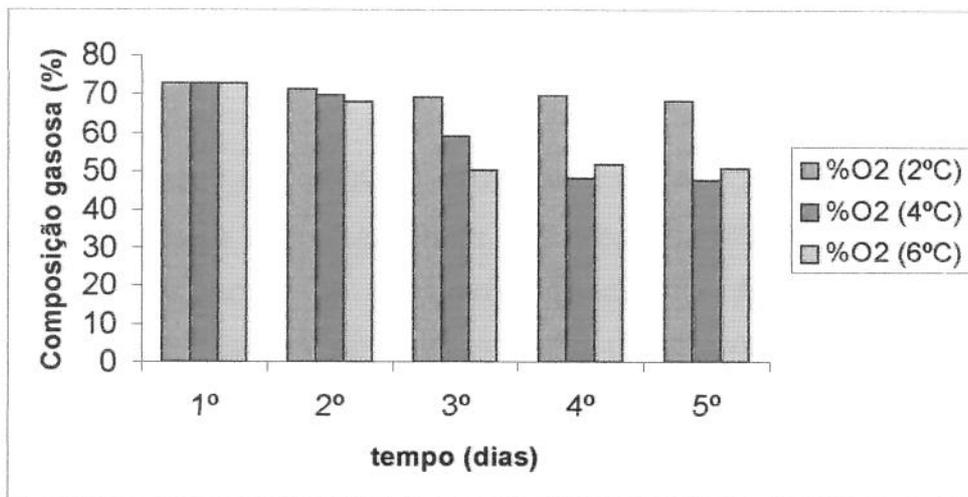


FIGURA 4.23. Composição gasosa (% O_2) da carne moída em ATM ao longo da estocagem refrigerada (Frigorífico B).

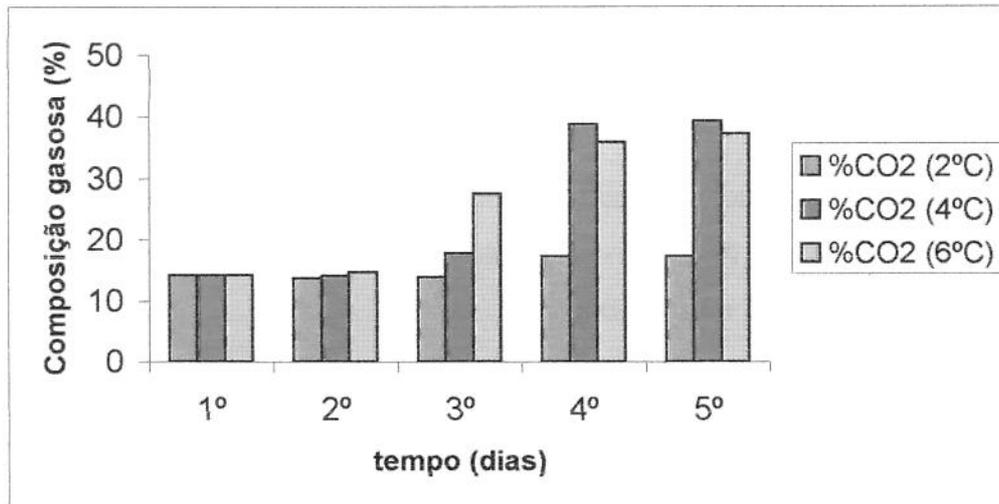


FIGURA 4.24. Composição gasosa (%CO₂) da carne moída em ATM ao longo da estocagem refrigerada (Frigorífico B).

A composição gasosa inicial (80% O₂/20% CO₂) destes dois sistemas testados poderia ser alterada para que se tivesse maior extensão da vida útil da carne moída em ATM, através da diminuição da porcentagem de oxigênio e aumento de gás carbônico; ou ainda através da inclusão de outros gases na composição. Muitos autores (Geogala e Davidson, 1970; Clark e Lentz, 1973; Brody, 1989; Day, 1992) afirmam que a tecnologia de atmosfera modificada para carne alcança o objetivo de estender a vida útil do produto e satisfazer a preferência do consumidor por uma coloração vermelha atrativa do mesmo, através de uma composição de 60-80% de O₂ e 20-40% de CO₂. Outros autores (Huffman, 1974; Gill e Penney, 1988) defendem o uso de elevadas concentrações de CO₂ com o objetivo de aumentar a vida-útil da carne. Segundo Garcia de Fernando et al. (1995), o crescimento de patógenos psicrotóxicos em carne fresca é inibido pelo enriquecimento da atmosfera com dióxido de carbono e, em geral, quanto maior for a concentração de CO₂, menor for a temperatura e o valor de pH, maior será a inibição destes microrganismos. Em condições normais de pH (5,5) e baixas temperaturas (1 °C) o crescimento de patógenos psicrotóxicos é inibido quando a concentração de CO₂ atinge 40%.

Entretanto, segundo Silliker et al. (1977), uma quantidade de CO₂ superior a 30% acelera a descoloração de carnes vermelhas. Parry (1993) sugere, então, a adição de CO (monóxido de carbono), como um gás complementar na atmosfera da embalagem da carne para contornar este problema. Uma alternativa à redução ou exclusão no uso de oxigênio em ATM, sem afetar a cor das carnes é a utilização de pequenas proporções de monóxido de carbono na mistura gasosa, suficiente para promover a formação de carboximioglobina (MbCO). Esse pigmento de coloração vermelho brilhante, possui espectro de cor semelhante ao da oximioglobina (MbO₂), sendo menos susceptível à oxidação, o que permite aumentar a estabilidade da cor, normalmente limitante da vida-de-prateleira do produto num sistema de atmosfera modificada. Entretanto, o uso de CO ainda é bastante restrito devido à sua possível toxicidade (Sorheim et al., 1999; Lunõ et al., 2000).

4.3. Caracterização das Embalagens

As medidas de peso, gramatura e capacidade volumétrica das embalagens utilizadas no presente estudo encontram-se na Tabela 4.13.

TABELA 4.13. Peso, gramatura e capacidade volumétrica das embalagens.

DETERMINAÇÃO	Frigorífico A	Frigorífico B
Peso (g)	31,62 (± 0,35)	11,92 (± 0,07)
Gramatura do filme (g/m ²)	162,7 (± 0,03)	25,96 (± 0,02)
Capacidade volumétrica (ml)	1478,56 (± 2,09)	835,06 (± 0,51)

Valores dados como médias de 10 determinações (± desvio padrão).

As Figuras 4.25 e 4.26 (fotos da vista lateral) apresentam a caracterização dimensional das embalagens.

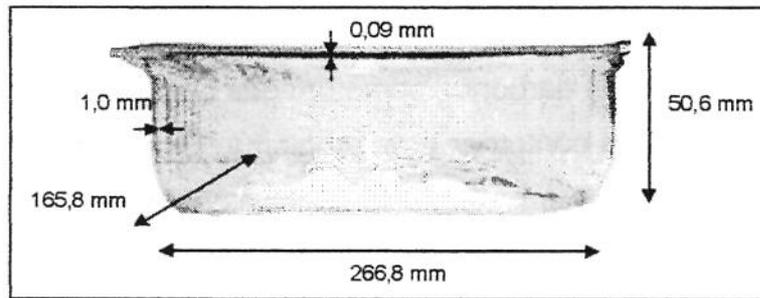


FIGURA 4.25. Caracterização dimensional da bandeja utilizada pelo Frigorífico A para o acondicionamento da carne moída em ATM (foto lateral).

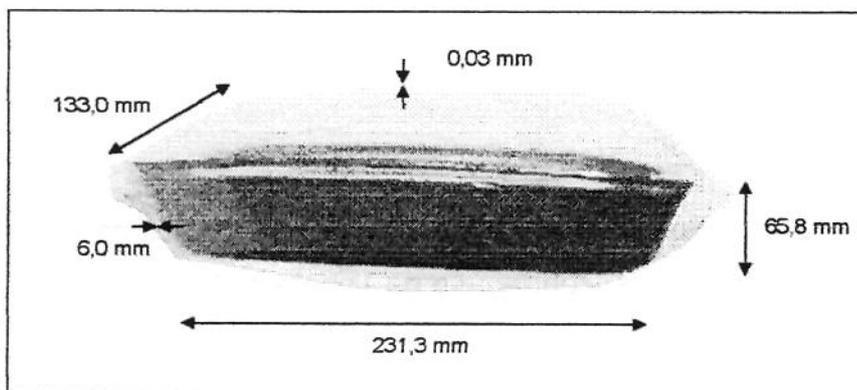


FIGURA 4.26. Caracterização dimensional da bandeja utilizada pelo Frigorífico B para o acondicionamento da carne moída em ATM (foto lateral).

A embalagem pertencente ao Frigorífico A era totalmente transparente, constituída por uma bandeja rígida (PET + polietileno), termoformada, fechada hermeticamente pela termossoldagem de uma tampa flexível (poliéster/polietileno/antifog). A embalagem do Frigorífico B era composta por uma bandeja de poliestireno expandido, de coloração preta, envolta por um filme poliolefínico coextrusado multicamadas da Cry-o-vac, com propriedades antifog, soldado de forma transversal e longitudinal. Ambas apresentaram problemas de condensação de vapor de água na superfície interna do filme.

A Tabela 4.14 apresenta a proporção de carne e gás nas embalagens.

TABELA 4.14. Volume de carne e ar nas embalagens.

Capacidades Volumétricas (ml)	Frigorífico A	Frigorífico B
embalagem	1478,6	835,1
carne	649,4	389,6
ar	829,2	445,5
Relação ar:carne	1,3:1	1,2:1

A relação quantidade de ar/produto geralmente recomendada é de 3:1 (Day, 1992), embora alguns autores sugiram 2:1 (Davis, 1993) ou até mesmo 1:1 (Randell et al., 1995).

A Tabela 4.15 apresenta as taxas de permeabilidade ao O₂ dos filmes das embalagens utilizadas pelos dois frigoríficos em estudo.

TABELA 4.15. Taxa de permeabilidade ao O₂ dos filmes das embalagens.

MATERIAL	TPO ₂ (cm ³ (CNTP)/m ² .dia.atm)
Frigorífico A	25,6
Frigorífico B	45,0

Resultados tomados como média de duas medidas.

A recomendação genérica disponível na literatura é de que a taxa de permeabilidade ao oxigênio deve ser menor que 50 cm³/m².dia.atm a 25 °C para embalagens com atmosfera modificada destinada a produtos que não respiram (Day, 1992).

