

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**AVALIAÇÃO DO USO DE ATMOSFERAS  
MODIFICADAS EM PORCIONADOS DE SUÍNOS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Alex Uzêda de Magalhães**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2006**

**AVALIAÇÃO DO USO DE ATMOSFERAS  
MODIFICADAS EM PORCIONADOS DE SUÍNOS**

**por**

**Alex Uzêda de Magalhães**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Ciência da Carne e Derivados, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.**

**Orientador: Prof. Nelcindo Nascimento Terra**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2006**

M188a Magalhães, Alex Uzêda de, 1977-  
Avaliação do uso de atmosferas modificadas em porcionados de suínos / por Alex Uzêda de Magalhães ; orientador Nelcindo Nascimento Terra. – Santa Maria, 2006.  
59 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, RS, 2006.

1. Tecnologia de alimentos 2. Atmosfera modificada 3. Monóxido de carbono 4. Carne suína I. Terra,, Nelcindo Nascimento, orient. II. Título

CDU: 637.5

Ficha catalográfica elaborada por  
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

---

© 2006

Todos os direitos autorais reservados a Alex Uzêda de Magalhães. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser com autorização por escrito do autor.

Endereço: Rua Doze, n. 2000, Bairro da Luz, Santa Maria, RS, 97110-680

Fone (0xx)55 2225678; Fax (0xx) 2251144; End. Eletr: [ufesme@ct.ufsm.br](mailto:ufesme@ct.ufsm.br)

---

Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**AVALIAÇÃO DO USO DE ATMOSFERAS  
MODIFICADAS CONTENDO CO  
EM PORCIONADOS DE SUÍNOS**

elaborada por  
**Alex Uzêda de Magalhães**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Nelcindo Nascimento Terra, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

---

**Djalma Dias da Silveira (UFSM)**

---

**Alexandre José Cichoski (URI - Erechim)**

Santa Maria, 28 de abril de 2006

Este trabalho é dedicado à Érica Cristina Borges, companheira inseparável e a Eunice Soares, minha mãe e amiga. Sem elas nada disso seria possível.

## Agradecimentos

Agradeço ao Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade; ao meu orientador Nelcindo Nascimento Terra pela direção; a Liana Milani Guidolim, Ângela Bockes, Catiúcia de Oliveira, Andréia Cirolini e demais companheiros de laboratório pelo suporte; ao frigorífico Mabella nas pessoas dos doutores Rubens Zago e Yume Iwano, pela utilização das instalações; a White Martins pelo fornecimento gracioso das misturas de gases. Agradeço principalmente a Deus e peço que continue a iluminar o nosso caminho.

As verdades descobertas pela inteligência são estéreis. Apenas o coração é capaz de fecundar os seus sonhos.

(Anatole France )

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	x
LISTA DE REDUÇÕES .....	xi
RESUMO .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUÇÃO.....	01
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
CONCLUSÕES .....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Resultado da análise sensorial da cor (ordem de preferência), utilizando painel treinado, das amostras de lombo suíno em diferentes atmosferas .....	21
TABELA 2 – Resultado da análise sensorial da cor (ordem de preferência), utilizando painel treinado, das amostras de costela suína em diferentes atmosferas .....	22
TABELA 3 – Resultado da análise sensorial, utilizando painel não treinado, das amostras cruas e assadas de lombo suíno em diferentes atmosferas .....	23
TABELA 4 – Resultado da análise sensorial, utilizando painel não treinado, das amostras cruas e assadas de costela suína em diferentes atmosferas.....	23
TABELA 5 – Resultado da análise sensorial de odor, utilizando painel treinado, das amostras de lombo suíno em diferentes atmosferas.....	25
TABELA 6 – Resultado da análise sensorial de odor, utilizando painel treinado, das amostras de costela suína em diferentes atmosferas .....	26

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Cartão resposta utilizado pelo painel não treinado na análise sensorial das amostras de lombo e costela suíno tratados por diferentes atmosferas .....	16
FIGURA 2 – Valores de CIE a* para lombo suíno em diferentes atmosferas .....	18
FIGURA 3 – Valores de CIE L* para lombo suíno em diferentes atmosferas .....	20
FIGURA 4 – Valores de CIE L* para costela suína em diferentes atmosferas.....	20
FIGURA 5 – Contagem para microrganismos totais em amostras de lombo suíno em diferentes atmosferas .....	27
FIGURA 6 – Contagem para microrganismos totais em amostras de costela suína em diferentes atmosferas .....	28
FIGURA 7 – Contagem para bactérias ácido-láticas em amostras de lombo suíno em diferentes atmosferas .....	29
FIGURA 8 – Contagem para bactérias ácido-láticas em amostras de costela suína em diferentes atmosferas .....	30
FIGURA 9 – Valores de pH em amostras de lombo suíno em diferentes atmosferas .....	32
FIGURA 10 – Valores de pH em amostras de costela suína em diferentes atmosferas.....	33
FIGURA 11 – Valores de TBARS (mg de malonaldeído em 1 kg de carne) em amostras de lombo suíno em diferentes atmosferas .....	34
FIGURA 12 – Valores de TBARS (mg de malonaldeído em 1 kg de carne) em amostras de costela suína em diferentes atmosferas.....	35

## LISTA DE REDUÇÃO

CEPA – Centro de Estudos de Safras e Mercados

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Fe<sup>2+</sup> - Forma ferrosa da molécula de ferro

Fe<sup>3+</sup> - Forma férrica da molécula de ferro

pH – Potencial de hidrogênio

NO – Óxido nítrico

CO – Monóxido de carbono

CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono

O<sub>2</sub> – Oxigênio

N<sub>2</sub> – Nitrogênio

NO<sub>2</sub> – Nitrito

CN – Cianureto

ufc – Unidade formadora de colônia

cm – Centímetro

g – gramas

PE – polietileno

m<sup>2</sup> – Metros quadrados

h – horas

mg – miligramas

Kg – kilogramas

ANOVA – Análise de variância

TBARS – *Thiobarbituric acid reactive substances* (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico)

Fase lag – fase de adaptação fisiológica das células

## **RESUMO**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos  
Universidade Federal de Santa Maria

### **AVALIAÇÃO DO USO DE ATMOSFERAS MODIFICADAS EM PORCIONADOS DE SUÍNOS**

**AUTOR: ALEX UZÊDA DE MAGALHÃES**

**ORIENTADOR: Nelcindo Nascimento Terra**

**Co-orientadora: Leadir L. M. Fries**

**Data e Local da Defesa: Santa Maria, 28 de abril de 2006.**

A qualidade da carne suína é fortemente influenciada pela composição gasosa existente em sua volta. Com o objetivo de determinar os efeitos de misturas de gases sobre a carne, porcionados de 100g de lombo (*longuissimus dorsi*) e costela de suínos foram acondicionados em embalagens plásticas com alta barreira a gases, sendo injetadas diferentes concentrações de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> e CO. As amostras foram estocadas a 4°C por 30 dias, possibilitando a análise da ação destas atmosferas sobre parâmetros como cor, odor, flora microbiana, pH e oxidação lipídica. Os porcionados foram divididos em quatro tratamentos: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) e Vácuo (T4), sendo as embalagens abertas a cada 4 dias para que fossem efetuadas as análises. Foi observado que o tratamento T3 foi o que melhor influenciou a cor dos porcionados de suíno, conferindo uma vida de prateleira de 26 dias sob refrigeração. No que diz respeito à cor, o tratamento T3 foi o que apresentou os melhores resultados, diferindo significativamente dos demais tratamentos e mantendo a cor vermelha brilhante desejável em carnes, demonstrando a influência do CO neste fator da qualidade. A costela suína, em decorrência de sua matriz óssea, apresentou uma vida de prateleira menor do que o lombo. Desta forma, a atmosfera modificada passa a ser mais uma opção para a comercialização de carnes vermelhas.

Palavras-chaves: Atmosfera modificada, monóxido de carbono, carne, suíno, cor.

## **ABSTRACT**

*Master's Thesis*

*Post-Graduate Program on Food Science and Technology  
Santa Maria Federal University, RS, Brazil.*

### **EVALUATION OF THE USE OF MODIFIED ATMOSPHERE IN PORK STEAKS**

**AUTHOR: ALEX UZÊDA DE MAGALHÃES**

**ADVISOR: Nelcindo Nascimento Terra**

**Co-advisor: Leadir L. M. Fries**

*Date and place of defense: Santa Maria, April 28<sup>th</sup>, 2006.*

*The quality of the pork meat is strongly influenced by the existent gaseous composition around it. With the objective of determining the effects of mixtures of gases on meat, steaks of 100g of loin (*longuissimus dorsi*) and rib of swine was conditioned in plastic packages with high barrier to gases, being injected different concentrations of CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> and CO. The samples were stored at 4°C for 30 days, making possible the analysis of these atmospheres on parameters as color, odour, microbial flora, pH and lipid oxidation. For this essay, the following treatments were used: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> and 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> and 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> and 0,5% CO (T3) and Vacuum (T4), with the packages being opened every 4 days so that the analyses were made. It was observed that the treatment T3 was the one that best conserved the steaks colour of swine. Referring to color, the treatment T3 was the one which presented the best results, differing significantly from the other treatments and maintaining the desirable brilliant red color in meat, demonstrating the influence of CO in this factor of quality. The pork rib, due to its bone structure, presented smaller shelf-life than the loin. This way, the modified atmosphere becomes one more option for the commercialization of red meat.*

*Word-keys: Modified atmosphere package, carbon monoxide, meat, pork, colour.*

# 1 - INTRODUÇÃO

A embalagem de um alimento assumiu um papel muito importante para a indústria de alimentos. A capacidade de atuar como barreira contra agentes do meio ambiente, microrganismos, mudanças biológicas e químicas, continua sendo necessária à embalagem, mas o seu papel na distribuição e comercialização já está estabelecido, atuando na comunicação visual e servindo de diferencial para o consumidor, agregando valor ao produto. Por isso a importância da embalagem extrapola sua função tecnológica, atuando fortemente como peça no jogo mercadológico.

Exatamente inserida nestes aspectos é que a atmosfera modificada vem se destacando como uma evolução desejada e necessária, vindo de encontro aos desejos tanto do consumidor como da indústria.

Assim como outras técnicas de preservação de alimentos, o acondicionamento em atmosfera modificada foi descoberto ao acaso. No final do século XIX, o transporte marítimo de carcaças da Austrália para a Europa era feito sob refrigeração com gelo seco (dióxido de carbono sólido). Os múltiplos benefícios do resfriamento com CO<sub>2</sub> em relação ao resfriamento convencional foram apenas observados, mas não traduzidos em conceitos tecnológicos.

No início do século XX, pomologistas notaram que as maçãs estocadas em câmaras refrigeradas fechadas mantinham a qualidade por muito mais tempo do que quando armazenadas em ambientes expostos ao ar. Alguns fazendeiros prosperaram com essa descoberta empírica.

Na embalagem contendo atmosfera modificada, a atmosfera inicial é gerada tanto por injeção de uma mistura de gases desejada ou por retenção do ar em torno do alimento. Os gases mais utilizados para compor a atmosfera modificada nos alimentos cárneos são o oxigênio, o nitrogênio, o monóxido e o dióxido de carbono. Durante a estocagem, os gases podem interagir com os alimentos ou com a flora microbiana a eles associada. Por isso, por meio da otimização da mistura gasosa, tem-se a possibilidade de interferir nessa interação e minimizar alterações que afetem a qualidade da carne, o que significa uma vida de prateleira mais longa.

A grande vantagem da embalagem com atmosfera modificada está no fato de se obter uma vida de prateleira maior, sem a utilização de aditivos químicos, aproveitando os benefícios do dióxido de carbono sobre a microflora e, no caso da carne fresca, mantendo o padrão de cor ideal.

Outros pontos de interesse no uso desta tecnologia são: aumentar o valor comercial do produto; atender a exigência cada vez maior dos consumidores por alimentos de melhor qualidade, frescos e “naturais”; aumento da eficiência da logística, gerando economia de produção, estocagem e distribuição; maiores oportunidades para o desenvolvimento e diferenciação de produtos; possibilidade do lançamento da marca de frigoríficos no mercado e facilitação das exportações.

O uso de atmosfera modificada ainda não é universalmente efetivo, precisando ser adequado a cada tipo de produto, condições climáticas e logísticas. As embalagens para este tipo de método de conservação também constituem custo adicional e a necessidade de um rígido controle de temperatura torna imperativa a informação de distribuidores, varejistas e consumidores.

