

ALFREDO TAVARES FERNANDEZ

CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE *RIGOR MORTIS* E EFEITO DA RADIAÇÃO  
GAMA NA PALETA (*TRICEPS BRACHII*) E NO MÚSCULO DURO (*EXTENSOR/  
FLEXOR*) DE JAVALI (*SUS SCROFA*) DURANTE SUA VALIDADE COMERCIAL

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor. Área de concentração: Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de origem Animal

**Orientador: Prof. Dr. Teófilo José Pimentel da Silva**  
**Co-orientador: Prof. Dr. Robson Maia Franco**

**Niterói**  
**2007**

ALFREDO TAVARES FERNANDEZ

CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE *RIGOR MORTIS* E EFEITO DA RADIAÇÃO  
GAMA NA PALETA (*Triceps brachii*) E NO MÚSCULO DURO (*Extensor/Flexor*) DE  
JAVALI (*SUS SCROFA*) DURANTE SUA VALIDADE COMERCIAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Medicina Veterinária. Área de concentração: Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal.

Aprovada em 03 de agosto de 2007

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Teófilo José Pimentel da Silva - Orientador  
Universidade Federal Fluminense

---

Profa. Dra. Arlene Gaspar  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

---

Prof. Dr. Helio de Carvalho Vital  
Pesquisador - CTEX

---

Prof. Dr. Robson Maia Franco – Co-orientador  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Dr. Sergio Mano  
Universidade Federal Fluminense

NITERÓI-RJ  
2007

“Não existe nada de completamente errado no mundo. Mesmo um relógio parado, consegue estar certo duas vezes por dia.” - Paulo Coelho.

## AGRADECIMENTOS

Em primeira instância a Deus por permitir a minha vida, ao anjo Eiaiel por me acompanhar, ao meu querido pai “in memoriam” e minha querida mãe pela criação; ao meu amado filho, Alfredo, por justificar a minha própria vida e a Mônica por termos permitido que ele nos desse a benção de sua existência.

Aos professores Teófilo José da Silva Pimentel e Robson Maia Franco, verdadeiros exemplos de profissionais dedicados, extremamente qualificados; por mais este momento em minha carreira e fundamentais para a execução deste trabalho.

Ao professor Edgar Francisco Oliveira de Jesus pela amizade e ajuda imprescindível na irradiação de alimentos e na RPE.

Ao coordenador de curso, professor Sergio Borges Mano pela ajuda em alguns momentos críticos.

A professora Eliane Mársico pelo uso do laboratório de controle físico químico.

A professora Mônica Freitas de Queiroz pela imprescindível ajuda na análise sensorial e análise estatística.

A Gisela C. Hutten pela paciência e tolerância na Superintendência de Controle de Zoonoses da Vigilância e Fiscalização Sanitária da Cidade do Rio de Janeiro e da mesma forma ao coordenador de curso de Medicina Veterinária da UNIGRANRIO, Prof. Irineu M. B. Filho e ao Diretor, Prof. Silas C. Herdy.

A pesquisadora Dra. Regina Célia Della Modesta e ao técnico José Carlos Sá Ferreira da EMBRAPA Agroindústria de Alimentos que possibilitaram a análise instrumental de cor.

A Prof. Maria Leonor Fernandes da Escola de Farmácia pelo apoio nas análises laboratoriais e ao Prof. Marcelo Figueiredo da Silva pela agradável convivência.

As alunas da Escola de Medicina Veterinária da UNIGRANRIO; Adriana Balbino Cassane, Kátia Ferreira de Souza, Raquel Borborema, Roberta Gomes Maofredo, Rosana Souza, e Viviane

Miranda Soly Duarte que colaboraram na execução da análise sensorial. E a Karla Coelho Marques nos momentos finais de elaboração da tese..

Ao matadouro frigorífico Produtos Alimentícios Marchiori Ltda. pelo abate dos animais e preparo das amostras e a Companhia Brasileira de Esterilização – CBE, na figura da Dra. Gilmara Caseri Luca pela irradiação das amostras.

Em especial e novamente a Deus e a Eiaiel por mais esta etapa em minha vida.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES, p. 9</b>
<b>LISTA DE TABELAS, p. 11</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS, p. 13</b>
<b>RESUMO, p. 15</b>
<b>ABSTRACT, p. 16</b>
<b>1 INTRODUÇÃO, p. 17</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA, p. 19</b>
2.1 JAVALI: ORIGEM E CARACTERÍSTICAS DA CARNE, p. 19
2.1.1 Origem e aspectos gerais sobre o javali, p. 19
2.1.2 Características da carne de javali, p. 20
2.2 TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE, p. 20
2.2.1 Estrutura do músculo esquelético, p. 20
2.2.2 Glicólise <i>post mortem</i> e queda do pH, p. 21
2.2.3 <i>Rigor mortis</i> , p. 22
2.2.4 Fatores reguladores, p. 23
2.2.5 Propriedades e características sensoriais da carne, p. 26
2.2.5.1 Cor, p. 26
2.2.5.2 Odor, p. 28
2.2.5.3 Sabor, p. 28
2.2.5.4 Capacidade de retenção de água, p. 29
2.2.5.5 Textura, p. 29

- 2.3 QUALIDADE BACTERIOLÓGICA DA CARNE, p. 30
  - 2.3.1 **Bactérias heterotróficas aeróbias psicrotrófilas e mesófilas, p. 30**
  - 2.3.2 *Enterococcus spp.*, p. 31
- 2.4 IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS, p. 35
  - 2.4.1 **Definições e aplicações, p. 35**
  - 2.4.2 **Atuação da radiação sobre as carnes, p. 39**
  - 2.4.3 **Métodos de identificação de alimentos irradiados, p. 42**
- 2.5 ALTERAÇÕES LIPÍDICAS DA CARNE E MÉTODOS ANALÍTICOS, p. 48
- 2.6 ANÁLISE SENSORIAL E ALTERAÇÕES PELA IRRADIAÇÃO, p. 52
- 3 **MATERIAL E MÉTODOS, p. 57**
  - 3.1 MATERIAL, p. 57
    - 3.1.1 **Material permanente, p. 57**
    - 3.1.2 **Material de consumo, p. 58**
    - 3.1.3 **Reagentes, p. 59**
  - 3.2 MÉTODOS, p. 61
    - 3.2.1 **Delineamento experimental, p. 61**
    - 3.2.2 **Colheita de amostras, p. 62**
    - 3.2.3 **Irradiação das amostras, p. 62**
    - 3.2.4 **Caracterização do processo de *rigor mortis*, p. 62**
      - 3.2.4.1 Medição de temperatura, p. 62
      - 3.2.4.2 Determinação do pH (BRASIL, 1981 a), p. 63
      - 3.2.4.3 Determinação do comprimento de sarcômero, p. 63
        - 3.2.4.3.1 *Colheita de amostras*, p. 63
        - 3.2.4.3.2 *Preparo histológico* (BEHMER et al., 1976), p. 63
        - 3.2.4.3.3 *Microscopia óptica e mensuração do comprimento de sarcômero*, p. 64
    - 3.2.5 **Análises físico-químicas, p. 65**
      - 3.2.5.1 Determinação da atividade de água, p. 65
      - 3.2.5.2 Teste de maciez e perdas de suco durante o cozimento, p. 65
      - 3.2.5.3 Análise instrumental de cor, p. 65
      - 3.2.5.4 Determinação do pH, p. 66

- 3.2.5.5 Determinação do número de ácido tiobarbitúrico (TARLADGIS, 1960; TORRES e OKANI, 1977), p. 66
- 3.2.5.5.1 *Preparo da curva de resposta*, p. 66
- 3.2.5.5.2 *Preparo, destilação e resultados*, p. 67
- 3.2.5.6 Determinação do valor do índice de peróxidos (PEARSON, 1976), p. 67
- 3.2.6 Análises bacteriológicas, p. 68**
- 3.2.6.1 Contagem de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotrófilas (SWANSON et al., 2001 ), p. 68
- 3.2.6.2 Enumeração de *Enterococcus* spp. , p. 69
- 3.2.7 Análises sensoriais, p. 69**
- 3.2.8 Detecção de alimentos irradiados, p. 70**
- 3.2.9 Análises estatísticas, p. 70**
- 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO, p. 72**
- 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE *RIGOR MORTIS*, p. 72
- 4.1.1 **Valores de temperatura e pH das carcaças, p. 72**
- 4.1.2 **Valores de comprimento de sarcômero, p. 76**
- 4.2 IRRADIAÇÃO E VALIDADE COMERCIAL DA CARNE DE JAVALI, p. 81
- 4.2.1 **Valores da atividade de água, p. 81**
- 4.2.2 **Maciez e perdas de suco no cozimento, p. 82**
- 4.2.3 **Cor, p. 84**
- 4.2.4 **Valores de pH, p. 87**
- 4.2.5 **Valores do índice de peróxido, p. 89**
- 4.2.6 **Valores do número de ácido tiobarbitúrico, p. 91**
- 4.2.7 **Valores da contagem de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotrófilas, p. 94**
- 4.2.8 **Valores da enumeração de *Enterococcus* spp. , p. 97**
- 4.2.9 **Valores da análise sensorial, p. 99**
- 4.2.10 **Detecção de alimentos irradiados, p. 103**
- 5 CONCLUSÕES, p. 110**
- 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS, p. 114**
- 7 APÊNDICES, p. 126**



### LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Fig. 1 - Espectro de uma amostra não irradiada e uma amostra irradiada de osso, f. 45
- Fig. 2 - Esquema experimental dos tratamentos: 1 – Estudo dos músculos *Extensor/Flexor* e *Triceps brachii* 2 – Doses de radiação gama : 0; 2 e 4 kGy, f. 61
- Fig. 3 - Variação da temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) da câmara frigorífica e dos valores médios de temperatura das seis carcaças de javalis, nos diferentes intervalos de tempo, f. 74
- Fig. 4 - Variação dos valores médios de pH dos músculos *Triceps brachii* - TB e *Extensor/Flexor* – E/F das carcaças de seis javalis, nos diferentes intervalos de tempo, f. 76
- Fig. 5 - Fotomicrografias dos músculos *Triceps brachii* e *Extensor/Flexor* de carcaças de javali durante o resfriamento industrial, mostrando as bandas A e I e disco Z (aumento de 1000 vezes), fixado com hematoxilina fosfotúngstica de Mallory, com diferentes tamanhos de sarcômeros: 1 a) músculo *Triceps* na 1<sup>a</sup> hora após sangria; 1 b) na 7<sup>a</sup>. hora e 1 c) na 24<sup>a</sup> hora; 2 a) músculos *Extensor/Flexor* na 1<sup>a</sup> hora após sangria; 2 b) na 9<sup>a</sup>. hora e na 24<sup>a</sup>. hora, f. 77
- Fig. 6 – Variação dos valores médios do comprimento de sarcômero dos músculos *Triceps brachii* e *Extensor/Flexor* das seis carcaças de javalis, nos diferentes intervalos de tempo, f. 79
- Fig. 7 – Variação dos valores médios de pH das amostras de paleta dos javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) em relação ao tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ , f. 88
- Fig. 8 - Variação dos valores médios do índice de peróxido das amostras de paleta dos javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) em relação ao tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ , f. 90
- Fig. 9 - Variação dos valores médios do número de TBA (em mg de malonaldeído/ kg de amostra) das amostras de paleta dos javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) em relação ao tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ , f. 94

- Fig. 10 - Variação das contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas das amostras de paleta dos javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) em relação ao tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ , f. 96
- Fig. 11 - Variação do Número Mais Provável - NMP de *Enterococcus* spp. das amostras de paleta dos javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) em relação ao tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ , f. 99
- Fig. 12 - Variação da análise sensorial de preferência global (teste de preferência por ordenação) em amostras cozidas de paleta dos javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) em relação ao tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ , f. 100
- Fig. 13 - Variação da análise sensorial de cor (teste de preferência por ordenação) em amostras cozidas de paleta dos javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) em relação ao tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ , f. 101
- Fig. 14 - Variação da análise sensorial de odor (teste de preferência por ordenação) em amostras cozidas de paleta dos javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) em relação ao tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ , f. 103
- Fig. 15 - Variação da intensidade do sinal RPE (ua) de acordo com o campo magnético (mT) de amostras de paleta com osso dos javalis, irradiadas com 2 kGy e após todas as irradiações com doses aditivas, estocadas por 15 meses  $-18^{\circ}\text{C}$ , f. 104
- Fig. 16 - Variação da intensidade do sinal RPE (ua) de acordo com a dose (Gy) de amostras de paleta com osso dos javalis, irradiadas com 2 kGy, no 2<sup>o</sup> dia de estocagem  $-18^{\circ}\text{C}$ , f. 105
- Fig. 17 - Variação da intensidade do sinal RPE (ua) de acordo com a dose (Gy) de amostras de paleta com osso dos javalis, irradiadas com 4 kGy, no 2<sup>o</sup> dia de estocagem  $-18^{\circ}\text{C}$ , f. 106
- Fig. 18 - Variação da intensidade do sinal RPE (ua) de acordo com a dose (Gy) de amostras de paleta com osso dos javalis, irradiadas com 2 kGy, no 270<sup>o</sup> dia de estocagem  $-18^{\circ}\text{C}$ , f. 107
- Fig. 19 - Variação da intensidade do sinal RPE (ua) de acordo com a dose (Gy) de amostras de paleta com osso dos javalis, irradiadas com 4 kGy, no 270<sup>o</sup> dia de estocagem  $-18^{\circ}\text{C}$ , f. 108
- Fig. 20 - Variação da intensidade do sinal RPE (ua) de acordo com a dose (Gy) de amostras de paleta com osso dos javalis, irradiadas com 4 kGy, no 450<sup>o</sup> dia de estocagem  $-18^{\circ}\text{C}$ , f. 109

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 - Valores médios ( $x \pm s$ ) dos pesos de carcaças quentes - PCQ ( kg), das temperaturas ( $^{\circ} C$  ) da câmara frigorífica e de seis carcaças de javalis machos, nos diferentes tempos (h) após a sangria, durante o resfriamento industrial, p. 73
- TABELA 2 – Valores médios ( $x \pm s$ ) da avaliação de pH dos músculos *Triceps brachii* - TB e *Extensor/Flexor* – E/F das carcaças dos seis javalis, nos diferentes tempos (h) após a sangria, durante o resfriamento industrial, p. 75
- TABELA 3 - Valores médios ( $x \pm s$ ) do comprimento de sarcômero ( $\mu m$ ) dos músculos *Triceps brachii* - TB e *Extensor/Flexor* – E/F das carcaças dos seis javalis, nos diferentes tempos (h) após a sangria, durante o resfriamento industrial, p. 78
- TABELA 4 - Valores médios ( $x \pm s$ ) da atividade de água das amostras de paleta dos seis javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (kGy) no 2<sup>o</sup> dia de estocagem a - 18<sup>o</sup> C, p. 82
- TABELA 5 - Valores médios ( $x \pm s$ ) das avaliações das perdas no cozimento (%), tempo de cozimento (min.) e força de cisalhamento (kg) das amostras de paleta dos seis javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (kGy), em função do tempo de estocagem a - 18<sup>o</sup> C, p. 83
- TABELA 6 - Valores médios ( $x \pm s$ ) da análise instrumental de cor segundo os valores dos parâmetros de L\*, a\* e b\* das amostras de paleta dos seis javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (kGy), em função do tempo de estocagem a - 18<sup>o</sup> C, p. 85
- TABELA 7 - Valores médios ( $x \pm s$ ) da medição de pH das amostras de paleta dos seis javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (kGy), em função do tempo de estocagem a - 18<sup>o</sup> C, p. 88
- TABELA 8 - Valores médios ( $x \pm s$ ) do índice de peróxidos (meqO<sub>2</sub> p/kg) das amostras de paleta dos seis javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (kGy), em função do tempo de estocagem a - 18<sup>o</sup> C, p. 89
- TABELA 9 - Valores médios ( $x \pm s$ ) do número de TBA (mg de malonaldeído/kg de amostra) das amostras de paleta dos seis javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (kGy), em função do tempo de estocagem a - 18<sup>o</sup> C, p. 91

TABELA 10 - Valores médios ( $x \pm s$ ) das contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotrófilas (logUFC/g) das amostras de paleta dos seis javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (kGy), em função do tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ , p. 95

TABELA 11 - Valores médios ( $x \pm s$ ) das análises de enumeração de *Enterococcus* spp. (logNMP/g) das amostras de paleta dos seis javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (kGy), em função do tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ , p. 98

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

ADQ - Análise Descritiva Quantitativa  
AIEA – Agência Internacional de Energia Atômica  
ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária  
AOM - Active Oxygen Method  
ATD - Análise Térmica Diferencial  
ATP – Adenosina trifosfato  
CBE - Companhia Brasileira de Esterilização  
CED - Calorimetria Exploratória Diferencial  
CIE - Commission Internationale de l'Éclairage  
CRA – Capacidade de Retenção de Água  
Co60 – Cobalto 60  
Cs137 – Césio 137  
DE - Dibrometo de etileno  
DFD – Dark, Firm and Dry  
DVA – Doenças Veiculadas por Alimentos  
E/F – Extensor/Flexor  
FAO - Food and Agriculture Organization  
FDA - Food and Drug Administration  
FSIS - Food and Safety Inspection Service  
G- Gauss  
GHz - GigaHertz  
Gy - Gray  
GTA – Guia de Trânsito Animal  
HSHD - Human Services Health Department

IAEA - International Atomic Energy Agency  
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis  
ICGFI - International Consultive Group on Food Irradiation  
JECFI - Joint Expert Committee on Food Irradiation  
kGy – Quilogray  
log – Logaritmo de base decimal  
mW - miliWatts  
M – Molar  
MCi – Megacurie  
meqO<sub>2</sub> - miliequivalente de oxigênio peroxídico  
Mev – Mega elétron-Volt  
ME – Metilbrometo  
*nm* – Nanômetro  
N – Normal  
NMP – Número Mais Provável  
OE - Óxido de etileno  
PCQ - Peso de Carcaça Quente  
pH – potencial Hidrogeniônico  
PSE – Pale, Soft and Exudative  
RES - Ressonância Elétron Spin  
RPE - Ressonância Paramagnética Eletrônica  
RDC - Resolução de Diretoria Colegiada  
TBA – Tiobarbituric Acid  
TB – *Triceps brachii*  
TEP - tetraetoxipropano  
TG - Termogravimetria  
TS0,002N - Tiosulfato Sódico 0,002N  
UNIGRANRIO – Universidade do Grande Rio  
USDA -United States Department of Agriculture  
UFC - Unidade Formadoras de Colônias  
UFF - Universidade Federal Fluminense  
WHO - World and Health Organization  
 $\mu\text{m}$  – micrômetro

## RESUMO

O *rigor mortis* é um fenômeno que deve ser estudado em todas as espécies de abate para o desenvolvimento da carne de boa qualidade. Um dos processos relativamente modernos usados na conservação da carne é a irradiação gama com redução significativa de microrganismos deteriorantes e patogênicos. A carne de javali é considerada não convencional, com preço elevado e, por isso, demanda menor que a oferta que está em crescimento. Foram realizadas análises nos intervalos de 0,5; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0; 12,0 e 24,0 h após a sangria para caracterização do processo de *rigor mortis* nos músculos *Triceps brachii* e *Extensor/Flexor* de seis carcaças de javalis (*Sus scrofa*) machos, abatidos de acordo com as normas humanitárias, em um matadouro frigorífico sob regime do Serviço de Inspeção Federal. As paletas com osso foram congeladas a -18°C, serradas transversalmente, embaladas a vácuo e submetidas à irradiação gama (2 e 4 kGy) em uma planta industrial e estocadas durante 450 dias. Neste período, foram realizadas análises físico-químicas, bacteriológicas e sensoriais iniciadas nos dias 2, 180, 360 e 450 de estocagem a -18°C. Com o tratamento estatístico, pode ser demonstrado que os valores de temperatura e pH das carcaças e da câmara frigorífica declinaram lentamente. A contração máxima no músculo *Triceps brachii* foi atingida às nove horas enquanto nos músculos *Extensor/Flexor* ocorreu sete horas após a sangria. Nas demais análises conduzidas relacionadas à irradiação, verificou-se que os resultados da determinação do índice de peróxidos e do número de TBA foram maiores nas amostras irradiadas e menores nas amostras controle. Em relação à bacteriologia; nas amostras não irradiadas houve maior crescimento de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotrófilas e o processo de irradiação das amostras tornou a carne mais segura, visto não ter sido evidenciado crescimento. Quanto à enumeração de *Enterococcus* spp. ; houve maior crescimento nas amostras irradiadas, o que indicaria uma possível seleção da microbiota. As perdas por cozimento foram proporcionais à força de cisalhamento onde as amostras controle foram consideradas mais macias em relação às amostras irradiadas. Não houve diferença entre as amostras controle e irradiadas quanto à atividade de água. Apesar de algumas diferenças durante as análises de cor e preferência global, parece ter havido um equilíbrio entre as amostras controle e irradiadas, principalmente aquelas com 2,0 kGy. Quanto ao odor, houve preferência inicial pelas amostras não irradiadas; mas na última análise, não houve diferença entre as amostras controle e irradiadas. O uso da RPE permitiu constatar uma diferença entre as doses pretendidas e realmente aplicadas na indústria. Durante os 450 dias de estocagem a -18°C, as amostras controle e irradiadas se encontraram viáveis para consumo mantendo pH adequado assim como aspectos sensoriais e bacteriológicos satisfatórios.

Palavras-chave: carne de javali, *rigor mortis*, radiação gama, vida comercial, segurança.

## ABSTRACT

The *rigor mortis* is a phenomenon that must be studied in all butcher species for development of good quality meat. One of the processes modern relatively used in meat conservation is the gamma radiation with significant reduction of deteriorative and pathogenic microorganisms. The wild boar meat is considered not conventional with high price, request is minor than the offer that is crescent. Analysis were carried out in time intervals of 0,5; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0; 12,0 e 24,0 h after exsanguinations for characterizations of *rigor mortis* process in *Triceps brachii* and *Extensor/Flexor* muscles of six carcasses of males wild boars slaughtered in acord with humanitarian laws in slaughterhouse with system of Federal Inspection Service. The picnic shoulder meat with bone were frozen at  $-18^{\circ}\text{C}$ , transversally cut, vacuum packaged and submitted to gamma radiation (2 e 4 kGy) in a industrial plant irradiation and stored for 450 days. During this period were conduced physical chemical, bacteriological and sensory analysis started at 2, 180, 360 e 450 shelf life days. With data statistic treatment, were demonstrated that the carcasses and chamber temperature and pH values decreased gradually. Maximum sarcomere contraction in *Triceps brachii* muscle occurred at nine hours while in *Extensor/ Flexor* muscles occurred at seven hours after exsanguinations. In the other conduced analysis related radiation, were verified that results of peroxides and TBA number determinations were greater in irradiated samples and smaller in control samples. In relation to bacteriology; in not irradiated samples occurred most cresciment of psicrotroph aerobic heterotrophic bacteria and the irradiation process became meat more secure where have not be evidenced cresciment. As for *Enterococcus* spp. count, happened more cresciment in irradiated samples that could indicate a possible selection of the microorganisms. The cooking loss were proportionals to shear force where the control samples were considered more soft comparable to irradiated samples. There were difference between control and irradiated samples in relation to activity water. In spite of some difference during color and global preference, seems were an equilibrium between control and irradiated samples mainly in that with 2,0 kGy. In odour analysis, had inicial preference by not irradiated samples but in last analysis, had not difference between control and irradiated samples. The EPR use confirmed a difference between absorbed dosis and really applied in industry. During the 450<sup>0</sup> days of shelf life, the control and irradiated samples were adequate for consumer with proper pH and sensory and bacteriological aspects satisfactories.

Keywords: wild boar meat, *rigor mortis*, gamma radiation, shelf life, safety.



## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores, exportadores e consumidores de carnes do planeta, no que tange as carnes convencionais como de aves, bovina e suína onde alcança patamares elevados em uma produção não só de quantidade mas também de qualidade. Também cresce significativamente a produção de carnes de espécies silvestres, alternativas ou exóticas mais corretamente denominadas como carnes não convencionais que incluem carnes de búfalos, avestruzes, emas, jacarés, pacas, etc... A carne de javali - *Sus scrofa scrofa* - é tida como não convencional, possui preço elevado e; por isso, oferta maior que a procura a qual está em crescimento assim como as demais.

As pesquisas da caracterização do *rigor mortis* como a mensuração de pH e tamanho do sarcômero, em função do tempo *post mortem*, em relação a temperatura da carcaça e da câmara frigorífica facilitam a obtenção de conhecimentos para a adequação da conservação de carnes não convencionais, como a de javali, evitando fenômenos desagradáveis que alterem sua qualidade.

Milhares de toneladas de alimentos são perdidos no mundo por falta de investimentos tecnológicos na sua conservação o que tem levado a “Food and Agriculture Organization – FAO” e “World Health Organization – WHO” a promover esforços para criar e desenvolver tecnologias para diminuir tais desperdícios. No Brasil, o Conselho Nacional de Energia Nuclear - CNEN e Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA além de outras instituições em suas atividades de ensino e pesquisa têm contribuído bastante para que se torne possível a implantação de instalações destinadas à irradiação de alimentos. A atividade industrial na irradiação de alimentos já é significativa no Brasil com plantas no estado de São Paulo onde se destacam a irradiação de condimentos e especiarias.

A aplicação da tecnologia de irradiação de alimentos em carnes não convencionais como a de javali é indicada como alternativa, tendo em vista seus diversos benefícios como extensão da validade comercial por inibição de reações enzimáticas e redução da microbiota deteriorante e patogênica da qual se destacam os *Enterococcus* spp. por serem patogênicos e resistentes em ambientes adversos e patogênicos. No entanto, a irradiação em determinados alimentos como as carnes podem ocasionar em alterações de caráter sensorial; principalmente ranço oxidativo, descolorações, exsudação, sabores e odores desagradáveis; levando o consumidor à rejeição. Desta forma, tornam-se imprescindíveis as análises sensoriais para avaliar a possibilidade de aceitação do produto no mercado consumidor. Para evitar estes efeitos, a utilização do vácuo durante a embalagem associado ao congelamento reduziriam os riscos dos efeitos adversos da irradiação alcançando seus benefícios em prolongar a validade comercial e atender a preferência do consumidor cada vez mais exigente por alimentos mais saudáveis.

Contudo, não foram encontrados registros na literatura mundial consultada sobre a conservação e validade comercial na carne de javali irradiada tornando esta pesquisa um elemento viável para o desenvolvimento tecnológico da produção comercial dessa carne e da irradiação de alimentos no Brasil.

A partir destas premissas, os objetivos desta pesquisa foram: 1) acompanhar o processo de *rigor mortis* das carcaças de javalis durante o resfriamento industrial mensurando peso, temperatura da carcaça e da câmara frigorífica, pH e tamanho de sarcômero nos músculos *Triceps brachii* e *Extensor/Flexor*; 2) verificar os aspectos físico-químicos (atividade de água, pH, índice de peróxido e número de ácido tiobarbitúrico) e qualidade microbiológica (contagem de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotrófilas e da enumeração de *Enterococcus* spp.); 3) analisar o produto através de análises de maciez (força de cisalhamento e perdas por cocção) e sensoriais (teste de preferência); 4) aplicar a Ressonância Paramagnética Eletrônica -RPE como método de detecção de alimentos irradiados segundo a dose e validade comercial; e 5) correlacionar os resultados de acordo com a dose empregada (0; 2 e 4 kGy) e a validade comercial da paleta de javali com osso estocado sob congelamento.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 JAVALI: ORIGEM E CARACTERÍSTICAS DA CARNE**

#### **2.1.1 Origem e aspectos gerais sobre o javali**

As correntes conservacionistas atuais apontam à criação de animais silvestres e exóticos com finalidade comercial, como um dos caminhos corretos para a preservação de espécies ameaçadas que podem ser exploradas como fonte de proteína para o homem além de obtenção de matéria prima para aproveitamento industrial como o couro (LAVORENTI; NOGUEIRA FILHO, 1995).

Os javalis adultos possuem cor escura, acinzentada ou pardacenta e pelagem com cerdas extremamente grossas além de uma crina erétil que percorre o corpo maciço, sua cabeça é cônica com focinho alongado. Possuem patas curtas e magras com número par de dedos sendo bons corredores. São onívoros e consomem raízes, frutas e cogumelos além de larvas e pequenos animais possuindo arcada dentária com 44 dentes. Apesar da visão fraca, possui boa audição e olfato facilitando a caça. O período de gestação varia de 16 a 20 semanas produzindo entre dois e oito filhotes ocorrendo o desmame aproximadamente em dez semanas. A maturidade sexual ocorre entre oito e dez meses (FUENTE, 1979).

Wallach e Boever (1983) descreveram que a temperatura considerada normal para o javali varia entre 38,3<sup>o</sup>C e 39,1<sup>o</sup>C. O pulso possui entre 60 e 80 pulsações por minuto chegando a 180 batimentos por minuto na excitação. A pressão arterial medida na carótida é de 169 mmHg e os movimentos respiratórios oscilam entre 12 e 20 por minuto.

A legislação nacional obrigou que os proprietários de criadouros de javalis e híbridos deveriam informar sua existência ao IBAMA e somente assim poderiam transferir e transportar

animais vivos entre unidades da federação para outros criadouros ou para abate em matadouros frigoríficos apresentando a licença de transporte do IBAMA e a Guia de Trânsito Animal – GTA. Atualmente é proibida a instalação de novos criatórios, mas prolifera a criação clandestina (BRASIL, 1998).