As análises de integridade dos sistemas de embalagem provenientes dos dois frigoríficos indicaram que em nenhuma delas houve problemas de falhas na selagem. Foram testadas 10 embalagens de cada sistema, fazendo-se o teste de borbulhamento em água.

Os sistemas de embalagens testados também se mostraram adequados e resistentes quando submetidos ao teste de resistência ao estouro, tendo sido necessários 135,5 kgf para estourar a embalagem proveniente do Frigorífico A e 125,8 kgf para estourar a proveniente do Frigorífico B.

A Tabela 4.16 apresenta a caracterização da embalagens secundárias utilizadas para ambos os frigoríficos.

TABELA 4.16. Caracterização das embalagens secundárias.

Testes	Frigorífico A	Frigorífico B
Gramatura (g/m^2)	600 ± 35	680 ± 9
Coluna (kgf/cm)	$8,0 \pm 0,5$	$9,1 \pm 0,5$
Medidas (mm)	560 x 485 x 080	561 x 493 x 082
Espessura (mm)	$2,8 \pm 0,4$	$4,2 \pm 0,1$
tipo de onda	B	C

Valores referentes a 10 determinações.

4.4. Alteração no sistema de ATM do Frigorífico B

Na fase final do experimento, o Frigorífico B alterou seu sistema de embalagem com atmosfera modificada e passou a produzir carne moída utilizando o sistema *thermoform-fill-seal* ao invés do sistema *gas flushing*, anteriormente utilizado. Nesta etapa, o Frigorífico A que usava o sistema *thermoform-fill-seal* estava com a linha de carne moída em ATM desativada. Sendo assim, foram realizadas algumas análises para se caracterizar a carne e o novo sistema de embalagem com ATM predominante no mercado varejista do Estado de São Paulo.

Foram realizadas análises microbiológicas (psicrotróficos, *Pseudomonas* spp. e bolores e leveduras), cor (L^* , a^* e b^*) e composição gasosa das amostras estocadas por 5 dias (prazo estabelecido pelo frigorífico) às mesmas temperaturas anteriormente testadas (2, 4 e 6 °C). As análises de caracterização do novo sistema do Frigorífico B foram as mesmas realizadas anteriormente neste estudo.

4.4.1. Microbiologia da carne

O Frigorífico B continuou trabalhando com coxão mole para a produção de carne moída em atmosfera modificada. Na peça inteira foi encontrada uma carga de $9,4 \cdot 10^3$ UFC/g de psicrotróficos, $3,0 \cdot 10^2$ UFC/g de *Pseudomonas* spp e menos de

$1,0 \cdot 10^2$ de bolores e leveduras. Após a etapa de moagem foi observado um aumento da carga microbiana, tendo sido encontrado $3,1 \cdot 10^5$ UFC/g de psicotróficos, $3,1 \cdot 10^3$ UFC/g de *Pseudomonas* spp e $2,0 \cdot 10^3$ de bolores e leveduras.

As Figuras 4.27, 4.28 e 4.29, crescimento de psicotróficos, *Pseudomonas* spp e bolores e leveduras, respectivamente, evidenciam o efeito da temperatura de estocagem sobre o crescimento de microrganismos para o novo sistema de ATM do Frigorífico B.

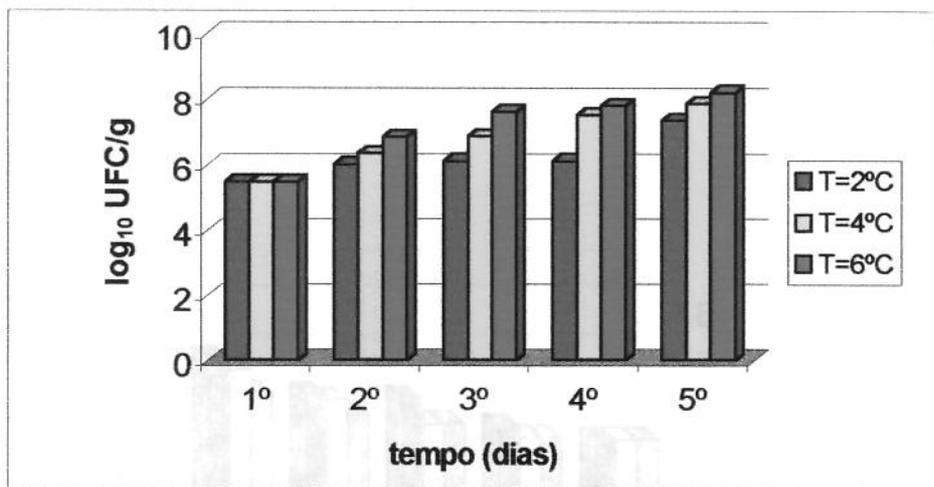


FIGURA 4.27. Contagem total de psicotróficos a 2, 4 e 6 °C em carne moída acondicionada em ATM, durante o período de estocagem (Frig. B – novo sistema).

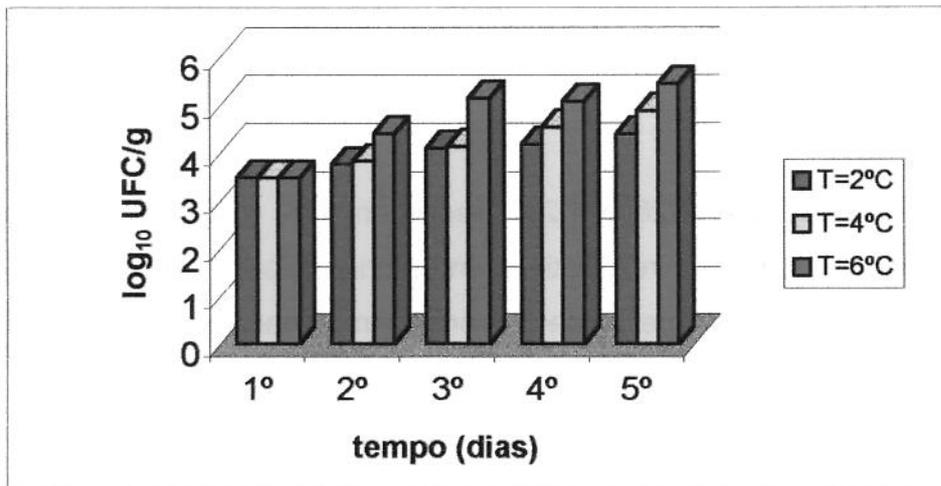


FIGURA 4.28. Contagem total de *Pseudomonas* spp a 2, 4 e 6 °C em carne moída acondicionada em ATM, durante o período de estocagem (Frig. B – novo sistema).

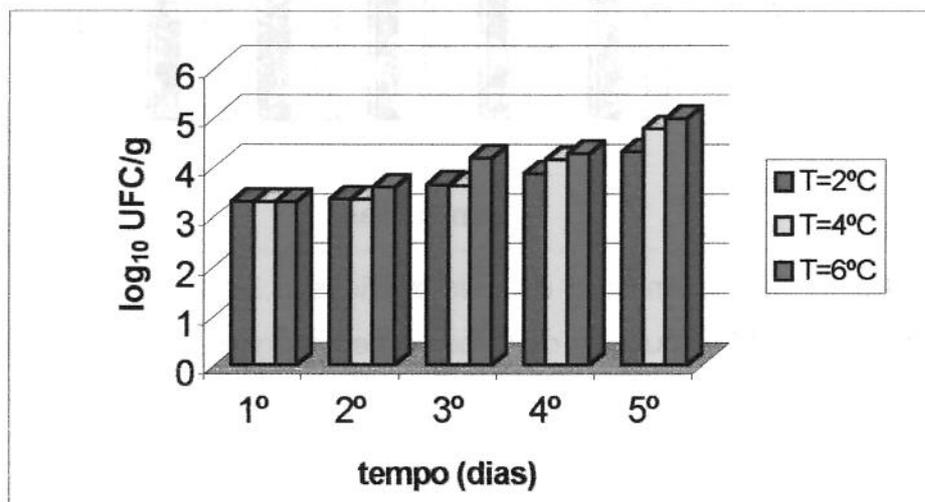


FIGURA 4.29. Contagem total de Bolores e Leveduras a 2, 4 e 6 °C em carne moída acondicionada em ATM, durante o período de estocagem (Frig. B – novo sistema).

A 2 °C o produto se comportou microbiologicamente mais estável, conforme ocorreu nos experimentos anteriores. A carne estocada a 4 e 6 °C apresenta um aumento na contagem de microrganismos, com desenvolvimento de odor

putrefativo, a partir do 4º dia, quando a contagem de psicotróficos é da ordem de 10^7 UFC/g. Um comportamento similar também foi observado anteriormente.

4.4.2. Cor da carne

A análise objetiva da cor utilizando o sistema CIE-lab, através dos valores de L^* (luminosidade), a^* (intensidade de cor vermelha) e b^* (intensidade de cor amarela), confirmou a influência da temperatura sobre a qualidade da carne moída em ATM para o novo sistema de embalagem utilizado pelo frigorífico B.

A Tabela 4.17 apresenta as médias e o desvio padrão dos dados experimentais de cor (L^* , a^* e b^*) da carne moída *in natura* em ATM, para o novo sistema. Tomando-se a carne a 2 °C, no primeiro dia de estocagem, como padrão, foi calculada também a diferença de croma (ΔC^*) e a diferença total de cor (ΔE^*).

Assim como anteriormente observado, a partir da análise do componente a^* , todas as amostras apresentaram-se menos vermelhas que o padrão, sendo mais acentuada a diferença à medida que se aumentavam o tempo e a temperatura de estocagem.

TABELA 4.17. Médias e desvio padrão dos dados experimentais de cor da carne moída (coxão mole – novo sistema do Frigorífico B), em função da temperatura de estocagem.