A especificidade da mistura gasosa em relação ao produto, a natureza e qualidade inicial do produto fresco, o controle de temperatura durante todo o processamento e distribuição, as propriedades de barreira da embalagem e a eficiência do equipamento de acondicionamento estão intimamente associados a um resultado esperado.

É importante salientar que o acondicionamento em atmosfera modificada não substitui a estocagem em baixas temperaturas. Na verdade ocorre um efeito sinérgico entre a concentração de CO<sub>2</sub> e a temperatura na inibição do crescimento microbiano.

Em nosso país deslumbra-se o início de estudos da carne suína comercializada em atmosfera modificada. Em relação à produção de suínos no Brasil, de acordo com o instituto Cepa/SC, em 2003 foram abatidas 35,3 milhões de cabeças de suínos, equivalentes a 2765,5 mil toneladas. Já em termos de exportação, em 2002 o Brasil se situava em quarto lugar em relação aos outros países, exportando cerca de 290 mil toneladas, e com expectativas reais de crescimento (IBGE, 2004). Não resta dúvida que novas tecnologias como a atmosfera modificada, vêm suprir necessidades tanto do mercado interno como externo, o que poderia alavancar ainda mais estes números.

## 1.1 - Objetivo

O objetivo deste trabalho foi analisar os efeitos de misturas de gases ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}$ ) em embalagem plástica sobre a cor, odor, flora microbiana, pH e oxidação lipídica em porcionados de lombo (*longuissimus dorsi*) e costela de suínos. Ainda será analisada a comparação entre a utilização de atmosferas tradicionais, contendo  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}$  com a carne de suínos embalada a vácuo, no tocante à coloração e a vida de prateleira.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - A cor em carnes

A influência dos gases que circundam a carne na cor do produto está relacionada com a interação destes gases com a mioglobina. A mioglobina, o pigmento do músculo, é composta por uma fração protéica, a globina, combinada com um grupo heme contendo ferro. Este último consiste em quatro grupos pirrólicos contendo um átomo de ferro central. Os fatores primários responsáveis pela cor da carne são o estado de valência do átomo de ferro e o ligante combinado à ligação livre do grupo heme.

A formação da oximioglobina envolve a complexação do oxigênio com o grupo heme da mioglobina. Este processo, referido como oxigenação, ocorre sob uma alta tensão de oxigênio e isso favorece a formação do pigmento de cor vermelha desejável. A formação de oximioglobina envolve a ligação covalente do oxigênio molecular com a mioglobina (Gill, 1991).

Sob condições de baixa tensão de oxigênio, o mesmo dissocia-se do grupo heme para produzir mioglobina, sendo este instável, podendo ser oxidado a metamioglobina (Taylor, 1985). A formação de metamioglobina é acompanhada pela perda de um elétron na molécula de ferro, resultando na mudança da forma ferrosa ( $\text{Fe}^{2+}$ ) para a férrica ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Na carne fresca tanto a forma reduzida como a oxidada da mioglobina estão presentes, com a forma predominante determinando a coloração final da carne (Taylor, 1985).

A formação de metamioglobina pode ocorrer também sob condições de alta temperatura, baixo pH, luz ultravioleta, concentração de sal e presença de bactérias aeróbicas (Seideman et al., 1980). Tanto o alto quanto o baixo pH causam a desnaturação da globina, deixando a fração heme desprotegida, sofrendo então uma rápida oxidação à metamioglobina (Eskin, 1990). A presença do sal possui entre seus efeitos: reduzir a capacidade tamponante da carne como também promover a diminuição da tensão de oxigênio na carne.

Além do oxigênio, podem se complexar ao pigmento da carne outros doadores de elétrons, tais como o óxido nítrico (NO) e o monóxido de carbono (CO), dando lugar a pigmentos vermelhos. Ao se oxidar, o ferro adquire uma carga positiva e seus ligantes cargas negativas, como o flúor e o nitrito (NO<sub>2</sub>), ou o cianureto (CN). Estes ligantes variam com sua capacidade de doar pares de elétrons, e por isso produzem pigmentos que variam em sua intensidade de vermelho. (Finley e Price, 1994).

A aceitação da carne fresca embalada é primariamente influenciada pela cor (Brewer 2002). A cor vermelha brilhante da carne fresca, causada pelo pigmento oximioglobina, é mais aceita pelos consumidores de carne do que a cor escura ou amarronzada. A metamioglobina, o pigmento marrom da carne, se desenvolve durante a estocagem do alimento e é reconhecido pelo consumidor como indicativo de falta de frescor e qualidade. Conseqüentemente, uma predominância deste pigmento na embalagem de produtos cárneos causa a sua rejeição. Esta descoloração de carnes embaladas também é associada pelo consumidor como crescimento bacteriano, muito embora isso não seja sempre verdadeiro. Por isso, qualquer mudança deletéria na natureza destes pigmentos é de grande importância para a indústria de alimentos e afeta diretamente o mercado consumidor (Brewer 2002).

É importante ressaltar a utilização da carne embalada a vácuo como comparativo à atmosfera modificada. Hoje a carne embalada a vácuo é amplamente utilizada no Brasil como forma de prolongar a vida de prateleira do produto. Uma das dificuldades no uso deste tipo de embalagem reside justamente na produção de metamioglobina, tornando a cor da carne menos atraente. Outro ponto negativo da utilização deste tipo de embalagem é o aparecimento de odores estranhos no momento em que é aberta a mesma.

## **2.2 - Vida de prateleira da carne**

Outro ponto de atuação da atmosfera modificada é o aumento da vida de prateleira, influenciada principalmente pela oxidação lipídica e pelo crescimento microbiano.

A reação dos compostos insaturados da gordura com o oxigênio é uma das mais importantes na química dos lipídios. Esta reação é a responsável pelo

desenvolvimento de sabores e aromas de ranço. A oxidação ocorre com o oxigênio do ar, sob influência da luz, do calor, da radiação de alta energia e da presença de vários tipos de catalisadores pró-oxidantes (Finley e Price, 1994).

Entre as muitas reações que ocorrem na presença de oxigênio, a autooxidação é uma das mais importantes e por isso tem recebido uma maior atenção. Observa-se que quando as gorduras cárneas e outras gorduras começam a rancificar-se, surgem peróxidos em grau variável. Um cuidadoso estudo revelou que se trata de hidroperóxidos durante os primeiros estados da auto-oxidação. O grupo hidroxiperóxido se localiza no átomo de carbono adjacente à ligação dupla de uma molécula de ácido graxo (Finley e Price, 1994).

Antes do sacrifício, os tecidos comestíveis de um animal podem ser considerados estéreis, pois encontram-se protegidos pela pele que funciona como uma camada protetora quase perfeita. Além disso, o trato intestinal funciona como uma barreira efetiva contra a imensa massa de microrganismos que contém (Gill, 1991). Normalmente, qualquer organismo que ultrapasse estas barreiras seria destruído rapidamente pelas defesas naturais do organismo. Após o sacrifício estes mecanismos são eliminados, tornando os tecidos expostos e tornando-os altamente perecíveis.

Os tecidos animais permanecem expostos a um grande número de microrganismos como os da pele e do trato intestinal. A esfolação e o corte permitem também que um grande número de microrganismos contamine a superfície cárnea. A carne fresca refrigerada possui um alto conteúdo de água, com um valor de atividade de água de aproximadamente 0,99. Este ambiente é muito adequado para o crescimento de grande quantidade de microrganismos contaminantes que se desenvolvem na superfície da carne. Caso não se utilize uma embalagem protetora ou se são protegidas por películas permeáveis ao oxigênio, se favorecerá em grande medida o crescimento da maioria dos microrganismos contaminantes.

A refrigeração cria um meio seletivo e permite apenas o crescimento de microrganismos que são capazes de multiplicar-se a temperaturas próximas ao ponto de congelamento da água.

Conforme as carcaças sejam transferidas para uma câmara por volta de 0°C, o meio ambiente seletivo desenvolvido favorece os microrganismos psicotróficos. São os membros de três gêneros que predominam: *Pseudomonas*, *Moraxella* e *Acetobacter*. Estes microrganismos provêm comumente de sujidades, são Gram

negativos, aeróbios estritos e são capazes de crescer a temperaturas ao redor de 0°C. São muito sensíveis ao calor e a radiação com exceção de algumas cepas de *Moraxella*. Requerem uma alta atividade de água e por isso uma superfície de carcaça seca inibe o seu crescimento. São saprófitas e não estão relacionadas com nenhuma infecção ou toxinfecção alimentar.

As cepas de *Pseudomonas* parecem crescer mais rápido e são as que predominam se a carne refrigerada for mantida por um longo período de tempo. Identificam-se como pequenos bacilos Gram negativos altamente móveis graças a um flagelo polar. Produzem um pigmento fluorescente visível à luz ultravioleta e produzem odores desagradáveis (ésteres, aminas, compostos sulfurados, ácidos) produto do metabolismo de aminoácidos (Pittard et al. 1982).

Outros microrganismos podem crescer sobre a superfície da carne fresca, entre eles os membros do gênero *Lactobacillus*, *Micrococcus*, *Aeromonas* e alguns representantes da família *Enterobacteriaceae*. Sob condições aeróbicas ocorre crescimento das bactérias ácido-láticas (*Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*), *Micrococcaceae* e psicrotróficos da família *Enterobacteriaceae* e *Brochotrix*.

As bactérias desenvolvem dois tipos de ataques enzimáticos sobre as gorduras: a hidrólise por uma lipase, e a oxidação dos ácidos graxos por oxidases. Alguns dos produtos destas reações originam combinações de odores e *flavor* de rancidez. Sem dúvida a maioria dos processos de rancificação que ocorrem nas carnes e nos produtos cárneos não são de origem microbiana. Os microrganismos lipolíticos alterantes mais importantes são as *Pseudomonas* e outras bactérias Gram negativas, também bacilos, fungos e leveduras.

Nenhuma das bactérias que causam infecções ou intoxicações alimentares são psicrotróficas, a exceção do *Clostridium botulinum* “tipo E” e a *Yersinia enterocolitica*. Sendo assim, uma adequada refrigeração da carne previne a multiplicação destes microrganismos se estiverem presentes. *Staphylococcus aureus* cresce muito pouco a 10°C e provavelmente não produz toxina detectável a esta temperatura.

Algumas cepas de *salmonella spp.* podem multiplicar-se muito lentamente a 10°C ou menos. Deste modo a refrigeração dos produtos cárneos a temperaturas menores que 5°C deve prevenir ou pelo menos minimizar o crescimento destas bactérias prejudiciais.

A grande parte das bactérias aeróbias é inibida em concentrações de CO<sub>2</sub> de 10% ou mais, enquanto que bactérias anaeróbias são inibidas pela presença de pequenas quantidades de oxigênio (Ray, 2001).

Embora, como grupo, as bactérias lácticas sejam consideradas como possuindo baixo potencial de deterioração, certas cepas podem ser mais prejudiciais que outras, como por exemplo, as heterofermentativas produtoras de gás e etanol ou produtoras de H<sub>2</sub>S (Dainty e Mackey 1992). Além disso, nem todas as bactérias ácido-lácticas são necessariamente equivalentes em potencial inibidor a outros organismos. Tal atividade inibitória é também especialmente importante quando a carne é subsequentemente exposta ao ar no ponto de venda, quando poderá ocorrer um rápido crescimento de organismos deteriorantes como o *Brochothrix thermosphacta* e *Pseudomonas*. (Nissen et al., 1996).

Já as enterobacterias, por serem aeróbias, são fortemente influenciadas pela composição de gases da embalagem. Atmosferas enriquecidas com CO<sub>2</sub> inibem significativamente o seu desenvolvimento, enquanto que atmosferas com baixa pressão do O<sub>2</sub> também permitem o seu crescimento (Mano et al., 2002).

Embora seja bem conhecida a relativa resistência da *B. thermosphacta* à ação do CO<sub>2</sub> (Seidman et al., 1980), a presença deste gás diminui o crescimento desta bactéria (Mano, 2002). Por ser aeróbia, a composição dos gases da atmosfera influi no crescimento da *B. thermosphacta*, ocorrendo o seu desenvolvimento mesmo em baixas pressões de oxigênio.

Graças à dificuldade de se eliminar totalmente o O<sub>2</sub> da atmosfera, as *Pseudomonas* podem se desenvolver em atmosferas supostamente anaeróbias. Estas bactérias são fortemente afetadas pela presença de CO<sub>2</sub> (Mano, 2002).