Recentemente, por erros de manejo no Uruguai, houve dispersão e multiplicação da espécie no Rio Grande do Sul. Sendo o javali considerado uma espécie invasiva e agressora a flora e fauna nacionais foi autorizado o seu abate para os animais fora de cativeiro não havendo nesses casos aproveitamento comercial (BRASIL, 2005).

### **2.1.2 Características da carne de javali**

A carne de javali que está sendo introduzida na alimentação brasileira tem apresentado boa aceitabilidade em análises sensoriais sendo considerada saudável em relação ao colesterol e nível calórico de acordo com as exigências da “American Heart Association” (LIMA, 2002).

A carne de javali possui características nutricionais superiores as carnes tradicionais como bovina, suína e de peito de aves além das carnes de ovinos e de perus possuindo valores menores de calorias, de gordura e de colesterol. A criação cresceu a partir de 1991, inicialmente no Rio Grande do Sul e depois em Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo sendo atualmente organizados em parcerias como a Associação Paulista de Criadores de javali. Uma das quais, a parceria Javali Selvagem mantém seus parceiros legalizados junto ao IBAMA sendo os animais identificados por “microchips” (CICCO, 1995).

O interesse por proteínas de espécies animais é crescente, principalmente nos países africanos e asiáticos. No entanto, o uso destas carnes ainda é pouco documentado, menos se sabendo sobre suas condições microbiológicas (SARKIS et al., 2003).

## **2.2 TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE**

### **2.2.1 Estrutura do músculo esquelético**

O tecido muscular esquelético é composto por feixes de fibras musculares recobertas de tecido conjuntivo (epimísio) o qual emite feixes formando septos que envolvem pequenos feixes de fibras (perimísio); o qual também forma septos que margeiam a fibra ou célula muscular

chamado endomísio o qual envolve o sarcolema. As miofibrilas são dispostas em filamentos grossos e finos formando as bandas que se apresentam alternadamente em faixas claras e escuras onde a clara ou isotrópica é chamada de banda I e a escura ou anisotrópica conhecida como banda A. No centro da banda I, existe uma linha transversal chamada disco ou linha Z. O sarcômero é composto pela porção da miofibrila entre duas linhas Z adjacentes (PARDI et al., 2001).

Dentro do sarcômero, estão as miofibrilas as quais estão envolvidas pelo sarcoplasma onde também se encontram as mitocôndrias, lisossomos, peroxissomos, corpos lipídicos, sistema sarcotubular e os núcleos (LAWRIE, 2005). As proteínas miofibrilares compõem 65 a 75% do total de proteínas musculares sendo as restantes as proteínas sarcoplasmáticas e do estroma (ORDOÑEZ et al., 2005). As proteínas dos miofilamentos são importantes fisiologicamente onde a miosina e actina correspondem de 75 a 80% do total. A troponina e tropomiosina são proteínas reguladoras (PARDI et al. 2001).

Diversos autores pesquisaram dimensões de sarcômeros em carnes suínas e outras modificações ultra-estruturais relacionadas com a qualidade da carne como a maciez em diversos países, inclusive no Brasil (ABBOTT et al., 1977; HENECKEL et al., 1997; PINHEIRO et al., 2001; WHEELER et al., 2000;).

### 2.2.2 Glicólise *post mortem* e queda do pH

Com a sangria, se interrompe a oxigenação dos músculos paralisando a respiração celular e ocasionando na queda do potencial de óxido-redução dando início a glicólise anaeróbica o que torna difícil a reposição de ATP devido a ação da ATPase sarcoplasmática levando ao aumento do fosfato inorgânico que estimula a degradação do glicogênio. A glicólise anaeróbica e a fosfocreatina tentam produzir ATP mas este esgota-se rapidamente levando a inextensibilidade dos músculos (PARDI et al., 2001). Exceto em casos de inanição ou exercício realizado imediatamente antes do abate, a conversão de glicogênio em ácido láctico irá continuar até o pH onde haja inativação das enzimas glicolíticas, em músculos de mamíferos normais, em torno de 5,4 a 5,5 (LAWRIE, 2005), o ponto isoelétrico da miosina (PARDI et al. 2001).

A queda do pH, pelo acúmulo de ácido láctico, constitui um dos fatores mais marcantes na transformação do músculo em carne sendo decisiva na qualidade da carne. Esta queda não é uniforme em todas as espécies, onde, no caso de suínos este valor cai para 5,6 e 5,7 após seis a

oito horas da morte até alcançar valores entre 5,3 e 5,7 em 24 horas após a morte (ROÇA e SERRANO, 1994; PARDI et al. 2001). Nos músculos onde predominam fibras brancas ou de contração rápida, o pH final atinge valores de 5,5 nas carnes de bovino e frango e 5,8 na carne de peru enquanto nos músculos de contração lenta (fibras vermelhas), o pH final fica mais alto sendo 6,3; 6,1 ou 6,4. São também variáveis a temperatura que ocorre o processo *post mortem* e fatores de estresse (ORDOÑEZ et al., 2005).

### 2.2.3 *Rigor mortis*

No momento da morte, o músculo é mole e extensível, mas em poucas horas converte-se em uma estrutura inextensível e relativamente rígida. Este fenômeno é conhecido como *rigor mortis* (ORDOÑEZ et al., 2005).

Com a glicólise *post mortem*, o músculo vai tornando-se inextensível até o *rigor mortis*. Esta perda de extensibilidade está relacionada com o desaparecimento do ATP onde se formam cadeias rígidas de actomiosina (LAWRIE, 2005).

A glicólise *post mortem* produz ácido láctico levando a queda do pH e a formação de ligações entre actina e miosina as quais causam modificações das cargas elétricas e das características das proteínas musculares (PARDI et al., 2001). Como o ácido láctico não pode ser removido do músculo, o baixo pH faz com que a actina e miosina se unam irreversivelmente formando a actomiosina no *rigor mortis* ficando caracterizado pelo encurtamento definitivo dos sarcômeros, ficando a carne menos macia pela perda da extensibilidade (PRICE e SCHWEIGERT, 1994).

O tempo que transcorre para acontecer o *rigor mortis* é inferior a 30 minutos para o frango, menos de uma hora para o peru, entre 25 minutos e três horas para o suíno e de seis a doze horas para o bovino (ORDOÑEZ et al., 2005).

Diversos autores brasileiros realizaram pesquisas visando o estudo do *rigor mortis* em diferentes espécies animais tais como: bovina (ABREU, 1984); suína (PINHEIRO et al., 2001); eqüina (RODRIGUES et al., 2004); ovina (OLIVEIRA et al., 2004); avestruz (SANTOS et al., 2006) e peru (COSTA et al., 2006).

#### 2.2.4 Fatores reguladores

Características como temperatura, tempo e pH influenciam nas modificações observadas no pré-rigor e modificam algumas características da carne como comprimento do sarcômero, maciez, coloração, suculência e rendimento industrial (PINHEIRO et al., 2001).

As variações no comprimento do sarcômero ocorrem à medida que se modifica a intensidade de tensão sobre músculos individuais durante o desenvolvimento do rigor. Um rigor rápido e curto induz a uma maior contração que um lento. O comprimento do sarcômero ou a intensidade de contração até a instalação do rigor depende da duração do desenvolvimento do rigor. O aumento da dureza é menor se os músculos sofrem uma tensão que previna o encurtamento durante a fase de rigor, ou se administrado um quelante de cálcio que bloqueie a interação actina-miosina (PRICE e SCHWEIGERT, 1994).

A qualidade da carne para processamento industrial ou para consumo *in natura* está relacionada com a presença do ácido láctico nas células musculares, que por seu lado, está associado ao genótipo, condições de manejo e transporte e procedimentos de abate dos animais. A formação de quantidade moderada de ácido láctico é essencial para a conversão do músculo em carne de boa qualidade, que se presta tanto para consumo *in natura* como para o preparo de produtos curados. Por outro lado, a formação muito rápida de ácido láctico leva a desnaturação de proteínas formando carne pálida, mole e exsudativa – Pale, Soft and Exsudative (PSE), de baixo pH e que pode ser usada quando misturada a carne normal para a fabricação de produtos curados, como o salame. A produção pequena de ácido láctico leva a formação de carne com pH elevado, escura e seca – Dark, Firm and Dry (DFD) com risco de putrefação, devendo ser consumida mais rapidamente possível (IRGANG, 1998).

Fatores como excitação emocional, frio, fadiga, anoxia e outros são responsáveis pela descarga de adrenalina da medula e de 17-hidroxicorticosterona e 11-desoxicorticosteroides do córtex da adrenal, onde a adrenalina é responsável pela queda do glicogênio muscular e do potássio e os dois últimos pela reposição do nível destas substâncias (LAWRIE, 2005).

O desenvolvimento precoce do *rigor mortis* foi associado com maiores concentrações de indicadores de estresse como cortisol, lactato e creatina quinase. A relação sugere que o valor obtido no *rigor* e a frequência de distribuição de carcaças que entraram ou não em *rigor*, poderia ser usado como um índice do grau de estresse ao qual os suínos foram submetidos. O estresse

psicológico e medo aumentam a concentração de hormônios corticosteróides no sangue. A colheita e análise de amostras de sangue são caras e consomem muito tempo, tornando difícil seu uso para monitorar o bem estar de suínos abatidos (WARISS et al., 2003).

Em carne de suínos, a queda do pH acompanhou gradativamente o desenvolvimento do *rigor mortis* nos músculos estudados até 24 horas após o abate. A média inicial das temperaturas das carcaças foi de 39,95<sup>0</sup> C e a final foi de 7<sup>0</sup>C. A menor medida do sarcômero do músculo *Longissimus dorsi* foi obtida na sexta hora após abate (1,39  $\mu$ m) enquanto no músculo *Semispinalis capitis*, a menor medida foi obtida na oitava hora após abate (1,37  $\mu$ m). Nestes músculos, houve correlação linear entre pH e comprimento de sarcômero; temperatura e comprimento de sarcômero; pH e temperatura e uma correlação inversa entre tempo e comprimento de sarcômero; pH e tempo de abate; temperatura e tempo de abate (PINHEIRO et al., 2001).

Van der Wal et al. (1995) estudaram os efeitos do resfriamento convencional (4°C, velocidade do ar 0 a 5 m/s) e forçado a -5°C (120 min.) ou -30°C (30 min.) com velocidades do ar de 1, 2 ou 4 m/s, após o resfriamento convencional 24 h *post mortem* sobre temperatura, qualidade de carne e perdas de peso entre suínos com peso entre 105-110 kg. A temperatura subcutânea caiu rapidamente para valores inferiores a 0°C quando o resfriamento “ultra” rápido (-30°C) em alta velocidade do ar (4 m/s) foi usado. Imediatamente antes do resfriamento rápido, quando as carcaças foram colocadas dentro de um resfriador convencional, a temperatura subcutânea aumentou acima da temperatura do ar, e após o declínio na temperatura foi contínuo. A temperatura dentro do músculo *Biceps femoris* diminuiu no início do resfriamento mais lentamente em uma curva atípica até os valores finais de 4°C serem atingidos. Teoricamente, as temperaturas calculadas durante o abate e resfriamento foram comparáveis com os valores medidos; indicando que um método de cálculo de elemento-finito em combinação com um modelo cilíndrico para transporte de calor pode ser usado para predizer temperaturas musculares em vários regimes de resfriamento. Perdas em pesos de carcaças, 24 h após resfriamento convencional e forçado a -5°C foram cerca de 2%. Após resfriamento ‘ultra’ rápido (-30°C), as perdas foram reduzidas para 1 a 3% e quando a velocidade do ar foi aumentada para 4 m/s. a qualidade do músculo *Longissimus lumborum* não foi significativamente afetada pelos vários regimes, exceto a maciez. Os valores de “Warner-Bratzler shear forces” foram maiores



associados com comprimentos menores de sarcômeros após resfriamento ultra-rápido em uma alta velocidade de ar (4 m/s) indicando um alto risco de “cold shortening”.

Feldhusen e Kühne (1992) estudaram os músculos *Longissimus dorsi* e *Semi membranosus* de suínos com glicólise normal e acelerada (Pale, Soft Exsudative, “PSE”) para avaliar os efeitos de métodos de resfriamento ultra-rápidos e maturação de 72 horas *post-mortem* sobre o comprimento de sarcômeros, força de cisalhamento e firmeza. O congelamento rápido após resfriamento ultra-rápido da musculatura com glicólise normal levou ao “cold shortening” com contração de sarcômeros em torno de 33 a 35% (*Longissimus dorsi*) e 38% (*Semi membranosus*). Ao mesmo tempo, um aumento significativo na força de cisalhamento e firmeza foram observados. Após maturação superior às 48h *post mortem*, os sarcômeros aumentaram em comprimento em comparação com as medidas após o começo do resfriamento, 88 e 84% do comprimento original foi atingido, respectivamente. A maturação levou a um aumento significativo da maciez. Após maturação superior às 72h, a força de cisalhamento e a firmeza das amostras resfriadas sob condições normal e ultra-rápida tornaram-se similares. Os comprimentos dos sarcômeros e a força de cisalhamento da musculatura com glicólise acelerada não foram afetados por métodos de resfriamento.

Wariss et al. (2003) descreveram que altas prevalências de carne PSE ou DFD implicam que suínos foram estressados antes do abate sendo necessário medidas subjetivas nas superfícies de corte musculares ou medidas do pH inicial e final. Um método simples pode ser usado para medir o grau de desenvolvimento do *rigor mortis* nas carcaças cerca de uma hora após o abate, quando as carcaças já foram pesadas e estão indo para as câmaras de resfriamento.

Neste contexto, Sutton et al. (1997) verificaram a influência do peso de abate e o genótipo do gene estresse sobre a capacidade de retenção de água e características das proteínas em três músculos suínos.

A temperatura de 40<sup>0</sup>C, a queda de pH se acelera ao passo que baixas temperaturas retardam o decréscimo. Em temperaturas musculares próximas a 0<sup>0</sup>C, entre o pH 7 e 6,4, a queda é mais rápida do que em temperaturas superiores; a partir de 6,4, o decréscimo é gradual se chamando encurtamento pelo frio onde o retículo sarcoplasmático e as mitocôndrias perdem sua capacidade de reter íons cálcio (ORDOÑEZ et al., 2005).

No programa americano de avaliação genética, Mabry et al. (2006) verificaram o efeito da genética sobre o pH, cor e perdas no cozimento no lombo suíno das raças Berkshire, Danbred, Duroc, Hampshire e Large White com resultados variáveis.

## **2.2.5 Propriedades e características sensoriais da carne**

### **2.2.5.1 Cor**

A cor é a primeira característica sensorial apreciada pelo consumidor. É a impressão óptica relacionada de imediato com diversos aspectos ligados a qualidade e ao grau de frescor. Portanto, o aspecto exterior pode ser associado a validade comercial, suculência, dureza e armazenagem (ORDOÑEZ et al., 2005). A cor pode interferir no sabor e textura das carnes bovina, suína e ovina e por isso deve ser eliminada em avaliações sensoriais relacionadas (MILLAR et al. 2000)

A cor vermelha da carne tem relação principalmente com a presença, nas fibras musculares, do pigmento mioglobina; e também pela hemoglobina do sangue, mas em menor proporção. Ambas são proteínas conjugadas contendo ferro e têm a propriedade de, em determinadas condições, combinar-se com o oxigênio do ar, formando respectivamente oximioglobina e oxihemoglobina (CAMARGO et al., 1984).

No tecido vivo, a mioglobina apresenta cor vermelho-púrpura, existindo em equilíbrio com sua forma oxigenada chamada oximioglobina, a qual apresenta cor vermelho-brilhante. A descoloração da carne fresca é a formação da metamioglobina de cor vermelho-marrom. Isto ocorre devido a oxidação do ferro do anel heme da mioglobina (CICHOSKI e TERRA, 1996).

A cor da carne é devida, sobretudo, à mioglobina e, em menor grau, à hemoglobina, a menos que a sangria tenha sido imperfeita. Em um tecido muscular bem sangrado, a mioglobina contribui com um percentual de 80% a 90% do pigmento total (PARDI et al., 2001; LAWRIE, 2005).

Felício (2006) descreveu que em condições normais de conservação, a cor é o maior atrativo dos alimentos. A cor da carne reflete a quantidade e o estado químico do seu principal pigmento, a mioglobina.

A cor da carne é o fator de qualidade mais importante que o consumidor pode apreciar no momento da compra, constituindo o critério básico para sua seleção, a não ser que outros fatores, como o odor, sejam marcadamente deficientes (SILVA SOBRINHO et al., 2004).

No exame sensorial da cor na carne de boa qualidade, esta deve apresentar-se uniforme, sem manchas escuras ou zonas claras. Com o envelhecimento, a carne apresentará escurecimento na superfície, seguindo o surgimento de cor acinzentada ou esverdeada pela ação dos microrganismos (BRASIL, 1981).

A cor é percebida por três atributos básicos: comprimento de onda dominante ou “hue” o qual está relacionada a cor; clareza, a qual está relacionada a quantidade total de luz refletida, e “chroma” ou pureza a qual é a proporção de luz refletida total que está no comprimento de onda dominante (SEBRANEK, 1978).

A análise sensorial da cor através de painelistas é uma possibilidade mas não informa sobre concentrações ou formas de pigmentos. Para medir estes pigmentos, torna-se necessário extraí-los do alimento e medir a absorvância da solução em um comprimento de onda característico. A absorvância está relacionada a concentração do pigmento e cada pigmento tem seu comprimento de onda próprio (SEBRANEK, 1978).

No Brasil, diversos autores utilizaram análise instrumental de cor da carne na determinação de luminosidade ( $L^*$ ), intensidade de vermelho ( $a^*$ ) e intensidade de amarelo ( $b^*$ ) operando no sistema Commission Internationale de l'Éclairage - CIE ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) em amostras de carne de diferentes espécies de açougue ( MARCHIORI; FELICIO, 2003; PUGA et al., 1999).

Brewer et al. (2001) avaliaram fatores envolvendo a cor da carne suína em vários músculos como *Gluteus medius*, *Longissimus lumborum e thoracis*, *Semi membranosus*, *Biceps femoris* e *Triceps brachii*. Para isso, compararam os valores  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , ângulo, hue e chroma utilizando espectrocolorímetros HunterLab e Minolta. Sem dúvida, a medição instrumental que melhor avaliou a cor visual foi o valor  $L^*$ .

Felício (2006) descreveu que para a cor da carne e da gordura, é recomendada a avaliação subjetiva com base em padrões fotográficos ou cartões coloridos, mas sempre que for possível é importante medir com colorímetro ou espectrofotômetro, em condições padronizadas.

Wal et al. (1988) elaboraram padrões comerciais para a cor da carne suína diante da possibilidade relativamente comum da ocorrência do defeito PSE facilitando ações preventivas e/ou corretivas.

### 2.2.5.2 Odor

O aroma de carnes em geral, aptas para o consumo, deve ser suave, agradável e característico, não apresentando odores amoniacais, sulfídricos ou de ranço (BRASIL, 1981).

Pardi et al. (2001) citaram que o odor da carne quando fresca lembra o ácido láctico comercial. Camargo et al. (1984) citaram que o aroma e o sabor da carne são desenvolvidos pelo aquecimento, da transformação de substâncias hidro e lipossolúveis e volatilização de moléculas.

Boers et al. (1994) estudaram cortes do *Longissimus dorsi* e de filé suíno mantido a 0°C. Os filés suínos desenvolveram odores desagradáveis após 35 dias, provavelmente devido ao crescimento de enterobactérias. A descoloração inaceitável nos cortes de *Longissimus* e o desenvolvimento de odores desagradáveis foram descritos após 84–98 dias. A comparação da validade entre a carne de javali e suínas sob condições similares indicaram que a maior suscetibilidade da carne suína é devida a fatores intrínsecos. A perda de glicose seria o gatilho para o início da deterioração.

### 2.2.5.3 Sabor

Segundo Silva Junior (1995), o sabor é uma experiência mista mas unitária de sensações olfativas, gustativas e táteis percebidas durante a degustação. O sabor é influenciado pelos efeitos táteis térmicos, dolorosos e/ou sinestésicos.

Segundo Pardi et al. (2001), normalmente, o sabor da gordura é suave ou imperceptível. Com o ranço e seus produtos de degradação, a gordura pode conter elementos sápidos e odoríferos.

O sabor e odor dos alimentos são importantes nos aspectos sensorial e fisiológico, já que sendo agradáveis, estimulam a secreção dos sucos digestivos (LAWRIE, 2005).

#### 2.2.5.4 Capacidade de Retenção de Água - CRA

Aberle et al. (2001) definiram CRA como sendo a capacidade da carne de reter sua própria água durante a aplicação de forças externas, tais como cortes, aquecimento, trituração e prensagem.

Pardi et al. (2001) afirmaram que o interesse pelo estudo da CRA pelo músculo decorre de sua influência no aspecto da carne antes do cozimento e no seu comportamento durante o processo de cocção, tendo como mérito avaliar a importância da sua participação na palatabilidade do produto.

Existe uma forte correlação entre força de cisalhamento e perdas por cozimento sendo esta uma prova de controle (HONIKEL, 1986).

Diversos autores realizaram trabalhos envolvendo perdas por cozimento em carnes de diferentes espécies não só bovina mas também de outras espécies, inclusive recentemente no Brasil com carnes de peru e de avestruz (COSTA et al., 2006; DESTEFAINS et al., 2000; FIEMS et al., 2003; GEESINK et al., 2001; SANTOS et al., 2006).

#### 2.2.5.5 Textura

A textura da carne, por sua vez, que implica na maior ou menor resistência à mastigação, é definida pelo tamanho aparente dos feixes musculares tomando uma forma peculiar conhecida como “*grão da carne*”. O aumento da espessura das fâscias do tecido conjuntivo e do tamanho das fibras e feixes musculares contribui para que a superfície de corte transversal dos músculos mostre uma textura grosseira, não desejável na carne (PARDI et al., 2001).

Quanto a consistência da carne em geral, devido à maior resistência ao calor e, portanto, à degradação durante a cocção, atribui-se importância à presença de elastina no tecido conjuntivo como fator de dureza (PARDI et al., 2001).

A sensação de maciez se deve em primeiro lugar à facilidade com que os dentes penetram na carne, em segundo lugar à facilidade com que a carne se divide em fragmentos e em terceiro lugar, à qualidade de resíduo que permanecem sem triturar depois da mastigação (LAWRIE, 2005).

A maciez seria consequência do maior teor de água e da maior capacidade de retenção de água das proteínas musculares, bem como do estado de intumescimento das fibras musculares com pH elevado (LAWRIE, 2005). Forças de cisalhamento inferiores a 5 kgf significam carnes

macias na espécie bovina (JEREMIAH et al., 1991). Żochowska et al. (2005) avaliaram a textura, histologia e características de músculos como *Quadriceps femoris*, *Biceps femoris* e *Semi membranosus* de carcaças de javalis com diferentes pesos ( $20 \pm 2$  e  $60 \pm 3$  kg). A textura muscular (dureza, coesividade, elasticidade, mastigação) foi determinada com teste de dupla penetração através do Instron 1140. Músculos jovens mostraram valores menores para textura e camadas delgadas de perimísio e endomísio em relação a músculos velhos. A maior dureza foi verificada no *Bíceps femoris* e a maior percentagem de fibras tipo I e II foi típica de *Biceps femoris* e *Semi membranosus*, seja em músculos jovens ou velhos, enquanto a menor percentagem de fibras tipo I e maior percentual de fibras tipo II foi encontrada no músculo *Quadriceps femoris*. Os resultados sugeriram que a dureza pode estar relacionada com perimísios e endomísios espessos, fibras com corte transversal maiores e provavelmente com maior conteúdo de fibras vermelhas (tipo I).

## 2.3 QUALIDADE BACTERIOLÓGICA DA CARNE

### 2.3.1 Bactérias heterotróficas aeróbias psicrotrófilas e mesófilas

Segundo Franco e Landgraf (2004), a quantidade e tipo de microrganismos que se desenvolvem na carne dependerão das condições de abate, estresse do animal, evisceração correta, entre outros.

Forsythe et al. (2002) também observaram que a validade comercial depende da microbiota inicial do produto, ou seja, quanto maior a carga inicial, menor a validade devido ao aumento da atividade microbiana.

Aberle et al. (2001) relataram que em virtude de um pH mais alto da carne, a deterioração é mais fácil de ocorrer pelo desenvolvimento de bactérias proteolíticas. Segundo Witter (1961), o grupo de psicrotróficos inclui bactérias Gram negativas, não esporuladas e sensíveis ao calor, as quais, têm sido estudadas ao longo do tempo. De acordo com o IDF (1976), o termo psicrotrófico é reservado para aquelas bactérias que apresentam temperaturas ótimas de crescimento entre 20 e 40 °C, mas que podem crescer em temperaturas abaixo de 7 °C.

Franco e Landgraf (2004) descreveram os microrganismos psicrotrófilos como aqueles capazes de se multiplicar em alimentos mantidos entre 0<sup>o</sup> e 7<sup>o</sup>C sendo sua temperatura ótima para

multiplicação superior a 20°C. No entanto, Lawrie (2005) descreveu que a multiplicação bacteriana cessa nas carcaças congeladas.

Cousin et al. (2001) relacionaram que a contagem das bactérias psicrotrófilas é importante para vários alimentos. Os gêneros mais encontrados são *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Cytophaga*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Serratia* e *Vibrio*. Algumas bactérias são Gram positivas como *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Clostridium* e *Micrococcus*. Dentre estas, várias são responsáveis pela diminuição da validade comercial de alimentos e conseqüente deterioração.

Bomar (1985) classificou a carne segundo a contagem superficial de bactérias aeróbias mesófilas em: boa (até  $3,5 \times 10^6$  UFC/g), tolerável (até  $3,5 \times 10^7$  UFC/g) e imprópria (superior a  $3,5 \times 10^7$ ).

Em temperaturas de resfriamento sob condições aeróbias, a microbiota deteriorante da carne é dominada por *Pseudomonas* spp. e em condições anaeróbias pelos lactobacilos (LAWRIE, 2005).

Em bovinos; Puga et al. (1999) detectaram no músculo *Tríceps brachii* eletricamente estimulado, tenderizado, injetado e maturado por até 14 dias contagens de bactérias aeróbias mesófilas entre  $3,9 \times 10^2$  UFC/g e  $4,7 \times 10^2$  UFC/g e contagens de bactérias aeróbias psicrotrófilas entre  $7,0 \times 10^2$  e  $6,5 \times 10^5$  UFC/g.

Thayer et al. (1993) constataram que não houve contagem de bactérias aeróbias e anaeróbias mesófilas e psicrotrófilas em amostras de carne suína moída irradiada embalada a vácuo mantidas sob refrigeração.

### 2.3.2 *Enterococcus* spp.

A importância dos *Enterococcus* spp. em alimentos está relacionada com a possibilidade de sua resistência a antimicrobianos, aumentando a possibilidade de causar Doenças Veiculadas por Alimentos - DVA e envolvimento em infecções hospitalares (GIRAFFA et al., 2000).

Na última década, houve aumento no uso de probióticos onde os microrganismos mais usados são os lactobacilos e bifidobactérias, mas os *Enterococcus* spp. podem ser também usados (LUND et al., 2000).

Os *Enterococcus* spp. eram classificados no gênero *Streptococcus*, grupo sorológico D de Lancefield; *S. avium*, *S. bovis*, *S. equinus*, *S. faecalis* e *S. faecium*. Hoje, apenas duas espécies continuam no gênero *Streptococcus*: *bovis* e *equinum*. De acordo com o Manual Bergey (1986)

todos fazem parte do gênero *Enterococcus* spp.; *E. casseiflavum*, *E. durans*, *E. faecium*, *E. gallinarum*, *E. hirae*, *E. maloduratus*, *E. mundtil* e *E. faecalis* que podem estar presentes tanto no homem como em animais e alimentos (ITAL, 1995).

O gênero *Enterococcus* é relativamente novo. As espécies pertenciam ao gênero *Streptococcus*, mas em 1984 foi criado o gênero com somente duas espécies e posteriormente se desdobrou em um grande número de espécies. *Enterococcus* spp. é muito similar aos estreptococos do grupo D cujo protótipo é o *Streptococcus bovis*, sendo importante epidemiologicamente porque sobrevivem em situações ambientais difíceis podendo ser encontrado em alimentos, água e animais. Nos tratos gastrintestinal e geniturinário humano a colonização é comum sendo ponto de partida para disseminação de cepas resistentes (SANDERS, 2002).

São cocos Gram positivos em pares ou cordões curtos, anaeróbios facultativos, capazes de crescer a 10<sup>0</sup> e 45<sup>0</sup>C, em presença de 6,5% NaCl, pH 9,6 e de hidrolisar a esculina além de catalase negativa. São homofermentativos produzindo ácido láctico (DOMIG et al., 2003; JETT et al., 1994;).

São resistentes a baixas temperaturas (-5<sup>0</sup>C), mas não se multiplicam. Morrem rapidamente na água não sendo usados para verificação de sua contaminação. São capazes de produzir aminas biógenas que não são destruídas pela esterilização comercial e podem levar a morte os indivíduos alérgicos. São resistentes a antimicrobianos e capazes de produzir citolisinas. Estão presentes na cavidade oral e trato vaginal (JETT et al., 1994).

Diehl (1990) relacionou valores de D<sub>10</sub> para homogeneizado de camarão para *Enterococcus* spp. *faecalis* de 0,75 kGy e em solução tampão para *E. faecium* de 0,9 kGy. No entanto, Huhtanen (2004) detectou *Enterococcus* spp. mesmo em dose de 40 kGy.