Amostra	Ensaio	L*	a*	b*	ΔC^*	ΔE^*
1	2°C - 1º dia	42,06 (± 1,34)	17,77 (± 0,71)	12,95 (± 0,40)		Padrão
2	2°C - 2º dia	42,18 (± 0,57)	16,33 (± 0,24)	11,67 (± 0,39)	-1,92	1,93
3	2°C - 3º dia	43,88 (± 0,42)	15,97 (± 0,99)	11,69 (± 0,17)	-2,20	2,85
4	2°C - 4º dia	43,22 (± 1,40)	15,62 (± 0,44)	11,22 (± 0,42)	-2,76	2,99
5	2°C - 5º dia	43,45 (± 0,56)	15,21 (± 1,12)	11,65 (± 0,35)	-2,83	3,19
6	4°C - 1º dia	42,06 (± 1,34)	17,77 (± 0,71)	12,95 (± 0,40)	0,0	0,0
7	4°C - 2º dia	43,64 (± 0,57)	15,07 (± 0,43)	11,39 (± 0,31)	-3,10	3,50
8	4°C - 3º dia	41,85 (± 2,81)	14,78 (± 0,70)	10,67 (± 0,48)	-3,76	3,77
9	4°C - 4º dia	42,65 (± 0,45)	14,59 (± 0,52)	11,57 (± 0,57)	-3,37	3,52
10	4°C - 5º dia	43,04 (± 1,13)	13,33 (± 0,65)	11,04 (± 0,54)	-4,68	4,93
11	6°C - 1º dia	42,06 (± 1,34)	17,77 (± 0,71)	12,95 (± 0,40)	0,0	0,0
12	6°C - 2º dia	41,89 (± 0,99)	14,52 (± 1,18)	10,62 (± 1,01)	-4,00	4,00
13	6°C - 3º dia	42,89 (± 0,47)	14,47 (± 0,55)	11,20 (± 0,27)	-3,69	3,83
14	6°C - 4º dia	42,08 (± 1,00)	13,09 (± 1,93)	10,84 (± 0,73)	-4,99	5,13
15	6°C - 5º dia	43,24 (± 0,31)	8,88 (± 2,15)	9,42 (± 0,55)	-9,04	9,64

Resultados de média de 9 medidas por ensaio.

Amostra 1 – amostra utilizada como padrão.

L* (luminosidade); a* (intensidade de vermelho); b* (intensidade de amarelo).

ΔC^* = diferença de croma (a* e b*). ΔE^* = diferença total de cor.

4.4.2.1. Avaliação do parâmetro a*

A Figura 4.30 apresenta os resultados da variação do parâmetro a* ao longo do armazenamento para as diferentes temperaturas estudadas. Mais uma vez foi observado que a 2 °C a cor se manteve estável durante todo o período de estocagem. A 6 °C foi observado novamente uma diminuição acentuada da coloração vermelha ao longo da estocagem.

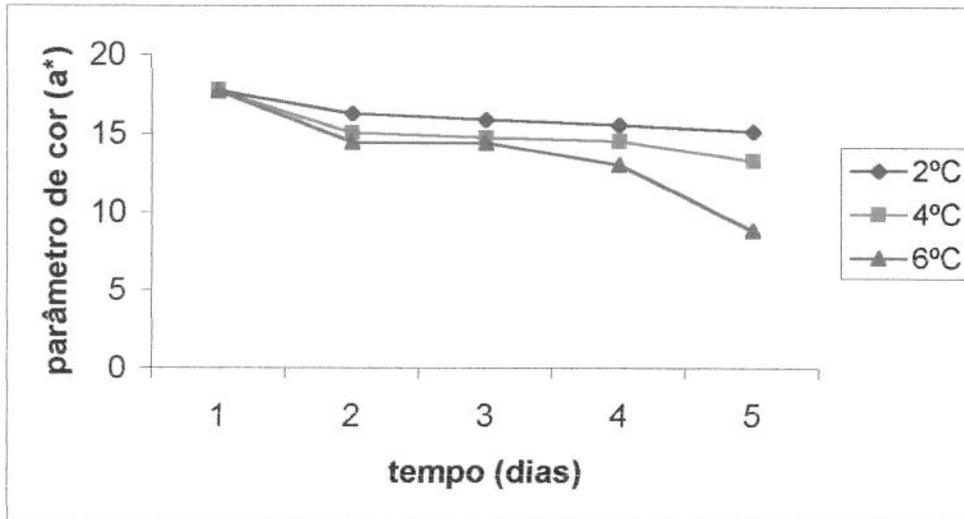


FIGURA 4.30. Medida do parâmetro a^* da carne moída (coxão mole) em função da temperatura – Frigorífico B, novo sistema de ATM.

A análise objetiva da cor vermelha (a^*), segundo o teste de Tukey, mostrou que não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras estocadas a 2 °C ao longo do período de estocagem para o novo sistema. Tomando-se a coloração do primeiro dia de estocagem como padrão, a partir do 2º dia a 6 °C já foi detectada diferença significativa ($p \leq 0,05$) de cor, enquanto que para 4 °C, esta diferença ocorreu a partir do 3º dia.

Conforme anteriormente observado, a cinética de degradação da cor da carne moída acondicionada em atmosfera modificada, submetida às temperaturas de 2, 4 e 6 °C, apresentou reação de primeira ordem, conforme descreve a Figura 4.31. Os valores de k_d (constante de velocidade da reação) foram determinados pela inclinação das retas, obtidas pela representação gráfica de $\ln(a^*)$ versus o tempo de estocagem (Quadro 4.5). Os valores calculados para cada temperatura estão representados no Quadro 4.6.

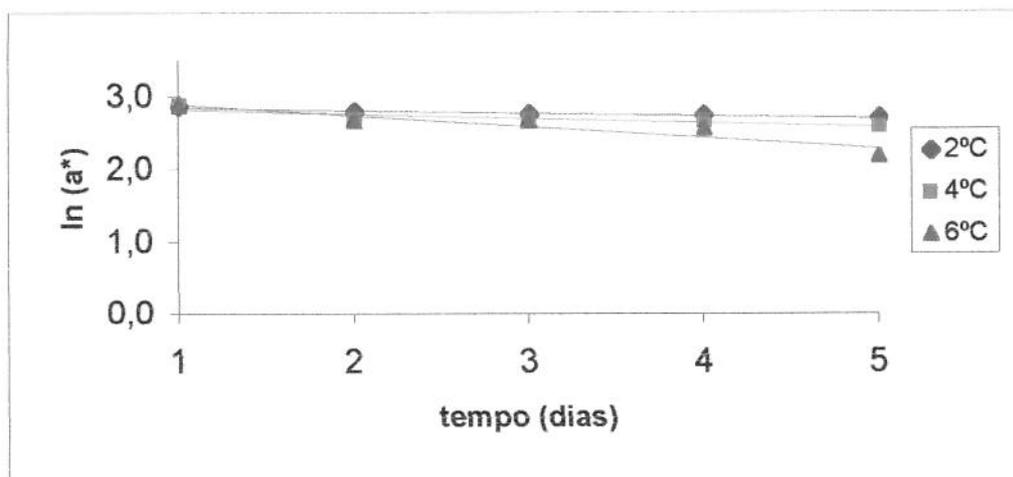


FIGURA 4.31. Medida do parâmetro a^* da carne moída (coxão mole) em função da temperatura – Frigorífico B, novo sistema de ATM.

QUADRO 4.5. Equações das retas obtidas pela representação gráfica de $\ln(a^*)$ versus o tempo. (Frigorífico B).

Temperatura (°C)	Equação da reta
2	$\ln y = -0,0356x + 2,889$ $r^2 = 0,897$
4	$\ln y = -0,0607x + 2,893$ $r^2 = 0,8457$
6	$\ln y = -0,1491x + 3,0435$ $r^2 = 0,8491$

$y = a^*$ $x =$ tempo em dias

QUADRO 4.6. Valores da constante de velocidade da reação k_d (Frigorífico B).

Temperatura (°C)	k_d ($a^*/$ dias)
2	0,0356
4	0,0607
6	0,1491

Os valores das constantes (k_d) mostram claramente a influência da temperatura de estocagem na constante de velocidade da reação de degradação da

cor vermelha. Quanto maior a temperatura, maior foi o valor de k_d . A constante de velocidade da reação a 4 °C foi 1,7 vezes maior e a 6 °C foi 4,2 vezes maior, quando comparada a 2 °C.

As constantes de velocidades calculadas para o Frigorífico B – novo sistema ATM foram menores que as encontradas para o sistema ATM anterior. Tal fato pode ser atribuído a vários fatores como raça do animal, alimentação, susceptibilidade do animal ao stress, composição gasosa da embalagem, crescimento bacteriano, etc. Para este novo sistema foi observado uma maior quantidade de CO₂ nas embalagens e uma contagem microbiológica inicial mais baixa, dois fatores importantes para o controle de crescimento de microrganismos ao longo da estocagem, pois segundo Butler et al. (1953), foi constatado que um grande aumento na concentração de metamioglobina ocorria durante a fase de crescimento logarítmico de microrganismos na superfície da carne, provavelmente porque tal crescimento acarreta um baixo potencial de oxidorredução.

4.4.3. Composição gasosa

A análise da composição gasosa (O₂ e CO₂) das amostras provenientes do novo sistema de ATM, utilizado pelo Frigorífico B, apresentou o comportamento representado nas figuras 4.32 e 4.33. E segundo o teste de Tukey, nos quatro primeiros dias não houve influência significativa ($p \leq 0,05$) da temperatura em relação à manutenção da composição gasosa, para %O₂, sendo que para as temperaturas de 4 e 6°C foi detectada no 5º dia uma diferença significativa em relação à estocagem a 2 °C. Para %CO₂, a 2 e 4°C durante os cinco dias de estocagem não foi observada diferença significativa ($p \leq 0,05$) na composição da embalagem; porém, a 6°C, a partir do 4º dia a diferença foi significativa ($p \leq 0,05$).

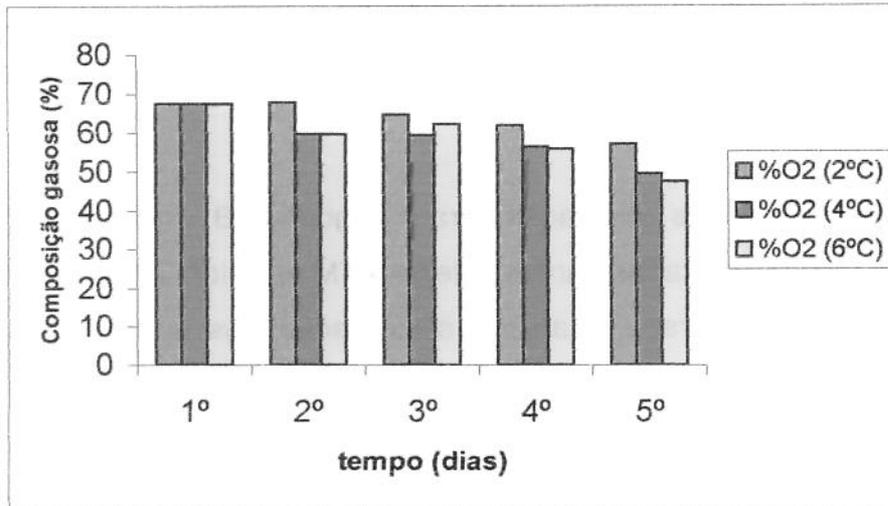


FIGURA 4.32. Composição gasosa (%O₂) da carne moída em ATM ao longo da estocagem refrigerada (Frigorífico B – novo sistema).