### **2.3 - Atmosfera modificada**

A atmosfera modificada consiste em uma combinação específica de gases (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> e CO), com intuito de incrementar a coloração e aumentar o tempo de prateleira dos produtos (Jeremiah, 2001). Cada tipo de gás possui um papel específico na conservação da cor e no aumento da vida de prateleira da carne (Young et al., 1988). A quantidade dos gases presentes na embalagem sob atmosfera modificada não é estática, variando diariamente (Warren et al., 1992),

graças à atividade do músculo, do metabolismo microbiano, da dissolução dos gases na carne e difusão pela barreira da embalagem (Gill, 1991).

Ao se elaborar uma embalagem por atmosfera modificada, alguns pontos devem ser estudados, como: a permeabilidade do material da embalagem ao oxigênio, dióxido e monóxido de carbono e vapor de água; transmissão de oxigênio, dióxido e monóxido de carbono e vapor de água pela região selada; temperatura onde esta embalagem será armazenada; área de superfície e espessura do material de embalagem (Tsigarida e Nychas, 2001).

Um número considerável de estudos investigou parâmetros críticos para a estabilidade da cor. Os parâmetros detectados como relevantes foram: a porcentagem residual de oxigênio na embalagem (Moller et al., 2000; Moller et al., 2003); taxa de transmissão de oxigênio do material da embalagem (Juncher et al., 2003; Moller et al., 2003); temperatura de estocagem (Jakobsen & Bertelsen, 2000) e intensidade da luz (Walsh et al., 1998; Dineen et al., 2000; Moller et al., 2003).

#### **2.3.4 - Importância do O<sub>2</sub>**

Uma alta concentração de oxigênio permite a formação de oximioglobina, o pigmento responsável pela cor vermelha brilhante, desejada em carne fresca de suínos (Gill, 1991). A presença ou ausência de oxigênio na atmosfera é um importante fator para o controle do crescimento de microrganismos e para a oxidação lipídica.

A oxidação lipídica causa um sabor de ranço em carnes. Vários fatores afetam diretamente a oxidação, incluindo luz, concentração de oxigênio, temperatura, presença de pró e antioxidantes, grau de insaturação dos ácidos graxos e enzimas (Skibsted, Mikkelsen & Bertelsen, 1998). A oxidação lipídica normalmente não é considerada um fator limitante para a vida de prateleira de carnes armazenadas em condições aeróbias e frio, já que a oxidação lipídica ocorre mais lentamente do que a descoloração e o crescimento microbiano. (Zhao et al., 1994). Em todo caso, quando embalagens em atmosfera modificada forem capazes de reprimir outros mecanismos deteriorativos em carnes, a oxidação lipídica pode ser um limitante para o tempo de prateleira (McMillin, 1993).

Enquanto um nível de oxigênio elevado é conhecido por prolongar a estabilidade da cor, este também possivelmente pode aumentar a taxa de oxidação

lipídica (Zhao et al., 1994). O aumento da oxidação lipídica vem sendo observado em carnes estocadas em atmosferas com altos níveis de oxigênio (Taylor, 1985; Jackson et al., 1992; Jensen et al., 1998), embora outros estudos não tenham encontrado qualquer aumento na oxidação lipídica em condições similares (Ordonez & Ledward, 1977; Lopez-Lorenzo et al., 1980; Asenio et al., 1988).

Apesar do aumento na vida de prateleira em produtos cárneos estocados em embalagens sob atmosfera modificada sem oxigênio em baixas temperaturas, existe uma crescente preocupação com o crescimento ou manutenção de microrganismos psicrotóxicos microaerófilos patogênicos, principalmente pela dificuldade em se retirar completamente o oxigênio das embalagens (Garcia de Fernando et al., 1995).

### **2.3.2 - Importância do CO<sub>2</sub>**

O efeito inibitório do CO<sub>2</sub> sobre o crescimento microbiano, e conseqüentemente no aumento da vida de prateleira é bem documentado (Clark & Lentz, 1972; Huffman et al., 1975; Silliker & Wolfe, 1980;). No entanto, vários estudos reforçam que a utilização de altos níveis de CO<sub>2</sub> com conseqüente baixo teor de O<sub>2</sub> pode causar descoloração em carnes (Ledward, 1970; Silliker et al. 1977).

O efeito inibidor do CO<sub>2</sub> vai depender de uma série de fatores, tais como: pressão parcial de CO<sub>2</sub>, a relação entre o volume ocupado pela carne e o volume total da embalagem, pH, composição do meio e os microrganismos envolvidos (Farber, 1991), porém é a quantidade de CO<sub>2</sub> dissolvida, mais do que a pressão parcial, que será responsável pelo efeito inibitório (Lowenadler & Ronner, 1994).

O uso do CO<sub>2</sub> em atmosferas modificadas está relacionado à sua atividade bacteriostática, principalmente em concentrações acima de 25% (Sorhein et al., 1996).

Gill (1991) reforça a importância do efeito de concentrações superiores a 20% de CO<sub>2</sub> em conjunto com um controle adequado da temperatura, que continua sendo um ponto crítico.

### **2.3.3 - Importância do CO**

O uso do CO em atmosferas modificadas se torna importante quando se deseja uma atmosfera com baixa concentração de oxigênio ou sua ausência. Neste

caso o CO seria capaz de estabilizar a cor vermelha desejada em carnes, reagindo com o pigmento da carne. O CO combina com a mioglobina para formar carboximioglobina, que é mais estável à oxidação do que a oximioglobina e confere uma cor cereja atraente em carnes. Graças a esta estabilidade, somente pequenos níveis de CO são necessários para manter a cor vermelha em carnes (Luno et al., 1998).

Estudos foram realizados para avaliar o efeito do uso de alta concentração de CO<sub>2</sub> e baixa concentração de CO no que diz respeito à vida de prateleira de carnes frescas em atmosferas modificadas (Sørheim et al., 1997; Sørheim et al., 1999; Nissen et al., 1999).

Mesmo obtendo uma estabilidade com o uso de CO, a presença de oxigênio continua sendo importante, para que se evite uma cor “artificial” da carne. Esta mistura entre oximioglobina e carboximoiglobina confere estabilidades sem criar uma coloração fora dos padrões (Luno et al., 2000).

Foram realizados estudos de vida de prateleira de produtos embalados em atmosfera possuindo alta concentração de CO<sub>2</sub> e baixa concentração de CO em relação a atmosferas de composição gasosas tradicionais, com a seguinte composição: 70%O<sub>2</sub>/30%CO<sub>2</sub> e 60%CO<sub>2</sub>/40%N<sub>2</sub> com um absorvente de O<sub>2</sub>. Os produtos foram estocados no escuro a 4°C ou 8°C por mais de 21 dias.

As amostras em atmosfera de alta concentração de CO<sub>2</sub> e baixa concentração de CO obtiveram uma coloração vermelho brilhante estável. O tempo de prateleira a 4°C nesta mistura gasosa foi de 11 dias para carne fresca de bovinos, 14 dias para contra filé de bovinos e 21 dias para carne de suíno. As amostras armazenadas sob alta concentração de O<sub>2</sub> mostraram inicialmente uma coloração vermelho brilhante, mas esta cor não foi estável e se desenvolveram cheiros anômalos após um curto período de armazenamento de 8, 10 e 14 dias, respectivamente. Aumentando a temperatura para 8°C, a vida de prateleira foi reduzida para aproximadamente a metade do resultado obtido pela armazenagem a 4°C.

O mau cheiro observado foi provavelmente ocasionado pelo crescimento de *Brochothrix thermosphacta*. Sem dúvida, em temperaturas acima de 1°C, *B. thermosphacta* deteriora a carne em atmosferas contendo oxigênio. (Dainty e Mackey, 1992). Alta concentração de CO<sub>2</sub>, remoção de O<sub>2</sub> e baixas temperaturas inibem o crescimento de *B. thermosphacta* (Gill, 1996; Nissen et al., 1996). O

metabolismo de bactérias lácticas sob condições de anaerobiose também podem produzir mau cheiro (Nissen et al., 1996).

A inclusão de CO em embalagens sob atmosfera modificada causa ainda alguma controvérsia, graças à obtenção de uma cor vermelha desejável estável, que é capaz de persistir mesmo no caso de crescimento de microrganismos, mascarando uma contaminação (Kropf, 1980). O aumento na vida de prateleira pode neste caso implicar em risco de crescimento de patógenos (Silliker e Wolfe, 1980; Farber, 1991; Lamberts et al., 1991).

A carne embalada em alta concentração de CO<sub>2</sub> e baixa concentração de CO adquire uma cor vermelha estável e a vida de prateleira a 4°C é mais longa e está baseada no odor. A esta temperatura, *Yersinia enterocolitica* e *Listeria monocytogenes* são considerados os patógenos mais preocupantes em carne. Em temperaturas abusivamente altas (>8°C) *E. coli* 0157:H7 e *Salmonella* spp. também podem se desenvolver e aumentar o risco para a saúde do consumidor.

Estudos foram realizados no sentido de analisar o crescimento de *Y. enterocolitica*, *L. monocytogenes*, *E. coli* 0157:H7 e cepas de *Salmonella*, comparando atmosferas com alta concentração de CO<sub>2</sub> e baixa concentração de CO com atmosferas com alto teor de O<sub>2</sub> (70%O<sub>2</sub>/30%CO<sub>2</sub>) em carne bovina fresca. (Sørheim et al., 1997; Sørheim et al., 1999; Nissen et al., 1999;).

O crescimento de *Y. enterocolitica* foi totalmente inibido em temperaturas de 4°C e 10°C em uma mistura de alta concentração de CO<sub>2</sub> e baixa concentração de CO, enquanto que o número nas amostras embaladas em misturas de alta concentração de O<sub>2</sub> aumentou de 5.10<sup>2</sup> ufc/g no dia 0 para 10<sup>4</sup> no dia 5 a 4°C e 10<sup>5</sup> no dia 5 a 10°C.

*L. monocytogenes* mostrou pouco crescimento a 4°C em todos os tratamentos. A 10°C este cresceu de 5.10<sup>3</sup> ufc/g para 10<sup>4</sup> no dia 5 em alta concentração de CO<sub>2</sub> e baixa concentração de CO, enquanto que o número em atmosferas com alta concentração de O<sub>2</sub> foi algo em torno de 10 vezes mais.

*E. coli* 0157:H7 não apresentou crescimento a 4°C e a 10°C em todas as atmosferas.

*Salmonella* spp. também não cresceu a 4°C, porém a 10°C os patógenos *S. typhimurium*, *S. dublin*, *S. enteritidis* e *S. enterica* se desenvolveram melhor em altas concentrações CO<sub>2</sub> e baixas concentrações de CO, comparado a altas concentrações de O<sub>2</sub> (Nissen et al., 1999; Sørheim et al., 1999).

Os dados apresentados por este estudo mostraram que o aumento da vida de prateleira a 4°C não representou crescimento de *Y. enterocolitica* e *L. monocytogenes* em carne de bovinos estocados a altas concentrações de CO<sub>2</sub> e baixas concentrações de CO. No entanto, o crescimento observado de cepas de *Salmonella spp.* a temperaturas abusivas de 10°C neste tipo de atmosfera aumenta a importância do controle da temperatura durante a estocagem.

O CO está presente na atmosfera normal., principalmente devido a combustão incompleta de materiais contendo carbono. A ação tóxica do CO é devido ao bloqueio da função carreadora de oxigênio da hemoglobina, graças à formação de carboxihemoglobina.

#### **2.3.4 - Importância do Nitrogênio**

O Nitrogênio, por ser um gás inerte, possui unicamente a função de preenchimento do volume na embalagem, não interferindo diretamente no alimento.

#### **2.3.5 - Importância do pH**

É bem documentada a relação entre o pH e o crescimento microbiano. Altos valores de pH criam um ambiente mais propício ao crescimento de microrganismos (Jeremiah, 2001).

Também foi pesquisada a relação entre o pH inicial e o seu efeito em cortes de carne. De acordo com Livingston et al. (2004), amostras de carne com valores de pH baixos (<5,8) tiveram avaliação de cor menores com o decorrer do tempo, em comparação com amostras com pH mais elevados.

## 3 - MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 - Amostras

Foram utilizadas nos ensaios peças porcionadas de lombo (*Longuissimus dorsi*) e costela com osso de suínos, provenientes do Frigorífico Mabella, retiradas de carcaças a temperatura de 12°C e estocadas a 4°C. A Costela possuía tempo de maturação de 5 dias a 4°C, com retirada do excesso de gordura externa (utilizando para isso o aparelho Trimmer) e o lombo possuía um dia de estocagem refrigerada. As peças de carne foram porcionadas e posteriormente embaladas sob atmosfera modificada, utilizando a máquina Selovac modelo 200B. Cada embalagem possuía uma peça porcionada.