Apesar de sua temperatura ótima de crescimento estar em torno de 35<sup>0</sup>C, também se multiplica em temperaturas de 0<sup>0</sup>C e 50<sup>0</sup>C sendo termodúricos resistindo a 60<sup>0</sup>C por 30 minutos (DOMIG et al., 2003).

Os *Enterococcus* spp. podem produzir bacteriocinas (enterocinas A, B, P, L50, Q e 1071) que são fortes inibidores de patógenos como *Listeria monocytogenes*, *Clostridium tybutiricum* e *S. aureus* contribuindo para a preservação dos alimentos e agindo como bioprotetor. As bacteriocinas não possuem boa ação contra bactérias Gram negativas. Sua ação quando associada a processos tecnológicos envolvendo alta pressão altera a permeabilidade



destas bactérias. Neste caso, as bactérias Gram positivas e negativas que resistirem ao processo de pasteurização tornam-se mais sensíveis à ação das bacteriocinas, aumentando a validade comercial de alimentos (HUGAS, 2003).

Apesar dos benefícios dos probióticos, culturas “*starter*” e maturação de POA, com o aparecimento de *Enterococcus* spp. resistentes a antimicrobianos, existe a preocupação da transferência de fatores de virulência e de resistência a antimicrobianos para as bactérias originárias do probiótico e culturas “*starter*” colocando em risco o hospedeiro e aumentando a disseminação dos mesmos a outros *Enterococcus* spp. ou até mesmo a outras espécies de bactérias que anteriormente não continham essas características (FRANZ et al., 2003).

Durante o processo de fermentação dos alimentos ocorre multiplicação bacteriana e acidificação do meio, proteólise e formação de aminas biógenas. Este processo é observado constantemente em carne, pescado e produtos lácteos. A atividade da aminoácido descarboxilase depende da presença de aminoácidos, fase de crescimento bacteriano e a cepa bacteriana (HUGAS et al., 2003).

Nos produtos cárneos e lácteos, sobrevivem a salga, alteração de pH, tratamentos térmicos como pasteurização e fermentação. Após o processamento tecnológico, contaminam o alimento sendo indicadores de condições higiênicas sanitárias inadequadas uma vez que são originários de material fecal (GIRAFFA, 2002; KUHN et al., 2003).

A presença de *Enterococcus* spp. como indicadores de contaminação fecal é destacada por resistirem a salinidade elevada, desidratação, detergentes, desinfetantes, pH ácido e tratamento térmico moderado. Estas características permitem verificar a ocorrência de falhas higiênicas sanitárias que ocorreram na matéria prima e/ou no processamento antes da aplicação dessas adversidades determinando melhor avaliação da validade comercial, riqueza em nutrientes e risco a saúde pública (OLIVEIRA et al., 1999).

Experimentos com animais e voluntários proporcionaram escassas informações sobre os *Enterococcus* spp. onde poucos manifestaram sinais patogênicos. Uma das causas das intoxicações alimentares inespecíficas com participação de bactérias não patogênicas seria a formação de aminas biógenas tóxicas originadas da descarboxilação de aminoácidos como tiramina, histamina e feniletilamina. No entanto, outras bactérias como *Proteus*, salmonelas, *Clostridium* e *Pseudomonas* são capazes também de produzir descarboxilases (PARDI et al., 2001).

O período de incubação varia de duas a 36 horas sendo os sintomas: náuseas, vômitos, dores abdominais e diarreia assemelhando-se as intoxicações por *S. aureus*; *C. perfringens* ou *B. cereus* (PARDI et al., 2001).

Hugas et al. (2003) também descreveram hiper e hipotensão, dor de cabeça e urticária. Os níveis toxicológicos de aminas são muito difíceis de serem estabelecidos uma vez que os sintomas variam com a individualidade e com a presença de outras aminas.

Atualmente, essas bactérias se destacam por serem os principais agentes causadores de infecções hospitalares acometendo principalmente aqueles indivíduos que ficaram hospitalizados por longos períodos ou aqueles que receberam vários tratamentos com diversos antimicrobianos (DOMIG et al., 2003; OLOFSSON et al., 2001; SANDERS, 2002).

Os *Enterococcus spp. spp* são responsáveis por vários processos sépticos constituindo uma das principais causas de infecções do trato urinário especialmente em pacientes com malformações estruturais e pacientes submetidos a manipulação geniturinária. Também é copatógeno importante de infecções intraabdominais e pélvicas, processos que são geralmente de etiologia polimicrobiana. Nestes casos deve-se questionar se *Enterococcus spp. spp.* está sendo patogênico porque existem situações onde somente o tratamento das outras espécies excluindo *Enterococcus spp.*, é necessário para que haja a cura (SANDERS, 2002).

Nos E.U.A; os *Enterococcus spp.* são a terceira causa de bacteremia. Na América Latina não é tão importante sendo especialmente prevalente em pacientes com SIDA, imunossuprimidos ou com afecções graves, se associa a hospitalizações prolongadas e a uso de antimicrobianos de amplo espectro (SANDERS, 2002).

A importância da presença de *Enterococcus spp.* não se deve somente a sua elevada frequência em infecções hospitalares nos últimos anos mas também da sua capacidade de desenvolver resistência aos antimicrobianos mais comuns e que amostras de *E. faecium* tendem a ser mais resistentes que amostras de *E. faecalis* (MURRAY, 1990).

Os *Enterococcus spp.* apresentam, naturalmente alta resistência a cefalosporinas, lincosamidas, alguns  $\beta$  lactâmicos e baixo grau de resistência a aminoglicosídeos. Podem adquirir determinantes genéticos que conferirão resistência a cloranfenicol, tetraciclina e glicopeptídeos, ou seja, a maior parte dos antimicrobianos (GIRAFFA, 2002).

A vancomicina é o último recurso para tratamento de infecções causadas por bactérias Gram positivas, principalmente por *Enterococcus spp.*. O aparecimento de *Enterococcus spp.*

vancomicina resistentes – EVR torna-se um problema grave porque aumenta o risco de transferência de resistência para outros microrganismos (TENDOLKAR et al., 2003).

No entanto, Saraiva et al. (1997) verificaram que em quatro espécies, a resistência a vancomicina é mais comum: *E. faecalis*, *E. faecium*, *E. avium* e *E. gallinarum*.

Estas cepas resistentes a antimicrobianos podem transferir esta característica para cepas sensíveis como o *Staphylococcus aureus* (GIRAFFA, 2002; KLEIN, 2003).

Bager et al. (1997) proveram evidências de uma associação causal entre o uso de avoparcina e a ocorrência de *Enterococcus spp. faecium* Vancomicina Resistente -EFVR em suínos e aves e sugerem que alimentos de origem animal constituem um reservatório potencial de infecção para o ser humano.

Mantilla et al. (2007) encontraram *Enterococcus spp.* em valores médios elevados em amostras de carne bovina inteira ou moída resfriadas obtidas no município de Niterói-RJ.

## 2.4 IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS

### 2.4.1 Definições e aplicações

O uso de radiação ionizante para a preservação de alimentos foi sugerida em 1916; foi objeto de patentes nos EUA em 1921 e na França em 1930. Desde 1950 tem sido objeto de interesse científico, econômico e político e tem sido aplicada em uma grande variedade de alimentos. Os suprimentos para pacientes com sistema imunológico comprometido são irradiados há mais de 20 anos (GLIDEWELL et al. 1993).

O “International Consultive Group on Food Irradiation” – ICGFI – foi um programa conjunto da “Food and Agriculture Organization” - FAO, “International Atomic Energy Agency” - IAEA e “World Health Organization” - WHO o qual tinha como funções primárias, servir como consultor pra as três organizações e para os países membros (LOAHANARU, 1994).

Foram realizados experimentos com raios X (bremsstrahlung) de 7,5 MeV em carne onde a mesma foi submetida a doses de 15 kGy, o dobro da dose permitida pelo “Food and Drug Administration” - FDA em difusão estreita ou ampla de energia e se concluiu que o risco para indivíduos pelo consumo desses alimentos seria trivial se comparado a radiação natural (GREGÓIRE et al., 2003).

O marco na irradiação de alimentos ocorreu em 1980 quando o último JECFI - “Joint Expert Committee on Food Irradiation” da FAO, IAEA e WHO concluíram que a irradiação de

alimentos com dose até 10 kGy é segura não oferecendo riscos toxicológicos, nutricionais ou microbiológicos (LOAHANARU, 1994 ; MORAES, 2000; RENERRE, 1990).

A legislação nacional definiu irradiação de alimentos como o processo físico de tratamento que consiste em submeter o alimento, já embalado ou a granel, a doses controladas de radiação ionizante, com finalidades sanitárias, fitossanitária e ou tecnológica (BRASIL, 2001).

Esta tecnologia pode ser usada como método útil de preservação de alimentos tendo o propósito de inativar células de microrganismos patogênicos ou deteriorantes parcial ou completamente (VILLAVENCIO et al., 2000).

A irradiação tem se destacado como técnica promissora entre os recursos atuais disponíveis para a preservação de alimentos. Cerca de 500 mil toneladas de vários produtos alimentícios são irradiados em todo o mundo anualmente, visando diminuir o risco de toxinfecções alimentares e aumentar a validade comercial (ICGFI, 1995).

A irradiação é uma tecnologia eficiente para a conservação de alimentos, podendo ser usada na luta contra as enormes perdas entre o produtor e o consumidor e também no controle de contaminações que colocam em risco a saúde de quem os consome. O processo consiste na exposição dos alimentos, já embalados ou a granel, a um campo de radiações altamente penetrantes, por um determinado tempo com o objetivo de destruir bactérias patogênicas, parasitos, fungos e insetos (MALISKA, 2000).

A radurização estende a validade comercial de alimentos, e reduz o número de organismos causadores de DVA tais como bactérias, mofos e leveduras (DELINCÉE, 1998; DELINCÉE, 2002b; GIROUX; LACROIX, 1998; KILCAST, 1995; RENERRE, 1990).

As partículas alfa são derivadas de elementos atômicos pesados como o urânio, tório e rádio. São unidades representadas por dois prótons e dois nêutrons e tem pouca penetração. Já as partículas beta são elétrons expelidos a velocidades muito altas tendo um pouco mais de poder de penetração porque tem massa menor em relação a alfa. A radiação gama é equivalente aos raios X sendo ondas eletromagnéticas de onda curta mais penetrantes que as partículas alfa e beta. O cobalto 60 e o cézio 137 são fontes de radiação gama. A radiação neutrônica é produzida em reatores nucleares ou geradores de nêutrons sendo que reagem facilmente com os núcleos de outros átomos induzindo-os a radiação (PARDI et al., 2001).

Diehl (1990) revelou que nem todo tipo de radiação ionizante pode ser usado em alimentos seja pela penetração insuficiente (ex. partículas alfa) ou porque podem tornar o material radioativo (elétrons ou raios X de alta energia).

O processamento de alimentos irradiados necessita de fontes com alta intensidade, penetrabilidade, confiabilidade e flexibilidade para ser adotado nos processamentos tecnológicos atuais. A legislação atual permite o uso de radionuclídeos (cobalto <sup>60</sup> ou césio <sup>137</sup>) ou aceleradores (raios X de até 5MeV, elétrons de até 10MeV). No entanto, a energia e eficiência de uso destas fontes são importantes fatores que envolvem o “design”, instalação, operação além de aspectos econômicos para produção de alimentos em alta escala (LAGUNAS-SOLAR; MATTHEWS, 1985).

Os aceleradores de elétrons tem sido muito usados em irradiação de alta escala. A penetração efetiva depende do nível de energia. Aceleradores de elétrons de baixa energia (acima de 300keV) e média energia (entre 300 keV e 1MeV) podem ser usados somente para materiais delgados porque os elétrons penetram poucos milímetros, não devendo ser usados em carcaças de animais a não ser que haja conversão de elétrons em raios X (DIEHL, 1990).

Os aceleradores lineares, também chamados LINACS, produzem feixes de elétrons de alta energia e estão sendo usados para diferentes processos industriais como material médico descartável, polimerização e descontaminação de alimentos. No caso de carne de aves, a salmonela é rapidamente eliminada (SADAT; VOLLE, 2000).

Na década de 80, vários países desenvolvidos como EUA, Reino Unido, França, Dinamarca, Países Baixos e muitos outros países em desenvolvimento como Brasil, Índia, Bangladesh, México, Tailândia, Coreia e outros introduziram regulamentações seguindo as recomendações do “Codex General Standard for Irradiated Foods” criado por um comitê do Codex Alimentarius da junta FAO/WHO (LOAHANARU, 1994; RENERRE, 1990).

A irradiação de alimentos pode ser usada para aumentar a validade comercial e segurança microbiológica em uma variedade ampla de alimentos. A radiação ionizante é usada para gerar radicais químicos altamente reativos nos alimentos os quais reagem com DNA microbiano (KILCAST, 1995).

De acordo com Loahanaru (1996), um número crescente de organizações internacionais tem reconhecido o uso de irradiação como método de assegurar a qualidade higiênica de muitos alimentos de origem animal da mesma forma que a pasteurização térmica. A eficácia da

irradiação como um método de pasteurização a frio para controlar DVA causadas por microrganismos patogênicos e parasitas, especialmente em alimentos que são consumidos crus ou parcialmente processados foi reconhecida.

A radiação ionizante pode reduzir significativamente, e em algumas circunstâncias eliminar microrganismos em produtos cárneos. Em 1997, o “Human Services Health Department”- HSHD do “Food and Drug Administration” - FDA publicou uma lista de produtos os quais podem ser seguramente utilizados para controlar patógenos responsáveis por DVA e aumentar a validade comercial. Os produtos adicionados nesta lista incluem carnes não cozidas refrigeradas e congeladas, miúdos (ex. fígado e rim) e certos produtos cárneos como hambúrguer e carne moída . O “Food and Safety Inspection Service” – FSIS do “United States Department of Agriculture” - USDA está propondo fazer emendas na legislação de inspeção de carne para substanciar o uso da radiação ionizante para tratamento destes produtos cárneos (UNITED STATES OF AMERICA, 1999).

De acordo com Pedreira (2001), Chile, França, Países Baixos e outros 18 países comercializam carne irradiada (carne bovina, carne de aves e frutos do mar).

Segundo estudos do comitê de peritos da WHO, baseados em estudos feitos em alimentos através de testes mutagênicos padrões, foi concluído que nenhum produto oriundo da radiólise possui risco toxicológico a curto ou longo prazo (RENERRE, 1990).

A irradiação com baixas doses e em baixas temperaturas elimina ou reduz os efeitos indesejáveis da irradiação e resulta em aumento da qualidade dos produtos (SHAHIDI et al.,1991).

A fumigação de alimentos e ingredientes com substâncias químicas tais como dibrometo de etileno – DE, metilbrometo – MB e óxido de etileno - OE para desinfestação de insetos tem sido proibidos ou tem uso restrito em muitos países desenvolvidos por razões de saúde e meio ambiente. A importação de outros países de qualquer alimento tratado com DE para venda nos EUA foi proibida assim como outros países seguiram a decisão americana. A irradiação foi uma alternativa viável para substituição destas substâncias (LOAHANARU, 1994).

No entanto, quanto menor o microrganismo, menos eficiente vai ser a irradiação. Sendo assim, a dose necessária para destruir fungos e bactérias pode ser ineficaz para eliminar vírus, toxinas e enzimas (DIEHL, 1990).

Devido à destruição de organismos sensíveis, pode haver predominância de organismos modificando a composição da microbiota de deterioração do alimento como o desenvolvimento de lactobacilos na carne os quais constituem menos de 1% da população inicial (DIEHL, 1990).

Os aceleradores lineares, também chamados LINACS, produzem feixes de elétrons de alta energia e estão sendo usados para diferentes processos industriais como esterilização de material médico descartável, polimerização e descontaminação de alimentos. No caso de carne de aves, a salmonela é rapidamente eliminada (SADAT; VOLLE, 2000).

Hopkins (2003) pontuou que os aceleradores de elétrons de baixa energia também podem reduzir a microbiota e estender a validade comercial de alimentos com redução de custos em relação a radiação gama.

#### **2.4.2 Atuação da radiação sobre as carnes**

A radiação produz íons e moléculas excitadas quimicamente. Origina radicais livres, polímeros e peróxidos na presença de oxigênio. Na carne que tem muita umidade, as moléculas podem ser destruídas já que são reduzidas ou oxidadas ao reagir com átomos de hidrogênio e radicais OH das moléculas de água irradiadas (PARDI et al., 2001).

Nos carboidratos, ocorre ação direta dos radicais OH os quais reagem com o hidrogênio formando água, aldeídos, cetonas ou ácidos. Nas proteínas ocorre mais a desaminação do que a descarboxilação e a presença ou não de oxigênio não parecem interferir neste processo. Uma grande proporção da radiação faz com que ocorra desnaturação protéica em vez de destruição dos aminoácidos constituintes. Esta desnaturação é menor quando relacionada ao tratamento térmico. Em oposição, nos lipídios, o efeito maior é indireto onde a água desempenha maior importância. O efeito primário de elétrons incidentes ou do efeito Compton leva a formação de radicais catiônicos ou de moléculas excitadas onde vários produtos radiolíticos são formados. Na presença de ar, os valores de peróxidos podem atingir valores muito altos. Praticamente, não há diferenças imediatamente após a irradiação. Somente na estocagem e na presença de ar ocorre o resultado. Vários estudos indicaram que proteínas exercem um efeito antioxidante que aumenta com a dose protegendo os lipídios contra a oxidação (DIEHL, 1990).

A desnaturação aumenta nas temperaturas de armazenamento, diminuindo a capacidade de retenção de água formando uma quantidade apreciável de exsudato. Na radurização, doses tão

baixas como 0,25 a 1,0 kGy podem prolongar a validade comercial pela destruição de microrganismos mas podem induzir a alterações no odor e sabor (LAWRIE, 2005).

Grant e Patterson (1991) verificaram que as amostras de carne suína moída irradiada mantida em atmosfera modificada – 25% de CO<sub>2</sub> e 75% de N<sub>2</sub> - e em temperatura de 10 a 15<sup>0</sup>C que tinham sido inoculadas com 10<sup>6</sup> células / grama de patógenos como *Listeria monocytogenes*, *Salmonella Typhimurium*, *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica* e *Clostridium perfringens* apresentaram redução de um a cinco ciclos logaritmos quando usado a dose de 1,75 kGy. *C. perfringens* foi o mais resistente ao passo que *Y. enterocolitica* foi o microrganismo mais sensível a irradiação. No entanto, foram percebidas alterações sensoriais nas amostras.

Lefebvre et al. (1992) perceberam que a carne bovina moída irradiada com 1 a 5 kGy mantida a 4<sup>0</sup>C aumentou a validade comercial em quatro a quinze dias sendo o crescimento de microrganismos reduzido com tendência de mudança de bacilos Gram negativos para cocos Gram positivos a medida que a dose de irradiação aumentava.

A cor e a rancidez oxidativa foram determinadas em costeletas suínas desossadas resfriadas (3 ± 2<sup>0</sup>C) e congeladas (-17 ± 3 <sup>0</sup>C) embaladas a vácuo ou em ar e irradiada a 0 , 1,5 e 2.5 kGy (resfriado) ou 0 , 1,5 ou 3.85 kGy (congelado) por acelerador de elétrons ou cobalto. A irradiação a vácuo desenvolveu um produto mais avermelhado e estável (cor e ranço ). O ranço oxidativo mais pronunciado e cor menos estável foram observados em amostras embaladas com ar. A fonte de irradiação teve pequenas variações e limitadas a cor e ranço. A descoloração ocorreu nas amostras embaladas aerobicamente e com o avanço dos dias de validade (LUCHSINGER et al., 1996).

Amostras resfriadas de costeletas suínas irradiadas (0; 1,50; 2,50 e 3,85 kGy) em embalagem permeável ao ar ficaram mais claras do que as costeletas embaladas a vácuo, e as amostras embaladas com ar ficaram significativamente mais claras com o decorrer dos dias de validade (3, 7 e 14). As costeletas embaladas a vácuo tornaram-se mais vermelhas com o aumento da dose de 1,5 para 2,5 kGy no dia 0 e de 0 para 2,5 kGy nos dias 3, 7 e 14. As amostras irradiadas a vácuo tornaram-se mais avermelhadas em relação as embaladas com ar. A palidez foi menor em todas as amostras embaladas a vácuo em todas as doses e dias de validade comercial. Com relação as amostras congeladas, não houve diferença entre as amostras em relação ao escurecimento ou palidez. As costelas embaladas a vácuo ficaram mais avermelhadas em relação



as amostras embaladas com ar em todas as doses e dias de validade (LUCHSINGER et al., 1996).

De acordo com Zhao et al. (1996), a carne de suíno irradiada teve maiores valores  $L$  em relação as amostras controle. No entanto, a irradiação não alterou valores  $a$  em amostras embaladas a vácuo durante duas semanas. Contudo, a irradiação ocasionou aumentos dos valores  $b$  nas primeiras duas semanas ficando estáveis nas outras duas semanas.

Com 14 dias de validade, todas as contagens em placas de bactérias aeróbicas em amostras de costeletas irradiadas (resfriadas ou congeladas) demonstraram resultados inferiores ao valor  $10^7$  UFC/g, limiar da putrefação. Os valores encontrados nas amostras de costeletas suínas demonstraram redução de 4,8 e 5,6 ciclos logarítmicos em doses de 1,5 e 2,5 kGy comparadas as amostras controle. Em amostras irradiadas com 2,5 kGy, a contagem foi de 6,1 logUFC/ cm<sup>2</sup> no sétimo dia (LUCHSINGER et al., 1996).

Hopkins (2003) concluiu que elétrons de baixa energia (250 kV) com dose de 1,50 a 3,50 kGy foram eficazes na redução do nível de bactérias mesófilas, psicrotróficas e *Lactobacillus sp* em até 1,25 ciclos logarítmicos em carnes processadas sem alterações de flavor ou odor.

Sarkis et al. (2003) constataram que em relação as carnes não convencionais não existem muitos dados sobre sua qualidade microbiológica e em seu trabalho de pesquisa verificaram que 11% das amostras de carne de javali apresentaram contagens elevadas de *Staphylococcus aureus* superiores ao limite máximo estabelecido pela Resolução de Diretoria Colegiada - RDC n<sup>o</sup> 12 de 12/01/01 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA o que justificaria a aplicação da irradiação de alimentos.

Também Piérard et al. (1997) constataram que 27% das amostras de carne de javali foram positivas para verotoxina produzida pela *E.coli*.

Nam e Ahn (2002) verificaram que as amostras irradiadas em presença de ar obtiveram valores de TBARS superiores as amostras controle, inclusive aumentando durante a estocagem mas em amostras embaladas a vácuo, o tempo de estocagem não alterou os valores de TBARS.

Luchsinger et al. (1996) revelaram que os valores de TBA – “Thiobarbituric acid” em costeletas suínas resfriadas irradiadas com 0; 1,50; 2,5 e 3,85 kGy) e embaladas a vácuo não alteraram com a dose e dias de validade comercial enquanto as amostras permeáveis ao ar tiveram seus valores aumentados com a dose e com a evolução dos dias de validade comercial. As amostras irradiadas com 2,5 kGy obtiveram valores superiores ao padrão (1.0) para

percepção sensorial de rancidez em sete dias e as amostras irradiadas com 1,5 kGy em 14 dias. Com relação as amostras congeladas, os valores de TBA aumentaram nas amostras embaladas com ar em relação ao vácuo e a dose e dias de validade. Os valores foram maiores nas doses de 2,50 e 3,85 kGy nos dias 7 e 14 mas todas permaneceram estáveis. Todas as amostras irradiadas resfriadas ou congeladas foram estáveis independentemente da dose, dias de prateleira e fonte de radiação.

Nam e Ahn (2003) verificaram que o uso de antioxidantes reduziu a formação de compostos voláteis sulfurados em homogeneizados e salgadinhos de carne suína irradiados com acelerador de elétrons sendo mais evidente quando embalados a vácuo do que em condições aeróbicas.

Lefebvre et al. (1992) constataram uma redução de três ciclos logarítmicos na contagem de bactérias aeróbias psicrotrófilas em carne moída irradiada com 2,5 kGy a qual teve uma validade de dez dias antes da contagem atingir sete ciclos log comparada a carne moída controle a qual teve validade de apenas um dia.

Para minimizar os efeitos adversos, Lawrie (2005) citou a vantagem de se irradiar carne congelada já que imobiliza a fase aquosa prevenindo alterações químicas secundárias. O desenvolvimento de odores e sabores anormais é mínimo se a irradiação for realizada a  $-20^{\circ}\text{C}$ . O uso de compostos protetores como ácido ascórbico, sulfito, nitrito e benzoatos para reagirem com as moléculas ativadas têm sido descritos. Também tem sido revelado o uso de carvão ativado nas embalagens para diminuir o odor dentro das embalagens.

Outros autores realizaram trabalhos com carnes irradiadas obtendo resultados satisfatórios em aspectos físico químicos, sensoriais ou microbiológicos (COSTA et al., 2006; FERNANDEZ et al., 2002; HAMPSON et al., 1996; LEFEBVRE et al., 1994; SANTOS et al., 2006; ZHAO et al., 1996).

#### **2.4.3 Métodos de identificação de alimentos irradiados**

Villavencio et al. (2000) descreveram que embora a irradiação seja um método muito eficiente para a produção de alimentos saudáveis e seguros; os consumidores devem ser capazes de fazer sua escolha entre alimentos irradiados e não irradiados onde a rotulagem é indispensável.

O uso de radiação ionizante para tratar certos alimentos está aumentando e existe a necessidade de determinar se a irradiação ocorreu e na dose desejada (DODD et al., 1989).

As doses máximas usadas são estabelecidas pelas legislações de cada país. O uso desnecessário de altas doses é de importância econômica porque o custo aumenta com a dose. Da mesma forma, deve ser assegurado que o produto irradiado recebeu a dose mínima necessária para o processo (DIEHL, 1990).

A capacidade de identificar alimentos irradiados – complementares a certificação - auxilia a aumentar a confiança dos consumidores. Torna possível checar a regulamentação existente (rotulagem ou proibição) e facilita o comércio internacional. Existem esforços a nível mundial que levaram a várias validações e mesmo padronizações de métodos de detecção para um grande número de diferentes produtos alimentícios (DELINCÉE, 1998; DELINCÉE, 2002a; DELINCÉE, 2002b).

Para medir a distribuição da dose, devem ser colocados vários dosímetros ao acaso nas caixas metálicas em virtude dos vários fatores que podem influenciar na absorção da dose. No caso do produto, são a densidade e embalagem. Já os parâmetros da fonte no caso de radiação gama são o tipo de isótopo, a taxa de dose e a geometria da fonte em relação a planta. Os dosímetros de polimetil metacrilato são amplamente utilizados na rotina em processos de controle e inspeção. Desenvolve uma cor vermelha a qual será medida em colorímetro (DIEHL, 1990).

Para garantir a livre escolha do consumidor, alimentos irradiados devem ser rotulados como tais e para fazer cumprir a rotulagem, métodos analíticos para detectar a dose de irradiação são desejáveis devendo ser simples e rápidos (CERDA et al., 1997; DELINCÉE, 1998; DELINCÉE, 2002a; VILLAVICENCIO et al., 2000).

Existem vários métodos físicos, biológicos e químicos os quais incluem a Ressonância Paramagnética Eletrônica - RPE, luminescência, alterações de viscosidade, detecção de espécies químicas radio-induzidas tais como hidrocarbonetos voláteis e *o*-tirosina por técnicas espectrométricas de massa cromatográfica, alterações de DNA e modificações da microflora (GLIDEWELL et al., 1993).

Vários métodos de detecção para tratamento de irradiação de alimentos têm sido desenvolvidos nos últimos anos. Muitos deles necessitam de equipamentos relativamente caros e/ou tempo de preparo de amostra prolongado. Portanto, testes simples e de baixo custo seriam adequados para detecção rápida em alimentos. Os dois métodos rápidos mais promissores seriam o “comet assay” o qual visualiza a fragmentação do DNA nos alimentos irradiados e o cálculo de

gases radiolíticos formados tais como monóxido de carbono e hidrogênio em carne irradiada por sensores de gás eletroquímicos (DELINCÉE, 1995; DELINCÉE, 1998).

Já que a principal característica da radiação ionizante é a ausência de alteração química no alimento, sua detecção é mais difícil. A ionização forma radicais livres que tem curta duração porém persistem em ossos sendo detectados pela RPE. Produtos radiolíticos do DNA podem ser detectados em até  $10^{-15}$  moles. A diidrotimidina é formada em anoxia pela interação de radicais derivados da água e timidina sendo um índice específico da irradiação que também pode ser usado (LAWRIE, 2005).

Douifi et al. (1998) descreveram que a RPE ou Ressonância Elétron Spin - RES é o método mais apurado para uso em rotina já que os radicais são estabilizados por períodos longos em alimentos sólidos ou secos. Conseqüentemente, pode ser aplicado em carne ou pescado com osso, frutas e outros produtos de origem vegetal.

A RES é um excelente método para a identificação de alimentos irradiados contendo ossos ou cutícula calcificada (ex. crustáceos) mesmo na ausência de amostras controle. O método é rápido e pode detectar doses menores, porém o equipamento básico é caro (BÖGL, 1989).