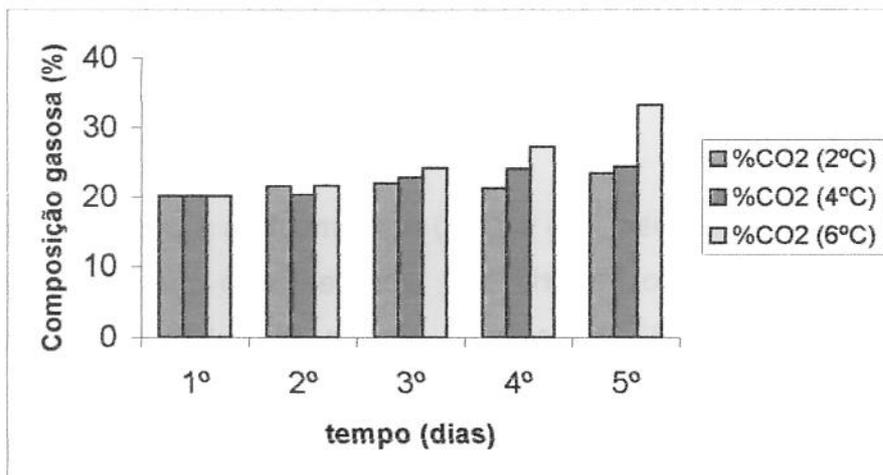


FIGURA 4.33. Composição gasosa (%CO₂) da carne moída em ATM ao longo da estocagem refrigerada (Frigorífico B – novo sistema).

4.4.4. Caracterização da embalagem

O novo sistema de atmosfera modificada do Frigorífico B (*thermoform-fill-seal*) é caracterizado por uma bandeja rígida termoformada (PET/PE) de coloração preta, da marca Emplal, fechada hermeticamente por uma tampa flexível, composta

por um filme poliolefinico coextrusado multicamadas, da marca Spel, contendo antifog.

A Tabela 4.18 apresenta os dados de caracterização da nova embalagem do Frigorífico B.

TABELA 4.18. Caracterização do novo sistema de embalagem – Frigorífico B

Características da Embalagem	Novo sistema ATM – Frigorífico B
Peso (g)	36,0 (\pm 0,45)
Gramatura do filme (g/m^2)	131,56 (\pm 0,04)
Capacidade volumétrica (ml)	1184,77 (\pm 21,33)
TPO ₂ ($\text{cm}^3/\text{m}^2.\text{dia}.\text{atm}$)	52,5
Dimensões (mm)	236 x 167 x 46,4
Resistência ao estouro (kgf)	237
Relação ar: carne	2:1

Este novo sistema de embalagem se mostrou mais resistente que o anterior, porém sua permeabilidade ao oxigênio é mais alta. A relação ar:produto é maior e a aparência é a de um produto mais nobre.

4.5. Monitoramento da temperatura na distribuição e nos pontos de venda

As Figuras 4.34 e 4.35 mostram a variação da temperatura durante a distribuição do produto (transporte rodoviário em caminhão refrigerado), desde a entrada do produto no caminhão até a saída do produto para a gôndola do supermercado. Os percursos monitorados representaram dois dias diferentes da viagem de São Paulo, onde fica o Frigorífico B, a Campinas, onde se encontra o ponto de venda.

A Figura 4.34 mostra que, quando o produto entrou no caminhão, a temperatura do ar no baú refrigerado já estava bastante baixa, o que tornou mais eficiente o processo de refrigeração. Já a Figura 4.28 evidencia que a produção do frio, além de menos eficiente neste transporte, foi iniciada pouco antes da entrada

do produto no veículo. Como a carne havia saído da câmara de estocagem a uma temperatura baixa ($1\pm 1^{\circ}\text{C}$) e entrado no caminhão, cuja temperatura era de $8\pm 1^{\circ}\text{C}$, houve uma elevação na temperatura do produto. A temperatura do ar no baú frigorífico do caminhão só atingiu a ideal para a tecnologia de ATM ($1,5\pm 1^{\circ}\text{C}$), cerca de 1 hora após o carregamento. Esse fato pode contribuir para o crescimento microbiano na carne, pois influencia o tempo de geração de microrganismos.

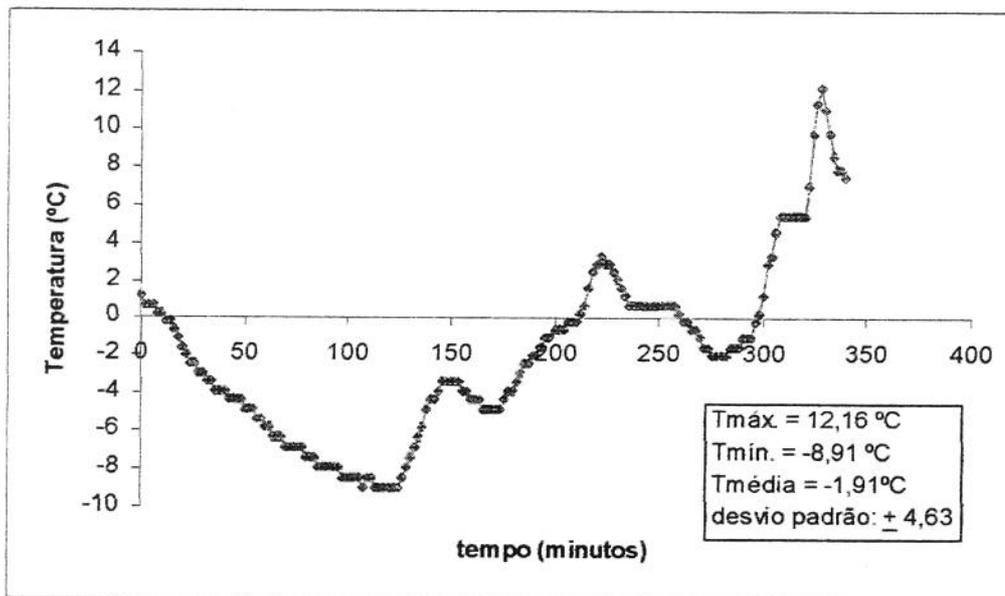


FIGURA 4.34. Monitoramento da temperatura do caminhão frigorífico durante o transporte de carne moída em ATM, de São Paulo para Campinas (Frigorífico B).

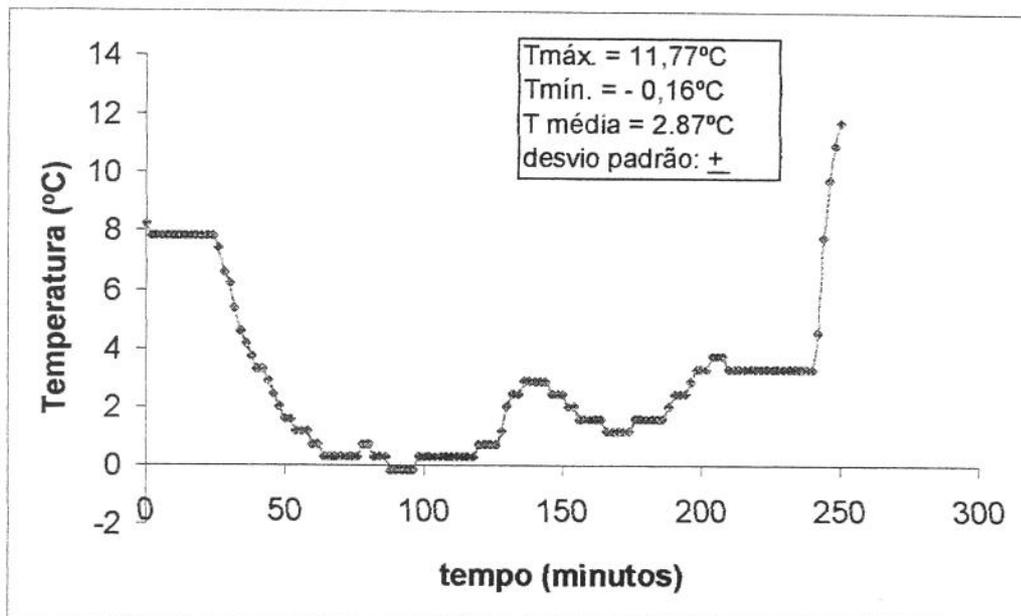


FIGURA 4.35. Monitoramento da temperatura do caminhão frigorífico durante o transporte de carne moída em ATM, de São Paulo para Campinas (Frigorífico B).

A Figura 4.36 descreve a variação de temperatura durante o transporte dentro da cidade de São Paulo, em furgão frigorificado. Nos primeiros 60 minutos após o carregamento, a temperatura do veículo foi ideal para se manter a qualidade do produto, após esse tempo, a temperatura começa a se elevar gradativamente, se distanciando da temperatura exigida pela tecnologia de ATM.

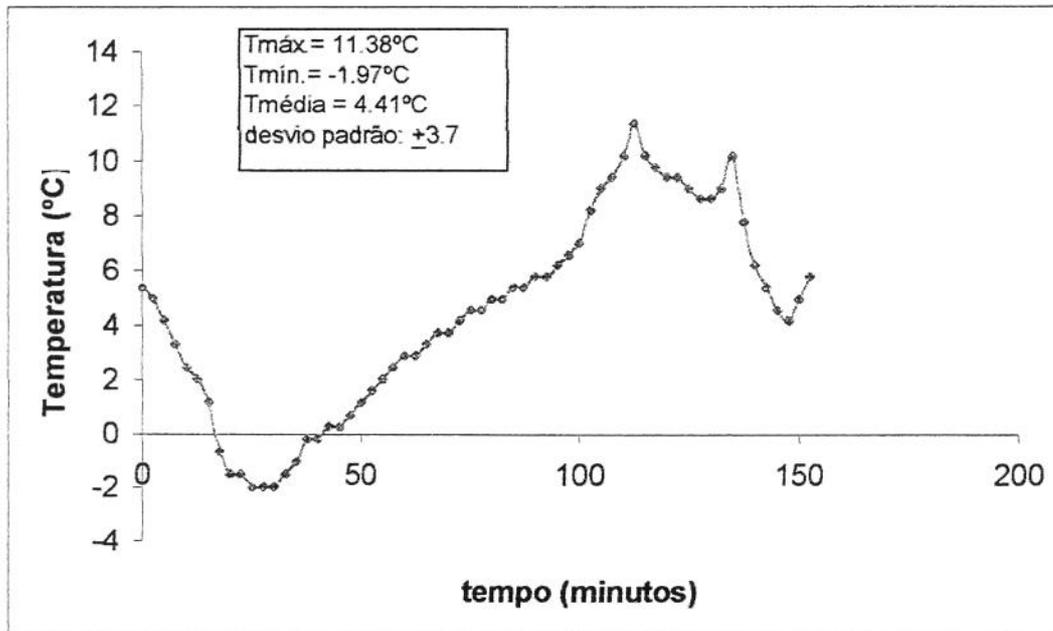


FIGURA 4.36. Variação da temperatura no transporte refrigerado de carne moída em ATM, dentro da cidade de São Paulo (Frigorífico B).