A carne assim embalada foi transportada em caixas térmicas do frigorífico para o laboratório da Universidade Federal de Santa Maria sob temperatura de 2°C, onde ficaram armazenadas no escuro a uma temperatura de 4°C durante o período de análise (30 dias).

As dimensões dos *steaks* eram de aproximadamente 10cm de comprimento x 5cm de largura x 2cm de espessura, e pesavam 100g. As dimensões das amostras de costela também os padrões das amostras de lombo.

### 3.2 - Embalagem

As amostras foram colocadas em embalagens de dimensão e *headspace* (2:1). Para a embalagem utilizou-se PE/Nylon com transmissão de dióxido de carbono na taxa de 2 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24h/atm, transmissão de oxigênio na taxa de 0,5 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24h/atm e vapor de água a uma taxa de 4g/m<sup>2</sup>/24h. As amostras foram estocadas a 4°C por 30 dias. A composição de gases utilizada foi: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) e Vácuo (T4). Foram utilizadas um total de 80 bandejas (10 para cada tipo de atmosfera em duplicata).

### **3.3 - Medição instrumental de cor**

A verificação da coloração da superfície da carne foi realizada utilizando o Colorimeter Minolta CR 300 (Cielab), sendo a cor da carne expressa com base nas coordenadas de luminosidade (L) e vermelho (a) do sistema CIELAB. As medições ocorreram na superfície da carne imediatamente após a abertura da embalagem, com a intenção de evitar a influência do ar no resultado das análises. As análises foram feitas a cada 4 dias, no total de três medições por amostra.

### **3.4 - Análise sensorial**

As análises sensoriais foram divididas em: análise de cor com painel treinado, análise de odor com painel treinado e análise sensorial das amostras cruas e assadas por painel não treinado. As análises ocorreram a cada 4 dias de estocagem a 4°C para as análises de cor e odor com painel treinado e com 7 e 21 dias de estocagem a 4°C para as análises utilizando painel não treinado.

Durante as sessões com o painel não treinado, uma equipe formada por trinta provadores aplicou notas em uma escala de um (inaceitável) a cinco (muito boa) aos atributos cor e odor para as amostras cruas e cor, odor, sabor, textura e aceitabilidade geral para amostras assadas. Os membros do painel foram selecionados entre estudantes, professores e funcionários do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFSM. A análise sensorial foi realizada em um ambiente livre de odores estranhos e com luminosidade controlada.

As amostras não foram temperadas, sendo apresentadas aos provadores em duas sessões diferentes, uma apenas para amostras cruas e outra para amostras assadas. As embalagens foram abertas momentos antes de começar as sessões de análise.

Na figura 1, encontra-se o modelo da ficha empregada na análise sensorial realizada pelo painel não treinado relativa as amostras de lombo e costela suínos.

<b>Análise Sensorial</b>				
DATA:				
ANALISTA:				
Atribuir notas de 1 a 5, para cada um dos atributos, conforme a escala:				
(1) = Inaceitáveis (péssimo)				
(2) = Regulares				
(3) = Indiferentes				
(4) = Boas				
(5) = Muito Boas				
COR	791	392	625	468
ODOR				
SABOR				
TEXTURA				
ACEITABILIDADE				

Figura 1 – Cartão resposta utilizado pelo painel não treinado na análise sensorial das amostras de lombo e costela suíno tratados por diferentes atmosferas: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) e Vácuo (T4) e estocadas a 4°C.

### 3.5 - Análise microbiológica

A análise microbiológica das amostras de lombo e costela incluiu análise de microrganismos mesófilos aeróbios totais e bactérias ácido-láticas. Coletou-se 25g de cada amostra, sendo esta alíquota homogeneizada com 225ml de água peptonada (0,1%) em um homogeneizador *stomacher* por 60s. Foram então realizadas diluições adequadas e incubada em duplicata usando meio de cultura apropriado. Os meios usados foram: ágar padrão para contagem em placa (PCA - Merck), com incubação a 32° por 24h para contagem total e ágar de Man, Rogosa e Shape (MRS - Merck), com incubação a 35°C por 48h para contagem de bactérias láticas. As contagens ocorreram a cada quatro dias e os resultados foram expressos em ufc/g de carne.

### 3.6 - Medição de pH

As amostras (10g) foram homogeneizadas em 100ml e medidas com um pHmetro de eletrodo de vidro a cada quatro dias. (Terra e Brum. 1986)

### **3.7 - Análise de estabilidade de lipídios**

A oxidação lipídica foi estimada pela concentração de TBARS pelo método de Raharjo e Sofos (1992) a cada 8 dias de estocagem. TBARS foi medido em duas replicações e expresso como mg malonaldeído (MA) / Kg Carne.

### **3.8 - Análise Estatística**

A avaliação dos diferentes tratamentos foi realizada através da análise de variância (ANOVA) e testes de Tukey para a comparação das médias entre os tratamentos. Efeitos estatisticamente significantes foram observados quando  $p < 0,05$ .

## 4 - Resultados e Discussão

### 4.1 - Medição instrumental da cor

Na figura 2 encontram-se os valores  $a^*$  (Cielab) relativos à intensidade da cor vermelha das amostras de lombo nas diferentes atmosferas analisadas.

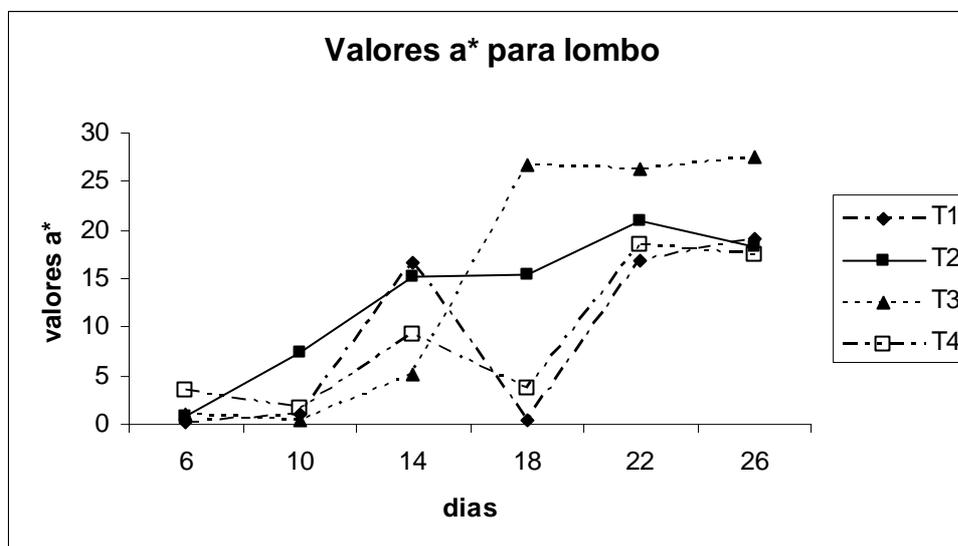


Figura 2 – Valores de CIE  $a^*$  para lombo suíno em diferentes atmosferas: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) e Vácuo (T4) e estocadas a 4°C durante 26 dias.

Observou-se uma intensificação da cor vermelha (valor  $a^*$ ) em todos os tratamentos utilizados em amostras de lombo (Figura 1), sendo que, a partir do 18º dia de estocagem, as amostras sob atmosfera contendo CO (T3) apresentaram os maiores resultados ( $p < 0,05$ ). As amostras que receberam o tratamento T1 e T2 apresentaram uma coloração típica vermelho brilhante, enquanto as que receberam o tratamento T3 apresentaram uma tonalidade vermelho cereja, inclusive após o aparecimento de mau cheiro nas amostras.

Os resultados relativos ao valor  $a^*$  da costela não foram conclusivos, tendo em vista a falta de uniformidade na proporção carne/osso.

Este aumento na intensidade da coloração vermelha também foi observado por outros autores. Wilkinson et al. (2006) utilizaram tratamento com 80%CO<sub>2</sub>/19,6N<sub>2</sub>/0,4%CO em lombo suíno, relatando um aumento significativo na intensidade da cloração vermelha.

A presença de CO na proporção utilizada na atmosfera T3 (0,5%) influenciou positivamente no aumento do valor  $a^*$  das amostras de carne suína, conforme observado por outros autores. Sorhen et al. (1999) relatam que a inclusão de 0,4% de CO em embalagens com atmosferas modificadas em amostras de suínos resultou em uma coloração vermelho brilhante, com altos valores de  $a^*$  durante um período de estocagem de 21 dias a 4°C. Luño et al. (1999) estudaram uma faixa de concentração de CO de 0,5% a 1%, mostrando que atmosferas modificadas com 0,5% de CO aumentam significativamente o valor  $a^*$ , e concentrações maiores deste gás aumentam ainda mais este parâmetro.

Também foi observado que a coloração vermelho cereja se evidenciou nas amostras tratadas com atmosfera contendo CO (T3) a partir do 18º dia, quando os valores de  $a^*$  foram maiores que 25.

A ligação do CO com a mioglobina forma o pigmento carboximioglobina, que confere a carne uma coloração vermelha cereja, espectralmente similar ao vermelho brilhante característico do pigmento oximioglobina, formado pela ligação do oxigênio com a mioglobina. A vantagem relativa do pigmento carboximioglobina se deve ao fato de ser mais resistente à oxidação, com a formação do pigmento escuro metamioglobina, graças à forte ligação do CO com o ferro presente na molécula da mioglobina (Larnier et al., 1978; Wolfe, 1980), melhorando e estabilizando a coloração da carne.

Nas figuras 3 e 4 encontram-se os valores  $L^*$  (Cielab) relativos a intensidade da luminosidade, respectivamente das amostras de lombo e costela nas diferentes atmosferas analisadas.

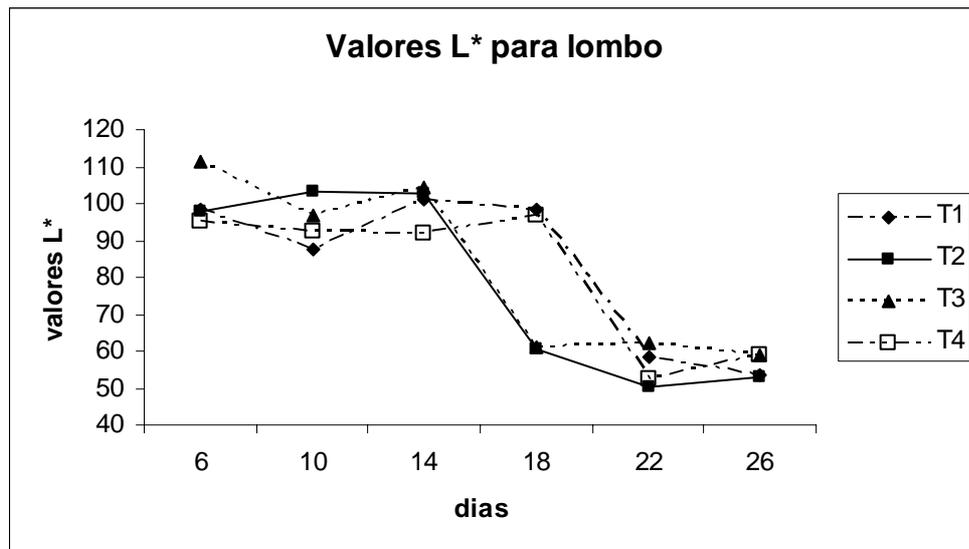


Figura 3 – Valores de CIE L\* para lombo suíno em diferentes atmosferas: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) e Vácuo (T4) e estocadas a 4°C.

De acordo com os resultados dos valores L\* para as amostras de lombo, foi observado que, a partir do 14º dia, os valores de L\* das amostras submetidas ao tratamento T3 foram significativamente menores do que as submetidas ao tratamento T2 ( $p < 0,05$ ). Conforme os nossos resultados, Viana et al. (2005) observaram um decréscimo nos valores de L\* ao utilizar amostras de lombo suíno em atmosfera contendo 99%CO<sub>2</sub>/1%CO a 4°C.