A hidroxiapatita é o principal componente da fase mineral dos tecidos calcificados constituindo até 70% dos ossos qual quando submetida a irradiação forma radicais livres, principalmente  $\text{CO}_2$  em ossos que é proporcional a dose utilizada (ROMANYUKA; REGULLA, 1996).

Seu fundamento baseia-se na quantificação dos radicais livres carboxil originados proporcionalmente de acordo com a dose de radiação e aprisionados na matriz cristalina óssea como na reação:  $\text{RCOOH} + \text{Radiação } \gamma \Rightarrow \text{R CO}_2 + \text{e}^-$  (Figura 1). Estes radicais ficam presos na porção cortical dos ossos sendo moléculas com elétrons não ligados os quais podem ser detectados pela RPE (DESROSIERS, 1991). Os elétrons possuem dois estados spin os quais normalmente são emparelhados nas ligações químicas. Nos radicais livres ou em outras espécies paramagnéticas, os elétrons não emparelhados podem existir em outras formas e na presença de um campo magnético faria com que eles sejam paralelos ou antiparalelos ao campo magnético. Estas configurações são de energia diferente e os elétrons podem estar excitados desde o menor até o maior nível de energia pela absorção de energia de microondas. Na RPE, as amostras são colocadas entre os pólos de um eletromagneto e a absorção de microondas é detectada na região 9GHz do espectro eletromagnético. A informação sobre o ambiente molecular dos elétrons não

emparelhados é derivada das posições e formas das linhas espectrais. Os átomos adjacentes os quais teriam spin nucleares não zero modificariam o ambiente magnético dos elétrons não emparelhados e isto resultaria em um super adelgaçamento da RPE entre as linhas  $2I - 1$  onde  $I$  é o spin nuclear. Já que para um spin nuclear de  $I=1/2$ , existiriam duas linhas. Os radicais livres são frequentemente reativos e muitos radicais induzidos por radiação possuem vida curta em meios líquidos onde existem muitas oportunidades para interações intermoleculares. Estes radicais podem ser aprisionados em matrizes sólidas como amostras congeladas ou estruturas cristalinas como ossos.

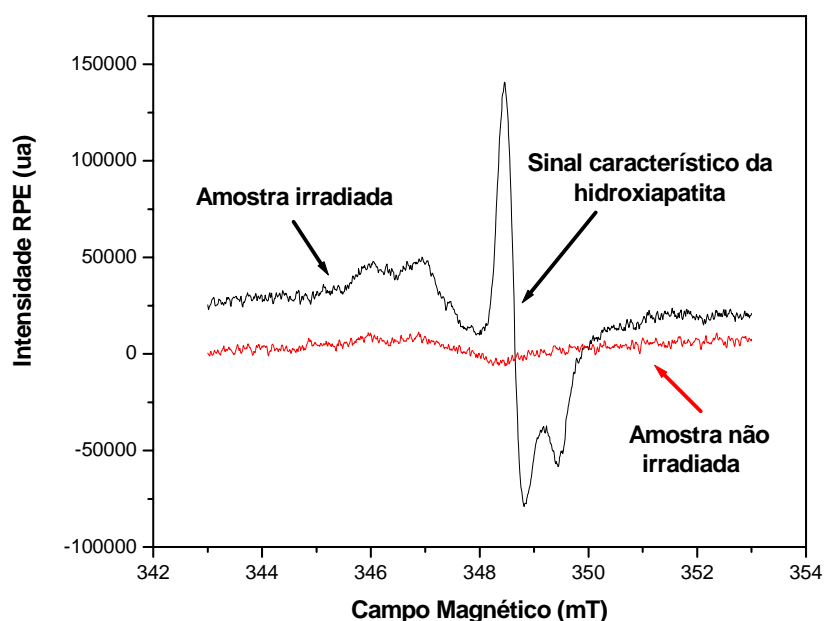


FIGURA 1 - Espectro de uma amostra não irradiada e uma amostra irradiada de osso.

Dodd et al. (1989) constataram que o sinal “background” não altera com a estocagem de amostras estéreis mas foi observado duplicado de intensidade em fêmures de galinha estocados por duas semanas em temperatura ambiente em condições que permitiram o crescimento bacteriano. A maior variação observada foi na carne bovina onde a amplitude do sinal variou em 10% entre duas amostras. O menor limite para a detecção de irradiação foi encontrado em torno de 50 Gy para ossos de aves ou bovinos que são doses não utilizadas comercialmente. Uma simples medição da amplitude do sinal fornecerá uma medida estimada da dose recebida sendo

diretamente proporcional a dose embora. Não existem diferenças nas medições quando a amostra é pulverizada ou fragmentada porém a umidade deve ser evitada já que diminui a sensibilidade do espectrômetro.

De acordo com Raffi et al. (1989) os sinais RES devem ser estáveis ou moderadamente estáveis durante a estocagem dos alimentos: isto só é possível em material sólido e seco. Em seu estudo com carne de rã com osso verificaram que o sinal é proporcional a dose acima de 14 kGy não havendo modificações por pelo menos dois anos. No entanto, o uso de altas doses (> 50 kGy) leva a formação de sinais instáveis já que os ossos tornam-se frágeis com o aumento da dose.

Duarte et al. (1995) utilizaram espectroscopia de RES em carne de frango com osso (“drumsticks”) sendo o sinal controle obtido pela matriz cristalina do osso. A carne foi irradiada, os ossos separados e liofilizados para obtenção do espectro RES. O sinal RES aumentou linearmente com a dose entre 0,25 a 8,0 kGy. Os radicais livres avaliados durante 30 dias após a irradiação mostraram-se estáveis no período.

Stachowicz et al. (1998) estudaram os efeitos da radiação gama e acelerador de elétrons em vegetais desidratados, cogumelos, condimentos e especiarias. Os sinais RPE foram obtidos após exposição à radiação gama e a radiação de elétrons 10 MeV de um acelerador linear que foram estáveis, intensos e específicos quando comparados as amostras controle. Não houve diferenças em padrões (parâmetros espectrais) e intensidades dos espectros RPE em relação as mesmas doses utilizadas com radiação gama ( $^{60}\text{Co}$ ) e elétrons 10MeV. No entanto, a estabilidade dos sinais RPE induzidos pela radiação nestes alimentos depende das condições de estocagem.

Yordanov et al. (1998) em um estudo com carne de suíno com osso utilizando RPE em comparação com cromatografia gasosa revelaram que a RPE é um método mais rápido mesmo com tratamento térmico. No entanto, a cromatografia gasosa consome mais tempo mas seria mais útil em carnes sem osso.

Uma técnica rápida e sensível para detectar fragmentação de DNA é a eletroforese microgel de células simples ou núcleos também chamada de “comet assay”. No Brasil, usaram “DNA comet assay” para identificar carne de animais exóticos (javali, jacaré e capivara) irradiada com raios gama por  $^{60}\text{Co}$  em doses de 0, 1.5, 3.0 e 4.5 kGy. A análise da migração de DNA demonstrou ser um método simples, de baixo custo e rápido para identificação embora seja restrito a alimentos que não tenham sido submetidos ao calor ou outros tratamentos que também

causariam fragmentação de DNA já sendo usado para controle de alimentos irradiados na Suécia (VILLAVICENCIO et al., 2000).

Cerda et al. (1997) pontuaram que o “DNA comet assay” possui grande potencial como método rápido para detectar se uma grande variedade de alimentos foi processada pela radiação pela fragmentação do DNA sendo usada em sementes, frutas secas e condimentos podendo ser usado também em alimentos de origem animal.

As amostras são colocadas em cubas com fios de platina onde foi desenvolvido a eletroforese em microgel das células simples ou núcleos das amostras e a formação dos “cometas” foi visualizada em um fotomicroscópio e fotografado (VILLAVENCIO et al., 2000).

Em um ensaio com hambúrgueres que foram irradiados com elétrons (0; 1,3; 2,7; 4,5 e 7,2 kGy), a fragmentação de DNA nos hambúrgueres foi visível em poucas horas usando o “comet assay”, e as amostras não irradiadas foram facilmente discernidas daquelas irradiadas. Mesmo após nove meses de estocagem, os hambúrgueres irradiados poderiam ser identificados. Já que a fragmentação de DNA pode ocorrer em outros processos (temperatura), outros testes validados para confirmação devem ser usados (DELINCÉE, 2002b).

Na análise de irradiação de carnes de javali, capivara e jacaré por “comet assay”, verificou-se que nas amostras não irradiadas, células intactas foram observadas. E a medida que a irradiação foi aplicada, os resultados demonstraram a fragmentação dos núcleos formando “caudas” que aumentavam de acordo com a dose aplicada. O aspecto e a forma dos “cometas” se alteraram com a quantidade de fragmentação do DNA, indicando diferenças na dose de radiação. Embora a maioria das imagens foi de células ou núcleos sem “cauda”, no mesmo tempo, “cometas” de formas variáveis apareceram, representando apoptose das células ou núcleos das amostras não irradiadas. O DNA “comet assay” oferece alto potencial como ensaio de triagem para detecção qualitativa de alimentos irradiados (VILLAVENCIO et al., 2000).

Diehl (1990) relacionou os métodos de termoluminescência e quimioluminescência os quais não são muito confiáveis com o tempo seguido após irradiação principalmente se não forem alimentos secos e requerem equipamentos caros.

Lawrie (2005) relacionou também a titulação da o- e m-tirosina como medida da irradiação sendo formada pelos radicais OH a partir da fenilalanina. Pode ser usada a detecção específica de 2-dodecil e 2-tetradecilbutanona que se formam a partir da radiólise de

triglicérides saturados formando 2-alquilciclobutanonas. Ainda podem ser formados a partir desta radiólise quantidades maiores de monóxido de carbono.

## 2.5 ALTERAÇÕES LIPÍDICAS DA CARNE E MÉTODOS ANALÍTICOS

De acordo com Silva et al. (1999) os lipídios são importantes no tocante às propriedades sensoriais como sabor, aroma, cor e textura. São fontes de energia metabólica, de ácidos graxos essenciais e de vitaminas lipossolúveis.

Nos alimentos, a fração lipídica está relacionada a diversas características sensoriais, como estabilidade da coloração, aroma, textura, suculência, estabilidade das proteínas, validade comercial sob congelamento, estabilidade das emulsões e conteúdo calórico (FERRARI, 2000).

Durante a estocagem, o transporte e o processamento tecnológico, os tecidos gordurosos sofrem modificações, sendo a rancificação a principal delas. Esta pode ocorrer por hidrólise ou por oxidação dos triglicéridios e dos ácidos graxos (COELHO, 1977).

Segundo Silva et al. (1999) a oxidação lipídica é um fenômeno espontâneo e inevitável, com uma implicação direta no valor comercial quer dos corpos graxos, quer de todos os produtos que a partir deles são formulados (ex. alimentos, cosméticos, medicamentos). A peroxidação lipídica constitui a principal causa de deterioração dos lipídios e matérias graxas. No decurso de processos de transformação e armazenamento, ocorrem alterações do tipo oxidativo, as quais se caracterizam pela modificação do *flavor* original e o aparecimento de odores e gostos característicos do ranço, o qual representa para o consumidor, ou para o transformador industrial, uma importante causa de depreciação ou rejeição.

A oxidação lipídica depende de diversos mecanismos reacionais e extremamente complexos, os quais estão relacionados com o tipo de estrutura lipídica e o meio onde esta estrutura se encontra. Para a estabilidade oxidativa dos lipídios, o número e a natureza das insaturações presentes, o tipo de interface entre os lipídios e o oxigênio, a exposição à luz e ao calor, a presença de pró-oxidantes ou de oxidantes, são fatores determinantes (BERSET et al., 1996).

A oxidação lipídica pode ocorrer por catálise enzimática, nomeadamente por ação da lipoxigenase. Esta enzima atua sobre os ácidos graxos poli-insaturados (*e.g.* ácidos linoléico e linolênico; e seus ésteres), catalisando a adição de oxigênio à cadeia hidrocarbonada poli-insaturada. O resultado é a formação de peróxidos e hidroperóxidos com duplas ligações



conjugadas, os quais podem envolver-se em diferentes reações degradativas, semelhantes às observadas para os processos de autooxidação, originando diversos produtos. O processo de catálise enzimática decorre com maior especificidade, em termos de substrato e de produtos finais, do que o processo de autooxidação (SILVA et al., 1999).

A oxidação em lipídios inicia-se pela retirada de um hidrogênio do carbono adjacente à ligação dupla de um ácido graxo insaturado, especialmente os ácidos graxos poli-insaturados, a reação de oxidação lipídica prossegue com a formação de peróxidos (FERRARI, 1999).

Os peróxidos são produtos de oxidação primária, são compostos instáveis e tóxicos e se degradam em produtos secundários como monoaldeído e 4-hidroxinonal, que também são altamente tóxicos (SHAHIDI, 1995).

Os produtos da quebra da reação a partir dos hidroperóxidos são hidrocarbonetos, carbonilas, cetonas, aldeídos, álcoois, ácidos carboxílicos e outros, e são de baixo peso molecular. Os produtos da quebra de hidroperóxidos, como álcoois, aldeídos, cetonas e hidrocarbonetos geralmente possuem intenso aroma desagradável (SHAHIDI, 1995).

O ranço, a produção de compostos responsáveis por *off flavor* e *off odors*, a reversão e a ocorrência de um elevado número de reações de polimerização e de cisão são originados da oxidação lipídica. Esses tipos de reações não só diminuem o valor nutritivo e o tempo de validade dos produtos alimentares, como podem gerar compostos nocivos (FRANKEL, 1993).

Esses compostos são tóxicos aos genes, às células, ao fígado, aos rins e ao sistema cardiovascular, tendo como conseqüências a aterosclerose e, possivelmente, certas neoplasias malignas (FERRARI, 1999).

A gordura leva a perda de qualidade em produtos cárneos por contribuir para a rancidez a qual se origina nos lipídios e resulta numa variedade de compostos químicos que fornecem odores e sabores desagradáveis. Para avaliar a qualidade dos produtos ou testar a eficiência do processo ou de um antioxidante, é necessário ter algumas formas de medir os compostos intermediários ou finais. Neste caso, os valores são relativos e qualquer decisão como ou quando um alimento ficou rançoso é arbitrária (SEBRANEK, 1978).

Na avaliação sensorial, a degustação de amostras com o tempo permite entender o aparecimento progressivo dos produtos de degradação dos lipídios, causadores de *off flavors* ou *off odours*. É considerada a determinação mais fidedigna porque mede o que o consumidor aprecia, traduzindo a sua aceitação relativamente ao produto. Extremamente sensível, permite

detectar quantidades da ordem dos  $\text{mg.kg}^{-1}$ , enquanto que outros métodos possuem em geral um limiar mil vezes superior. Porém não pode ser um único método de controle pois é difícil de pôr em prática, possui custos elevados para treinamento já que a sensação percebida não é única e modifica-se à medida que a oxidação progride o que torna necessário o uso de testes objetivos (SILVA et al., 1999).

Existem métodos manométricos (Teste de Sylvester, ensaio com bomba de oxigênio), polarográficos (oxigrafia), ponderais ou mesmo cromatográficos para a análise do oxigênio consumido ou dos substratos da oxidação (SILVA et al., 1999).

De acordo com Antoniassi (2001), os métodos de estufa e Active Oxygen Method - AOM têm sido os mais utilizados na determinação da estabilidade oxidativa apesar do alto consumo de reagentes e longo tempo de análise mas já foram desenvolvidos métodos automatizados que medem a absorção de oxigênio (Fira Astell ou Oxidograph) ou formação de voláteis da oxidação (Rancimat e Oil Stability Instrument).

Vários estudos sobre a estabilidade térmica e/ou oxidativa e sobre o comportamento cinético de óleos vegetais têm sido realizados por Termogravimetria - TG, Análise Térmica Diferencial - ATD e Calorimetria Exploratória Diferencial -CED. No entanto, ainda são escassos os estudos sobre o comportamento térmico de óleos e gorduras de origem animal (GARCIA et al., 2004).

Antoniassi (2001) concluiu que o uso de métodos acelerados pode ser criticado porque o mecanismo de oxidação é diferente em altas temperaturas e os resultados não refletirão necessariamente a estabilidade ou qualidade dos óleos em condições normais de estocagem. O benefício obtido também é discutível, pois podem haver resultados conflitantes, dependendo da análise ou das condições de estocagem utilizadas.

Ultimamente, alguns métodos apresentaram particular interesse de aplicação como a calorimetria diferencial e quimiluminescência (SILVA et al., 1999).

A medida de compostos intermediários é feita pelo índice de peróxidos e está intimamente ligada a extensão pela qual a rancidez ocorreu ao passo que a medição dos produtos finais é dada pelo índice do teste do ácido 2-tiobarbitúrico - TBA o qual é um bom indicador do desenvolvimento do ranço (SEBRANEK, 1978).

Um dos métodos utilizados para a determinação da oxidação lipídica é através da determinação do índice de peróxido pelo método rápido de Lea (PEARSON, 1976).

A sua determinação baseia-se na oxidação de iodetos em iodo, pelo oxigênio ativo do peróxido, e dosagem titulométrica do iodo liberado, normalmente em presença de ácido acético glacial (COELHO, 1977).

Hampson et al. (1996) verificaram que os valores de peróxidos foram de 4,75 mEq/kg em carne suína irradiada com 2,83 kGy.

A determinação do ponto final da titulação é difícil quando o nível de peróxidos é baixo (IP = 0,06-20), mesmo em presença de um indicador (amido). Nestes casos deve-se optar por uma determinação potenciométrica ou, em alternativa, pode-se medir o valor de absorbância, a 350 ou 290 nm, dos íons  $I_3^-$  em meio metanol/ácido acético (SILVA et al., 1999).

Um dos métodos mais usados em produtos cárneos em laboratórios do mundo inteiro para se avaliar a extensão da oxidação lipídica é o teste do ácido 2-tiobarbitúrico –TBA ou substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico - TBARS. O malonaldeído oriundo da oxidação lipídica após obtido pela destilação e aquecimento com TBA produzindo coloração rosa que pode ser medida espectrofotometricamente e comparada com a absorção da curva padrão (TORRES; OKANI, 1997).

O teste do TBA vem sendo aperfeiçoado com frequência para obtenção de dados mais confiáveis. Porém, no Brasil, seu uso não é comum pois o objetivo dos laboratórios de controle de qualidade seria a execução das análises de rotina (TORRES; OKANI, 1997).

Schormuller (1968) estabeleceu que valores abaixo de 5 mgMal/kg seriam adequados para consumo e entre 7 e 8 mgMal/kg no teste de TBARS significariam que o alimento estaria impróprio para consumo no âmbito das características sensoriais.

Vários autores tentaram estabelecer limites para os valores de TBARS onde não haja alterações de suas características sensoriais (GALVIM et al., 1997; OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2002).

Davis et al. (2004) obtiveram valores de TBARS de 0,13 mgMal/kg em carne suína irradiada com 4,4 kGy mantidos em refrigeração e obtendo posteriormente valores de 0,19 kGy.

Apesar de ser um teste questionável, frente a técnicas como a cromatografia, tem sido feitas modificações para aumentar a especificidade. O conhecimento da composição da amostra é fundamental para apontar os possíveis interferentes e para se escolher a metodologia mais adequada. O pescado, geralmente, apresenta maiores valores de TBA que carnes bovinas, suínas e frangos por apresentar maior quantidade de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa. Em

produtos cárneos crus ou cozidos deve-se levar em consideração a sacarose presente enquanto produtos curados requerem atenção especial quanto à presença do nitrito. As diversas metodologias existentes não geram valores de TBA compatíveis. Os métodos de destilação superestimam os valores de TBA em até duas vezes, se comparados com os métodos de extração, sendo os valores dos testes de recuperação daqueles inferiores a estes. É essencial divulgar o método escolhido na determinação do número de TBA para não incorrer na condenação ou na permissibilidade de produtos, cuja validade é determinada pela oxidação de lipídios. Em alguns casos, o melhor a se fazer é treinar uma equipe de provadores para discriminar alterações no sabor de um determinado tipo de produto e aplicar a metodologia de TBA, correlacionar as notas atribuídas pela equipe com os valores de TBA e estabelecer os parâmetros de qualidade definidos pela correlação. Uma alternativa seria o uso de testes rápidos mas ainda não há estudos conclusivos sobre a correlação destes métodos com os tradicionais (OSAWA et al. ,2005).

## 2.6 ANÁLISE SENSORIAL E ALTERAÇÕES PELA IRRADIAÇÃO

Segundo Dudel (1980) é através dos órgãos dos sentidos especializados, e não de forma global e imediata que tomamos conhecimento do ambiente e dos processos que passam no interior do nosso organismo.

Os sentidos fundamentais do corpo humano são: visão, audição, tato, gustação ou paladar e olfato os quais constituem as funções que propiciam o nosso relacionamento com o ambiente (VILELA, 2006).

Segundo Silva Junior (1995) visão é a discriminação de diferenças no meio externo, resultante da impressão sensorial produzida pelos raios luminosos nos olhos.

Conforme Alves (2006) embora a visão seja o mais ativo dos sentidos, nem sempre realmente enxergamos o que estamos olhando. Para que isso aconteça, é preciso contemplar, simplesmente parar e observar cada detalhe, seja de um rosto, de uma paisagem, seja de um objeto.

De acordo com Tocchini e Mercadante (2001) na observação de um alimento o impacto visual causado pela cor destaca-se de todos os outros, fazendo da cor um dos pontos mais importantes na comercialização de alimentos e tornando assim, primeiro critério de aceitação ou rejeição de um produto.

Segundo Silva Junior (1995) aroma é a propriedade sensorial perceptível pelo órgão olfativo via retronasal durante a degustação enquanto odor é a propriedade sensorial perceptível pelo órgão olfativo quando certas substâncias voláteis são aspiradas.

Entende-se por gosto a sensação percebida através do paladar, localizado principalmente na língua e na cavidade bucal. Sabor é a sensação percebida através das terminações nervosas dos sentidos do olfato e gosto principalmente, porém não se deve desconhecer o estímulo simultâneo dos receptores sensoriais de pressão e os cutâneos de calor, frio e dor (MODESTA, 1994).

As sensações gustativas são detectadas pelas papilas gustativas, localizadas principalmente na língua e, secundariamente, nas paredes da parte posterior da boca e da faringe anterior. Psicologicamente, podemos distinguir quatro tipos de gostos, as sensações gustativas primárias: (1) salgado, (2) doce, (3) amargo e (4) ácido. As diferentes papilas gustativas apresentam sensibilidades preferenciais para uma ou mais de uma dessas sensações gustativas primárias (GUYTON, 1988).

Vilela (2006) declarou que muito do que é chamado gosto é, na verdade, olfato, pois os alimentos, ao penetrarem na boca, liberam odores que se espalham pelo nariz. Normalmente, a pessoa está resfriada afirma não sentir gosto, mas, ao testar suas quatro sensações gustativas primárias, verifica-se que estão normais. As sensações olfativas funcionam ao lado das sensações gustativas, auxiliando no controle do apetite e da quantidade de alimentos que são ingeridos.

O sabor e o odor dos alimentos são importantes tanto do ponto de vista sensorial como fisiológico, já que, sendo agradáveis, estimulam a secreção dos sucos digestivos (LAWRIE, 2005).

A análise sensorial é uma disciplina científica usada para medir, analisar e interpretar reações daquelas características de alimentos e outros materiais quando são percebidas pelos órgãos da visão, olfato, gustação, tato e audição (IFT, 1981).

Nos dias atuais os métodos sensoriais têm aplicação universalizada, demonstrada pelo fato de que diferentes métodos objetivos são geralmente comparados a um outro método sensorial (BRASIL, 1985).

Os métodos sensoriais têm alcançado um auge significativo nos últimos anos, devida a ampla difusão que tem esta ciência e praticamente a maioria das publicações atuais relacionadas com investigações em alimentos incluem a análise sensorial (ALMEIDA et al., 1999).

Atualmente as indústrias de alimentos no Brasil, impulsionadas pelo mercado externo e,

principalmente pelas exigências da garantia da qualidade, direcionam suas necessidades para o controle da qualidade sensorial como um dos fatores que afetam a qualidade dos seus produtos (MODESTA, 1994).

Griswold (1972) relatou a importância da análise sensorial na experimentação com alimentos em decorrência da sua contribuição para a determinação da sua qualidade e por responder a questões importantes, como aparência, aroma, cor e sabor. Os degustadores deverão estar disponíveis durante todo o período do experimento, que apreciem o alimento testado e que não comam ou fumem pelo menos 30 minutos antes da análise.

Segundo Modesta (1994) os métodos sensoriais analíticos são classificados em: discriminativos: sensibilidade (“threshold”), diferença (teste triangular, pareado, duo-trio, comparação múltipla, ordenação) e quantitativos: avaliação de atributos (escalas estruturadas e não estruturadas, escala de proporção), e descritivos (perfil de sabor e de textura, análise descritiva quantitativa).

A Análise Descritiva Quantitativa – ADQ é bastante usada para a quantificação das propriedades sensoriais de um alimento, sendo um dos métodos mais completos e sofisticados usados em nosso meio para vários experimentos (DELLA TORRE et al. , 2003; MINIM et al., 2000).

Modesta (1994) considerou como objetivo do teste de ordenação, a seleção das amostras preferidas, sem fornecimento de qualquer informação analítica. Poderá ser utilizado para detectar diferença quando se tem mais de duas amostras e não é necessário identificar o controle. Comenta que se trata de um teste simples, de fácil entendimento e rápido, muito embora apresente desvantagens como falta de precisão.

Osion (1998) relatou que consumidores preferiram a carne irradiada em relação à não irradiada sendo a preocupação com possíveis riscos de consumo de carne irradiada inferior em relação a carnes com resíduos de aditivos, pesticidas, drogas, hormônios e bactérias.

Torna-se necessária à avaliação sensorial de alimentos irradiados para verificar a qualidade do produto permitindo a viabilidade de sua comercialização (FERNANDEZ, 2002).

Como se usam como instrumento os sentidos humanos, a análise sensorial apresenta limitações devido a várias influências como condições ambientais, estado de saúde dos testadores, suas preferências pessoais (BRASIL, 1985).

Grant e Patterson (1991) descreveram que a dose de irradiação a qual pode ser aplicada a um tipo particular de carne é limitada pelas mudanças sensoriais inadequadas as quais ocorrem em altas doses e citaram que estas em carne suína surgem a partir de 1,75 kGy.

Com a irradiação, a carne suína adquire uma coloração vermelha brilhante similar a oximioglobina. Ocorre formação de radicais como o metilmercaptans e gás sulfídrico os quais são responsáveis pelo odor desagradável característico sendo este proporcional a dose (PARDI et al., 2001).

Lawrie (2005) citou que as alterações sensoriais são dependentes da dose onde o odor e o sabor são afetados pela produção de gás sulfídrico, mercaptans, carbonilas e aldeídos sendo pior em carne bovina do que na carne suína ou ovina. As alterações dos pigmentos para metamioglobina ou sulfamioglobina e no aumento da textura e capacidade de retenção de água pelos efeitos no colágeno porém o amaciamento só existe em doses acima de 50 kGy o que a tornaria imprópria para consumo.

Lefebvre et al. (1994) verificaram que a irradiação foi associada ao aumento dos valores dos índices de peróxidos durante a estocagem e que os testes de análise sensorial indicaram perdas no odor e sabor o qual foi considerado insignificante na carne irradiada com dose de 1 kGy.

O chamado "odor de cachorro molhado" é dado por proteínas solúveis submetidas a irradiação onde ocorre destruição de aproximadamente 13% dos aminoácidos e parece estar relacionado a uma proteína derivada do colágeno (LAWRIE, 2005).

Hutzier (1997) citou que apesar das inúmeras vantagens da irradiação de carnes, ocorrem algumas mudanças não relacionadas a microrganismos. Entre essas mudanças pode acontecer a oxidação do pigmento mioglobina (descoloração para marrom ou cinza), formação de exsudato (aparecimento de soro ou gotejamento na superfície de corte da carne), oxidação das gorduras (ranço) e aparecimento de *off flavor* (em doses acima de 3 a 4 kGy, dependendo do tipo de corte, temperatura e ambiente gasoso do envoltório).

Brewer (2004) descreveu que modificações de coloração na carne irradiada ocorrem devido a susceptibilidade da molécula de mioglobina, especialmente, o ferro; alterações no meio químico e a quantidade de energia. O potencial dos elétrons de ferro de ocorrerem em diversos estados torna o ambiente adjacente ao átomo de ferro particularmente vulnerável a presença de componentes doadores de elétrons e a irradiação. A condição inicial da mioglobina, modificação

do potencial de oxirredução do tecido e geração de compostos formados-ligados (CO) de compostos orgânicos formados e água são ampliados ou reduzidos dependendo da atmosfera, temperatura e concentração de mioglobina.

Al Bachir e Mehio (2001) descreveram que doses de 4 kGy não são capazes de promover alterações sensoriais em produtos cárneos. Também Lacroix et al. (2002) não encontraram alterações de aroma em carne suína embalada a vácuo e irradiada com 6 kGy.

Nanke et al. (1998) estudaram alterações de cor em carne bovina, suína e de peru irradiada e embalada a vácuo.

A irradiação aumenta a maciez havendo encolhimento do colágeno onde a temperatura de encolhimento hidrotérmico diminui com o aumento da dose. O efeito seria devido provavelmente a destruição de pontes de hidrogênio que mantêm a tripla hélice unida (LAWRIE, 2005).