As Figuras 4.37, 4.38 e 4.39 descrevem a variação da temperatura nas gôndolas dos supermercados (ponto de venda) de três diferentes clientes do Frigorífico B, sendo um na cidade de Campinas e os outros dois na cidade de São Paulo, respectivamente.

Em todas as lojas estudadas foi observada uma oscilação na temperatura das gôndolas, sendo que a Loja 1, em São Paulo (Figura 4.38), se mostrou bastante inadequada para a manutenção da tecnologia de ATM, pois a temperatura variou entre 4 e 12 °C. As demais lojas tiveram uma variação da temperatura em seus pontos de venda, porém a oscilação foi mais próxima às temperaturas exigidas pela tecnologia de atmosfera modificada. A loja 2 em São Paulo (Figura 4.39) foi considerada ideal, pois o período de elevação da temperatura da gôndola é muito curto quando comparado às demais e o frio produzido foi bastante eficiente.

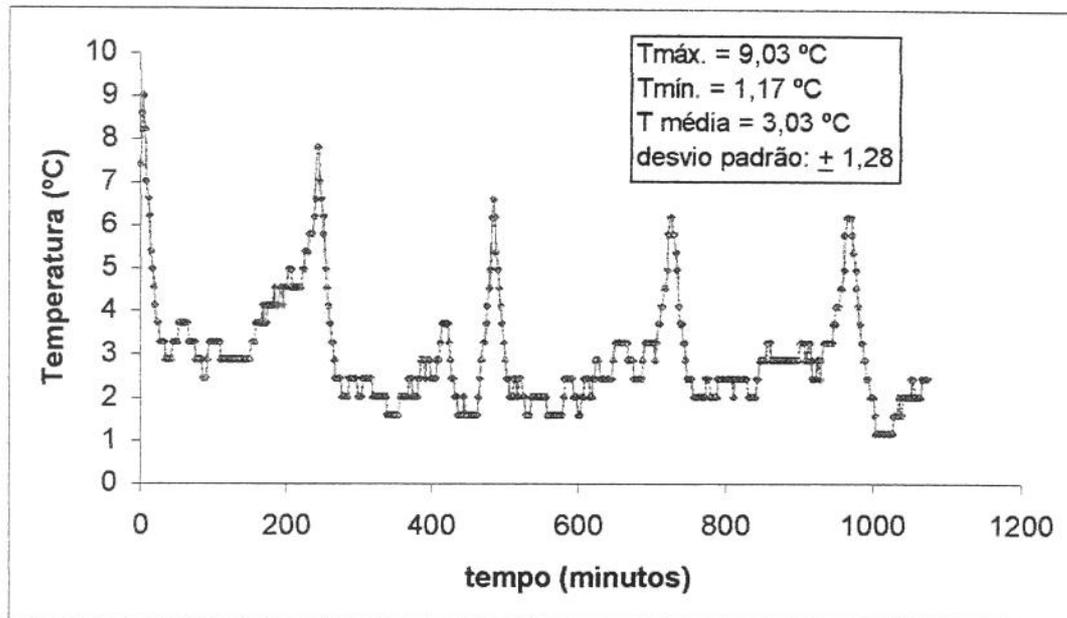


FIGURA 4.37. Variação da temperatura na gôndola do supermercado, contendo a carne moída em ATM (loja Campinas).

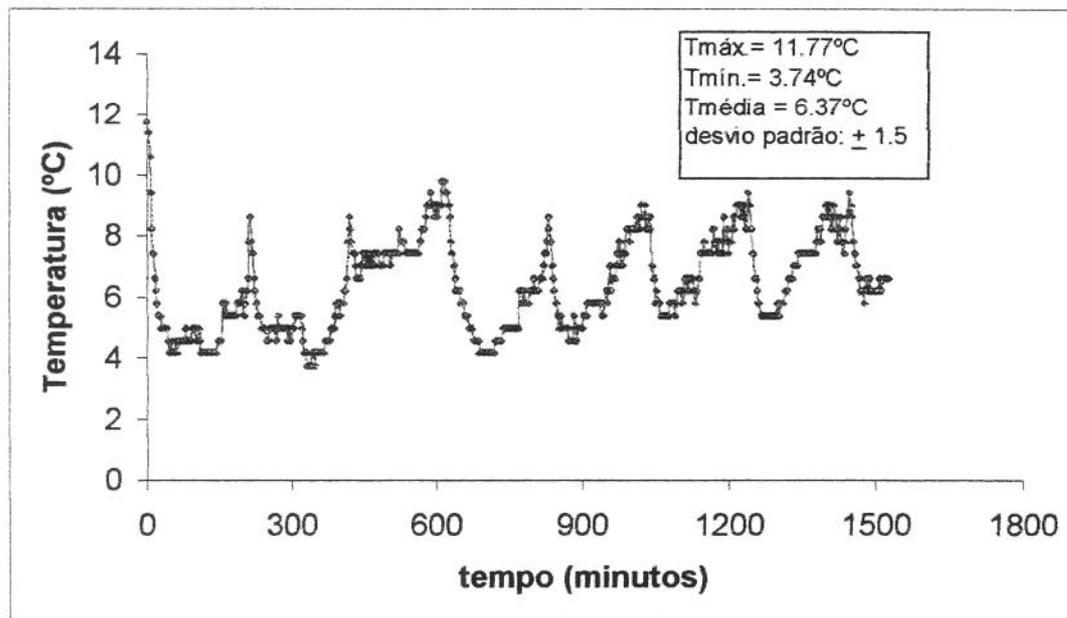


FIGURA 4.38. Variação da temperatura na gôndola do supermercado, contendo a carne moída em ATM (São Paulo - loja 1).

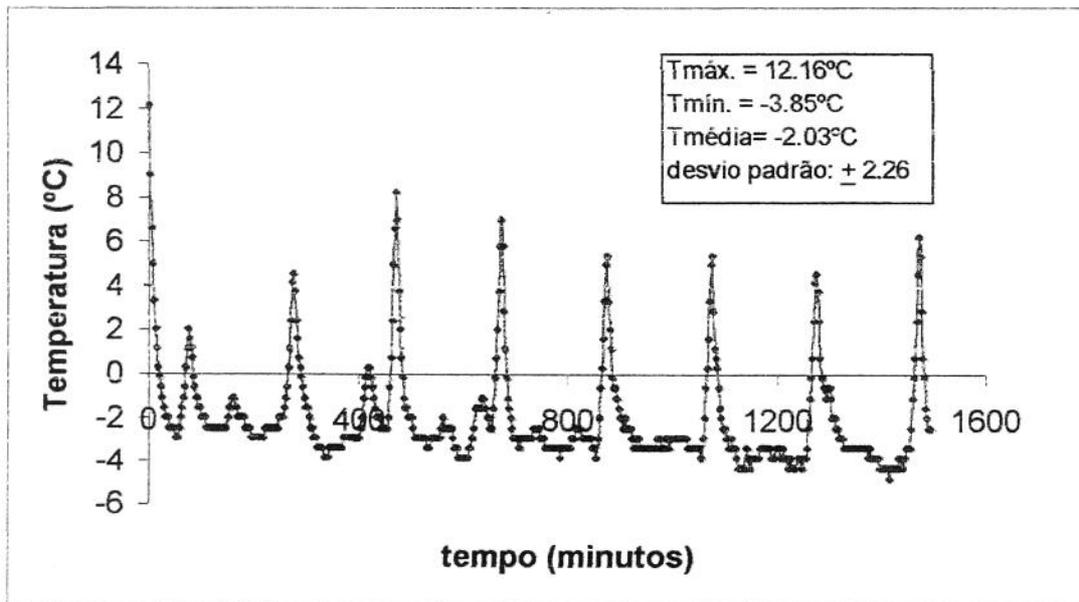


FIGURA 4.39. Variação da temperatura na gôndola do supermercado, contendo a carne moída em ATM (São Paulo - loja 2).

Os produtos que se deterioram antes do fim de sua vida útil são retornados aos frigoríficos. As duas lojas de São Paulo tiveram durante o ano de 2001 uma média de devolução de 7,5% cada, da carne moída em ATM. Apesar da temperatura de estocagem na loja 1 ser pior, ela possui maior movimento e a rotatividade do produto é alta. A loja de Campinas apresentou uma devolução de 15,4% no mesmo ano.

4.5. A análise da árvore de falhas

A Figura 4.40 apresenta um esboço da árvore de falhas correspondente à carne moída *in natura* estocada em atmosfera modificada mostrando as etapas que foram monitoradas no trabalho, baseado em Freitas & Colosimo (1997).

Segundo a árvore de falhas apresentada neste trabalho para avaliação dos sistemas de atmosfera modificada para carne bovina moída *in natura* comercializadas no Estado de São Paulo, as causas de rejeição comercial do produto detectadas por este estudo são: a qualidade microbiana inicial do produto e, a inadequação das temperaturas de distribuição e estocagem. Os equipamentos e

os sistemas de embalagem em si, foram considerados adequados e mantiveram sua hermeticidade.