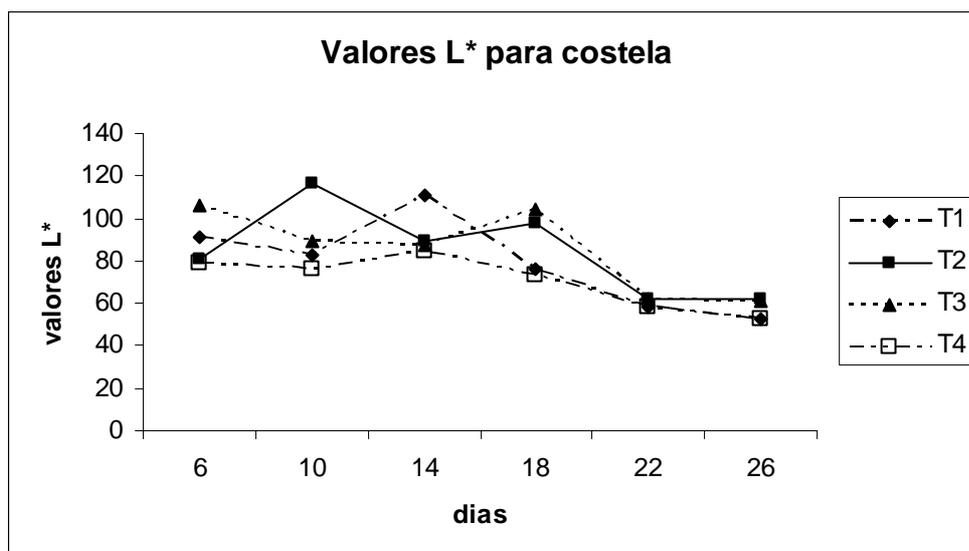


Figura 4 – Valores de CIE L\* para costela suína em diferentes atmosferas: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) e Vácuo (T4) e estocadas a 4°C.

Os valores  $L^*$  para as amostras de costela apresentaram um decréscimo com o passar do tempo de estocagem (Figuras 3) em todos os tratamentos utilizados. Assim como os resultados dos valores  $a^*$ , os resultados dos valores  $L^*$  não foram conclusivos.

#### 4.2 - Análise sensorial de cor (painel treinado)

Os resultados obtidos nas análises sensoriais (painel treinado) em relação ao atributo cor de lombo de suíno submetidos aos tratamentos T1, T2, T3 e T4 podem ser observados na tabela 1.

Tabela 1 – Resultado da análise sensorial da cor (ordem de preferência), utilizando painel treinado, das amostras de lombo suíno em diferentes atmosferas: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) e Vácuo (T4) estocadas a 4°C por 26 dias.

Análise sensorial da cor em lombo de suínos (painel treinado)							
Tratamento	Estocagem (Dias)						
	2	6	10	14	18	22	26
T1	2°	2°	3°	3°	2°	2°	3°
T2	3°	3°	2°	2°	3°	3°	2°
T3	1°	1°	1°	1°	1°	1°	1°
T4	4°	4°	4°	4°	4°	4°	4°

De acordo com estes resultados, as amostras de lombo submetidas ao tratamento T1 obtiveram a maior aceitação por parte do painel treinado, em relação às demais amostras. As amostras com menor aceitação foram as embaladas a vácuo (T4).

Na tabela 2 estão registrados os resultados relativos à análise sensorial de cor (painel treinado) das amostras de costela submetidas aos quatro tratamentos utilizados:

Tabela 2 – Resultado da análise sensorial da cor (ordem de preferência), utilizando painel treinado, das amostras de costela suína em diferentes atmosferas: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) e Vácuo (T4) estocadas a 4°C por 26 dias.

Análise sensorial da cor em costela de suínos (painel treinado)							
Tratamento	Estocagem (Dias)						
	2	6	10	14	18	22	26
T1	2 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>
T2	3 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>
T3	1 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>
T4	4 <sup>o</sup>	4 <sup>o</sup>	4 <sup>o</sup>	4 <sup>o</sup>	4 <sup>o</sup>	4 <sup>o</sup>	4 <sup>o</sup>

Assim como ocorrido nas análises das amostras de lombo, as amostras de costelas submetidas ao tratamento T3 foram as que obtiveram maior preferência, enquanto que as amostras submetidas ao tratamento T4 foram as menos preferidas.

Para Luño et al. (1998), a avaliação sensorial de cor indica um aumento da aceitação em relação à cor vermelha e um decréscimo na identificação do desenvolvimento de cor marrom em atmosferas contendo CO. Em outro trabalho (Luño et al. 2000), a pontuação atribuída a amostras em atmosferas contendo O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> foi menor do que a atribuída ao tratamento com atmosferas contendo CO, assim como ocorreu em nosso trabalho.

#### 4.3 - Análise sensorial de odor (painel treinado)

Os resultados da análise sensorial de odor nas amostras de lombo utilizando painel treinado estão na tabela 3.

Tabela 3 – Resultado da análise sensorial de odor, utilizando painel treinado, das amostras de lombo suíno em diferentes atmosferas: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) e estocadas a 4°C. Os resultados correspondem a: 1 – inaceitável, 2 – dificilmente aceitável como carne fresca, 3 – aceitável, mas obviamente pior do que a carne fresca, 4 – ligeiramente pior do que a carne fresca e 5 – excelente, não diferenciando da carne fresca.

Análise sensorial de odor em lombo de suínos (painel treinado)							
Tratamento	Estocagem (Dias)						
	2	6	10	14	18	22	26
T1	5	5	5	5	4	5	3
T2	5	5	5	3	5	5	5
T3	5	5	5	5	5	5	3
T4	5	5	4	3	3	3	2

De acordo com os resultados, houve uma boa aceitação geral dos tratamentos utilizando atmosfera modificada durante os 26 dias de estocagem das amostras de lombo. No 26<sup>o</sup> dia de análise, as amostras de lombo tratadas á vácuo (T4) foi considerada pelo painel treinado como dificilmente aceitável como carne fresca.

Na tabela 4 estão os resultados da análise sensorial de odor realizada pelo painel treinado em amostras de costela tratadas com T1, T2, T3 e T4.

Tabela 4 – Resultado da análise sensorial de odor, utilizando painel treinado, das amostras de costela suína em diferentes atmosferas: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) e estocadas a 4°C. Os resultados correspondem a: 1 – inaceitável, 2 – dificilmente aceitável como carne fresca, 3 – aceitável, mas obviamente pior do que a carne fresca, 4 – ligeiramente pior do que a carne fresca e 5 – excelente, não diferenciando da carne fresca.

Análise sensorial de odor em costela de suínos (painel treinado)							
Tratamento	Estocagem (Dias)						
	2	6	10	14	18	22	26
T1	5	5	4	3	3	2	2
T2	5	5	4	4	3	2	2
T3	5	5	5	4	5	4	2
T4	5	4	3	3	2	2	2

Problemas de odor foram detectados na costela, provavelmente por ela ter sido maturada e pela presença do osso na amostra. A partir do 14º dia já podiam ser detectadas alterações nesta característica (aceitável, mas obviamente pior do que a carne fresca) nas carnes tratadas com T1, T2 e T3, sendo estas alterações percebidas a partir do 10º dia nas amostras tratadas com T4.

Uma observação importante foi a de que, mesmo apresentando odor classificado como dificilmente aceitável como carne fresca, as amostras de costela submetidas ao tratamento T3 no 26º dia de estocagem apresentava uma coloração vermelho brilhante atraente. Neste caso, possivelmente o consumidor teria a possibilidade de adquirir um produto com um bom aspecto visual, mas com odor desagradável característico.

De acordo com Sorhein et al. (1999), amostras embaladas com atmosferas contendo CO possuem uma vida de prateleira maior em relação ao desenvolvimento de odor. Luño et al. (1998) utilizou 1% CO em atmosferas com alta concentração de O<sub>2</sub> e notou-se uma redução no aparecimento de odores. Este efeito do CO foi observado na costela suína que recebeu o tratamento T3, já que no 18º dia foi considerada como de odor excelente pelo painel treinado, com melhor avaliação do que os outros tratamentos.

Warren et al. (1992) afirmaram que atmosferas enriquecidas com CO<sub>2</sub> aumentam a estabilidade em relação ao odor em carne suína, principalmente pela ação antimicrobiana deste gás.

#### **4.4 - Análise sensorial de cor e odor (painel não treinado)**

Os resultados relativos à análise sensorial das amostras de lombo e costela, realizada pelo painel não treinado, encontram-se respectivamente na tabela 3 e 4. Nesta sessão de análise foram apresentadas ao painel somente as amostras submetidas aos tratamentos T2 e T3, pois foram as que apresentaram melhores resultados nas análises de odor realizadas pelo painel treinado.

Tabela 5 – Resultado da análise sensorial utilizando painel não treinado, das amostras cruas e assadas de lombo suíno em diferentes atmosferas: 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3), estocadas a 4°C por 26 dias. Os resultados variam de 1 – inaceitável a 5 – Muito boa. Letras diferentes representam diferença significativa entre as amostras submetidas aos tratamentos (p<0,05).

<b>Análise sensorial de lombo</b>							
Após 7 dias							
Tratamento	Cru		Assado				
	Cor	Odor	Cor	Odor	Sabor	Textura	Aceitabilidade
T2	2,1a	3,17a	4,07a	3,77a	3,63a	3,50a	3,87a
T3	3,87b	3,73b	4,07a	3,97a	3,60a	3,57a	3,70a

Após 21 dias							
Tratamento	Cru		Assado				
	Cor	Odor	Cor	Odor	Sabor	Textura	Aceitabilidade
T2	2,50a	2,60a	3,50a	4,00a	3,67a	3,57a	3,47a
T3	4,06b	2,97a	3,80b	3,73a	3,07a	3,00b	3,53a

Os resultados obtidos através da análise sensorial com painel não treinado confirmam a preferência dada às amostras que foram submetidas ao tratamento T3. Após 7 dias de estocagem, as amostras de lombo submetidas ao tratamento T3 apresentaram melhor coloração (p<0,05) comparadas às submetidas ao tratamento T2. Neste período de estocagem, também foi observado maiores médias relativas ao odor para as amostras tratadas com T3 (p<0,05), em comparação com as amostras de lombo tratadas com T2.

Após 21 dias, as amostras de lombo apresentaram resultados que demonstram uma coloração com médias superiores para as amostras que foram embaladas em atmosfera contendo CO (T3). Em relação às amostras assadas, foi detectada uma maior preferência pelo lombo tratado com T3 em relação ao sabor após 7 dias e em relação a cor após 21 dias de estocagem. A textura do lombo tratado com a atmosfera T3 obteve melhores resultados (p<0,05) do que o submetido a T2.

Tabela 6 – Resultado da análise sensorial utilizando painel não treinado, das amostras cruas e assadas de costela suína em diferentes atmosferas: 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3), estocadas a 4°C. Os resultados variam de 1 – inaceitável a 5 – Muito boa. Letras diferentes representam diferença significativa entre as amostras submetidas aos tratamentos (p<0,05).

<b>Análise sensorial de costela</b>							
Após 7 dias							
Tratamento	Cru		Assado				
	Cor	Odor	Cor	Odor	Sabor	Textura	Aceitabilidade
T2	3,64a	3,35a	3,97a	3,71a	4,03a	3,81a	3,97a
T3	3,64a	3,77b	3,68a	3,58a	3,45b	3,68a	3,52a

Após 21 dias							
Tratamento	Cru		Assado				
	Cor	Odor	Cor	Odor	Sabor	Textura	Aceitabilidade
T2	2,03a	1,57a	-	-	-	-	-
T3	3,00b	1,67a	-	-	-	-	-

De acordo com os resultados relativos às amostras de costela tratadas com as atmosferas T2 e T3, as notas atribuídas ao odor da carne de suíno tratada com T3 foram significativamente superiores à carne tratada com o tratamento T2, após 7 dias de estocagem (p<0,05). Após 21 dias, as amostras de costela apresentaram resultados que demonstram uma coloração com médias superiores para as amostras que foram embaladas em atmosfera contendo CO (T3).

No que diz respeito ao sabor das amostras assadas, as amostras de costelas submetidas ao tratamento T2 apresentaram notas superiores às amostras tratadas com T3 (p<0,05). Richardson et al (2003) observou alterações adversas na textura da carne tratada com altas concentrações de CO<sub>2</sub> após o cozimento.

Como as amostras de costela apresentaram um odor desagradável bastante pronunciado com 21 dias de estocagem, não foram realizadas as análises com estas amostras assadas.

Esta maior preferência por amostras tratadas com atmosferas contendo CO também foi observada por Wilkinson et al. (2006). Segundo este autor, amostras embaladas em atmosfera modificada contendo 0,4% de CO apresentaram características de cor mais pronunciadas do que atmosferas contendo 100% CO<sub>2</sub>.