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAL

##### 3.1.1 Material Permanente :

- Autoclave
- Balança analítica;
- Balança de precisão;
- Banho de água com controle digital de temperatura marca Poly Science ;
- Banho de água histológico a 45<sup>0</sup>C;
- Centrifuga;
- Cestas e molas de aço inoxidável para processamento histológico;
- Colorímetro fotoelétrico S & M Colour Computer modelo SM-4-CH –SUGA
- Computador LSI 11 22;
- Cubas para coloração do material histológico;
- Espátulas de aço;
- Espectrofotômetro UV-VIS (Cary 1E Varian®) / Varian E 12 (ESR);
- Espectrofotômetro de RPE marca Bruker modelo Analyser SEM 104;
- Estantes para ependorfes;
- Estufa de Secagem;
- Estufa microbiológica a 45<sup>0</sup>C;
- Estufa histológica para inclusão (Memmert) a 60<sup>0</sup>C;
- Fogão doméstico marca Dako;
- Forno Mufla;
- Freezer vertical marca Cònsul Practice 240

- Garras metálicas duplas para fixação das amostras;
- Homogeneizador (OONMI-MIXER, Sorvall®);
- Manta aquecedora;
- Máquina serra fita;
- Máquina Warner-Blatzer Shear Force 3000;
- Microscópio Olympus-BH2 com ocular milimetrada Nikon CFWE 10x/18;
- Micróto mo Spencer, modelo 820 – Americal Optical Company;
- Pinça reta de dissecação;
- Potenciômetro marca Handylab 1-Scott;
- Refrigerador Brastemp Super Luxo;
- Termômetro digital marca Checktemp com haste metálica (-30<sup>0</sup> a +150<sup>0</sup>C)

### 3.1.2 Material de consumo

- Ágar padrão para contagem;
- Ágar Chromocult para *Enterococcus* spp. Merck;
- Antiespumante;
- Balões de fundo chato;
- Balões volumétricos;
- Bálsamo do Canadá;
- Bastões de vidro;
- Beckers de 50, 100, 500, 1000 mL;
- Cabos de bisturi descartáveis;
- Caldo Chromocult para *Enterococcus* spp. Merck;
- Cilindros ocos de 1.27 cm de diâmetro;
- Cloreto de sódio;
- Embalagens plásticas tipo “cryovac” de 26 x 32cm;
- Embalagens plásticas de polietileno tipo Zip Bag;
- Ependorfes;
- Erlenmeyers de 500 e 1000 mL;

- Etiquetas de papel cartão para identificação das amostras;
- Fita crepe;
- Frascos plásticos de boca larga com tampa de pressão para colheita de amostras;
- Frascos de vidro com boca larga para processamento histológico;
- Frascos de vidro com boca larga para acondicionamento de meios de cultura;
- Grades plásticas para processamento histológico;
- Lâminas para bisturi descartáveis;
- Lâminas Perfecta (26x76mm);
- Lamínulas Knittrl Glaser (24x32mm);
- Peptona;
- Pipetas automáticas;
- Pipetas graduadas de 1, 2, 5, 10, 20 mL;
- Placas de Petri 90 x 15 mm Interlab;
- Ponteiras para pipetas automáticas de 100 e 1000 µL;
- Provetas de 50, 100, 1000 mL;
- Stomacher;
- Suporte para Funil;

### 3.1.3 Reagentes

- 1,1',3,3' tetraetoxipropano (TEP, CAS Number 122-31-6);
- Ácido 2-tiobarbitúrico 0.02 M (TBA, CAS Number 504-17-6);
- Ácido acético glacial;
- Ácido tiobarbitúrico;
- Ácido sulfúrico;
- Ácido clorídrico;
- Ácido bórico;
- Ácido nítrico;
- Ácido fosfotúngstico;
- Ácido oxálico dihidrato Merck;

- Ácido 2-tiobarbitúrico 0.02 M (TBA, CAS Number 504-17-6);
- Água oxigenada 10 volumes;
- Álcool etílico absoluto (Isolar e Pring);
- Butilhidrotolueno, CAS Number 128-37-0;
- Carbonato de sódio;
- Cloreto de sódio P.A;
- Corante: hematoxilina fosfotúngstica de Mallory;
- Cromato de potássio;
- Éter etílico;
- Formaldeído P. A.;
- Formalina tamponada (10%);
- Fosfato monossódico Reagen;
- Fosfato bissódico Reagen;
- Hematoxilina cristalina Sigma;
- Hidróxido de amônia;
- Hidróxido de sódio P.A;
- Mistura catalítica;
- Nitrato de prata;
- Parafina Qeel (ponto de fusão 56-58<sup>0</sup>C);
- Permanganato de potássio cristalizado (Sigma);
- Solução de tetraetoxipropano – TEP;
- Solução tampão pH 4,00 e pH 7.00;
- Sulfato de cobre;
- Sulfato de zinco;
- Xilol P. A.;

## 3.2 MÉTODOS

### 3.2.1 Delineamento experimental

Foram escolhidos ao acaso seis javalis machos para estudar a caracterização do processo de rigor mortis de dois músculos durante o resfriamento industrial das carcaças e o efeito de duas doses de radiação gama na paleta e sua validade comercial conforme Figura 2

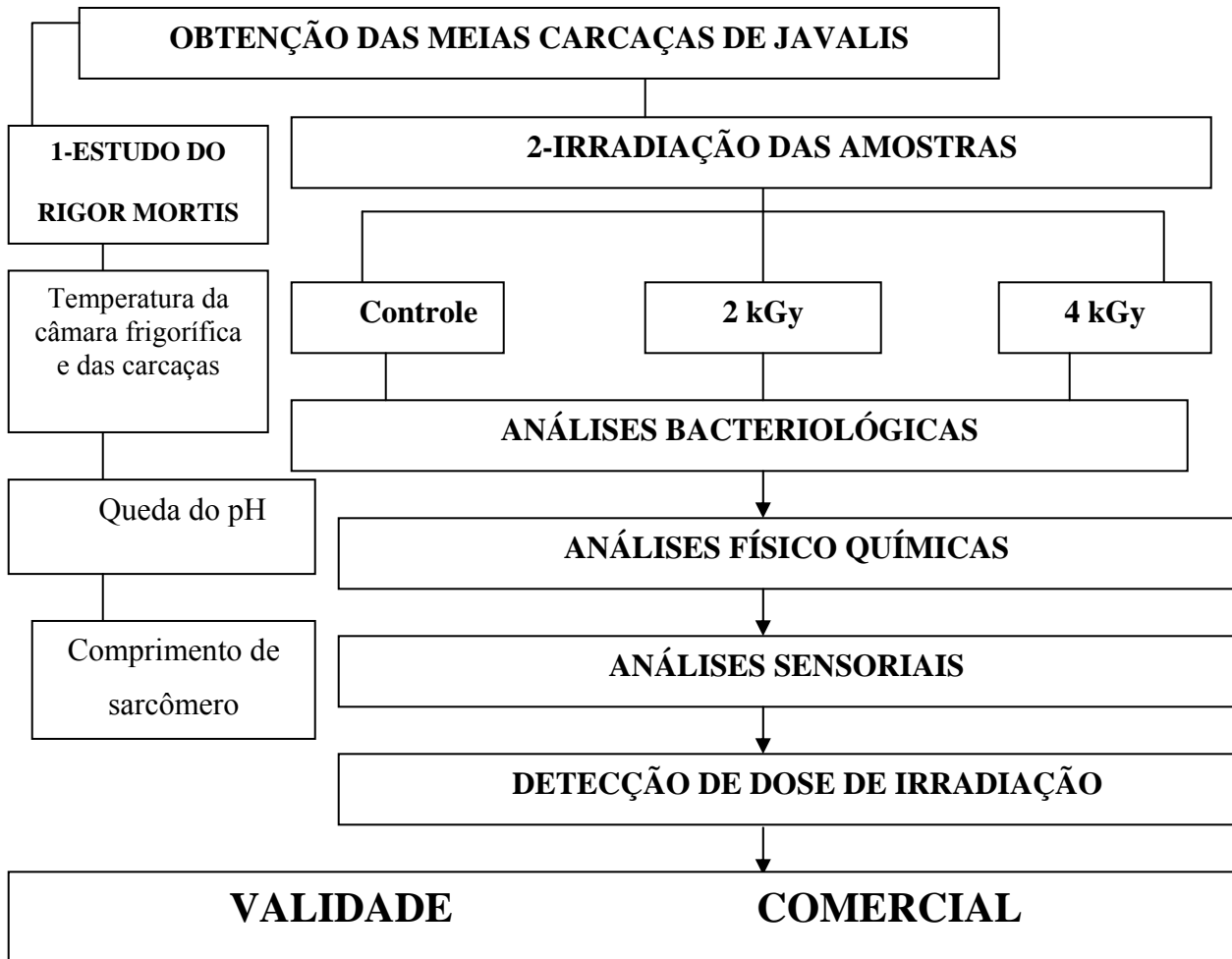


FIGURA 2 – Esquema experimental dos tratamentos: 1 – Estudo dos músculos *Extensor / Flexor* e *Tríceps brachii* 2 – Doses de radiação gama : 0; 2 e 4 kGy

### 3.2.2 Colheita de amostras

As amostras utilizadas para o experimento foram constituídas de carne de javali utilizando cortes da paleta (*Triceps brachii* e músculos *Extensor/Flexor*) que foram obtidos de 6 (seis) animais machos com aproximadamente 165 dias de vida, com peso vivo aproximado entre 45 e 53 kg, criados nas mesmas condições (manejo e propriedade) e escolhidos aleatoriamente no matadouro Marchiori (SIF-1504) – Amparo-SP. Os animais foram insensibilizados por atordoamento elétrico de acordo com as normas do Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue conforme legislação federal (BRASIL, 2000) e segundo as normas técnicas, higiênicas e sanitárias legais (BRASIL, 1997). As amostras foram divididas em cortes transversais com osso de espessura aproximada de 1,5 cm identificadas e embaladas individualmente a vácuo e submetidos a congelamento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

### 3.2.3 Irradiação das amostras

As amostras foram transportadas em caixas isotérmicas com gelo para a Companhia Brasileira de Esterilização - CBE para tratamento por radiação gama com cobalto 60. As amostras foram divididas em dois grupos para irradiação, com o total de 16 cortes por grupo, onde foram utilizadas as doses de 2,0 kGy e 4,0 kGy. A fonte de cobalto 60 possuía 400 MCi de atividade e a taxa de dose foi de 4,2 kGy/h com duração total do processo de 139 minutos. O controle da dose absorvida foi feito por dosímetro tipo Gammachrome em espectrofotômetro Spectronic Instruments - Modelo Harwell Dosimeters (UK) com comprimento de onda de 530 nm. Estas amostras foram novamente transportadas em caixas isotérmicas com gelo para o laboratório de Tecnologia de Carnes da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense, onde foram armazenadas em freezer com temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  visando a realização de análises físico químicas, microbiológicas e sensoriais.

### 3.2.4 Caracterização do processo de *rigor mortis*

#### 3.2.4.1 Medição de temperatura

Por meio de termômetro digital com haste foram aferidas as temperaturas na câmara frigorífica e na profundidade aproximada de 5 cm no músculo *Longissimus dorsi* – porção

cervical nos intervalos de 0,5; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0; 12,0 e 24,0 h após a sangria. Ao mesmo tempo foi aferida a temperatura da câmara frigorífica em sua posição central (Apêndice 7.1).

#### 3.2.4.2 Determinação do pH

O potenciômetro foi previamente calibrado com soluções padrão de pH 7,0 e 4,0. Amostras de cinco gramas foram obtidas nesses intervalos de tempo para medição do pH com potenciômetro Handylab 1-Schott usando uma solução homogeneizada com 50 mL de água recém destilada conforme Silva et al. (1992).

#### 3.2.4.3 Determinação do comprimento de sarcômero

##### 3.2.4.3.1 *Colheita de amostras*

Foram usadas amostras dos músculos *Triceps brachii* e *Extensor/Flexor* fixadas com garras duplas (para manter o comprimento de sarcômero inalterado) com comprimento de 15 mm, largura de 10 mm e espessura de 5 mm com auxílio de pinça e bisturi até o momento do preparo dos cortes histológicos. As amostras colhidas foram identificadas com o número de carcaça e intervalo de tempo após abate (0,5; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0; 12,0 e 24,0 h). Em ato contínuo, as amostras com garras duplas foram colocadas em frascos plásticos de boca larga contendo fixador formalina tamponada 10% (250 mL) que foi previamente preparado com 100 mL de formaldeído diluído em água destilada na quantidade de 900 mL até completar o volume para 1000 mL. Também foram adicionados 4 g de fosfato monossódico e 1,5 g de fosfato bissódico para tamponar a solução. Desta forma, as amostras foram transportadas até o laboratório de Tecnologia de Carnes da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense – UFF.

##### 3.2.4.3.2 *Preparo histológico* (BEHMER et al.,1976)

Após a fixação, as garras foram retiradas, as amostras lavadas em água corrente por 20 minutos e enviadas ao laboratório de Patologia. Os fragmentos foram uniformizados com pinça e bisturi e colocados em grades plásticas próprias (cassetes) para processamento histológico,

devidamente identificados. Em seguida, o material foi desidratado em álcool etílico, passando por banhos de álcool 70%, 80%, dois banhos de álcool absoluto e dois banhos em xilol absoluto permanecendo uma hora em cada. A inclusão dos fragmentos foi feita através de dois banhos de parafina, de 60 minutos cada, em estufa de 60<sup>0</sup>C. Após a inclusão, as amostras foram retiradas das grades, colocadas em moldes de papel e cortadas em micrótomo para obtenção de cortes de 5 micrômetros de espessura. Os cortes foram distendidos em banho histológico a 45<sup>0</sup>C e transferidos para lâminas identificadas de acordo com as amostras. A seguir, as lâminas foram colocadas em mola de aço inoxidável e levadas em estufa a 60<sup>0</sup>C, no mínimo por 24 horas, para melhorar a aderência do corte a lâmina. Os cortes foram corados por Hematoxilina Fosfotúngstica de Mallory que foi preparado com 10 mL de solução de ácido fosfotúngstico a 10% adicionado de 0,5 g de hematoxilina e 1 mL de água oxigenada completando com água destilada até o volume de 500 mL e colocando o corante em frasco âmbar deixando este maturando por dois a três dias antes do uso. A coloração foi realizada após a retirada de parafina e lavagem das lâminas em água corrente por cinco minutos. Em seguida, estas foram tratadas em solução aquosa de permanganato de potássio 0,25 % por dez minutos e posteriormente lavadas em água corrente por cinco minutos. Então, foram colocadas em ácido oxálico por cinco minutos e novamente lavadas em água corrente por cinco minutos; sendo coradas com Hematoxilina Fosfotúngstica de Mallory por 24 horas sendo que nos últimos 15 minutos foram mantidas em estufa. Ao final do período, os cortes foram desidratados em concentrações crescentes de álcool: 70%, 80% até o absoluto sendo clarificados em xilol. As lâminas foram montadas com Bálsamo do Canadá para aderir lâmina com lamínula. Nesse método de coloração a cromatina se cora de azul escuro, o citoplasma de azul violáceo, o colágeno de vermelho púrpuro e as estrias se apresentam bem diferenciadas de coloração clara ou escura sendo respectivamente bandas I e A.

#### 3.2.4.3.3 *Microscopia óptica e mensuração do comprimento de sarcômero*

As lâminas foram observadas em microscópio óptico de luz visível em objetiva de imersão com uso de óleo de cedro como óleo de imersão. De acordo com Sloss e Kemp (1978) o método consiste na contagem de dez sarcômeros de seis miofibrilas diferentes com a medição do sarcômero sendo feita por régua de dez micrômetros. A média encontrada foi multiplicada pelo



fator de correção da objetiva de imersão (fator encontrado de 0,8  $\mu\text{m}$ ), e o valor expresso em micrômetros ( $\mu\text{m}$ ).

### 3.2.5 Análises físico-químicas.

#### 3.2.5.1 Determinação da atividade de água

Para determinação da atividade de água foi usado o aparelho “Pawkit Water Activity Meter” marca Decagon. As amostras foram fracionadas, resfriadas em temperatura de aproximadamente 20<sup>0</sup>C, em porções de aproximadamente cinco gramas e analisadas conforme as instruções do fabricante.

#### 3.2.5.2 Teste de maciez e perdas de suco durante o cozimento

As amostras de 62,5 a 79,5g foram submetidas a cocção em água fervente em uma panela de alumínio com controle de tempo e temperatura até atingir a temperatura interna de 71<sup>0</sup>C. Após cozimento, as amostras devidamente identificadas foram removidas para uma bandeja plástica e mantidas a temperatura ambiente como recomenda Morgan et al. (1991). As amostras foram pesadas e a seguir, realizados os cálculos para determinação do percentual de perdas no processo de cozimento (peso antes do cozimento – peso após o cozimento dividido pelo peso antes do cozimento x100) segundo fórmula de Diles et al. (1994). A seguir os fragmentos foram mantidos em geladeira (4<sup>0</sup>C) por 24h.

Para o teste de maciez, foi usado um cilindro ocos de 1,27 cm de diâmetro que acompanha o aparelho (“Warner-Blatzer Meat Shear Force 3000”) de introdução manual e rotacional no sentido longitudinal das fibras musculares de cada amostra resfriada, formando cilindros de carne cozida de 5,0 cm de comprimento e aproximadamente 1,27 cm de espessura. De cada amostra foram removidos sete cilindros de carne cozida (Koohmaraiiae et al., 1990) e cada um foi cisalhado uma vez ao meio (Kerth et al., 1995) para obtenção dos valores de força de cisalhamento (kg).

#### 3.2.5.3 Análise instrumental de cor

As análises foram efetuadas no 90<sup>o</sup> dia e 360<sup>o</sup> dia sendo determinadas por refletância em colorímetro fotoelétrico no sistema Hunter com abertura de 30 mm de diâmetro. Os parâmetros

de cor medidos em relação a placa branca ( $L=90,21$ ;  $a=-2,34$  e  $b=1,39$ ) foram:  $L$ =luminosidade (0=preto e 100=branco);  $a$  (-80 até zero = verde, do zero ao +100 = vermelho) ;  $b$  (-100 até zero=azul, do zero ao +70 = amarelo). As amostras foram constituídas de fragmentos de carne com aproximadamente dois  $\text{cm}^3$  sendo realizadas quatro repetições para cada análise.

#### 3.2.5.4 Determinação do pH

Conforme descrito anteriormente, após pesagem de cinco gramas da amostra em Becker, foi adicionado 50 mL de água recém destilada, homogeneizando com bastão de vidro. O pH foi determinado no potenciômetro com o cuidado de ajustar com soluções tampão pH 4.0 e 7.0 antes do uso. Os resultados foram adotados de acordo com o seguinte critério:

pH até 6,2 – Carne boa para consumo

pH 6,4 - Carne para consumo imediato

pH acima de 6,4 – Início de decomposição.

#### 3.2.5.5 Determinação do número de ácido tiobarbitúrico - TBA (TARLADGIS et al., 1960; TORRES e OKANI, 1997)

##### 3.2.5.5.1 Preparo da curva de resposta

Preparou-se uma solução estoque pesando 0,22g de 1,1',3,3' tetraetoxipropano (TEP, CAS Number 122-31-6) a qual foi transferida quantitativamente para um balão volumétrico de 100 mL completando o volume com água de onde pipetou-se 10 mL desta solução para um balão de 1000 mL. Para o desenvolvimento da análise; preparou-se uma diluição pipetando 10 mL da solução estoque e elevando para 100 mL ( $2.20 \times 10^{-6} \text{g/mL}$ ) a concentração final a qual foi de aproximadamente  $1 \times 10^{-8}$  a  $8 \times 10^{-8} \text{Mol}$  por 5 mL de destilado. A curva de resposta foi construída pipetando alíquotas de 1,2,3,4 e 5 mL de TEP em tubos de ensaio com tampa de rosca e o volume completado para 5 mL com água destilada onde nestes foram adicionados 5 mL de solução de ácido 2-tiobarbitúrico 0.02 M (TBA, CAS Number 504-17-6). Os tubos foram fechados, agitados e colocados em banho de água fervente por 35 minutos para o desenvolvimento da cor. Decorrido o tempo de reação, os tubos foram imediatamente resfriados em água corrente e a absorbância determinada em espectrofotômetro UV-VIS (Cary 1E Varian®) em comprimento de onda de 532 nm. Preparou-se uma prova em

branco com 5 mL de água destilada e 5 mL de TBA , tratados da mesma forma que os demais tubos.

#### 3.2.5.5.2 *Preparo, destilação e resultados*

Dez gramas da amostra foram pesadas em um copo de homogeneizador (OONMI-MIXER, Sorvall®). A seguir foi adicionado 25 mL de água destilada e homogeneizado por dois minutos a 400 rpm. O homogeneizado foi transferido para um tubo Kjeldahl com o auxílio de 23,75 mL de água destilada e 1,25 mL de ácido clorídrico (1:2) e pérolas de vidro para evitar ebulição tempestuosa. O volume obtido foi colocado em destilador onde no final do condensador um erlenmeyer de 50 mL recebia o destilado em aproximadamente 20 minutos. Após homogeneização, removeu-se cinco mL do destilado para um tubo de ensaio onde adicionou-se cinco mL de TBA. Foi feito um branco com cinco mL de água destilada e cinco mL de TBA. Os tubos de ensaio foram vedados com rolhas e levados para banho de água fervente por 35 minutos. Após resfriamento rápido, o volume foi transferido para as cubetas do espectrofotômetro sendo feita leitura de absorção contra o branco no espectrofotômetro em 530 nm. O resultado obtido após a diferença com o branco foi multiplicada por 7,8 e os resultados foram expressos como mg de malonaldeído por kg de amostra – mgMal/kg.

#### 3.2.5.6 Determinação do valor do índice de peróxidos (PEARSON, 1976)

Durante o armazenamento de gorduras, as ligações insaturadas absorvem oxigênio e reagem analogamente aos peróxidos. Em certo momento, os produtos voláteis que se formam têm efeito prejudicial sobre o gosto e odor conhecido como ranço oxidativo. Nos métodos usuais, a amostra se dissolve em uma mistura de ácido acético e clorofórmio e se adiciona iodeto potássico. O peróxido de oxigênio libera iodo e este se titula com tiosulfato.

Foi pesada cerca de 1g de gordura previamente fundida em tubo de ebulição onde se adicionou 1 g de iodeto de potássio e 20 mL de solução de clorofórmio e ácido acético (1:2) e mantido em água fervente por um minuto. A seguir, o líquido foi vertido em erlenmeyer com 20 mL de iodeto de potássio a 5% lavando-se o tubo de ebulição com 15 e mais 10 mL de água destilada. Após adicionou-se 2 mL de solução de amido a 0,5% e a seguir, foi realizada a

titulação com solução de tiosulfato de sódio 0,002 N até o desaparecimento da coloração azul. O valor não deveria exceder 10 mL.

Índice de peróxidos em mEq/kg =  $2V / p$ , onde:

V=mL da solução de tiosulfato de sódio 0,002 N gastos na titulação;

p = massa da amostra em gramas

Durante o armazenamento, o índice de peróxidos da maioria dos óleos e gorduras demonstra um pequeno aumento nas primeiras etapas, conhecido como período de indução e depois aumenta sensivelmente. Nesta técnica, índices de 10 a 20 são considerados sinônimos de ranço.

### 3.2.6 Análises bacteriológicas

Inicialmente foram aplicadas as técnicas de assepsia com álcool 70% na bancada e nas embalagens das amostras. Uma alíquota de 25 gramas foi retirada e homogeneizada por cinco minutos em 225 mL de Solução Salina Peptonada – SSP a 0,1% em um stomacher formando a diluição  $10^{-1}$ . Deste frasco foi retirado 100  $\mu$ L, com pipeta esterilizada e vazado em um endorfe contendo 900  $\mu$ L de SSP a 0,1 % e assim obtivemos a diluição  $10^{-2}$ . A partir desta, repetia-se o procedimento formando as demais diluições decimais  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  e  $10^{-7}$ .

#### 3.2.6.1 Contagem de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotrófilas (SWANSON et al., 2001)

Após a obtenção das diluições, foi retirada com pipeta esterilizada uma alíquota de 200  $\mu$ L das três últimas diluições e vazada 100  $\mu$ L em cada placa de Petri tendo sido feita duplicata para cada diluição. Utilizando a técnica de plaqueamento em profundidade, foram vertidos nas placas, aproximadamente 20 mL de ágar padrão contagem previamente fundido e mantido em banho-maria a  $\pm 49^{\circ}\text{C}$ . Logo após ter sido vertido o ágar, homogeneizava-se o inóculo ao ágar com movimentos circulares sobre a bancada, cinco vezes em sentido horário e cinco vezes em sentido anti-horário. Assim que o ágar semeado solidificava as placas foram levadas à geladeira em temperatura de  $6\pm 1^{\circ}\text{C}$  em posição invertida e colocadas em incubação por dez dias. Depois deste prazo as placas foram removidas e selecionadas aquelas que apresentaram entre 25-250 Unidades Formadoras de Colônias - UFC para contagem. O número de UFC contadas foi multiplicado por dez e pelo inverso do fator de diluição das placas escolhidas. Obtinha-se a média das duas placas e o resultado foi expresso em log UFC/g.

### 3.2.6.2 Enumeração de *Enterococcus* spp.

Foi usada a técnica do Número Mais Provável – NMP conforme Merck (1996) modificado por Franco e Mantilla (2003). Uma alíquota de 100 µL de cada diluição foi inoculada em série de três endorfses cada um com 1.000 µL de caldo Chromocult Merck. Em ato contínuo, os endorfses foram levados para estufa microbiológica e incubados a 45<sup>0</sup>C por 48 horas. Resultados positivos foram devidos a ação da azida sódica que inibiu a microbiota acompanhante e pelo substrato Bromo-4-cloro-3-indol-β-glucuronidase resultando em coloração levemente azulada. Os resultados positivos de cada diluição foram comparados em uma tabela de Mc Crady e os resultados expressos em logNMP/g.

### 3.2.7 Análises sensoriais

- Teste de preferência por ordenação (CHAVES, 1993)

Foi verificada a preferência entre os tratamentos nos períodos de estocagem através de um teste de ordenação. Este teste foi realizado no Laboratório de Análise de Água e Alimentos da escola de Medicina Veterinária da Universidade do Grande Rio – UNIGRANRIO. Os julgadores foram constituídos de alunos conforme Apêndice 7.27 que estivessem disponíveis durante o experimento e apreciassem o produto analisado. Os cortes foram desossados e limpos, picados em fragmentos de aproximadamente 1 cm<sup>3</sup>, acrescidos de 1% de sal sendo grelhados em forno por aproximadamente 45 minutos. Para cada tratamento foram apresentadas aos provadores amostras individuais e devidamente codificadas com números aleatórios de três dígitos sendo disponibilizado aos julgadores: três copos descartáveis – 50 mL com as amostras, guardanapos, palitos de dentes e um copo descartável - 300 mL com água filtrada para fazer a rinçagem da boca entre as amostras. O julgador após degustar uma amostra de cada vez identificava sua preferida quanto a preferência global para as amostras tratadas termicamente e quanto a cor e odor para as amostras cruas em uma ficha própria (Apêndice 7.23). A seguir, os resultados foram comparados à tabela de Friedman para evidenciar ou não uma diferença significativa na preferência (NEWELL; MAC FARLANE, 1987).

### 3.2.8 Detecção de alimentos irradiados

#### - Provas de Ressonância Paramagnética Eletrônica - RPE

Estas metodologias foram desenvolvidas no laboratório de Instrumentação Nuclear da COPPE na UFRJ para detecção de alimentos irradiados. Estas análises foram realizadas com 90, 270 e 450<sup>0</sup> dias após a irradiação das amostras. Para serem realizadas, os fragmentos ósseos foram removidos, limpos com peróxido de hidrogênio fragmentados, para exposição da medula óssea, em 15 x 3 mm e liofilizados e moídos até se obter partículas menores de 1 mm pesando 100 a 200 mg. Para as medidas, o equipamento foi ajustado para uma modulação de amplitude de 1,6G , potência de microondas de 1mW e uma frequência de microondas de 9.7 GHz. O campo magnético foi calibrado usando a ressonância protônica de água. O espectro RPE de cada fragmento ósseo foi avaliado e a amplitude pico-a-pico do sinal induzido pela radiação foi medido (DESROSIERS, 1991).

Cada amostra foi levada ao espectrômetro de RPE com o qual foi medida a intensidade do sinal que correspondia a uma dose  $D_0$  correspondente, no gráfico ao ponto de 0 Gy. Em seguida a amostra foi irradiada com uma dose de radiação conhecida e nova medida foi efetuada. O processo foi repetido cinco ou seis vezes e com isso obteve-se a taxa de geração de radicais na amostra. Uma regressão linear dos pontos assim obtidos determinava a dose inicialmente aplicada à amostra. As amostras irradiadas com 2kGy receberam cinco doses aditivas de 600Gy e as irradiadas com 4kGy, cinco doses aditivas de 1000Gy.

### 3.2.9 Análises estatísticas (SAS, 1999)

Foi usada a análise de variância para avaliar pH, tamanho de sarcômero, força de cisalhamento e perda por cocção, ao longo do tempo (0,5; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0; 12,0 e 24,0 h após a sangria) sendo que as medidas foram repetidas em fatorial 2X7, considerando os músculos como primeiro fator e os intervalos de medições como o segundo fator. Foi utilizado o teste de comparações múltiplas de Banferroni com nível de significância de 5%. Para constatar a diferença entre os músculos *Tríceps brachii* e *Extensor/Flexor* nos intervalos de tempo foi utilizada a Análise de Variância para medidas repetidas com um fator- tipo de músculo.