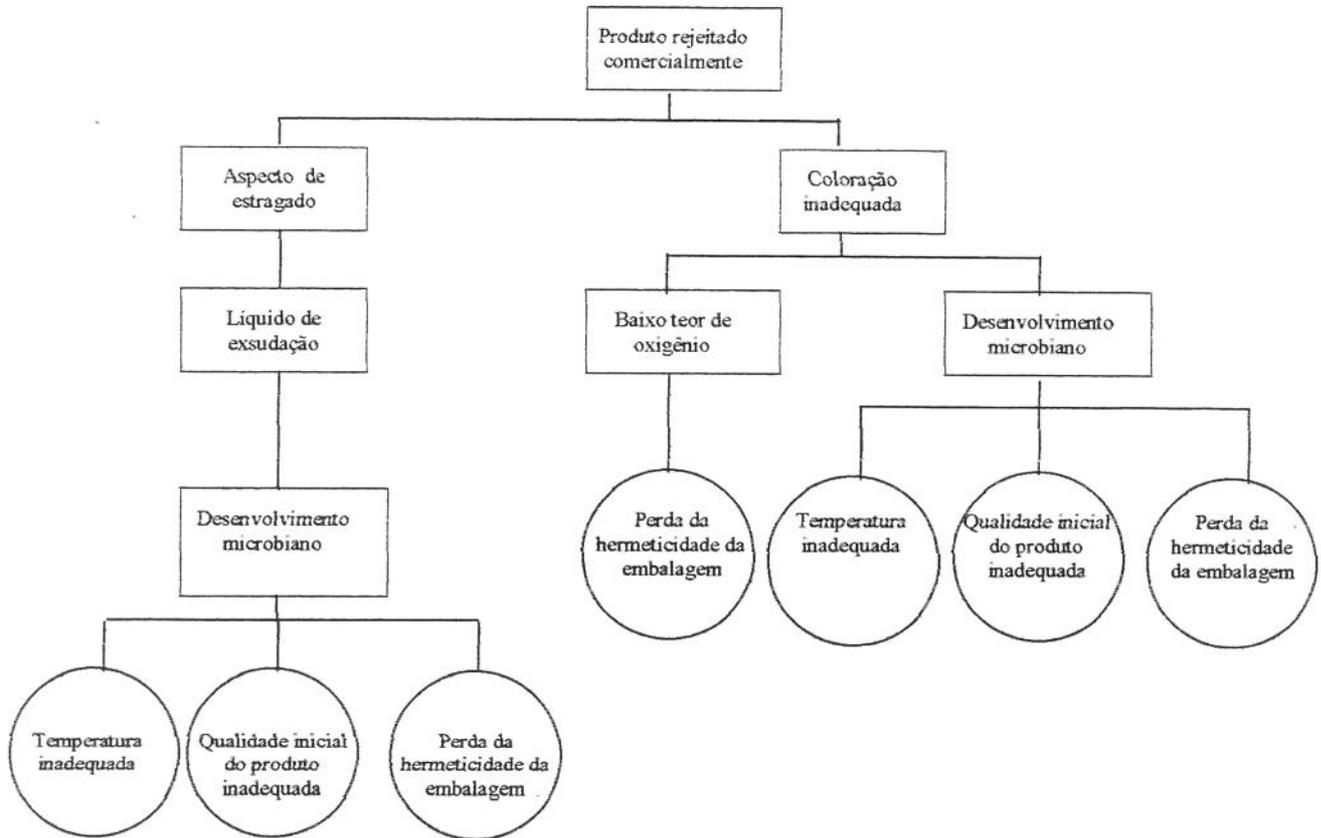
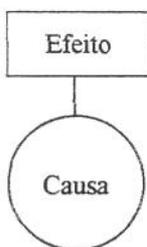


FIGURA 4.40. Árvore de falhas da carne moída acondicionada em ATM.

LEGENDA:



5. CONCLUSÕES

- A elevada contaminação inicial de psicrotróficos na carne moída acondicionada em atmosfera modificada ($10^6 - 10^7$), fez com que as características organolépticas do produto se alterassem rapidamente; dificultando assim, a extensão da vida útil da carne através da tecnologia de atmosfera modificada.
- O transporte rodoviário simulado não afetou a composição gasosa das embalagens, permitindo a conclusão que os sistemas de embalagem estudados estão adequados quanto à manutenção da integridade dos mesmos.
- A temperatura foi um fator limitante para a manutenção da qualidade da carne em atmosfera modificada. Quanto menor a temperatura de estocagem, menor foram as perdas das características organolépticas da carne durante a estocagem.
- As condições de máxima estabilidade foram obtidas a 2 °C. Nesta temperatura, foi observada maior estabilidade da cor característica, menor crescimento microbiológico e boa aceitabilidade por parte dos consumidores até o final da vida útil determinada pelos frigoríficos. O mesmo não aconteceu com as amostras estocadas a 4 e 6 °C, indicando que aumentos de temperatura durante a estocagem, da ordem de 2 a 4 °C acima do ideal ($1,5 \pm 1^\circ\text{C}$), afetaram a qualidade da carne em atmosfera modificada, diminuindo assim, a vida útil do produto.
- A estocagem e a comercialização da carne moída em ATM a 4 °C só é recomendada se a contagem microbiana inicial não estiver muito elevada ($\leq 10^5$ UFC/g).
- As temperaturas de distribuição e comercialização do produto e a carga microbiana inicial elevada constituem-se os pontos críticos de controle para

se estender a vida útil de carne bovina moída em atmosfera modificada. A contaminação inicial da carne moída não deveria passar de $10^4 - 10^5$ UFC/g, para garantir uma maior extensão da vida útil do produto.

- A análise subjetiva de cor foi um importante parâmetro para se determinar a vida útil da carne moída em atmosfera modificada. A temperatura de estocagem afetou diretamente a coloração da carne. A 2°C o produto foi aceito pelos consumidores durante todo o período de vida-de-prateleira, comercialmente estabelecido pelos frigoríficos. O mesmo não aconteceu com a estocagem a 4 e 6 °C.
- As análises objetivas da cor também confirmaram a influência da temperatura de estocagem na cinética de degradação da coloração vermelho-brilhante da carne moída em atmosfera modificada, através do cálculo da constante de velocidade de reação; tendo sido observado que uma elevação de 2 para 6 °C acelerou a velocidade de degradação do pigmento de 5 a 6 vezes.
- A cadeia do frio monitorada na distribuição e no ponto de venda apresentou várias interrupções, o que levou a uma redução do prazo de validade esperado para o produto. Este é certamente o aspecto mais importante para se prolongar a vida-de-prateleira da carne em atmosfera modificada.
- O sistema de acondicionamento em atmosfera modificada que envolve a etapa de vácuo compensado seguido da injeção da mistura gasosa (80%O₂/20% CO₂) se mostrou muito mais eficiente, quanto à homogeneidade da composição gasosa inicial das bandejas, quando comparado com o sistema de fluxo de gás. Neste último, houve muita variação da composição gasosa inicial para embalagens provenientes de um mesmo lote.
- Foi observado durante a realização dos testes sensoriais, que a embalagem com atmosfera modificada que apresentou o aspecto “estufado”, ou de “travesseiro” (produzida no sistema *flow pack*) foi questionada por alguns consumidores, que afirmaram associarem tal formato a um produto

deteriorado ou contaminado, como acontece no caso das embalagens metálicas.

- Para ambos os sistemas de embalagem o teste sensorial de aparência indicou a necessidade de melhorar o filme *anti-fog*, pois muitos consumidores reclamaram da condensação de gotículas de água na superfície da embalagem, dificultando a visualização do produto.
- A tecnologia de atmosfera modificada para carne moída é bastante eficiente quanto à extensão da vida útil do produto, porém, exige baixas temperaturas de comercialização e a realidade da grande maioria dos mercados varejistas brasileiros não se adequa a esta necessidade. Por esta razão se consegue apenas o ganho de 2 ou 3 dias na vida útil do produto (quando a temperatura de estocagem está entre 4 – 6°C), enquanto que a tecnologia de ATM garante uma extensão de 7 a 10 dias nessa vida útil, quando a estocagem é feita entre 0 – 3°C.
- Há pouca divulgação para os consumidores do que é a tecnologia de atmosfera modificada, como ela funciona e porquê a embalagem “parece vir pela metade” (espaço ocupado pelos gases). Muitas donas de casa poderiam fazer opção por esse produto se houvesse mais informações sobre ATM.
- Como sugestão para pesquisas futuras, seria importante otimizar a composição gasosa para que se conseguisse o uso máximo de CO₂, visando estender a vida útil do produto, sem comprometer a coloração da carne, atributo essencial para aceitação do produto no mercado varejista.

ABREVIÇÕES USADAS NO TEXTO

Al.....	Folha de alumínio
ATM.....	Atmosfera Modificada
BOPP.....	Polipropileno biorientado
BOPPmet	Polipropileno biorientado metalizado
DFD	<i>Dark, firm and dry</i>
EVA	Copolímeros de etileno e acetato de vinila
EVOH	Copolímeros de etileno e álcool vinílico
Mb	Mioglobina
met	Metalização
MetMb	Metamioglobina
O ₂ Mb	Oximioglobina
OPA	Poliamida orientada
PA	Poliamida
PEBD	Poliétileno de baixa densidade
PEBDL	Poliétileno de baixa densidade linear
PET	Poliéster – polietileno tereftalato
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PSE	<i>Palid, soft and exudative</i>
PVC	Policloreto de vinila
PVDC	Copolímeros de cloreto de vinilideno e cloreto de vinila
UFC	Unidade Formadora de Colônia

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA de, A.S., GONÇALVES, P.M.R., FRANCO, R.M. *Salmonella* em corte de carne bovina inteiro e moído. **Higiene Alimentar**, v.16, n.96, p.77-81, maio, 2002.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **Column crush properties of blown thermoplastic containers– ASTM D 2659-67**. Philadelphia: ASTM, 1979 (1980 Annual Book of ASTM Standards, Part 35, p.528-535).

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **Standard test method for determining interior dimensions of fiberboard boxes**. ASTM D 2658-94. Philadelphia: ASTM, 1994. p.482-484.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **Standard test method for oxygen gas transmission rate through dry packages using a coulometric sensor – ASTM F 1307-90**. Philadelphia: ASTM, 1997. 6p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **Standard test method for random vibration testing of shipping containers**. ASTM D 4728-87. Philadelphia: ASTM, 1987. p.762-767.

ARDITO, E.F.G.; GARCIA, A.E.; GARCIA, E.E.C. **Embalagens de papel, cartão e papelão ondulado para alimentos**. Campinas, CETEA/ITAL, 1988, 201p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. MB 1321. **Papelão ondulado: determinação da gramatura**. São Paulo, ABNT, 1980, 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6737. **Papelão ondulado: determinação da resistência à compressão de coluna**. São Paulo, ABNT, 1981, 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6738. **Papelão ondulado: determinação da espessura**. São Paulo, ABNT, 1981, 6p.

BORDIN, M.R. Levantamento de dados para simulação de transporte. **Boletim do Centro de Tecnologia de Embalagem de Alimentos do ITAL**. Volume 6, no. 1, p.3-5, jan/fev, 1994.