#### 4.5 - Análise Microbiológica

Os resultados encontrados na análise de mesófilos aeróbios totais para amostras de lombo tratados pelas atmosferas T1, T2, T3 e T4 podem ser encontrados na figura 5

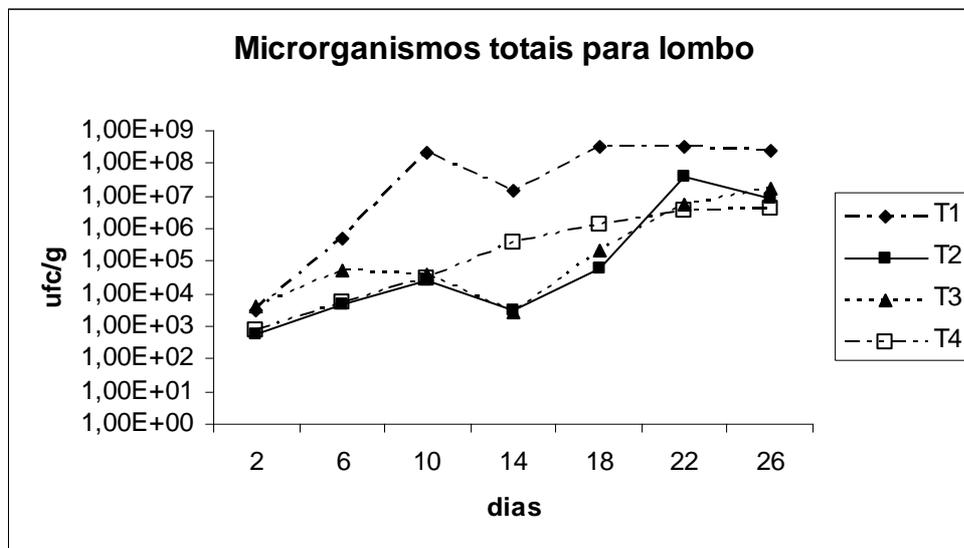


Figura 5 – Contagem para microrganismos totais em amostras de lombo suíno em diferentes atmosferas: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) e Vácuo (T4) e estocadas a 4°C.

Na contagem de microrganismos mesófilos totais nas amostras de lombo e costela, o tratamento T1 foi o que apresentou maior crescimento ( $p < 0,05$ ). A presença de O<sub>2</sub> nesta atmosfera favoreceu o crescimento desses microrganismos que são aeróbicos restritos. Não foi constatada diferença significativa entre as outras duas atmosferas modificadas (T2 e T3), para as amostras de lombo.

A contagem de microrganismos aeróbios mesófilos totais em amostras de costela pode ser encontrada na figura 6.

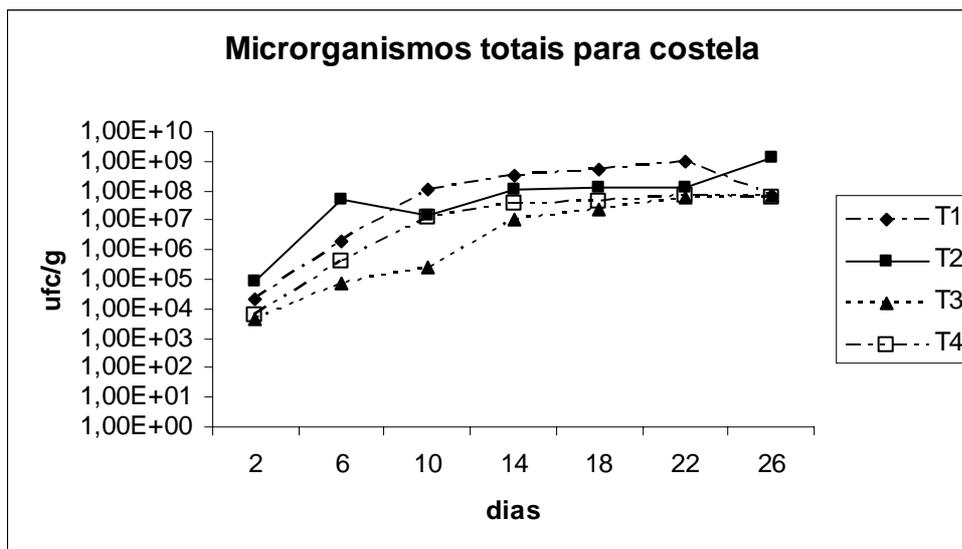


Figura 6 – Contagem para microrganismos totais em amostras de costela suína em diferentes atmosferas: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) e Vácuo (T4) e estocadas a 4°C.

De acordo com os resultados, até o sexto dia de estocagem as amostras de costela submetidas ao tratamento T2 apresentaram as maiores contagens, diferindo significativamente dos demais tratamentos ( $p < 0,05$ ). A partir do sexto dia de estocagem, foram as amostras submetidas ao tratamento T1 que apresentaram as maiores contagens, diferindo significativamente dos demais tratamentos ( $p < 0,05$ ). Não foi constatada diferença significativa entre as outras duas atmosferas modificadas (T2 e T3) a partir do sexto dia de estocagem das amostras de lombo.

Na figura 7 estão expostos os resultados referentes à análise de bactérias ácido lácticas das amostras de lombo submetidas aos tratamentos T1, T2, T3 e T4.

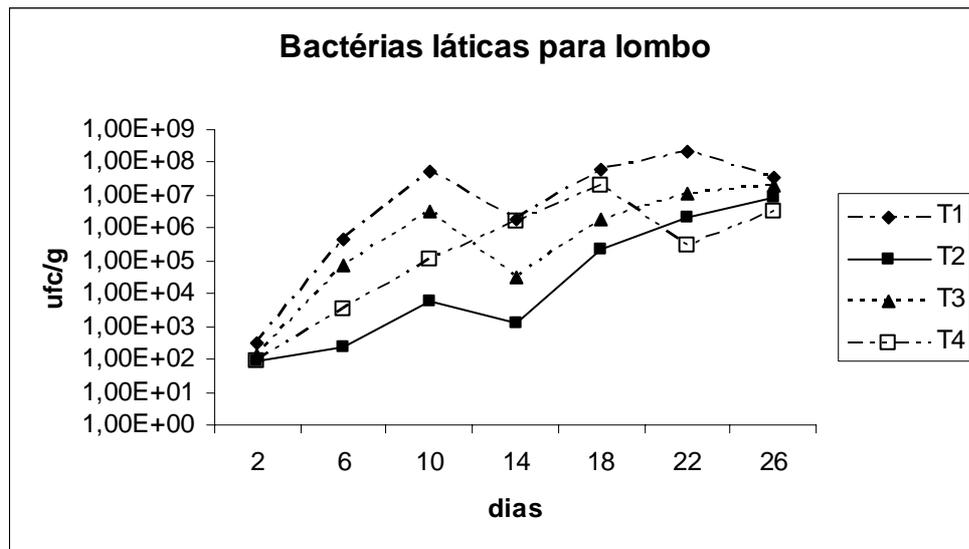


Figura 7 – Contagem para bactérias ácido-láticas em amostras de lombo suíno em diferentes atmosferas: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) e Vácuo (T4) e estocadas a 4°C.

Segundo os resultados da contagem de bactérias ácido-láticas, mais uma vez os maiores valores foram obtidos nas amostras de lombo na atmosfera T1.

Os resultados das contagens de bactérias ácido láticas em amostras de costela submetidas aos quatro tratamentos podem ser conferidos na figura 8.

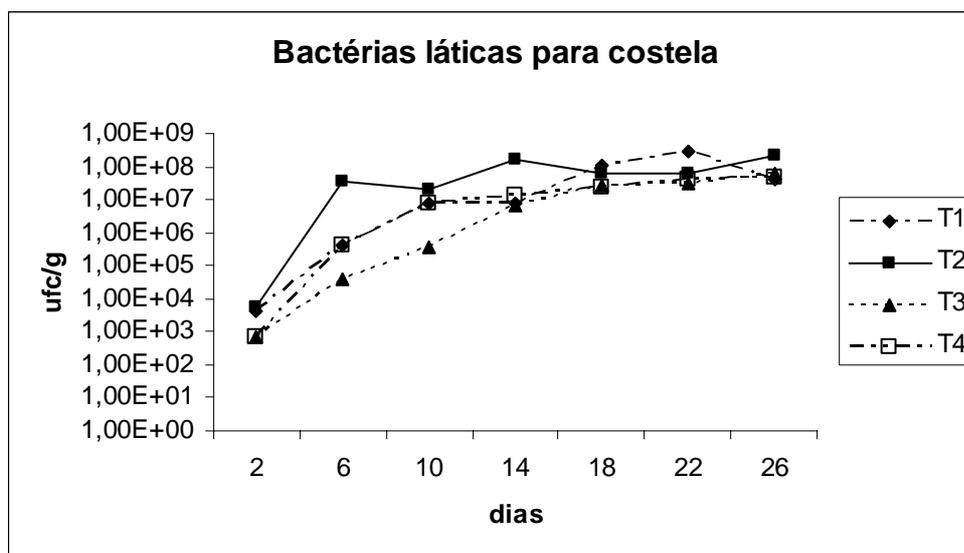


Figura 8 – Contagem para bactérias ácido-láticas em amostras de costela suína em diferentes atmosferas: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) e Vácuo (T4) e estocadas a 4°C.

Já na contagem de bactérias ácido lácticas na costela, os maiores valores ocorreram nas amostras sob o tratamento T2. Este fato pode ser explicado pelo fato de as bactérias ácido-láticas serem a microbiota dominante em atmosferas com CO<sub>2</sub>. Gill et al. (1996) relatam que altas concentrações de CO<sub>2</sub> e ausência de O<sub>2</sub> em mistura com CO favorecem o crescimento de bactérias ácido-láticas, que causaria uma deterioração branda somente no final do desenvolvimento da flora deteriorante.

Foi observada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos T2 e T3 na contagem de bactérias ácido-láticas nas amostras de costela. Por outro lado, Wilkson et al. (2005) não encontraram diferença significativa entre atmosferas com altas concentrações de CO<sub>2</sub> e atmosferas contendo CO<sub>2</sub>/CO.

As bactérias ácido lácticas foram as que constituíram a microbiota dominante em todos os tratamentos utilizados, de encontro aos resultados de Viana et al. (2005), que observaram o predomínio das bactérias ácido-láticas sob vácuo e atmosferas contendo CO<sub>2</sub>.

Os resultados relativos às amostras de lombo e costela que receberam os tratamentos T2 e T3 (que não possuíam O<sub>2</sub> na sua composição), são compatíveis

aos resultados de Labadie (1999), que concluiu que carnes em embalagens contendo atmosferas com ausência de O<sub>2</sub>, o crescimento microbiano é predominantemente das bactérias ácido-láticas, principalmente aquelas que produzem descarboxilases que se desenvolvem após a fase lag.

Em relação aos resultados da contagem de bactérias ácido-láticas nas amostras de lombo e costelas submetidas ao tratamento T4, estes foram compatíveis com os de Taylor et al. (1990), que observaram um aumento na população de bactérias ácido-láticas de 10<sup>2</sup> a 10<sup>8</sup> ufc/cm<sup>2</sup> em lombos suínos estocados à vácuo por 20 dias a 1°C.

Luño et al. (2000) não encontraram influência do CO no crescimento de bactérias lácticas, embora as atmosferas com a presença de CO tenham reduzido significativamente o crescimento do número da população aeróbica. Esta observação também pode ser feita ao observamos os nossos resultados

Analisando nossos resultados sobre o desenvolvimento de bactérias lácticas, em nenhum momento foi observada diferença significativa entre as contagens relativas as amostras submetidas aos tratamentos T2 (20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub>) e T3 (70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO), mesmo com a diferença no teor de CO<sub>2</sub>. De acordo com a avaliação de diversos autores (Brody, 1996; Sorhein, 1995; Mano, 2002), foi concluído que as bactérias lácticas não são afetadas significativamente pelo CO<sub>2</sub>, principalmente em carnes de suínos. Também em relação às bactérias lácticas, elas apresentam a capacidade de se desenvolver em diversas composições de gases em atmosferas modificadas, inclusive cooperando com o aumento da vida de prateleira da carne embalada nessas condições (Mano, 2002).

#### **4.6- pH**

Os valores encontrados nas análises de pH das amostras de lombo submetidas aos tratamentos T1, T2, T3 e T4 estão expostos na figura 9.