Também foi utilizada a Análise de Variância para as análises físicas (análise instrumental de cor, atividade de água e pH), químicas (substâncias reagentes ao TBARS, índice de peróxidos) e bacteriológicas ( contagem de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotrófilas e *Enterococcus*

spp.) em fatorial 3X3 segundo a dose de radiação, dias de estocagem e interação entre estes. Os resultados que apresentaram efeito da radiação e/ou estocagem significativos foram testados pela ANOVA segundo delineamento inteiramente casualizado –dic por tempo e dose de radiação em separados, seguido do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (SAS, 1999).

Os resultados obtidos no controle de dose de radiação gama absorvida foram submetidos a análise de regressão linear.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE *RIGOR MORTIS*

O conhecimento das variáveis que interferem na transformação do músculo em carne é fundamental para o entendimento da qualidade da carne do javali.

#### 4.1.1 Valores de temperatura e pH das carcaças

De acordo com a Tabela 1 e a Figura 3 pode-se observar a queda gradual de temperatura da carcaça e da câmara frigorífica de acordo com a evolução do tempo após o abate. Na primeira meia hora, a carcaça apresentou temperatura de 39,07<sup>0</sup>C enquanto na câmara frigorífica, esta foi de 19,6<sup>0</sup> C. Como era de se esperar houve diminuição das temperaturas ao longo do tempo *post mortem*. A temperatura de 5,28<sup>0</sup>C na carcaça foi atingida as 12 horas *post mortem* com temperatura de 1,5<sup>0</sup>C na câmara frigorífica. O menor valor foi atingido as 24 horas com temperatura na carcaça de 0,28<sup>0</sup>C e na câmara de -0,5<sup>0</sup>C. A queda de temperatura é fundamental para remoção do calor latente da carcaça o qual poderia facilitar o crescimento microbiano em função da perda da homeostasia pela morte do animal. Além disso, ativa o sistema enzimático responsável pela maturação da carne e a queda gradual faz com que não haja desnaturação protéica ou alterações tecnológicas com a diminuição rápida da temperatura refletindo na dureza da carne. Marchiori e Felício (2003) verificaram que a temperatura do músculo *Longissimus dorsi* de javali obteve valores de 30,2; 22,9; 12,4; 9,5 e 5,4<sup>0</sup>C as 1, 2, 6, 12 e 24h *post mortem* e no músculo *Semi membranous* de javali valores de 32,9; 26,0; 13,3; 10,2 e 5,4<sup>0</sup>C as 1, 2, 6, 12 e 24h *post mortem*. Apesar dos resultados serem similares em horários *post mortem* na terceira e na sétima hora; na última medição de temperatura, houve diferença de mais de cinco graus entre as análises de Marchiori e Felício (2003) e as obtidas no atual experimento mesmo sendo o



mesmo músculo. Vários fatores podem estar relacionados como intrínsecos, relacionados a características da carcaça como peso e espessura de gordura subcutânea e fatores extrínsecos como a lotação da câmara, espaçamento entre as carcaças, quantidade de frio produzido, ventilação entre outros.

TABELA 1 -Valores médios ( $x \pm s$ ) dos pesos de carcaças quentes - PCQ ( kg), das temperaturas ( $^{\circ}C$ ) da câmara frigorífica e de seis carcaças de javalis machos nos diferentes tempos (h) após a sangria, durante o resfriamento industrial.

	TEMPERATURA ( $^{\circ}C$ )							PCQ
	0,5h*	3,0h	5,0h	7,0h	9,0h	12,0h	24,0h	
CÂMARA FRIGORÍFICA	19,6	11,5	9,5	7,2	2,0	1,5	-0,5	30,87 $\pm 1,92$
CARCAÇA	39,07 $\pm$ 0,16	22,02 $\pm$ 1,49	16,48 $\pm$ 1,42	12,00 $\pm$ 0,89	9,83 $\pm$ 0,86	5,28 $\pm$ 0,5	0,28 $\pm$ 0,04	

Van der Wal et al. (1995) estudaram os efeitos do resfriamento convencional ( $4^{\circ}C$ , velocidade do ar 0-5 m/s) e forçado a  $-5^{\circ}C$  (120 min.) ou  $-30^{\circ}C$  (30 min.) com velocidades do ar de 1, 2 ou 4 m/s, após o resfriamento convencional 24 h *post mortem* sobre temperatura, qualidade de carne e perdas de peso entre suínos com peso entre 105-110 kg. A temperatura subcutânea caiu rapidamente para valores inferiores a  $0^{\circ}C$  quando o resfriamento ultra rápido ( $-30^{\circ}C$ ) em alta velocidade do ar (4 m/s) foi usado. Imediatamente antes do resfriamento rápido, quando as carcaças foram colocadas dentro de um resfriador convencional, a temperatura subcutânea aumentou acima da temperatura do ar, e após o declínio na temperatura foi contínuo. A temperatura dentro do músculo *Biceps femoris* diminuiu no início do resfriamento mais lentamente em uma curva atípica até os valores finais de  $4^{\circ}C$  serem atingidos. Perdas em pesos de carcaças, 24 h após resfriamento convencional e forçado a  $-5^{\circ}C$  foram cerca de 2%. Após resfriamento ultra-rápido ( $-30^{\circ}C$ ), as perdas foram reduzidas para 1-3% e quando a velocidade do ar foi aumentada para 4 m/s. A qualidade do músculo *Longissimus lumborum* não foi significativamente afetada pelos vários regimes, exceto a maciez. O resfriamento rápido utilizado no matadouro frigorífico pareceu não influenciar na qualidade da carne tendo em vista que a curva de resfriamento ocorreu dentro do que se era esperado e não houve influência sobre a maciez da carne. As quedas de temperatura na câmara frigorífica e das carcaças de javali ocorreram dentro do esperado concordando com Costa (2006) e Santos (2006). No entanto, por

se tratarem de carcaças de perus e avestruzes, a velocidade no tempo de resfriamento foram diferentes mas a queda ocorrendo de forma gradual.

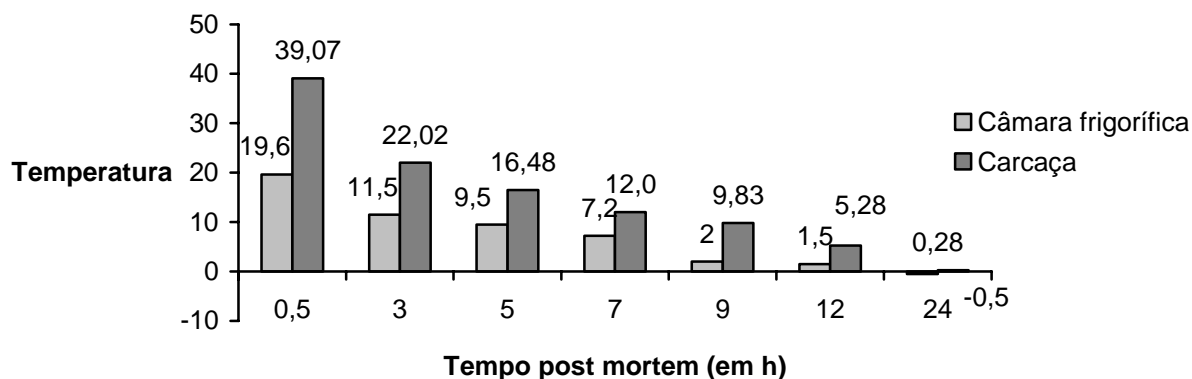


FIGURA 3-Variação da temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) da câmara frigorífica e dos valores médios de temperatura das seis carcaças de javalis nos diferentes intervalos de tempo.

Conforme a Tabela 2 onde se verificam os resultados da determinação de pH nos músculos *Triceps brachii* e *Extensor/Flexor* após sangria e durante o resfriamento industrial, pode-se caracterizar a queda, conforme esperado e visualizado na Figura 4, dos valores segundo o tempo *post mortem* onde o pH sempre foi maior nos músculos *Extensor / Flexor* em relação aos músculos *Tríceps brachii* o que pode ser explicado pelo menor conteúdo de glicogênio, pela maior atividade física *in vivo* e maior atividade oxidativa caracterizado também visualmente pela sua maior riqueza em fibras vermelhas. Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os intervalos de tempo para os músculos estudados, exceto nos intervalos de tempos entre 7,0 e 12,0 horas para o músculo *Tríceps brachii* e entre 9,0 e 12,0 para os músculos *Extensor/Flexor*. Como era de se esperar também houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os músculos estudados.

Como constatado por Lawrie (2005) a velocidade de diminuição do pH varia entre diferentes músculos no mesmo animal, entre indivíduos da mesma raça e entre indivíduos de raças e espécies. Abbott et al. (1977) constataram esta diferença pela medição de pH em fibras vermelhas que tem menor atividade glicolítica e em fibras brancas que tem maior atividade glicolítica sendo encontrados 5,87 e 5,63 respectivamente 24 horas após abate.

Em função do exposto; os resultados foram um pouco divergentes dos obtidos por Roça e Serrano (1994) os quais relacionaram em torno de sete o pH inicial da carne suína o qual decai para 5,6-5,7 em seis a oito horas pós abate e para 5,3-5,4 após 24 horas após a morte.

TABELA 2 – Valores médios ( $\bar{x} \pm s$ ) da avaliação de pH dos músculos *Triceps brachii* - TB e *Extensor/Flexor* – E/F das carcaças dos seis javalis, nos diferentes tempos (h) após a sangria, durante o resfriamento industrial.

Músculo	pH após sangria						
	0,5h	3,0h	5,0h	7,0h	9,0h	12,0h	24,0h
TB	6,64±0,06 <sup>Aa</sup>	6,35±0,14 <sup>Ab</sup>	6,14±0,06 <sup>Ac</sup>	5,87±0,02 <sup>Ad</sup>	5,82±0,03 <sup>Ade</sup>	5,72±0,01 <sup>Ae</sup>	5,52±0,01 <sup>Ac</sup>
E/F	6,79±0,07 <sup>Ba</sup>	6,61±0,05 <sup>Bb</sup>	6,34±0,07 <sup>Bc</sup>	6,13±0,12 <sup>Bd</sup>	5,97±0,09 <sup>Bc</sup>	5,87±0,06 <sup>Bc</sup>	5,68±0,07 <sup>Bf</sup>

<sup>A,B,C,D</sup> Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

<sup>a,b,c,d</sup> Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Da mesma forma, os resultados aqui obtidos também foram um tanto divergentes dos de Feldhusen e Kühne (1992) os quais verificaram valores de 6,3 a 6,4 na primeira hora *post mortem* em músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus* de suínos passando para 6,2 em 3,5 horas e para 5,7 em 24 horas sendo que os valores obtidos pelo músculo *Longissimus dorsi* em 3,5 horas foram próximos aos obtidos para os músculos *Extensor/Flexor* de javalis que atingiram valores de pH em três horas de 6,35.

No entanto, Heneckel (1997) encontrou em músculos *Longissimus dorsi* de suínos Landrace pH final de 5,46 em 24 horas após o abate o qual foi inferior ao resultado obtido na presente pesquisa onde os músculos *Triceps brachii* atingiram pH de 5,62 as 24 horas *post mortem*.

Por outro lado, Mabry et al. (2006) obtiveram valores de pH em músculos *Longissimus dorsi* de suínos, 24 horas após abate superiores; ou seja; de 5,91; 5,85; 5,84; 5,75 e 5,70 nas raças Berkshire, Duroc, Large White, Danbred e Hampshire respectivamente. Nesta última, o pH ficou próximo daquele obtido pelo músculo *Extensor/Flexor* que foi de 5,68 nas 24 horas após sangria nas carcaças dos javalis.

Os valores do pH final estão próximos daquele que se conhece como ponto isoelétrico da miosina que ocorreu 24 horas após a sangria. Marchiori e Felício (2003) encontraram nos músculos *Longissimus dorsi* de javali os seguintes valores de pH: 6,18; 5,97; 5,75; 5,64 e 5,57 as 1, 2, 6, 12 e 24h *post mortem* e no músculo *Semi membranosus* de javali valores de pH: 6,22; 6,00; 5,78; 5,68 e 5,60. Da mesma forma, Sutton et al. (1997) encontraram valores de pH final (24h) para músculos suínos maiores para o músculo *Triceps brachii* – TB (5,76) comparado com *Gluteus medius* (5,53) e *Longissimus lumborum* (5,53), isto provavelmente devido ao maior teor

de fibras vermelhas do que os músculos *Gluteus* e *Longissimus*. Estes resultados são semelhantes aos obtidos na presente pesquisa levando em consideração que não foram encontrados dados na literatura científica com pH de músculos *Extensor/Flexor* e *Tríceps brachii* de javalis.

Ordoñez et al. (2005) descreveram que nos músculos onde predominam fibras brancas ou de contração rápida, o pH final atinge valores de 5,5 nas carnes de bovino e frango e 5,8 na carne de peru enquanto nos músculos de contração lenta (fibras vermelhas), o pH final fica mais alto sendo 6,3; 6,1 ou 6,4. Os músculos presentemente estudados eram compostos predominantemente de fibras vermelhas mas o pH final não alcançou valores superiores a 6,0 assim como no artigo de Marchiori e Felicio (2003). Já Ordoñez et al. (2001) relacionou que são também variáveis a temperatura que ocorre o processo *post mortem* e fatores de estresse.

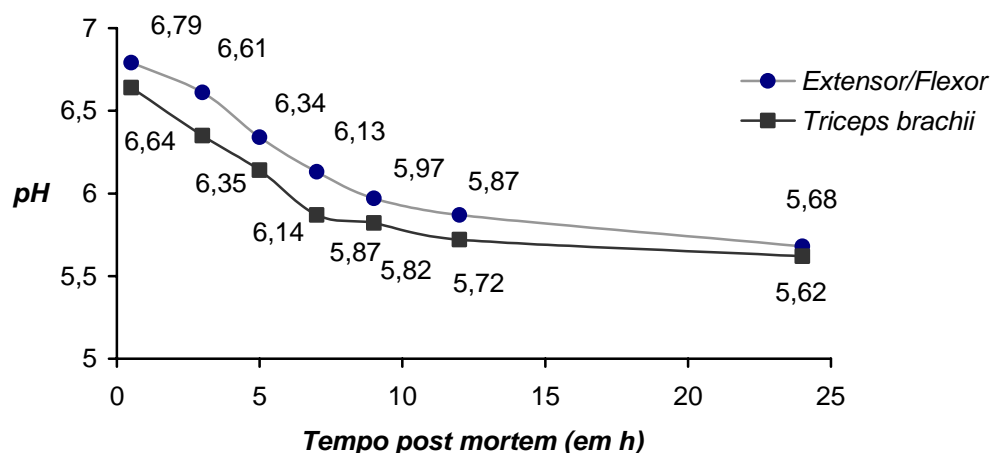


FIGURA 4 - Variação dos valores médios de pH dos músculos *Triceps brachii* - TB e *Extensor/Flexor* – E/F das carcaças de seis javalis nos diferentes intervalos de tempo

#### 4.1.2 Valores de comprimento de sarcômero

Diversos autores realizaram pesquisas envolvendo a microscopia óptica na medição do comprimento de sarcômeros de diferentes espécies animais tais como bovina (ABREU, 1984); suína (PINHEIRO et al., 2001); eqüina (RODRIGUES et al., 2004); ovina (OLIVEIRA et al., 2004); avestruz (SANTOS, 2006) e perus (COSTA, 2006) onde foram verificadas as estruturas da banda A e banda I e observadas alterações do comprimento dos sarcômeros em diferentes intervalos de tempo as quais são verificadas pela diminuição crescente do espaço entre as linhas Z até o auge do *rigor mortis* causado pela superposição dos miofilamentos de actina da banda I

em relação ao miofilamentos de miosina presentes na banda A e ocorre também um ligeiro aumento deste espaço causado pela ação das enzimas da proteólise, calpaínas e catepsinas, o que pode ser entendido como a fase da resolução. Na figura 5 são verificadas as estruturas conforme a evolução do *rigor mortis* nos músculos *Tríceps brachii* e *Extensor/Flexor*.

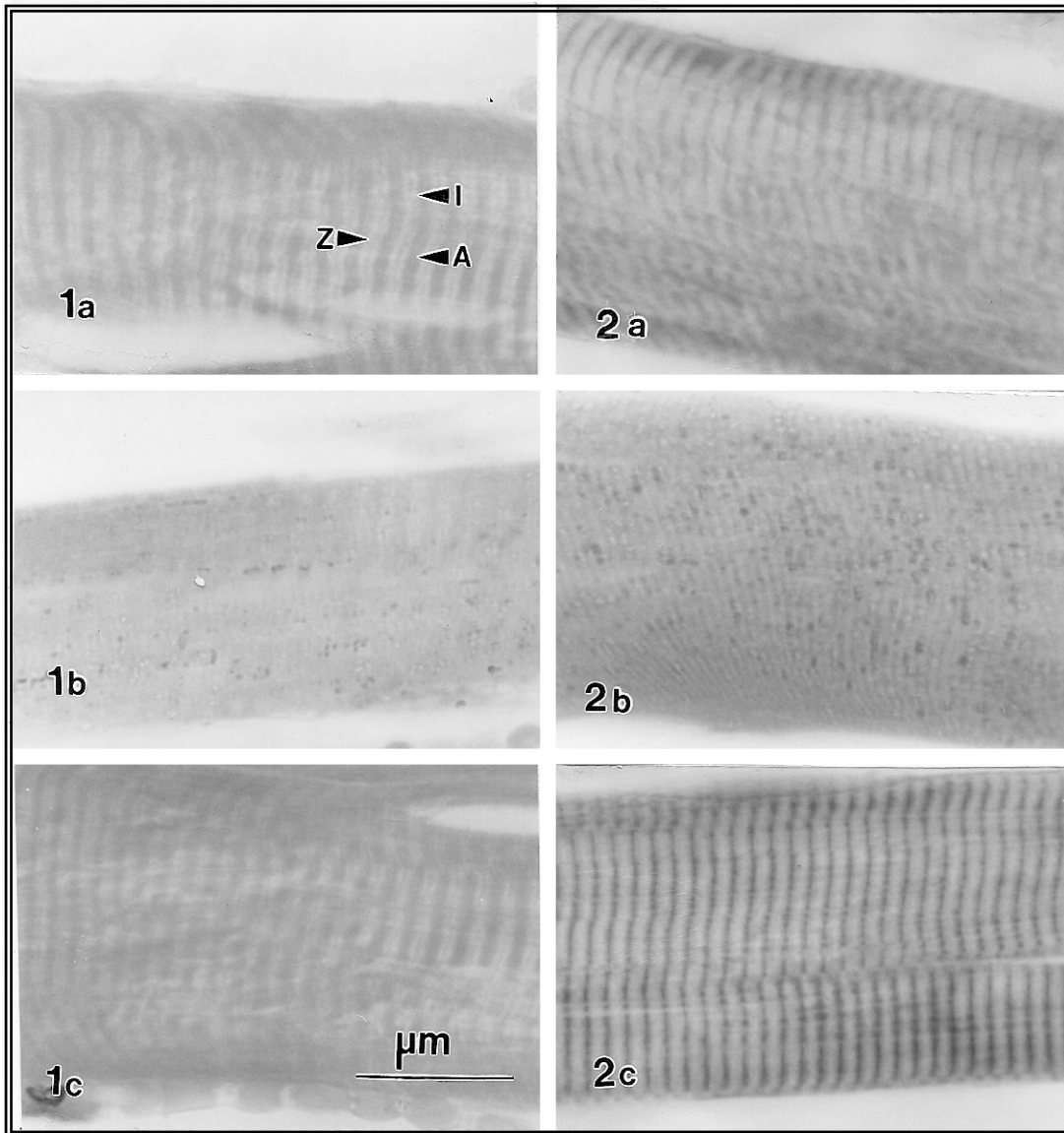


FIGURA 5 - Fotomicrografias dos músculos *Tríceps brachii* e *Extensor/Flexor* de carcaças de javali durante o resfriamento industrial mostrando as bandas A e I e disco Z (aumento de 1000 vezes), fixado com hematoxilina fosfotúngstica de Mallory, com diferentes tamanhos de sarcômeros: 1 a) músculo *Tríceps* na 1ª hora após sangria; 1 b) na 7ª. hora e 1 c) na 24ª hora; 2 a) músculos *Extensor/Flexor* na 1ª hora após sangria; 2 b) na 9ª. hora e na 24ª. hora.

Pinheiro et al. (2001) relataram dificuldades na visualização do disco Z o que poderia ser um fator limitante para sua utilização, um fato o qual também se constatou na presente pesquisa.

Conforme a Tabela 3 e Figura 6 podem-se constatar a variação do comprimento de sarcômeros dos músculos *Triceps brachii* e *Extensor/Flexor* de acordo com a evolução do tempo *post mortem*. Observa-se que o músculo *Triceps brachii*, inicialmente com valor de 2,24  $\mu\text{m}$  atingiu valor mínimo de 1,77  $\mu\text{m}$  as sete horas após a sangria e valor de 1,97  $\mu\text{m}$  24 horas *post mortem* na resolução do *rigor mortis*. No que se refere aos músculos *Extensor/Flexor*, estes apresentaram inicialmente valor médio de 1,81  $\mu\text{m}$  chegando ao valor mínimo de 1,63  $\mu\text{m}$  nove horas após a sangria, e em 24 horas após o abate, este valor chegou a 1,73  $\mu\text{m}$  na resolução do *rigor mortis*. Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os intervalos de tempo para os músculos estudados, exceto nos intervalos de tempos entre 12 e 24 horas para o músculo *Triceps brachii* e apenas entre 3,0 e 5,0 horas para os músculos *Extensor/Flexor* não havendo diferença significativa entre os demais intervalos de tempo ( $p > 0,05$ ) talvez em função do sarcômero ser menor, o que favorece um pequeno encurtamento. Como era de se esperar também houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os músculos estudados quanto ao comprimento de sarcômero.

TABELA 3 - Valores médios ( $\bar{x} \pm s$ ) do comprimento de sarcômero ( $\mu\text{m}$ ) dos músculos *Triceps brachii* - TB e *Extensor/Flexor* - E/F das carcaças dos seis javalis, nos diferentes tempos (h) após a sangria, durante o resfriamento industrial.

Músculo	Comprimento do sarcômero (em $\mu\text{m}$ )						
	0,5h	3,0h	5,0h	7,0h	9,0h	12,0h	24,0h
TB	2,24 $\pm$ 0,06 <sup>Aa</sup>	2,09 $\pm$ 0,04 <sup>Ab</sup>	1,99 $\pm$ 0,06 <sup>Ac</sup>	1,77 $\pm$ 0,04 <sup>Ad</sup>	1,61 $\pm$ 0,03 <sup>Ae</sup>	1,95 $\pm$ 0,04 <sup>AcD</sup>	1,97 $\pm$ 0,04 <sup>Ac</sup>
E/F	1,81 $\pm$ 0,08 <sup>Ba</sup>	1,79 $\pm$ 0,05 <sup>Ba</sup>	1,68 $\pm$ 0,05 <sup>Bbc</sup>	1,65 $\pm$ 0,03 <sup>Bc</sup>	1,63 $\pm$ 0,04 <sup>Bc</sup>	1,69 $\pm$ 0,03 <sup>Bbc</sup>	1,73 $\pm$ 0,04 <sup>Bab</sup>

<sup>A,B,C,D</sup> Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

<sup>a,b,c,d</sup> Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Os resultados ocorreram de acordo com o esperado já que os músculos *Extensor/Flexor* por apresentarem maior atividade física sendo de tração no animal apresentariam menor comprimento de sarcômero enquanto o músculo *Triceps brachii* apresentou maior comprimento de sarcômero por ter menor atividade em relação aos músculos *Extensor/Flexor*. Não foram encontrados resultados na pesquisa científica referentes a comprimentos de sarcômeros nos músculos de javali. Contudo, Wheeler et al. (2000) constataram que o comprimento do sarcômero

de *Triceps brachii* de suínos 24 horas após o abate foi de 2,4  $\mu\text{m}$  os quais diferem dos obtidos na presente pesquisa o que pode ser explicado por diversos fatores como por se tratar de gêneros semelhantes mas espécies diferentes, idade de abate, tipo de atividade muscular, manejo, entre outros. No entanto, o valor de pH inicial do músculo *Triceps brachii* foi bem próximo ao valor do músculo suíno denotando atividade oxidativa maior caracterizada pela maior riqueza de fibras vermelhas nos músculos de javali.

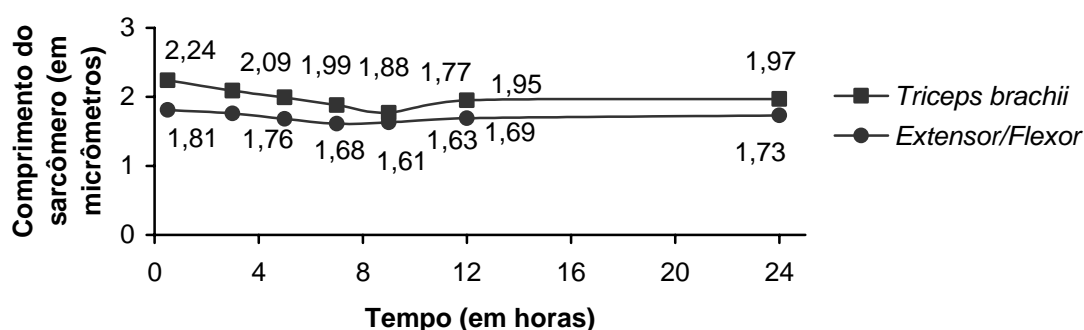


FIGURA 6 – Variação dos valores médios do comprimento de sarcômero dos músculos *Triceps brachii* e *Extensor/Flexor* das seis carcaças de javalis, nos diferentes intervalos de tempo.

Heneckel et al. (1997) constataram medidas de 1,76 $\mu\text{m}$  no sarcômero do músculo *Longissimus dorsi* de suínos da raça Landrace após 24 horas de abate. Já Feldhusen e Kühne (1992) trabalhando também com músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus* de suínos encontraram valores de 1,85 e 1,88  $\mu\text{m}$  na primeira hora *post mortem* e após 24 horas os valores foram iguais a 1,73 e 1,60  $\mu\text{m}$ . Os valores encontrados nos músculos *Extensor/Flexor* de javali são semelhantes aos valores obtidos pelos autores supracitados e que apesar de serem músculos de tração, os sarcômeros seriam maiores em função do abate em idade menor por fazerem menos atividade e pelos fatores anteriormente citados. Estes resultados ficaram também evidenciados no músculo *Triceps brachii* e pelas análises de força de cisalhamento também efetuadas na presente pesquisa denotando grande maciez nestas carnes corroborando os dados de Wheeler et al. (2000) os quais trabalhando com suínos constataram através de análise sensorial que a maciez foi maior nos músculos *Semitendinosus* e *Triceps brachii* seguido pelo *Longissimus lumborum* e *Semimembranosus* sendo menor no músculo *Bíceps femoris*.

Van der Wal et al. (1995) obtiveram valores de “Warner-Bratzler shear forces” os quais foram maiores e estavam associados com comprimentos menores de sarcômeros após resfriamento ultra rápido de carcaças suínas em uma alta velocidade de ar (4 m/s) indicando um alto risco de “cold shortening”. No presente experimento este fator aparentemente não influenciou na maciez denotando qualidade satisfatória do sistema de frio industrial na câmara frigorífica do matadouro.

Em carne de suínos, a queda do pH acompanhou gradativamente o desenvolvimento do *rigor mortis* nos músculos estudados até 24 horas após o abate. A média inicial das temperaturas das carcaças foi de 39,95<sup>o</sup> C e a final foi de 7<sup>o</sup>C. A menor medida do sarcômero do músculo *Longissimus dorsi* foi obtida na sexta hora após abate (1,39 µm) enquanto no músculo *Semispinalis capitis*, a menor medida foi obtida na oitava hora após abate (1,37 µm). Nestes músculos, houve correlação linear entre pH e comprimento de sarcômero; temperatura e comprimento de sarcômero; pH e temperatura e uma correlação inversa entre tempo e comprimento de sarcômero. Houve correlação inversa entre pH e tempo de abate; temperatura e tempo de abate (PINHEIRO et al., 2001). No presente experimento em carne de javalis, a queda do pH também seguiu gradualmente o desenvolvimento do *rigor mortis* nos músculos estudados até 24 horas após o abate. A média inicial das temperaturas das carcaças foi de 39,07<sup>o</sup> C e a final foi de 5,28<sup>o</sup>C. O menor comprimento de sarcômero do músculo *Triceps brachii* foi obtido na sétima hora após abate (1,77 µm) enquanto nos músculos *Extensor/Flexor*, o menor comprimento foi obtido na nona hora após abate (1,61 µm).