BRASIL. Decreto nº 29.651, de 8 de junho de 1951. Aprova o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA. **Diário Oficial (da República Federativa do Brasil)**, Rio de Janeiro, 11 de jul. 1951 (Suplemento).

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria no. 451 de 19 de setembro de 1997. **Princípios gerais para o estabelecimento de critérios e padrões microbiológicos para alimentos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, n. 142, p.21005-21042, 22 de setembro. 1997. Seção I.

BRITISH STANDARD, BS 4778: **Glossary of terms used in quality assurance (including reliability and maintainability)**. British Standards Institution, London.

BRODY, A. L. Modified atmosphere/vacuum packaging of meat. In: **Controlled/Modified /Vacuum Packaging of Foods**. Ed. A.L. Brody. Food and Nutrition Press, INC., p.17-37, 1989.

BRODY, A.L. Envasado de carne en atmósferas modificadas y a vacío. In: **Envasado de alimentos en atmósferas controladas, modificadas y a vacío**. Espanha: Editorial Acribia, S. A., 1996, 213p.

BUTLER, O.D.; BRATZLER, L.J.; MALMANN, W.L. The effect of bacteria on the color of prepackaged retail beef cuts. **Food Technology**, Chicago, 7 (10):397-400, 1953.

CALIL, R.M. O HACCP na indústria de produtos cárneos. **Revista Nacional da Carne**. Número 273, p. 58-62, nov/1999.

CHAVES, J.B.P.; SROESSER, R.L. **Práticas de Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos e Bebidas**. Cadernos Didáticos. Editora UFV: Viçosa, nº 66, 81p., 1999.

CHURCH, I.V.; PARSONS, A.L., Modified Atmosphere Packaging Technology: A Review. **Journal Science Food Agriculture**, v.67, p.143-152, 1995.

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

CLYDESDALE, F.M. e FRANCIS, F.J. Pigments. In: FENNEMA, O.R. ed. **Principles of Food Science**. Part I: Food Chemistry. 11ª edição. New York: Marcel Dekker, Inc., 1976, v.4, p.393-402.

CORNFORTH, D. Color – its basis and importance. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. ed. **Advances in Meat Research: Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products**. 1ª edição. New York AVI Book, 1994. V.

DAVIS, H.K. Fish. In: PARRY, R.T. **Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods**. Glasgow. Blackie Academic and Professional Packaging of Foods, 1993. Cap. 9, p.189-220.

DAY, B.P.F. **Guidelines for the good manufacturing and handling of modified atmosphere packed food products**. Chipping Campden: The Campden Food and Drink Research Association, Technical Manual n.34, 1992, 79p.

ENFORS, S.O.; MOLIN, G. The influence of temperature on the growth inhibitory effect of carbon dioxide on *Pseudomonas frage* and *Bacillus cereus*. **Canadian Journal of Microbiology**. Ottawa, v.27, no. 1, p. 15-19, 1981.

EUSTACE, I.J. Paper presented at Refrigeration for Meat Industry Engineers and Consultants. **Seminário**, Sydney, Melbourne, Brisbane, 1979. Apud: **Meat Science**, v.25, p.99-112, 1989.

FARBER, J. M. Microbiological Aspects of Modified-Atmosphere Packaging Technology: A Review. **Journal of Food Protection**, V.54 n.1, p.58-70, 1991.

FARIA, J.A.F. **Avaliação da hermeticidade das embalagens**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. Controle de Qualidade, 2000.

FARIA, J.A.F. **Embalagem de Alimentos**. Controle de Qualidade. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1998.

FARIA, J.A.F. **Embalagens de Transporte e Distribuição**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1996.

FENNEMA, O. R. **Food Chemistry**, 3^a edition, Marcel Dekker, Inc., 1996.

FOX, J.B., Jr. The chemistry of meat pigments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 14, n.3, p.207-310, 1966.

FRANCO, Bernadette D.G. de Melo; LANDGRAF, Mariza. **Microbiologia dos Alimentos**. Ed. Atheneu: São Paulo, 180p., 1996.

FREITAS, M.A.; COLOSIMO, E.A. **Confiabilidade: Análise de tempo de falha e testes de vida acelerados**. Belo Horizonte : Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG. 326p., 1997.

GARCIA de 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.

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

GILL, C.O. MAP and CAP of Fresh , Red Meats, Poultry and Offals. In: **Principles of Modified Atmosphere and Sous Vide Product Packaging**. Edited by Jeffrey M.Farber and Karen Dodds. Technomic Publishing Co.: Lancaster, Cap. 5, p.105-136, 1995.

GILL, C.O. Microbial principles in meat processing. New Zealand Meat Research Institute, Hamilton, New Zealand, 44p. **Comunicação Pessoal**, 1983. Apud: **Boletim ITAL**, Campinas, v.21, n.1, p.21-39, 1984.

GILL, C.O. The control of microbial spoilage in fresh meats. In: **Advances in Meat Research**. AVI Publishing Co. V.2, p. 49-89, 1986.

GILL, C.O. The solubility of carbon dioxide in meat. **Meat Science**, Essex, v.22, n.1, p.65-71, 1988.

GILL, C.O.; PENNEY, N. The effect of the 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, 1980.

GOVINDARAJAN, S. Fresh meat color. **CRC Critical Review in Food Technology**, Cleveland, v.4, n.1, p.117-40, 1973.

GREENE, 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.

GREENGRASS, J. Films for MAP of foods. In: PARRY, R.T. **Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods**. London: Blackie Academic & Professional Packaging of Foods, cap. 8, 1993.

- GUISE, W. Gas exchange techniques in packaging. **Packaging**. London, v.58, no. 671, p.14-18, 1987.
- HAYES, P.R. Microbiologia e higiene de los alimentos. Zaragoza: Editorial Acribia, 1993, 369p.
- HOOD, D.E. Factors affecting the rate of metmyoglobin accumulation in pre-package beef. **Meat Science**, v. 4, p.247-265, 1980
- HOOD, D.E.; RIORDAN, E.B. Discoloration in pre-packaged beef: measurement by reflectance spectrophotometry and shopper discrimination. **Journal of Food Technology**, Oxford, v.8, p.333-343, 1973.
- HOTCHKISS, J.H. Experimental approaches to determining the safety of food packaged in modified atmospheres. **Food Technology**, v.42, p.55-64, 1988.
- HUFFMAN, D.L. Effect of gas atmosphere on microbial quality of pork. **Journal of Food Science**, v.39, p.723-725, 1974.
- HUNTER LAB (Hunter Associates Laboratory, Inc.) **User's Manual**, versão 1.4. Reston, Virginia, 1996.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS – ICMSF. **Microbial Ecology of Foods: Factors Affecting Life and Death of Microorganisms**. New York, USA: Academic Press, 1980. 332p.
- IRESON, W.G.; COOMBS Jr., C.F. **Handbook of Reliability Engineering and Management**. New York: McGraw Hill Book Company, 1998.
- JULIÃO, A.M., COSTA da, P.S. Avaliação microbiológica e controle da produção da carne resfriada homogeneizada de bovino preparada em nível varejista no Estado do Rio de Janeiro. **Higiene Alimentar**, v.16, n.96, p.94-99, maio, 2002.

LABUZA, T.P., RIBOH, D. Theory and application of arrhenius kinetics to the prediction on nutrient losses in foods. *FoodTechnology*, v. 35, p.66-74, 1982.

LANIER, T.C.; CARPENTER, J.A. ; TOLEDO, R.T. Effects of cold storage environment on color of exposed lean beef surfaces. *Journal Food Science*, v. 42, p.860, 1977.

LEDWARD, D.A. Metmyoglobin reduction and formation in beef during aerobic storage at 1°C. **Journal of Food Science**, v. 37, n.3, p.634, 1972.

LEITÃO, M. F. F. Controle de Desenvolvimento Microbiano no Processamento Industrial da Carne e Produtos Cárneos. **Boletim ITAL**, Campinas, v.21, n.1, p.21-39, 1984.

LUND, D.B. Effect of commercial processing and storage on nutrients. In: **Nutritional evaluation of food processing by Harris & Karmas**, 2ª edição, 1977.

LUÑÓ, M.; BELTRÁN, J.A.; RONCALÉS, P. Shelf-life extensión and colour stabilisation of beef packaged in low O₂ atmosphere containing CO: loin steaks and ground meat. **Meat Science**, v. 48, n. 1-2, p.75-84, 1998.

LUÑO, M.; RONCALÉS, P.; DJENANE, D.; BELTRÁN, J.A.; Beef shelf life in low O₂ and high CO₂ atmosphere containing different low CO concentrations. **Meat Science**, v.8, p.75-84, 2000.

MARTINS, S.C.S.; ALBUQUERQUE, L.M.B.; SERIO, J.; MATTEI, A.C.M.L.; RODRIGUES, M.S.V. Avaliação microbiológica de pontos críticos de controle no fluxograma de preparação de carne bovina em unidade de nutrição. **Higiene Alimentar**, v.15, n.88, p. 84-89, 2001.

MORAES, M.A.C. **Métodos para Avaliação Sensorial dos Alimentos**. Editora da Unicamp: Campinas, 8ª edição, 93p., 1993.

- NEVES, L. In: Congresso Brasileiro de Ciência E Tecnologia De Carnes, 1., 2001, São Pedro. **Anais**. Campinas: CTC/ITAL, 2001. p.218-250.
- NEWTON, K.G.; GILL, C.O. The microbiology of DFD fresh meats: a review. **Meat Science**, v.5, p.223-232, 1980.
- NEWTON, K.G.; HARRISON, J.C.L.; WAUTERS, A.M. Sources of psychrotrophic bacteria on meat at the abattoir. **J. Appl. Bacteriol.** v.45, n.75, 1978.
- 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.
- NORTJÉ, G.L.; SHAW, B.G. The effect of ageing treatment on the microbiology and storage characteristics of beef in modified atmosphere packs containing 25% CO₂ plus 75% O₂. **Meat Science**, v.25, n.1, p.43-58, 1989.
- O'BEIRNE, D. Chilling combined with modified atmosphere packaging. In: **Processing and Quality of Foods**. Vol. 3, Chilled Foods: The Revolution in Freshness, Edited by ZEUTHEN, P., CHEFTEL, J.C., ERIKSSON, C., GORMLEY, T.R., LINKO, P. and PAULUS, K. Elsevier Applied Science, 1990.
- OGILVY, W.S.; AYRES, J.C. Post mortem changes in stored meats. II. Effect of atmosphere containing carbon dioxide in prolonging the storage life of cut-up chicken. **Food Technology**, Chicago, v.5, n.3, p.97-102, 1951.
- PARDI, M.C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R.; PARDI, H.S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Editora UFG, Goiânia, 1993, 586p.
- PARRY, R.T. **Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods**. Blackie Academic & Professional, Chapman & Hall, Glasgow, UK, 1993.