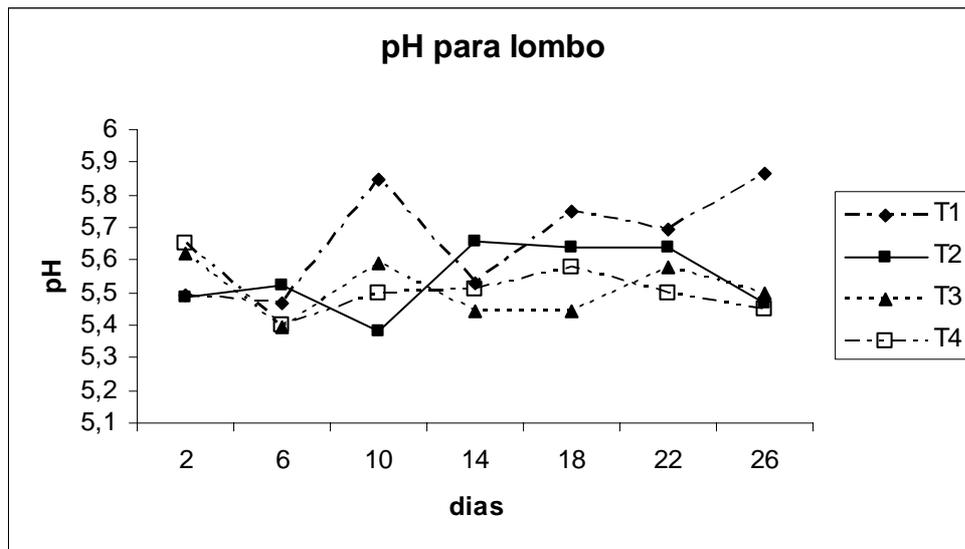


Figura 9 – Valores de pH em amostras de lombo suíno em diferentes atmosferas: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) e Vácuo (T4) e estocadas a 4°C.

Os valores de pH do lombo variaram dentro de uma faixa de 5,4 a 5,8, sendo que os maiores valores foram alcançados pelo tratamento contendo O<sub>2</sub> (T1) ( $p < 0,05$ ). Como o observado nas amostras de lombo submetidas ao tratamento T3, Juncher et al (2001) e Jakobsen e Bertelsen (2004) relataram que ao aumentar a concentração de CO<sub>2</sub>, existe uma tendência à diminuição dos valores de pH. Isto se deve a absorção do CO<sub>2</sub> pela carne, com a posterior produção de ácido carbônico (Dixon e Kell, 1989). A partir do 18º dia de estocagem a 4°C, as amostras submetidas ao tratamento T1 apresentaram resultados significativamente mais elevados dos apresentados pelas amostras tratadas com outras atmosferas ( $p < 0,05$ ).

Na figura 10 estão os valores de pH encontrados nas amostras de costela suínas submetidas aos tratamentos T1, T2, T3 e T4.

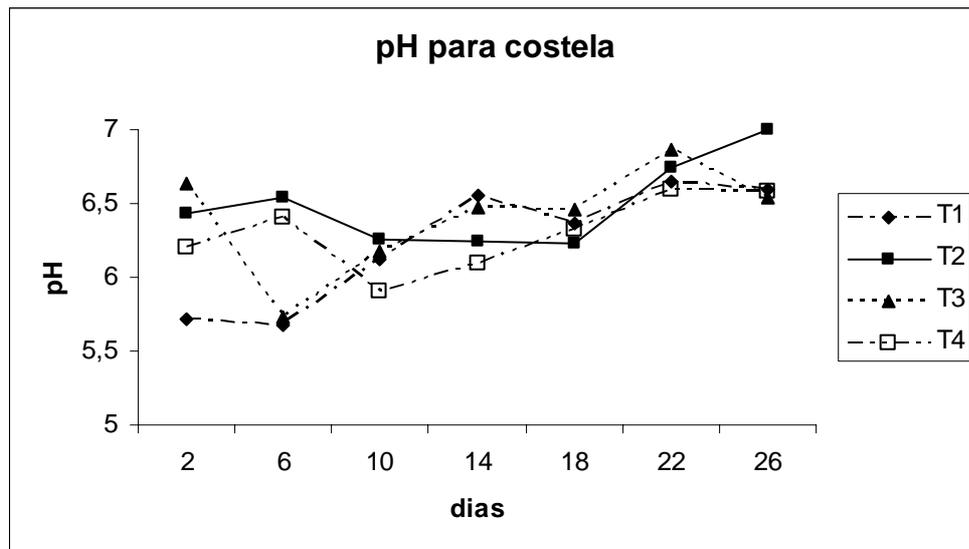


Figura 10 – Valores de pH em amostras de costela suína em diferentes atmosferas: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) e Vácuo (T4) e estocadas a 4°C por 26 dias.

Os valores de pH das amostras de costela foram mais altos do que as de lombo, se encontrando em uma faixa de 5,7 a 7,0, provavelmente por causa da maturação que as peças sofreram. No 26° dia de estocagem, as amostras de costelas submetidas ao tratamento T2 apresentaram valores acima de 7.

#### 4.7 - TBARS

Os resultados relativos à análise de TBARS nas amostras de lombo suíno são apresentados na figura 11.

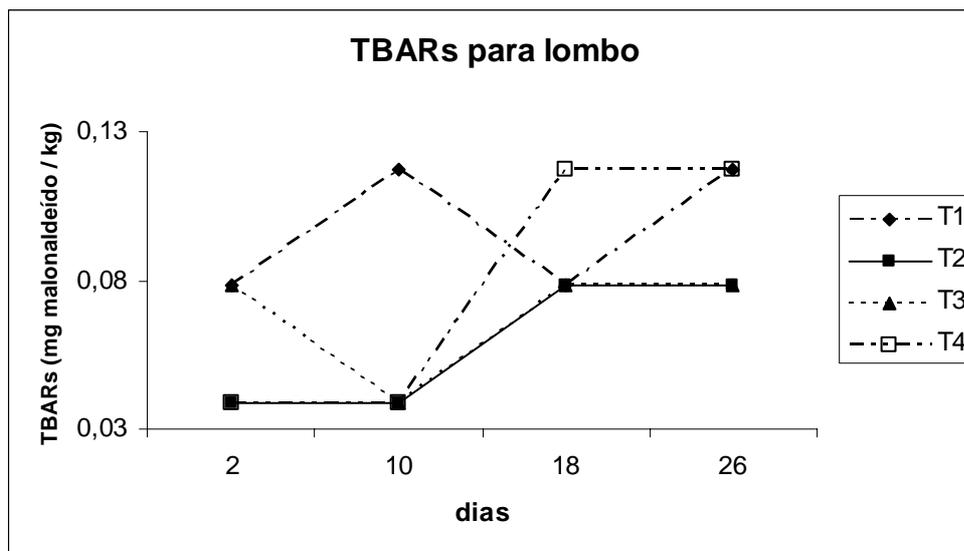


Figura 11 – Valores de TBARS (mg de malonaldeído em 1 kg de carne) em amostras de lombo suíno em diferentes atmosferas: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) e Vácuo (T4) e estocadas a 4°C por 26 dias.

Todas as amostras analisadas de lombo apresentaram baixos valores de TBARS, entre 0,04 e 0,12 mg de malonaldeído por Kg de amostra. Houve diferença significativa entre o tratamento T1 e os demais tratamentos no 10º dia de estocagem ( $p < 0,05$ ). No 26º dia de estocagem os valores encontrados para a análise de TBARS em amostras de costela submetidas aos tratamentos T1 e T4 diferiram significativamente dos demais tratamentos ( $p < 0,05$ ). A oxidação lipídica, apesar de não influir efetivamente na vida de prateleira destas amostras, poderá ter maior participação com o avanço de eficiência das embalagens com atmosferas modificadas em relação ao crescimento microbiológico, odor e cor.

Na figura 12 são apresentados os resultados relativos às análises de TBARS realizadas em amostras de costelas tratadas com os tratamentos T1, T2, T3 e T4.

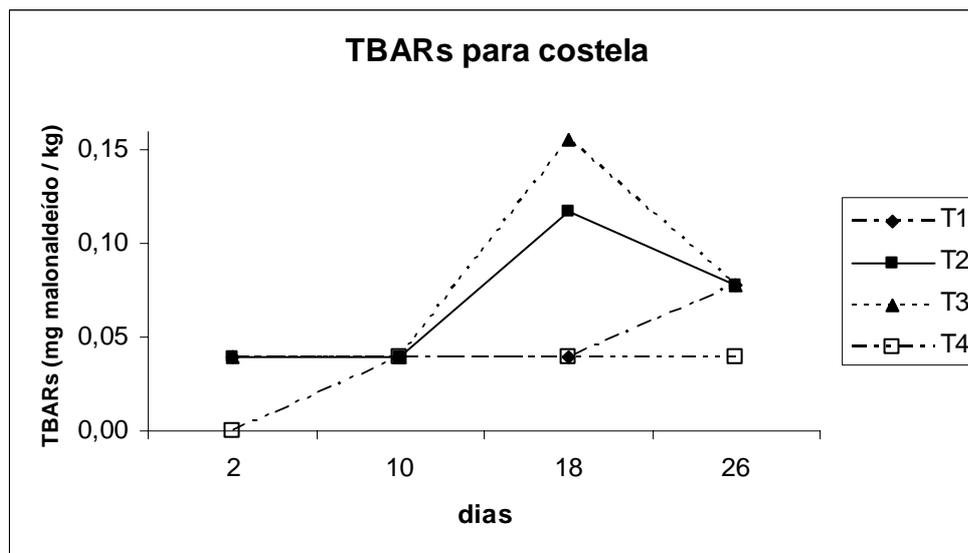


Figura 12 – Valores de TBARS (mg de malonaldeído em 1 kg de carne) em amostras de costela suína em diferentes atmosferas: 15%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T1); 20%CO<sub>2</sub> e 80%N<sub>2</sub> (T2); 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) e Vácuo (T4) e estocadas a 4°C.

Assim como ocorreu nas análises de TBARS das amostras de lombo, foram encontrados baixos valores de TBARS para as amostras de costela, com os resultados variando entre 0 e 0,16 mg de malonaldeído /kg. O tratamento T4 foi o que apresentou os menores valores de TBARS nas amostras de costela ( $p < 0,05$ ). No 18º dia, os resultados relativos à análise das amostras tratadas com T3 apresentaram os maiores valores de TBARS, diferindo significativamente dos demais tratamentos ( $p < 0,05$ ). No decorrer do tempo de estocagem, não foi observada diferença significativa nas análises de TBARS das amostras de costela dentro dos tratamentos com atmosfera modificada ( $p < 0,05$ ).

Apesar de não se verificar em nossos resultados diferença significativa no efeito do CO na atmosfera das embalagens ( $p < 0,05$ ), Luño et al. (2000) comprovaram em suas análises que um aumento na concentração de CO em suas atmosferas acarretava em uma maior inibição da oxidação. Em todas as amostras analisadas foram encontrados baixos valores de oxidação lipídica, demonstrando que este aspecto da vida de prateleira passará a ser significativo quando formos capazes de diminuir os efeitos dos demais fatores que influem na decomposição do alimento.

Os nossos resultados são comparáveis aos de Veberg et al. (2006), que encontraram baixos valores de TBARS em amostras de suínos (0,12 mg de malonaldeído / kg com 7 dias e 0,16 mg malonaldeído / kg com 12 dias de estocagem) mesmo usando utilizando atmosferas contendo alto teor de O<sub>2</sub> (70%O<sub>2</sub>/30%CO<sub>2</sub>) estocados a 4°C.

Por outro lado, Jakobsen et al. (2000) observaram que o nível de oxigênio presente na embalagem afeta a oxidação lipídica durante a estocagem a frio de carne bovina, causando a formação de rancidez.

## 5 - Conclusão

Tendo em vista os resultados obtidos, parece-nos lícito concluir que:

- A atmosfera constituída por 70%CO<sub>2</sub>, 29,5%N<sub>2</sub> e 0,5% CO (T3) foi a que melhor influenciou a cor dos porcionados de suíno.
- A costela suína, face à sua matriz óssea, apresentou uma vida de prateleira menor do que o lombo, fato este determinante de novos estudos.
- As amostras submetidas ao tratamento T1, contendo O<sub>2</sub> foi a que apresentou os piores resultados em relação à contagem de mesófilos aeróbios totais. O efeito positivo que o O<sub>2</sub> exerce sobre a cor da carne pode se alcançado com a presença do CO em atmosferas modificadas, já que o tratamento com misturas de gases contendo CO estabiliza e melhora este aspecto da qualidade.
- O CO, ao manter a cor vermelha da carne mesmo com o aparecimento de odor desagradável, poderá trazer dificuldades ao consumidor por ocasião da compra.
- A atmosfera modificada passa a ser mais uma opção para a comercialização das carnes vermelhas.

## 6 – Referências Bibliográficas

ASENSIO, M. A.; ORDONEZ, J. A.; & SANZ, B. - Effect of carbon dioxide and oxygen enriched atmosphere on the shelf-life of refrigerated pork packed in plastic bags. **Journal of Food Protection**. v.51, n.5, p.356-360, 1988.