Feldhusen e Kühne (1992) estudaram os músculos *Longissimus dorsi* e *Semi membranosus* de suínos com glicólise normal e acelerada - PSE para avaliar os efeitos de métodos de resfriamento ultra rápidos e maturação de 72 horas *post-mortem* sobre o comprimento de sarcômeros, força de cisalhamento e firmeza. O congelamento rápido após resfriamento ultra-rápido da musculatura com glicólise normal levou ao “cold shortening” com contração de sarcômeros em torno de 33 a 35% (*Longissimus dorsi*) e 38% (*Semi membranosus*). Ao mesmo tempo, um aumento massivo na força de cisalhamento e firmeza foram observados. Após maturação superior a 48h *post-mortem*, os sarcômeros aumentaram em comprimento em comparação com as medidas após o começo do resfriamento, 88 e 84% do comprimento original foi atingido, respectivamente. A maturação levou a um aumento significativo da maciez. Após maturação superior a 72h, a força de cisalhamento e a firmeza das amostras resfriadas sob



condições normal e ultra-rápida tornaram-se similares. Os comprimentos dos sarcômeros e a força de cisalhamento da musculatura com glicólise acelerada não foram afetados por métodos de resfriamento. Na presente pesquisa, provavelmente não houve “cold shortening” em função do encolhimento no *rigor mortis* ser em torno de 11% a 21% nos músculos *Extensor/Flexor* e *Tríceps brachii* respectivamente. Às 24 horas post mortem, 88% e 96% do comprimento original dos sarcômeros dos músculos *Triceps brachii* e *Extensor/Flexor* foram atingidos, respectivamente, sendo que estes resultados do músculo *Tríceps brachii* estão dentro dos valores obtidos pelos autores citados.

Żochowska et al. (2005) avaliaram a textura, histologia e características musculares de alguns músculos como *Quadriceps femoris*, *Biceps femoris* e *Semi membranousus* de carcaças de javalis com diferentes pesos ( $20 \pm 2$  e  $60 \pm 3$  kg). A textura muscular (dureza, coesividade, elasticidade, mastigação) foi determinada com teste de dupla penetração através do Instron 1140. Músculos jovens mostraram valores baixos para parâmetros de textura assim como camadas delgadas de perimísio e endomísio em relação a músculos velhos. De todos os músculos testados, a maior dureza foi verificada no *Bíceps femoris*. A maior percentagem de fibras tipo I e II foi típica de *Biceps femoris* e *Semimembranosus* seja em músculos jovens ou velhos enquanto a menor percentagem de fibras tipo I e maior percentual de fibras tipo II encontrada no músculo *Quadriceps femoris*. Os resultados sugeriram que a maior dureza pode estar relacionada com perimísios e endomísios espessos, fibras com áreas de corte transversal maiores e provavelmente com maior conteúdo de fibras vermelhas (tipo I).

## 4.2 IRRADIAÇÃO E VALIDADE COMERCIAL DA CARNE DE JAVALI

### 4.2.1 Valores da atividade de água

De acordo com a Tabela 4 onde os resultados das avaliações de atividade de água são listadas; constatou-se que a amostra controle apresentou valor equivalente as amostras irradiadas. Portanto, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as amostras controle e irradiadas. Os resultados foram similares aos obtidos por Costa et al. (2006) e Santos et al. (2006) os quais trabalhando com carnes de peru e avestruz não evidenciaram diferença entre amostras controle e irradiadas. Com relação aos resultados da determinação da atividade de água, os resultados foram de acordo com o esperado pois a irradiação não alterou significativamente a capacidade de

retenção de água o que demonstra que a irradiação nestas doses não modifica a estrutura das proteínas. Foram encontrados altos valores de atividade de água na carne fresca e irradiadas os quais são descritos por diversos autores citados por Pardi et al. (2001) e Ordoñez et al. (2005) os quais relataram em torno de 0,98 como a faixa também ideal para crescimento de microrganismos.

TABELA 4 - Valores médios ( $\bar{x} \pm s$ ) da atividade de água das amostras de paleta dos seis javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (kGy) no 2º dia de estocagem a - 18 ° C.

Amostras	Doses de radiação gama (em kGy)		
	0	2 kGy	4 kGy
Atividade de água – Aa	<b>0,978±0,005<sup>a</sup></b>	<b>0,980±0,008<sup>a</sup></b>	<b>0,983±0,005<sup>a</sup></b>

#### 4.2.2 Maciez e perdas de suco durante o cozimento

Com relação as perdas durante o cozimento as quais são visualizadas na Tabela 5, estas foram maiores nas amostras irradiadas com 2 kGy em relação as amostras controle e irradiadas com 4 kGy porém não houve diferença significativa entre as amostras controle e irradiadas ( $p>0,05$ ). Em relação ao tempo de cozimento, este foi inversamente proporcional a dose de radiação onde as amostras controle apresentaram maior tempo de cozimento ao passo que as amostras irradiadas com 4 kGy apresentaram menor tempo de cozimento. No que tange a força de cisalhamento; a amostra não irradiada apresentou menor força de cisalhamento do que as amostras irradiadas denotando maior maciez e dentre as amostras irradiadas, aquelas com dose de 4 kGy apresentaram menor força de cisalhamento e mais macias em relação aquelas irradiadas com 2 kGy. Foi constatada diferença significativa entre as amostras controle e irradiadas ( $p<0,05$ ).

Zochowska et al. (2005) trabalhando com carne de javali sugeriram uma maior dureza de seus músculos podendo estar relacionada com perimísio e endomísio espessos, fibras com área maior de corte seccional e provavelmente maior conteúdo de fibras vermelhas. Proporcionalmente; podem correlacionar os resultados obtidos no presente trabalho onde as

amostras independente da dose de radiação apresentaram maciez sendo devido a fragilidade de seu tecido conjuntivo pela idade tenra de abate assim como o seu conteúdo em fibras vermelhas e maior área de corte na região da paleta.

TABELA 5 - Valores médios ( $\bar{x} \pm s$ ) da avaliação das perdas no cozimento (%), tempo de cozimento (min.) e força de cisalhamento (kg) das amostras de paleta dos seis javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (kGy), em função do tempo de estocagem a -18 ° C.

Dose de radiação (em kGy)	Resultados		
	Perdas no cozimento	Tempo (em min.)	Força de cisalhamento (em kg)
0	28,43% <sup>A</sup>	9,4	2,06 <sup>A</sup>
2	30,94% <sup>A</sup>	9,0	2,80 <sup>B</sup>
4	28,56% <sup>A</sup>	8,3	2,56 <sup>B</sup>

<sup>A,B,C,D</sup> Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )  
<sup>a,b,c,d</sup> Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Mabry et al. (2006) encontraram perdas durante o cozimento em músculos *Longissimus dorsi* de suínos de 22,5%; 22,9%; 23,1%; 24,3% e 26,0% nas raças Berkshire, Large White, Duroc, Danbred e Hampshire respectivamente. Os valores obtidos na presente pesquisa foram ligeiramente maiores atingindo valores superiores a 28% os quais podem ser compatíveis em virtude de serem animais do mesmo gênero. Não foram encontrados artigos na literatura científica sobre perdas no cozimento de carne de javali.

Outros resultados foram observados com relação a perdas por cocção; entre 20,7% como relatado em carne bovina por Destefains et al. (2000); 23,6% por Fiems et al. (2003); até valores de 30,84% obtidos por Geesink et al. (2001) os quais são próximos aos obtidos na atual pesquisa. Assim como os resultados apresentados por Santos et al. (2006) realizando pesquisa com carne de avestruz e Costa et al. (2006) com carne de peru os quais verificaram valores entre 24,83 e 34,20% e entre 22,33% e 31,61%, respectivamente.

Honikel (1986) relatou que existe uma forte correlação entre força de cisalhamento e perdas por cozimento sendo esta uma prova de controle. Este fato foi observado na presente pesquisa onde quanto maior a perda na cocção, maior a força de cisalhamento sendo diretamente proporcional, ou seja, carnes macias apresentam menor força de cisalhamento e menor perda no

cozimento sendo visto nas amostras controle ao passo que nas amostras irradiadas, houve uma diferença sendo que as amostras irradiadas com 4 kGy apresentaram menor força de cisalhamento e perda por cocção que as amostras irradiadas com 2 kGy as quais foram consideradas menos macias. Lawrie (2005) declarou que a irradiação aumenta a maciez havendo encolhimento do colágeno onde a temperatura de encolhimento hidrotérmico diminui com o aumento da dose. O efeito seria devido provavelmente a destruição de pontes de hidrogênio que mantém a tripla hélice unida. Este fato foi constatado no presente experimento já devido a pouca idade dos animais associado ao fato de que Jeremiah et al. (1991) consideraram como carnes macias, valores de força de cisalhamento inferiores a 5 kg. No atual experimento, como foram obtidos em todas amostras valores inferiores a 3 kg denota-se a significativa maciez das amostras da carne de paleta de javali.

#### 4.2.3 Cor

Os resultados da análise instrumental de cor foram valorados para os parâmetros de cor: valor L que representa a luminosidade da cor, variando de zero a 100 onde zero seria preto e 100 seria branco; o valor a variando de -80 até zero (verde) e de zero até 100 (vermelho) e o valor b que varia de -100 a zero (azul) e até +70 (amarelo).

Na Tabela 6 destacam-se os resultados das análises instrumentais de cor em carne de javali segundo a dose de radiação gama no 2<sup>o</sup> e 360<sup>o</sup> dia de validade comercial. Não houve diferença significativa nos valores L\* e a\* entre os tratamentos por radiação gama e na evolução da validade comercial.

Nanke et al. (1998) revelaram que somente entre doses de 1,5 e 4,5 kGy de radiação gama são capazes de induzir o aparecimento de coloração vermelho rósea na carne suína.

Marchiori e Felício (2003) descreveram valores de cor de L\* =58,6, a\*=8,3 em músculos *Longissimus dorsi* e L\*=51.3 ± 3.1, a\* =7.9 ± 1.3 e b\* =13.2 ± 1.3 em músculos *Semi membranosus* de javali e comparando a cor da carne de javali (L\* 51,30 ± 3,09 LD e 50,38 ± 4,68 SM) com a carne suína (L\* 58,68 ± 2,15 LD e 54,92 ± 3,84 SM) concluíram que a carne de javali é mais escura. Já Sutton et al. (1997) observaram para a cor da carne suína os valores L\* variaram de 41,63 a 44,77, a\* de 9,35 a 9,21 e b\* de 6,59 a 6,56 sendo estes últimos também similares aos da presente pesquisa.

Wal et al. (1988) consideraram como carne suína normal àquela que obteve nas 24 horas *post mortem*  $L^*$ : 58,6,  $a^*$ : 6,2 – 8,6 e  $b^*$ : 15,2-16,8 no músculo *Longissimus dorsi*.

Brewer et al. (2001) avaliaram fatores envolvendo a cor da carne suína em vários músculos, inclusive *Triceps brachii*. Comparando os valores  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , ângulo hue e chroma utilizando espectrocolorímetros HunterLab e Minolta concluíram que a medição instrumental que melhor avaliou a cor visual foi o valor  $L^*$ . Os valores obtidos no músculo *Triceps brachii* foram  $L^*$ : 39,93;  $a^*$ : 12,88 os quais são próximos aos resultados obtidos na presente pesquisa.

Nanke et al. (1998) descreveram que os resultados do painel sensorial acompanharam os resultados da análise instrumental de cor onde a coloração marrom de suínos diminui de acordo com o aumento da dose de radiação.

TABELA 6 - Valores médios ( $x \pm s$ ) da análise instrumental de cor segundo os valores dos parâmetros de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  das amostras de paleta dos seis javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (kGy), em função do tempo de estocagem a - 18 ° C.

Tratamento	Validade comercial			
		2 <sup>o</sup> dia		360 <sup>o</sup> dia
0	$L^*$	37,19±4,86 <sup>Aa</sup>	$L^*$	31,95±1,30 <sup>Aa</sup>
	$a^*$	9,26±2,19 <sup>Aa</sup>	$a^*$	10,75±0,98 <sup>Aa</sup>
	$b^*$	6,48±1,23 <sup>Aa</sup>	$b^*$	6,35±0,52 <sup>Aa</sup>
2 kGy	$L^*$	31,36±3,07 <sup>Aa</sup>	$L^*$	30,77±1,02 <sup>Aa</sup>
	$a^*$	9,86±2,79 <sup>Aa</sup>	$a^*$	12,09±0,77 <sup>Aa</sup>
	$b^*$	7,19±0,97 <sup>Aa</sup>	$b^*$	8,08±0,82 <sup>Ab</sup>
4 kGy	$L^*$	32,19±3,50 <sup>Aa</sup>	$L^*$	30,81±1,32 <sup>Aa</sup>
	$a^*$	9,34±1,98 <sup>Aa</sup>	$a^*$	11,89±1,08 <sup>Aa</sup>
	$b^*$	6,16±1,50 <sup>Aa</sup>	$b^*$	8,40±1,37 <sup>Ab</sup>

<sup>a,b,c</sup>Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento  
<sup>A,B,C</sup>Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento

Hutzier (1997) citou que apesar das inúmeras vantagens da irradiação de carnes, ocorrem algumas mudanças não relacionadas a microrganismos. Entre essas mudanças pode acontecer a oxidação do pigmento mioglobina (descoloração para marrom ou cinza), formação de exsudato

(aparecimento de soro ou gotejamento na superfície de corte da carne), oxidação das gorduras (ranço) e aparecimento de *off flavor* (em doses acima de 3 a 4 kGy, dependendo do tipo de corte, temperatura e ambiente gasoso do envoltório). Estas alterações não foram percebidas no atual experimento em função dos cuidados tomados com a utilização do vácuo e com o congelamento das amostras.

Boers et al. (1994) estudaram características microbiológicas e sensoriais de carne de javali embalada a vácuo. Também foram usados cortes do *Longissimus dorsi* e de filé suíno mantido a 0°C. As determinações foram realizadas nos dias 1, 10, 28, 42, 56, 70, 84, 98 e 3, 35, 49 e 63 respectivamente. As quantidades de glicogênio, glicose e glicose-6-fosfato nos cortes de *Longissimus* foram mensuradas durante a estocagem para estudar a validade comercial. Os filés suínos desenvolveram odores desagradáveis após 35 dias, provavelmente devido ao crescimento de enterobactérias. A descoloração inaceitável, dos cortes de *Longissimus* e desenvolvimento de odores desagradáveis foram descritos após 84–98 dias. A comparação da validade entre a carne de javali e suína sob condições similares indicaram que a maior suscetibilidade da carne suína é devida a fatores intrínsecos. A perda de glicose seria o gatilho para o início da deterioração. Apesar de na presente pesquisa, não ter havido comparações entre as carnes das duas espécies pode-se ressaltar que não houve alterações microbiológicas ou sensoriais que comprometessem a qualidade da carne de javali ainda que esta tenha sido mantida congelada o que minimizaria as possíveis modificações sensoriais; fato porque a medida que havia evolução da validade comercial, as alterações se tornaram imperceptíveis para os julgadores em suas análises sensoriais.

Lawrie (2005) descreveu que na radurização, doses baixas como 0,25 a 1,0 kGy podem prolongar a validade comercial pela destruição de microrganismos mas podem induzir a alterações no odor e sabor, fatos que não foram verificados no presente experimento.

No entanto, para minimizar os efeitos adversos, Lawrie (2005) citou a vantagem de se irradiar carne congelada já que imobiliza a fase aquosa prevenindo alterações químicas secundárias. O desenvolvimento de odores e sabores anormais é mínimo se a irradiação for realizada a -20°C. Este cuidado foi tomado na presente pesquisa visto a carne ter sido irradiada congelada, não havendo posteriormente a ocorrência de alterações sensoriais

Assim como Grant e Patterson (1991) que descreveram que doses de 1,75 kGy são o gatilho para o início das alterações sensoriais em carne suína o que realmente ocorreu mas estas

não foram consideradas limitantes para o uso da irradiação já que as amostras de carne de javali permaneceram viáveis sensorialmente por todo o experimento.

Semelhantemente, Hopkins (2003) concluiu que elétrons de baixa energia (250 kV) com dose de 1,50 a 3,50 kGy foram eficazes na redução do nível de bactérias mesófilas, psicrotróficas e *Lactobacillus sp* em até 1,25 ciclos logarítmicos em carnes processadas sem alterações de sabor, aroma ou odor.

Além disso, Lefebvre et al. (1994) verificaram que a irradiação foi associada ao aumento dos valores dos índices de peróxidos durante a estocagem e que os testes de análise sensorial indicaram perdas no odor e sabor o qual foi considerado insignificante na carne irradiada com 1 kGy. Corroboram-se os resultados dos pesquisadores com os da presente pesquisa onde houve aumento dos valores dos peróxidos ao longo da validade comercial sem alterações sensoriais significativas.

#### 4.2.4 Valores de pH

Com relação a Figura 7 e Tabela 7, verifica-se os resultados da análise de pH em amostras de paleta de javali submetidas a diferentes doses de radiação gama. Observa-se que inicialmente aos 90 dias de validade comercial, o pH das amostras irradiadas foi maior que o pH das amostras não irradiadas. Na segunda medição realizada no 270<sup>o</sup> dia, houve aumento dos valores em todas as amostras assim como na terceira medição, no 450<sup>o</sup> dia, havendo diferença significativa entre a segunda e terceira medição ( $p < 0,05$ ). Porém, não foi observada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as amostras controle e irradiadas. Os valores foram similares aos obtidos por Costa et al. (2006) que na análise de carne de peru com 540 dias também não observou diferença significativa entre amostras controle e irradiadas com doses de 1 e 3 kGy obtendo valores entre 6,11 e 6,12.

TABELA 7 - Valores médios ( $x \pm s$ ) da medição de pH das amostras de paleta dos seis javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (kGy), em função do tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Validade comercial (em dias)	pH		
	Doses de radiação gama (em kGy)		
	0	2 kGy	4 kGy
90	$5,70 \pm 0,03^{Aa}$	$5,84 \pm 0,04^{Aa}$	$5,67 \pm 0,09^{Aa}$
270	$5,80 \pm 0,03^{Aa}$	$5,95 \pm 0,07^{Aa}$	$5,77 \pm 0,10^{Aa}$
450	$6,11 \pm 0,24^{Ba}$	$6,26 \pm 0,09^{Ba}$	$6,24 \pm 0,13^{Ba}$

<sup>A,B,C,D</sup> Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

<sup>a,b,c,d</sup> Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Se fosse utilizada a variação do pH no período estudado, constatar-se-ia que a variação de pH foi maior para as amostras controle, de 0,41 e de 0,42 para as amostras irradiadas com 2,0 kGy enquanto a variação foi superior (0,57) para as amostras irradiadas com 4,0 kGy. No entanto, todas as amostras no 450<sup>o</sup> dia após a irradiação apresentavam-se próprias para consumo segundo a legislação nacional (BRASIL, 1997) que estabeleceu o valor limítrofe de 6,4 para consumo imediato.

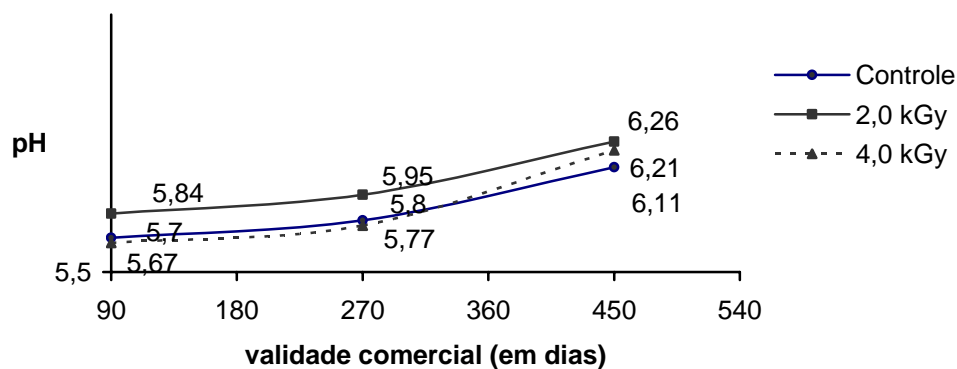


FIGURA 7 – Variação dos valores médios de pH das amostras de paleta dos javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) em relação ao tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ .



#### 4.2.5 Valores do índice de peróxidos

Na Tabela 8 e Figura 8 são demonstrados os resultados da determinação do índice de peróxidos em amostras de paleta de javali submetidas a diferentes doses de radiação gama segundo a evolução da validade comercial. Como poderia se esperar, foram encontrados valores inferiores nas amostras que não foram irradiadas enquanto foram encontrados valores superiores nas amostras irradiadas. Inicialmente, no 2<sup>o</sup> dia após a irradiação, a amostra controle obteve valores de índice de peróxidos de 6,86 meqO<sub>2</sub> peroxídico / mg ao passo que nas amostras irradiadas, estes valores foram de 10,81 e de 14,55 meqO<sub>2</sub> peroxídico / mg respectivamente. No 360<sup>o</sup> dia após a irradiação, as amostras controle apresentaram valor de 9,68 meqO<sub>2</sub> peroxídico/mg enquanto as amostras irradiadas apresentaram valores de 16,62 e 16,42 meqO<sub>2</sub> peroxídico/mg com doses de 2,0 e 4,0 kGy respectivamente. Apesar do uso de tecnologias combinadas de conservação como o congelamento aliado ao vácuo, não houve como impedir os efeitos deletérios da irradiação. O uso do congelamento imobiliza a água e a utilização do vácuo remove o oxigênio. Tanto a água como o oxigênio formam diversos radicais livres os quais podem interagir com as macromoléculas de gordura dando início ao processo de ranço oxidativo. Além disso, a carne de javali apresenta uma fina camada de gordura de cobertura o que intensificaria o processo em detrimento a carnes de outras espécies como aves. Houve diferença significativa entre as amostras controle e irradiadas ( $p < 0,05$ ) e também de acordo com a evolução da validade comercial exceto para as amostras irradiadas com 4,0 kGy onde o índice de peróxidos foi elevado por todo o experimento.

TABELA 8 - Valores médios ( $\bar{x} \pm s$ ) do índice de peróxidos (meqO<sub>2</sub> p/kg\*) das amostras de paleta dos seis javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy), em função do tempo de estocagem a - 18 ° C.

Validade comercial (em dias)	Doses de radiação gama (em kGy)		
	0	2 kGy	4 kGy
2	6,86±1,08 <sup>Aa</sup>	10,81±0,84 <sup>Ab</sup>	14,55±1,74 <sup>Ac</sup>
180	4,10±1,04 <sup>Ba</sup>	13,64±1,20 <sup>Bb</sup>	15,44±2,26 <sup>Ab</sup>
360	9,68±0,93 <sup>Ca</sup>	16,66±0,98 <sup>Cb</sup>	16,42±0,95 <sup>Ab</sup>

\*\* miliequivalente de oxigênio peroxídico

A,B,C,D Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

a,b,c,d Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Embora, Lefevbre et al. (1994) conseguissem constatar um aumento de nove a doze vezes em valores de peróxidos nos lipídios de carnes irradiadas com doses de até 5 kGy; na presente pesquisa este aumento chegou até quase quatro vezes.

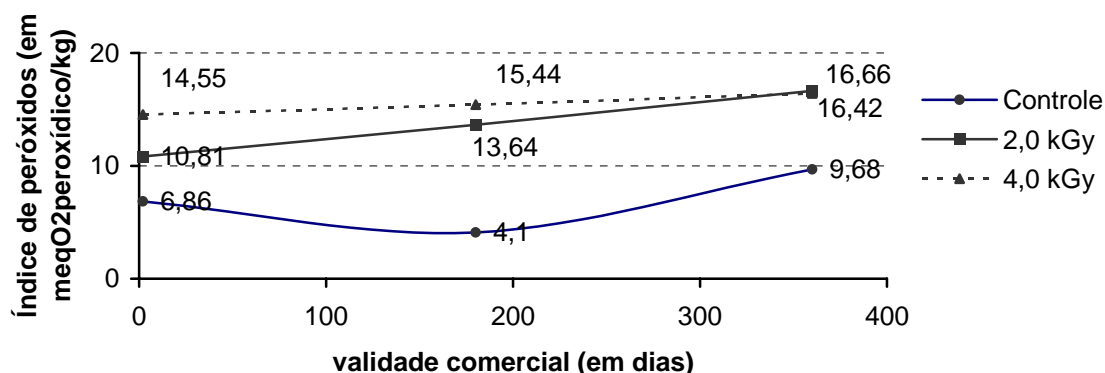


FIGURA 8 - Variação dos valores médios do índice de peróxidos das amostras de paleta dos javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) em relação ao tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Já Hampson et al. (1996) encontraram valores de índices de peróxidos de 3,77; 5,05; 4,75; 4,62 e 4,82 meq de oxigênio peroxídico / kg poucas horas depois da irradiação com doses de 0; 0,943; 2,83; 5,66 e 9,43 kGy em carne suína. Os valores encontrados foram divergentes dos obtidos na presente pesquisa mas deve ser considerado que as análises foram realizadas dois dias depois da irradiação e que poderia haver possíveis diferenças na composição lipídica entre as espécies. Os mesmos autores concluíram que o breve período entre a irradiação e as análises contribuiriam para os baixos valores encontrados os quais refletiram ao período de indução para a formação de peróxidos.

Pearson (1976) descreveu em sua técnica que durante o armazenamento, o índice de peróxidos da maioria dos óleos e gorduras demonstra um pequeno aumento nas primeiras etapas, conhecido como período de indução e depois aumenta sensivelmente onde índices de 10 a 20 são sinônimos de ranço. Estes valores foram encontrados no presente experimento nas amostras irradiadas, porém os resultados das análises sensoriais não demonstraram esta diferença entre os provadores.

#### 4.2.6 Valores do número de ácido tiobarbitúrico

Segundo a Tabela 9 e Figura 9, pode-se constatar os resultados das determinações de número de TBA em amostras de paleta de javali segundo diferentes doses de radiação gama e evolução da validade comercial. O malonaldeído é um composto secundário originado a partir dos peróxidos e hidroperóxidos significando que a oxidação está ocorrendo de forma completa até formação de substâncias menos complexas. Verifica-se que as amostras controle obtiveram valores baixos mas havendo um acréscimo consistente ao longo dos meses pesquisados. Com relação as amostras irradiadas, constatou-se valores maiores porém sem ser proporcionais a dose, ou seja, as amostras irradiadas com dose de 2,0 kGy apresentaram resultados maiores em relação as amostras submetidas a radiação com 4,0 kGy. Houve diferença significativa entre as amostras controle e irradiadas ( $p < 0,05$ ) e também de acordo com a evolução da validade comercial com exceção para as amostras irradiadas com 4,0 kGy onde os valores de TBA foram elevados por todo o experimento.

TABELA 9 - Valores médios ( $x \pm s$ ) do número de TBA (mg de malonaldeído/kg de amostra) das amostras de paleta dos seis javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0,2 e 4kGy), em função do tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Validade comercial (em dias)	Número de TBA		
	Doses de radiação gama (em kGy)		
	0	2 kGy	4 kGy
<b>2</b>	0,13±0,04 <sup>Aa</sup>	1,44±0,33 <sup>Ab</sup>	1,86±0,41 <sup>Ab</sup>
<b>180</b>	0,63±0,21 <sup>Ba</sup>	2,62±0,20 <sup>Ab</sup>	2,71±0,46 <sup>Ab</sup>
<b>360</b>	1,32±0,09 <sup>Ca</sup>	2,65±0,72 <sup>Bb</sup>	3,26±0,45 <sup>Aa</sup>

<sup>A,B,C,D</sup> Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

<sup>a,b,c,d</sup> Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

O fato de terem sido utilizadas doses relativamente baixas de radiação somados ao uso combinado de congelamento e embalagem a vácuo não foram suficientes para evitar a formação de radicais livres os quais são indutores do ranço. Zhao et al. (1996) também verificaram altos valores de TBA com utilização de vácuo em comparação ao uso de atmosfera modificada na irradiação de costeletas suínas frescas por- 2 a  $4^{\circ}\text{C}$  por até quatro semanas. Já Hampson et al. (1997) encontraram concentrações micromolares de malonaldeídos entre 5,0 e 7,50 poucas horas depois da irradiação com doses de entre 0 e 9,43 kGy em carne suína.

Davis et al. (2004) encontraram valores de TBARS de 0,13 mgMal/kg inicialmente em lombos suínos irradiados com 4,4 kGy mantidos sob refrigeração e posteriormente aos 35 dias encontrando valores de 0,19 mgMal/kg. Estes valores foram de encontro aos obtidos na atual pesquisa onde os valores foram significativamente maiores porém este fato poderia ser explicado pela provável diferença entre a composição da gordura ou do tecido usado na amostra. Também nos experimentos de Costa et al. (2006) e Santos et al. (2006) foram evidenciados valores proporcionais de TBARS em função da dose e em função da evolução da validade comercial sendo ligeiramente inferiores em função da menor quantidade de gordura nas carnes de peru e avestruz, respectivamente.

Luchsinger et al. (1996) analisaram a cor e rancidez em costeletas suínas desossadas resfriadas ( $3 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) e congeladas ( $-17 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ) embaladas a vácuo ou em ar e irradiada a 0; 1,5 e 2,5 kGy (resfriado) ou 0; 1,5 ou 3,85 kGy (congelado) por acelerador de elétrons ou cobalto. A irradiação a vácuo desenvolveu um produto mais avermelhado e estável (cor e ranço).

Hampson et al. (1996) determinaram que em doses inferiores a 10 kGy não há modificação significativa nos lipídios da carne suína. Apesar de não terem sido encontrados dados na literatura científica, parece que estes dados não refletem o que ocorreram nas amostras de carne de javali tendo sido encontrados valores elevados tanto no índice de peróxidos como na determinação do número de TBA mas estes valores não influenciaram nas análises sensoriais realizadas ao longo dos 450 dias de experimento.