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

PISKE, D. **Effect of oxygen exposure on color stability of ground beef**. Master of Science. Kansas State University, Manhattan, Kansas, 1986. 98p.

PORTO, E. Aspectos microbiológicos da refrigeração. In: **Resfriamento e congelamento na indústria da carne**. Campinas. ITAL/CTC, 1996, p.1-7.

RANDELL, K., AHVENAINEN, R., HATTULA, T. Effect of the gas/product ratio and CO₂ concentration on the shelf life of MA packed fish. **Packaging Technology and Science**, West Sussex, v.8, n.4, p.205-218, 1995.

REVISTA DO AÇOUGUEIRO & FRIGORÍFICO, Ano V, nº45, Abril, 1999.

RIZVI, S.S.H. Requirements for foods packaged in polymeric films. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v.14, n.2, p.111-34, 1981.

ROBINS, T., Influence of packaging in growing meat sales in UK retail. **Food-Industries**; v.50, n.9, 1997.

ROMANO, M.A., FARIA, J.A.F., FELÍCIO, P.E., NEVES, M.A. Formação e estabilidade de produtos cárneos curados. **Revista teC Carnes**. Campinas, SP, v.3, n.2, p.16-22, 2001.

SAGUY, I.C.; KAREL, M. Modeling of quality deterioration during food processing and storage. **Food Technology**, v. 33, p.78-84, 1980.

SARANTÓPOULOS, C. I.G.L. Embalagens a vácuo e com atmosfera modificada para carnes frescas. In: **Embalagens para produtos cárneos**. Campinas: CETEA/ITAL, 1991, 92p.

SARANTÓPOULOS, C. I.G.L.; ALVES, R.M.V.; OLIVEIRA, L.M. e GOMES, T.C., **Embalagens com Atmosfera Modificada**, Campinas: CETEA/ITAL, 1998, 114p.

SARANTÓPOULOS; C.I.G.L. e PIZZINATTO, A. Fatores que afetam a cor das carnes. **Coletânea ITAL**, Campinas, v.20, n.1, junho, p.1-12, 1990.

SORHEIM, O.; AUNE, T. e NESBAKKEN, T., Technological, hygienic and toxicological aspects of carbon monoxide used in modified-atmosphere packaging of meat (Review). **Trends in Food Science & Technology**, Vol.8, Setembro, p.307-312, 1997.

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

TEIXEIRA NETO, R.O.; VITALI, A.A.; QUAST, D.G.; MORI, E.E.M. **Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**, Campinas: ITAL, Manual Técnico nº 6, 36p., 1993.

UPTON, M. Relationships between pathogen growth and the general microbiota on raw and processed meat and poultry. **Journal of Food Safety**, v.15, p.133-144, 1995.

VAN DEN OORD, A.H.A.; WESDORP, J.J. Colour rating and pigment composition of beef. **Journal of Food Technology**, Oxford, p.615-20, 1971.

VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D.F. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 3ª Ed. Washington, D.C.: APHA, 1992.

ANEXOS

ANEXO 1 - Médias e desvios padrão dos dados experimentais de composição de oxigênio nas embalagens - Frigorífico A .

TEMPO (dias)	TEMPERATURA (°C)					
	2		4		6	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
1	68,0% ^a	±0,83	68,0% ^a	±0,83	68,0% ^a	±0,83
2	71,0% ^a	±1,40	70,6% ^a	±0,62	67,9% ^a	±1,85
3	67,1% ^a	±1,15	66,9% ^a	±2,11	65,0% ^a	±0,76
4	69,6% ^a	±1,02	67,8% ^a	±0,10	63,0% ^b	±0,68
5	70,5% ^a	±0,83	63,2% ^b	±3,80	60,4% ^b	±1,61
6	68,9% ^a	±0,83	62,5% ^b	±4,07	61,7% ^b	±1,85

Resultados de média de 3 medidas por ensaio.

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

ANEXO 2 - Médias e desvio padrão dos dados experimentais de composição de gás carbônico nas embalagens - Frigorífico A.

TEMPO (dias)	TEMPERATURA (°C)					
	2		4		6	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
1	28,1% ^a	±0,29	28,1% ^a	±0,29	28,1% ^a	±0,29
2	27,5% ^a	±0,86	28,8% ^a	±0,53	29,5% ^a	±0,64
3	27,6% ^a	±0,99	29,2% ^a	±0,68	30,1% ^a	±3,49
4	28,6% ^a	±1,12	29,2% ^a	±2,11	34,9% ^b	±0,95
5	27,2% ^a	±0,67	34,2% ^b	±2,51	37,2% ^b	±3,30
6	23,9% ^a	±0,46	29,9% ^a	±5,16	31,2% ^b	±1,85

Resultados de média de 3 medidas por ensaio.

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

ANEXO 3 – Médias e desvio padrão dos dados experimentais de composição de oxigênio nas embalagens - Frigorífico B.

TEMPO (dias)	TEMPERATURA (°C)					
	2		4		6	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
1	72,9% ^a	±1,42	72,9% ^a	±1,42	72,9% ^a	±1,42
2	71,4% ^a	±0,80	69,8% ^a	±0,76	68,0% ^a	±1,29
3	69,3% ^a	±1,06	59,2% ^a	±4,15	50,3% ^b	±6,72
4	69,5% ^a	±1,49	48,3% ^b	±8,26	51,7% ^b	±3,52
5	68,3% ^a	±0,64	47,8% ^b	±15,95	50,7% ^b	±6,40

Resultados de média de 3 medidas por ensaio.

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

ANEXO 4 - Médias e desvio padrão dos dados experimentais de composição de gás carbônico nas embalagens - Frigorífico B

TEMPO (dias)	TEMPERATURA (°C)					
	2		4		6	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
1	14,2% ^a	±0,65	14,2% ^a	±0,65	14,2% ^a	±0,65
2	13,7% ^a	±0,12	14,1% ^a	±0,50	14,7% ^a	±0,96
3	13,9% ^a	±0,68	17,8% ^a	±2,31	27,5% ^a	±4,77
4	17,3% ^a	±0,29	38,8% ^b	±9,30	35,9% ^b	±3,86
5	17,3% ^a	±0,12	39,3% ^b	±18,23	37,3% ^b	±6,50

Resultados de média de 3 medidas por ensaio.

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

ANEXO 5 – Médias e desvio padrão dos dados experimentais de composição de oxigênio nas embalagens - Frigorífico B (novo sistema de ATM).

TEMPO (dias)	TEMPERATURA (°C)					
	2		4		6	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
1	67,4% ^a	±5,00	67,4% ^a	±5,00	67,4% ^a	±5,00
2	67,7% ^a	±4,07	59,7% ^a	±5,52	59,7% ^a	±7,26
3	64,5% ^a	±5,00	59,4% ^a	±3,11	62,2% ^b	±3,32
4	59,2% ^a	±7,09	61,9% ^b	±7,35	55,8% ^b	±1,40
5	58,1% ^a	±1,10	49,4% ^b	±10,30	47,4% ^b	±8,89

Resultados de média de 3 medidas por ensaio.

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

ANEXO 6 - Médias e desvio padrão dos dados experimentais de composição de gás carbônico nas embalagens - Frigorífico B (novo sistema de ATM).

TEMPO (dias)	TEMPERATURA (°C)					
	2		4		6	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
1	20,1% ^a	±0,99	20,1% ^a	±0,99	20,1% ^a	±0,99
2	21,4% ^a	±0,32	20,2% ^a	±1,12	21,5% ^a	±1,29
3	21,9% ^a	±1,07	22,7% ^a	±1,36	24,1% ^a	±1,31
4	21,2% ^a	±1,11	24,0% ^b	±0,78	27,3% ^b	±2,48
5	23,4% ^a	±1,42	24,3% ^b	±1,47	33,2% ^b	±4,07

Resultados de média de 3 medidas por ensaio.

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

ANEXO 7 - Médias e desvios padrão dos dados experimentais do valor a* da carne moída - Frigorífico A .

TEMPO (dias)	TEMPERATURA (°C)					
	2		4		6	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
1	20,4 ^a	± 1,80	20,4 ^a	±1,80	20,4 ^a	±1,80
2	18,3 ^a	±2,21	18,6 ^a	±2,95	14,7 ^a	±1,01
3	19,0 ^a	±3,27	17,6 ^a	±1,99	16,3 ^a	±4,21
4	19,3 ^a	±1,11	16,3 ^a	±0,57	13,8 ^a	±0,65
5	17,8 ^a	±0,24	12,1 ^b	±4,25	10,8 ^b	±4,66
6	16,6 ^a	±1,48	11,4 ^b	±2,30	8,6 ^b	±4,42

Resultados de média de 9 medidas por ensaio.

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

ANEXO 8 - Médias e desvios padrão dos dados experimentais do valor a* da carne moída - Frigorífico B .

TEMPO (dias)	TEMPERATURA (°C)					
	2		4		6	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
1	19,7 ^a	± 0,12	19,7 ^a	±0,12	19,7 ^a	±0,12
2	19,3 ^a	±0,47	19,7 ^a	±0,91	17,7 ^a	±0,40
3	19,0 ^a	±0,61	18,8 ^a	±1,35	13,0 ^b	±2,10
4	17,6 ^a	±0,48	14,8 ^{a,b}	±1,59	9,6 ^b	±0,75
5	17,3 ^a	±0,54	13,9 ^b	±2,69	9,9 ^b	±2,45

Resultados de média de 9 medidas por ensaio.

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

ANEXO 9 - Médias e desvios padrão dos dados experimentais do valor a* da carne moída - Frigorífico B, novo sistema.

TEMPO (dias)	TEMPERATURA (°C)					
	2		4		6	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
1	17,7 ^a	± 0,71	17,7 ^a	±0,71	17,7 ^a	±0,71
2	16,3 ^a	±0,24	15,1 ^a	±0,43	14,5 ^b	±1,18
3	16,0 ^a	±0,99	14,8 ^a	±0,70	14,5 ^b	±0,55
4	15,6 ^a	±0,44	14,6 ^b	±0,52	13,1 ^b	±1,93
5	15,2 ^a	±1,12	13,3 ^b	±0,65	8,9 ^b	±2,15

Resultados de média de 9 medidas por ensaio.

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.