BREWER, M. S. - Consumer attitude towards color and marbling of fresh pork. **National Pork Producer's Association Fact Sheet**. p.1-8, 2002.

BRODY, A. L. - **Envasado de Alimentos en Atmosferas Controladas, Modificadas y a Vacío**. Zaragoza, Acribia, 1996.

CLARK D. S.; LENTZ C. P. - Use of carbon dioxide for extending shelf-life of prepackaged beef. **Canadian Institute of Food Science Technology Journal**. v.9, p.114-119, 1972.

DAINTY, R. H.; MACKEY, B. M. - The relationship between the phenotypic properties of bacteria from chill-stored meat and spoilage processes. **Journal of Applied Bacteriology**. v.73, p.103-114, 1992.

DINEEN, N. M.; KERRY et al. - Reduced nitrite levels and dietary atocopheryl acetate supplementation: Effects on the colour and oxidative stability of cooked hams. **Meat Science**. v.55, p.475-482, 2000.

DIXON, N. M.; KELL, B. - The inhibition by CO<sub>2</sub> of the growth and metabolism of micro-organisms. **Journal of Applied Bacteriology**. v.67, p.109-136, 1989.

ESKIN, N. A. - **Biochemistry of food**. 2<sup>nd</sup> ed. New York. Academic Press, 1990.

FARBER, J. M. - Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology: A review. **Journal of Food Protection**. v.54, n.1, p.58-70, 1991.

FINLEY, E. R.; PRICE A. - **International Agriculture**. Albany. Delmar Publisher, 1994.

GARCIA DE FERNANDO, G. D. et al. - Growth/survival of psychotropic pathogens on meat packaged under modified atmospheres. **International Journal of Food Microbiology**. v.28, p.221-232, 1995.

GILL, C. O. - Extending the storage life of raw meat: Preservative atmospheres, Western Canada Research Group on extended storage of meat and meat products. **Technical Bulletin Number 1, Department of Applied Microbiology and Food Science**. Saskatoon. 1991.

GILL, C. O. - Extending the storage life of meat. **Meat Science**. v.43, p.99-109, 1996.

HINTLIAN, C. B.; HOTCHKISS, J. H. - The safety of modified atmosphere packaging: a review. **Food Technology**. v.40, p.70-76, 1986.

HUFFMAN D. L. et al. - Effect of Gas Atmospheres on Microbial Growth, Color and pH of Beef. **Journal of Food Science**. v.40, p.1229-1231, 1975.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 ago. 2004.

JACKSON, T. C. et al. - Identification and evaluation of volatile compounds of vacuum and modified atmosphere packaged beef strip loins. **Meat Science**. v.31, p.175-190, 1992.

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

\_\_\_\_\_ - Predicting the amount of carbon dioxide absorbed in meat. **Meat Science**. v.68, p.603-610, 2004.

JENSEN, C. et al. - Effects of rape seed oil, copper (B) sulphate and vitamin E on drip loss, colour and lipid oxidation of chilled pork chops packed in atmospheric air or in a high oxygen atmosphere. **Meat Science**. v.50, n.2, p.211-221, 1998.

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

JEREMIAH, L. E.; GIBSON, L. L. - The influence of packaging and storage time on the retail properties and case life of retail-ready beef. **Food Research International**. v.34, n.7, p. 621-631, 2001.

JUNCHER, D. et al. - Effect of pre-slaughter physiological conditions on the oxidative stability of colour and lipid during chill storage of sliced, retail packed roast ham. **Meat Science**. v.63, p.151-159, 2003.

JUNCHER, D. et al - Effect of pre-slaughter physiological conditions on the oxidative stability of color and lipid oxidation during chill storage of pork. **Meat science**. v.58, p.347-357, 2001.

KROPF D. H. - Effects of retail display conditions on meat color. In: MEAT CONFERENCE OF THE AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION, 1980, Purdue. **Anais...** Purdue: Meat Conference of the American Meat Science Association, 1980, v.33, p.15-32.

LABADIE, J. - Consequences of packaging on bacterial growth. Meat is an ecological niche. **Meat Science**. v.52(1), p.299-305, 1999.

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

LANIER, T. C. et al.. - Metmyoglobin reduction in beef systems as affected by aerobic, anaerobic and carbon monoxide containing environments. **Journal of Food Science**. v.43, p.1788-1792, 1978.

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

LEDWARD D. A. - Metmyoglobin formation in beef stored in carbon dioxide enriched and oxygen depleted atmospheres. **Journal of Food Science**. v.35, p.33-37, 1970.

LOPEZ-LORENZO, P. et al. - Effect of oxygen and carbon dioxide-enriched atmospheres on shelf-life extension of refrigerated ground pork. **Meat Science**. v.4, p.89-94, 1980.

LOWENADLER, J.; RONNER, U. - Determination of dissolved carbon dioxide by coulometric titration in modified atmosphere systems. **Letters in Applied Microbiology**. v.18, p.285-288, 1994.

LUNO, M. P. et al. - Beef shelf life in low O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub> atmospheres containing different low CO concentrations. **Meat Science**. v.55, p.413-419, 2000.

LUÑO, M.; BELTRÁN, J. A.; RONCALÉS, P. - Shelf-life and colour stabilization of 39 beef packaged in a low O<sub>2</sub> atmosphere containing CO: loin steaks and ground meat. **Meat Science**. v.48, p.75-84, 1998.

LUÑO, M. et al. - Beef shelf life in low O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub> atmospheres containing different low CO concentrations. **Meat Science**. v.55, p.413-419, 2000.

MANO S. B.; PEREDA J. A. O.; FERNANDO G. D. G. - Aumento da vida útil e microbiologia da carne suína embalada em atmosfera modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. v.22, n.1, p.1-10, 2002.

MARQUARDT, H.; SCHÄFER, S. G. - **Lehrbuch der Toxikologie**. Mannheim. B.I.Wiss.-Verl., 1994.

MCMILLIN, K. W. - Dynamic gas exchange of modified atmosphere packaging of fresh meat. In: CONFERENCE PROCEEDINGS PACK ALIMENTAIRE. 1993, Chicago. **Anais...** Chicago: Conference Proceedings Pack Alimentaire. Session C-1, 1993.

MØLLER, J. K. S. et al. - Optimization of colour stability of cured ham during packaging and retail display by a multifactorial design. **Meat Science**. v.63, p.169-175, 2003.

MØLLER, J. K. S. et al. - Effect of residual oxygen on colour stability during chill storage of sliced pasteurized ham packaged in modified atmosphere. **Meat Science**. v.54, p.399-405, 2000.

NISSEN, H.; SØRHEIM, O.; DAINTY, R. - Effects of vacuum, modified atmospheres and storage temperature on the microbial flora of packaged beef. **Food Microbiology**. v.13, p.183-191, 1996.

NISSEN, H. et al. - Packaging of ground beef in an atmosphere with low carbon monoxide and high carbon dioxide restrains growth of *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Y. enterocolitica*, *Salmonella diarizonae*. In: PROCEEDINGS OF THE 17<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE OF ICMFH. September, 1999, Veldhoven. **Anais...** Veldhoven: 17<sup>th</sup> International Conference of ICMFH, 1999. p.285-286.

ORDONEZ, J. A.; LEDWARD, D. A. - Lipid and myoglobin oxidation in pork stored in oxygen and carbon dioxide-enriched atmospheres. **Meat Science**. v.1, p.41-48, 1977.

PANAGIOTIS N. S.; GEORGE-JOHN E. N. - Preservation of fresh meat with active and modified atmosphere packaging conditions. **International Journal of Food Microbiology**. v.79, p.35-45, 2002.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.dos; SOUZA, E. R.de; PARDI, H. S. - **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. Goiânia. Ed. EDUFF/UFG, v.1, 1995.

PITTARD B. T. et al. - Identification of volatile organic compounds produced by fluorescent pseudomonas on chicken breast muscle. **Applied Environment Microbiology**. v.43, n.6, p.1504-1506, 1982.

RAHARJO, S.; SOFOS, J. N.; SCHMIDT, G. R. - Improved Speed, Specificity, and Limit of Determination of an Aqueous Acid Extraction Thiobarbituric Acid-C<sub>18</sub> Method for Measuring Lipid Peroxidation in Beef. **Journal of Agricultural Food Chemistry**. v.40, p.2182-2185, 1992

RAY, B. - **Fundamental Food Microbiology**. Florida. CRC Press LLC. 2<sup>nd</sup> ed., p. 65-69, 2001.

RENERRE, M.; LABADIE, J. - Fresh red meat packaging and meat quality. In: PROCEEDINGS 39TH INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCES TECHNICIANS, September 2003, Calgary. **Anais...** Calgary, Canadá, 39th international congress of meat sciences technicians. 1993, p.361-387.

RICHARDSON, I. - Case ready Red Meat Packaging Technology. In: PROCEEDINGS OF THE 49<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY. September, 2003, Campinas. **Anais...** Campinas, Brazil Journal of Food Technology, Especial Issue, 2003, p.148–155.

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

SILLIKER J. H. et al. - Preservation of refrigerated meat with controlled atmospheres: treatment and post-treatment effects. **Meat Science**, v.1. 194-204, 1977.

SILLIKER, J. H.; WOLFE, S. K. - Microbiological safety considerations in controlled-atmosphere storage of meat. **Food Technology**. v.34, p.59-63 1980.

SKANDAMIS, P N; NYCHAS, G J. - Preservation of fresh meat with active and modified atmosphere packaging conditions. **International Journal of Food Microbiology**., v.79: p.35-45, 2002.

SKIBSTED, L. H.; MIKKELSEN, A.; BERTELSEN, G. - Lipid-derived off-flavours in meat. In: F. SHAHIDI, FLAVOUR OF MEAT, MEAT PRODUCTS AND SEAFOOD. 1998, Londres. **Anais...** Londres: Blackie Academic & Professional, 2<sup>nd</sup> ed., 1998, p.217-248.

SØRHEIM, O.; AUNE, T.; NESBAKKEN, T. - Technological, hygienic and toxicological aspects of carbon monoxide used in modified-atmosphere packaging of meat. **Trends Food Science Technology**. v.8, p.107-112, 1997.

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

SØRHEIM, O. et al. - Pork loins stored in carbon dioxide. Colour and microbiological shelf-life. **Fleischwirtsch.** (English part), v.75, p.679-681, 1996.

TAYLOR, A. A. - Packaging fresh meat. **Meat Science**. v.3, p.89-113, 1985.

TAYLOR, A. A.; DOWN, N. F.; SHAW, B. G. - A comparison of modified atmosphere and vacuum skin for the storage of red meat. **International Journal of Food Science and Technology**. v.25, p.98-109, 1990.

TERRA N. N.; BRUM M. A. R. - **Carnes e Seus Derivados - Técnicas de Controle de Qualidade**. São Paulo. Ed. Nobel, 1986.

TSIGARIDA, E.; NYCHAS, G. J. E. - Ecophysiological attributes of a *Lactobacillus* sp. and a *Pseudomonas* sp. on sterile beef fillets in relation to storage temperature and film permeability. **Journal of Applied Microbiology**. v.90, p.696, 2001.

VEBERG, A. et al. - Measurement of lipid oxidation and porphyrins in high oxygen modified atmosphere and vacuum-packed minced turkey and pork meat by fluorescence spectra and images. **Meat Science**. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em 24 de março de 2006.

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

WALSH, M. M. et al. - The effect of dietary supplementation with atocopheryl acetate on the stability of low nitrite cured pork products. **Food Research International**. v.31, p.59-63, 1998.

WARREN, K. E. et al. – Modified atmosphere packaging of bone in pork loins. **Muscle Foods**. v.3, p.283, 1992.

WILKINSON, B.H.P; JANZ, J.A.M P;. MOREL C.H, PURCHAS, R.W; HENDRIKS, W.H - The effect of modified atmosphere packaging with carbon monoxide on the storage quality of master-packaged fresh pork. **Meat Science**. doi 10.1016, available online 18 March 2006.

WOLFE, S. K. - Use of CO and CO<sub>2</sub> enriched atmospheres for meat. **Food Technology**. v.34(3), p.55-63, 1980.

YOUNG, L. L.; REVIERE, R. D.; COLE, A. B. - Fresh red meat: a place to apply modified atmospheres. **Food Technology**. v.42, p.65-76, 1988.

ZHAO, Y.; WELLS, J. H.; MCMILLIN, K. W. - Applications of dynamic modified atmosphere packaging systems for fresh red meat: review. **Journal of Muscle Food**. v.5, p.299-328, 1994.