Com respeito a essas informações, Luchsinger et al. (1996) revelaram que os valores de TBA em costeletas suínas resfriadas irradiadas com 0; 1,50; 2,5 e 3,85 kGy) e embaladas a vácuo não alteraram com a dose e dias de prateleira enquanto as amostras permeáveis ao ar tiveram seus valores aumentados com a dose e com a evolução da validade comercial. As amostras irradiadas com 2,5 kGy obtiveram valores superiores ao padrão (1,0) para percepção sensorial de rancidez em 7 dias e as amostras irradiadas com 1,5 kGy em 14 dias. Com relação as amostras congeladas, os valores de TBA aumentaram nas amostras embaladas com ar em relação ao vácuo e a dose e dias de prateleira. Os valores foram maiores nas doses de 2,50 e 3,85 kGy nos dias 7 e 14 mas todas permaneceram estáveis. Todas as amostras irradiadas resfriadas ou congeladas foram estáveis independentemente da dose, dias de validade comercial e fonte de radiação.

No ponto de vista comparativo, os resultados encontrados mostraram-se dentro dos padrões determinados por Schormuller (1968) o qual determinou que valores entre 7 e 8 mgMal/kg no teste de TBARS significariam que o alimento estaria impróprio para consumo sob o ponto de vista de aspectos sensoriais e que valores abaixo de 5 mgMal/kg seriam ideais. Neste aspecto pode-se ressaltar que nenhuma das amostras controle ou irradiadas atingiram valores superiores a cinco mgMal/kg durante a evolução de sua validade comercial denotando boa qualidade das amostras.

Os resultados de TBARS apresentados nesta pesquisa demonstraram que em duas análises realizadas segundo a validade comercial houve diferença significativa entre as amostras controle e irradiadas exceto no 360<sup>o</sup> dia. Contudo, não foi percebida diferença pelos provadores na preferência global das amostras cozidas ou na cor e odor das amostras cruas. Olivo e Shimokomaki (2002) revelaram que valores inferiores a 1,0 mgMal/kg não levam a alterações de odor e sabor ao passo que Galvin et al. (1997) citaram que alterações oxidativas são percebidas em carnes com valores entre 0,5 e 2,0 mgMal/kg. Estes valores foram detectados em todas as análises da presente pesquisa, exceto na primeira análise das amostras controle; onde houve diferença significativa quanto ao odor havendo preferência pelas amostras controle. Isto poderia ser explicado pela interação na estocagem sob congelamento dos radicais livres formadores de compostos voláteis sendo minimizados na última análise sensorial.

Osawa et al. (2006) descreveram que os métodos de destilação superestimam os valores de TBA em até duas vezes, se comparados com os métodos de extração, sendo os valores dos testes de recuperação daqueles inferiores a estes. É essencial divulgar o método escolhido na determinação do número de TBA para não incorrer na condenação ou na permissibilidade de produtos, cuja validade é determinada pela oxidação de lipídios. Em alguns casos, o melhor a se fazer é treinar uma equipe de provadores para discriminar alterações no sabor de um determinado tipo de produto e aplicar a metodologia de TBA, correlacionar as notas atribuídas pela equipe com os valores de TBA e estabelecer os parâmetros de qualidade definidos pela correlação. Uma alternativa seria o uso de testes rápidos mas ainda não há estudos conclusivos sobre a correlação destes métodos com os tradicionais. Pelos resultados obtidos na presente pesquisa, há concordância com os autores uma vez que os resultados das análises sensoriais não demonstraram alterações sensíveis que comprometessem a qualidade das amostras de carne de javali.

Torres e Okani (1997) relataram que o teste do TBA vem sendo aperfeiçoado com frequência para obtenção de dados mais confiáveis. Porém, no Brasil, seu uso não é comum pois o objetivo dos laboratórios de controle de qualidade seria a execução das análises de rotina. Certamente, concorda-se com os autores visto a falta de padrões legais no Brasil para estas análises.

Apesar de Nam e Ahn (2002) terem constatado que nas amostras irradiadas em presença de ar obtiveram valores de TBARS superiores as amostras controle, inclusive aumentando durante a estocagem. No entanto, não relatou o mesmo fato em amostras embaladas a vácuo onde o tempo de estocagem não alterou os valores de TBARS. Na presente pesquisa, observou-se um ligeiro aumento nos valores encontrados de acordo com o tempo de estocagem.

Como já mencionado, a oxidação lipídica leva a alterações de caráter sensorial além da produção de substâncias químicas tóxicas as quais podem ser maléficas a Saúde Coletiva. Para ser inibida, deve-se tomar precauções como o tipo de alimento e a embalagem.

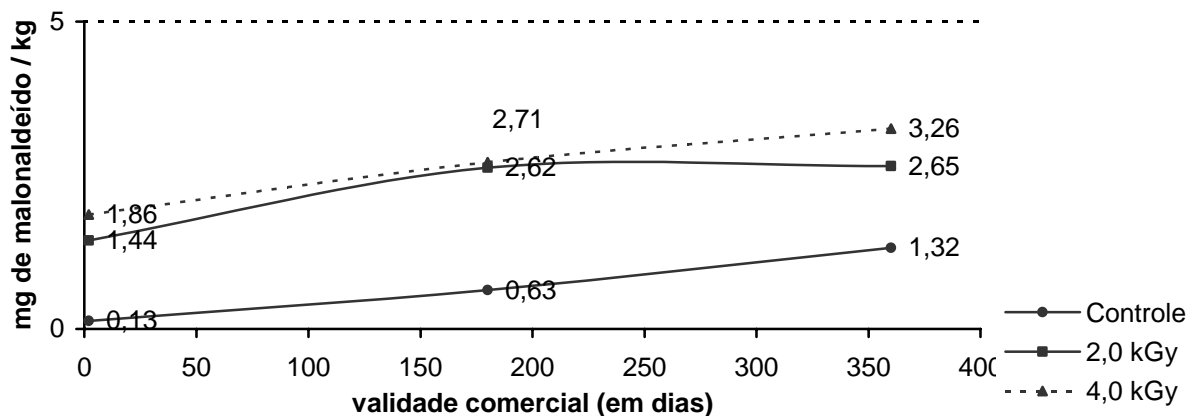


FIGURA 9 - Variação dos valores médios do número de TBA (em mg de malonaldeído/ kg de amostra) das amostras de paleta dos javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) em relação ao tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.2.7 Valores da contagem de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas

Na Tabela 10 e Figura 10 pode-se verificar a evolução dos resultados das contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas em amostras de paleta de javali submetida a diferentes doses de radiação gama segundo a evolução da validade comercial. Constata-se que a

carne possuía qualidade satisfatória em função das contagens encontradas nas amostras controle. Os valores oscilaram pouco durante as análises efetuadas ao longo dos 360 dias mas a irradiação com doses de 2,0 e 4,0 kGy foi capaz de reduzir o crescimento bacteriano não tendo sido detectado contagens em placas em nenhuma das diluições decimais realizadas. Houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre os tratamentos por radiação porém não houve diferença significativa ( $p<0,05$ ) entre os intervalos de período de validade comercial estudado.

TABELA 10 - Valores médios ( $x \pm s$ ) das contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicotróficas (logUFC/g) das amostras de paleta dos seis javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (kGy), em função do tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Validade comercial	AMOSTRAS		
	0	2 kGy	4 kGy
2 <sup>o</sup> dia	4,83±0,37 <sup>Aa</sup>	0 <sup>Ab</sup>	0 <sup>Ab</sup>
180 <sup>o</sup> dia	4,64.±0,59 <sup>Aa</sup>	0 <sup>Ab</sup>	0 <sup>Ab</sup>
360 <sup>o</sup> dia	4,81.±0,94 <sup>Aa</sup>	0 <sup>Ab</sup>	0 <sup>Ab</sup>

<sup>A,B,C,D</sup> Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ )

<sup>a,b,c,d</sup> Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ )

Grant e Patterson (1991) verificaram que as amostras de carne suína moída irradiada mantida em atmosfera modificada – 25% de CO<sub>2</sub> e 75% de N<sub>2</sub> - e em temperatura de 10 a 15<sup>o</sup>C que tinham sido inoculadas com 10<sup>6</sup> células / grama de patógenos como *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica* e *Clostridium perfringens* apresentaram redução de um a cinco ciclos logaritmos quando usada a dose de 1,75 kGy. *C. perfringens* foi o mais resistente ao passo que *Y. enterocolitica* foi o microrganismo mais sensível a irradiação. Com relação a estes dados, verifica-se a capacidade de redução da microbiota a qual foi equivalente a obtida na atual pesquisa onde a redução na microbiota psicotrófica foi em torno de cinco ciclos logarítmicos.

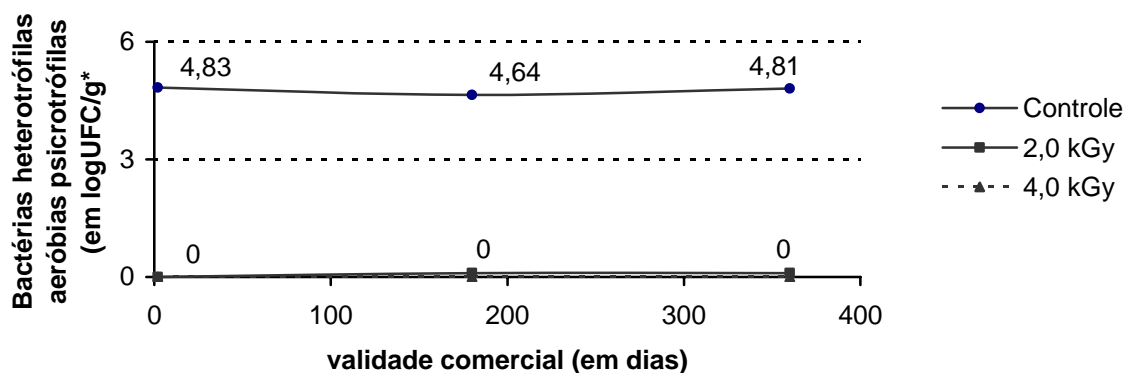


FIGURA 10 - Variação das contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotrófilas das amostras de paleta dos javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) em relação ao tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Da mesma forma, Luchsinger et al. (1996) verificaram que os valores encontrados nas amostras de costeletas suínas demonstraram redução de 4,8 e 5,6 ciclos logarítmicos para doses de 1,5 e 2,5 kGy comparadas as amostras controle. Estes resultados são similares aos obtidos na presente pesquisa onde a redução foi de quase cinco ciclos logarítmicos em doses de 2,0 e 4,0 kGy.

De forma semelhante, Lefebvre et al. (1992) constataram uma redução de três ciclos logarítmicos na contagem de bactérias aeróbias psicrotrófilas em carne moída irradiada com 2,5 kGy a qual teve uma validade de dez dias antes da contagem atingir sete ciclos log comparada a carne moída controle a qual teve validade de apenas um dia. Considerando o exposto pelos autores, houve similaridade com os presentes resultados tendo em vista a redução expressiva, quase em torno de cinco ciclos logarítmicos.

Os resultados foram equivalentes aos obtidos por Thayer et al. (1993) os quais também constataram que não houve contagem de bactérias aeróbias e anaeróbias mesófilas e psicrotrófilas em amostras de carne suína moída embalada a vácuo mantidas sob refrigeração ( $2^{\circ}\text{C}$ ) com 35 dias de validade comercial que receberam doses de radiação gama igual ou superior a 1,91 kGy. Conseqüentemente, a validade comercial aumentaria mas como não havia meios de enriquecimento seletivo ou métodos mais complexos de detecção, não foi possível afirmar que não houve microrganismos sobreviventes. A contaminação inicial foi baixa ( $<10^3$ ) na pesquisa de Thayer et al. (1993) em contraposição aos da presente pesquisa onde o crescimento nas amostras controle foi em torno de 4,64 a 4,83 ciclos log porém a dose de irradiação foi maior. Os



resultados das amostras controle foram similares aos obtidos por Sarkis et al. (2003) os quais concluíram que houve alta variação nas condições microbiológicas nas carnes de animais silvestres no município de São Paulo com resultados para a carne de javali entre logUFC<sub>2,00/g</sub> até logUFC<sub>6,17/g</sub>. Os resultados obtidos no presente experimento estão inseridos entre esta faixa. Bomar (1985) classificou a carne segundo a contagem superficial de bactérias aeróbias mesófilas em: boa (até  $3,5 \times 10^6$  UFC/g), tolerável (até  $3,5 \times 10^7$  UFC/g) e imprópria (superior a  $3,5 \times 10^7$ ). Apesar de ter sido feita a contagem de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotóticas as quais são predominantemente deteriorantes pode-se considerar a carne de javali utilizada neste experimento como satisfatória. Aberle et al. (2001) também observaram que a validade comercial depende da microbiota inicial do produto, ou seja, quanto maior a carga inicial, menor a validade devido ao aumento da atividade microbiana. Zhao et al. (1996) verificaram que doses de 1,0 kGy não eliminaram microrganismos aeróbicos em costeletas suínas frescas mas reduziram os valores nas contagens e seu crescimento na estocagem.

Luchsinger et al. (1996) verificaram que com 14 dias de validade comercial, todos os resultados das contagens de bactérias aeróbicas em amostras de costeletas irradiadas (resfriadas ou congeladas) demonstraram resultados inferiores ao valor  $10^7$ , limiar da putrefação. Na presente pesquisa, com 360 dias de validade comercial, as amostras mantiveram sua qualidade microbiológica sem indícios de perda de qualidade.

#### 4.2.8 Valores da enumeração de *Enterococcus* spp.

Como se pode constatar na Tabela 11 e Figura 11; verifica-se a presença de *Enterococcus* spp. na carne de javali em função de sua validade comercial. Inicialmente, constataram-se valores elevados e próximos entre as amostras controle e irradiadas. No entanto, com a evolução da validade comercial, houve redução na enumeração de *Enterococcus* spp. nas amostras controle ao passo que houve crescimento na enumeração de *Enterococcus* spp. tanto nas amostras irradiadas com 2,0 kGy como naquelas irradiadas com 4,0 kGy. Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos controle e por radiação apenas no 360<sup>o</sup> dia de validade comercial e também houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os intervalos de período de validade comercial estudado apenas para as amostras irradiadas entre o 180<sup>o</sup> e 360<sup>o</sup> dia. Sendo indicadores de contaminação fecal, estes resultados indicariam contaminações em função de deficiências higiênicas sanitárias durante o abate dos animais o que poderiam comprometer a Saúde Coletiva

em função da redução da validade comercial; pela produção de amins biogênicas ou pelo mecanismo de transmissão de plasmídios de resistência bacteriana para outras bactérias patogênicas. Não se constatou efeito de redução pela irradiação nas doses utilizadas; ou seja, até favoreceu o crescimento o que poderia se deduzir que pela redução da microbiota acompanhante haveria então uma seleção que favoreceria a permanência dos *Enterococcus* spp. . Este fato poderia realmente existir em face de alta resistência desses microrganismos a diversos fatores físicos e químicos. Embora as contagens tenham sido elevadas, ainda não existe no Brasil legislação referente ao padrão de *Enterococcus* spp. em alimentos.

Mantilla et al. (2007) encontraram valores médios de 6,6 e 7,98 logUFC/g em amostras de carne bovina inteira ou moídas mantidas sob refrigeração. Estes valores são próximos aos obtidos no presente trabalho ao levar-se em consideração que as amostras de carne de javali estavam congeladas.

Santos et al. (2006) encontrou valores elevados na enumeração de *Enterococcus* spp. em carne de avestruz sendo estes ainda maiores nas amostras irradiadas equivalendo aos dados obtidos na presente pesquisa demonstrando uma possível seleção da microbiota pré existente e uma resistência desses microrganismos.

TABELA 11 - Valores médios ( $\bar{x} \pm s$ ) das análises de enumeração de *Enterococcus* spp. (logNMP/g) das amostras de paleta dos seis javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4kGy), em função do tempo de estocagem a - 18 ° C.

Validade comercial	AMOSTRAS		
	0	2 kGy	4 kGy
2 <sup>0</sup> dia	6,04±0 <sup>Aa</sup>	5,36±0,79 <sup>Aa</sup>	5,57±0,62 <sup>Aa</sup>
180 <sup>0</sup> dia	5,68±0,15 <sup>Aa</sup>	6,09±0,86 <sup>Aa</sup>	6,51±0,67 <sup>Aa</sup>
360 <sup>0</sup> dia	4,69±0,50 <sup>Ba</sup>	6,04±0 <sup>Ab</sup>	6,04±0 <sup>Ab</sup>

<sup>A,B,C,D</sup> Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05)

<sup>a,b,c,d</sup> Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05)

Zhao et al. (1996) constataram o efeito benéfico da irradiação pela sensibilidade de microrganismos patogênicos levando a redução total de salmonelas em costeletas suínas frescas irradiados com doses de 1,0 kGy mantidas por 2 a 4<sup>0</sup>C por até quatro semanas dependendo do tipo de atmosfera da embalagem sendo o uso de ar mais efetivo na redução da microbiota por aumentar a formação de radicais livres a partir do oxigênio. Diehl (1990) relacionou valores de D10 para homogeneizado de camarão para *Enterococcus* spp. *faecalis* de 0,75 kGy e em solução tampão para *E. faecium* de 0,9 kGy. No entanto, Huhtanen (1990) detectou *Enterococcus* spp. mesmo em doses de 40 kGy sendo, portanto, dados controversos mas como se tratam de

microrganismos resistentes a diversos fatores ambientais e físico químicos, esta relação poderia existir tratando-se do fato que Diehl (1990) trabalhou somente com camarão.

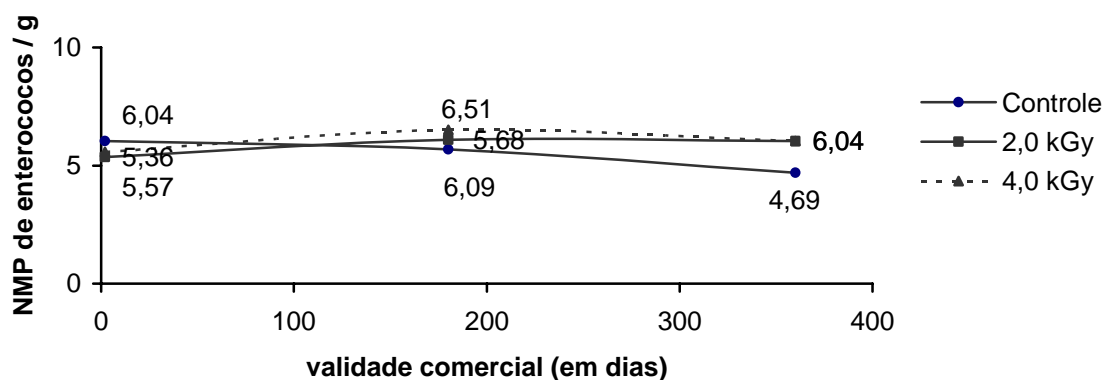
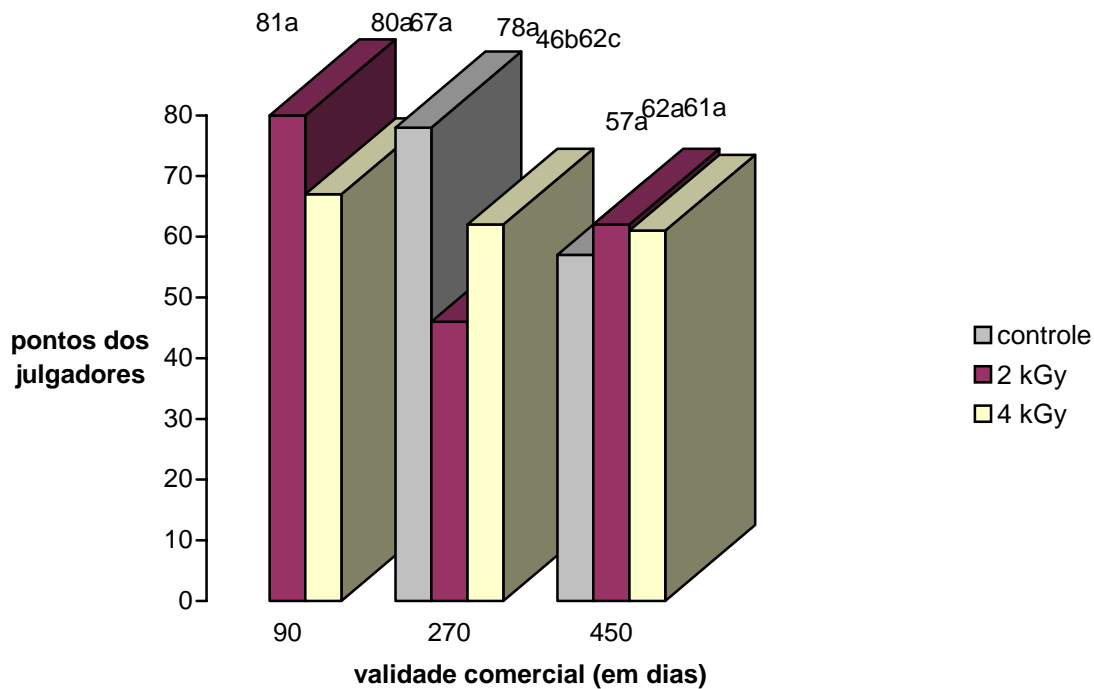


FIGURA 11 - Variação do Número Mais Provável - NMP de *Enterococcus* spp. das amostras de paleta dos javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) em relação ao tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.2.9 Valores da análise sensorial

Os resultados da análise sensorial de preferência global pelo teste de preferência por ordenação em amostras cozidas de paleta de javali submetidas a radiação gama segundo sua validade comercial podem ser observados na Figura 12. Existe muita preocupação sobre os possíveis efeitos deletérios da irradiação sobre as características sensoriais dos alimentos, principalmente a carne. No presente experimento, na primeira análise sensorial conduzida no 90<sup>o</sup> dia, não ocorreu diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre as amostras controle e irradiadas mas no 270<sup>o</sup> dia onde foi realizada a segunda análise houve diferença significativa ( $p<0,05$ ) entre as amostras controle e irradiadas variando com a dose onde a preferência ficou pela amostra controle seguido pela amostra irradiada com 2,0 kGy e pela amostra irradiada com 4,0 kGy. Todavia, esta diferença voltou a ser não significativa ( $p>0,05$ ) no 450<sup>o</sup> dia onde os provadores não perceberam diferença entre as amostras controle e irradiadas.

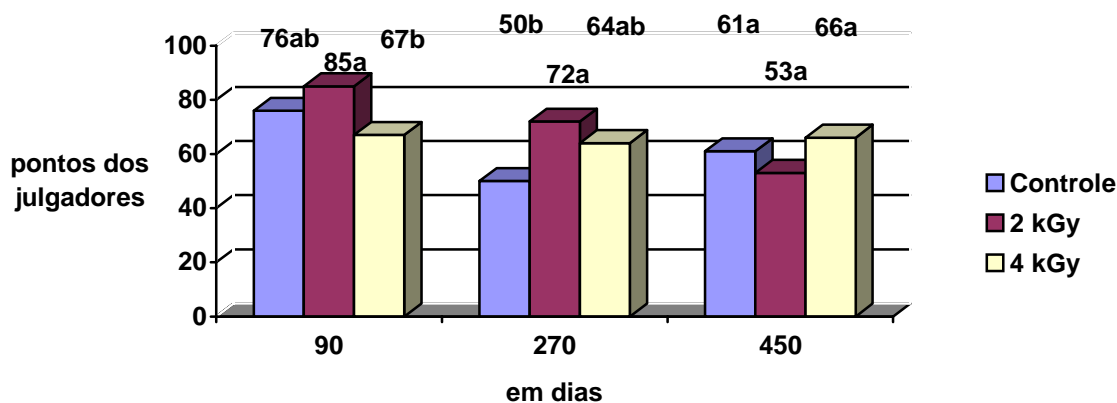


<sup>a,b,c,d</sup> Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

FIGURA 12 - Variação da análise sensorial de preferência global (teste de preferência por ordenação) em amostras cozidas de paleta dos javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) em relação ao tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

No que se refere a cor das amostras cruas de carne de javali submetidas a irradiação de acordo com a validade comercial como demonstrado na Figura 13 pode-se denotar que a irradiação na primeira análise sensorial ocorrida ao  $90^{\text{o}}$  dia exerceu um efeito diferenciado onde a amostra irradiada com 2,0 kGy obteve a preferência porém sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para as amostras controle ao passo que estas também não apresentaram diferença significativa para as amostras irradiadas com 4,0 kGy. A irradiação com dose de 2,0 kGy forneceu resultados semelhantes as amostras controle. Com o decorrer dos dias de validade comercial, no  $270^{\text{o}}$  dia onde ocorreu a segunda análise sensorial, os provadores consideraram a amostra irradiada com 2,0 kGy melhor que a amostra controle ( $p < 0,05$ ) ao passo que a amostra irradiada com 4,0 kGy mostrou-se equivalente as amostras controle e irradiada com 2,0 kGy. No entanto, no  $450^{\text{o}}$  dia, a terceira análise sensorial identificou que os provadores não perceberam diferença entre as amostras ( $p > 0,05$ ). O fato de a irradiação provocar uma coloração mais avermelhada poderia levar a uma preferência pela carne irradiada da mesma forma que Zhao et al. (1996) que

constatarem a cor rosada porém com grande exsudação em costeletas suínas frescas irradiados com doses de 1,0 kGy. Os mesmos autores verificaram que a coloração de amostras de carne suína irradiada e embalada a vácuo mantida por quatro semanas em refrigeração obtiveram melhores valores na avaliação por painelistas em relação as amostra controle. A cor seria melhorada pela redução de metamioglobina a mioglobina por radicais oriundos da irradiação.



<sup>a,b,c,d</sup> Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

FIGURA 13 - Variação da análise sensorial de cor (teste de preferência por ordenação) em amostras cozidas de paleta dos javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) em relação ao tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Na presente pesquisa, isto foi evidenciado também pelos julgadores onde em quase todas as análises (exceto na terceira) houve preferência pelas amostras irradiadas embora diminuísse pelo decorrer do tempo o que poderia ser devido aos efeitos deletérios do congelamento e/ou fuga de vácuo causando modificações do potencial de óxido redução. Brewer (2004) descreveu que modificações de coloração na carne irradiada ocorrem devido a susceptibilidade da molécula de mioglobina, especialmente, o ferro; alterações no meio químico e a quantidade de energia. O potencial dos elétrons de ferro de ocorrerem em diversos estados torna o ambiente adjacente ao átomo de ferro particularmente vulnerável a presença de componentes doadores de elétrons e a irradiação. A condição inicial da mioglobina, modificação do potencial de oxirredução do tecido e geração de compostos formados-ligados (CO) de compostos orgânicos formados e água são ampliados ou reduzidos dependendo da atmosfera, temperatura e concentração de mioglobina. A cor da carne é o fator de qualidade mais importante que o consumidor pode apreciar no momento da compra, constituindo o critério básico para sua seleção, a não ser que outros fatores, como o odor, sejam marcadamente deficientes (SILVA SOBRINHO et al., 2004). Sendo assim, pode-se

caracterizar que a irradiação pode ser usada comercialmente na carne de javali em doses baixas sem modificações nas características sensoriais.

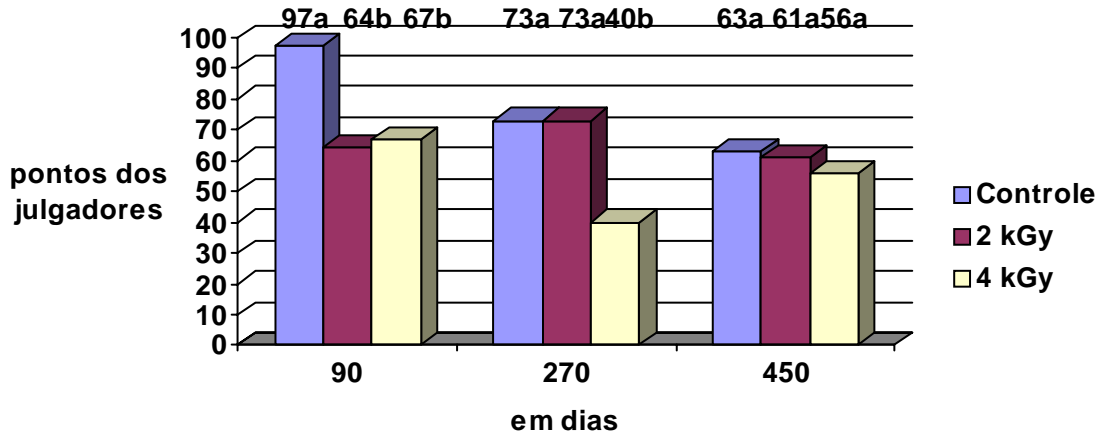
Na Figura 14 são visualizados os resultados da análise sensorial de odor em amostras cruas de paleta de javali submetidas a várias doses de radiação segundo sua validade comercial. Caracteriza-se que na primeira análise sensorial ocorrida no 90<sup>o</sup> dia após a irradiação que houve diferença significativa entre as amostras controle e irradiadas havendo preferência pelas amostras não irradiadas. No 270<sup>o</sup> dia onde foi conduzida a segunda análise sensorial, houve preferência pelas amostras controle e irradiadas com 2,0 kGy ao passo que no 450<sup>o</sup> dia, não houve diferença significativa entre as amostras, ou seja, os julgadores não demonstraram preferência entre as amostras controle e irradiadas. Ainda Zhao et al. (1996) concluíram que as amostras não irradiadas tiveram preferência em relação as amostras irradiadas com relação ao odor porém a diferença desapareceu após duas semanas de estocagem. Além de produtos radiolíticos como aldeídos, álcoois, cetonas outros podem ser incriminados como também a sobrevivência de bactérias ácido lácticas que podem produzir compostos de odor desagradável. Os autores concluíram que o odor desagradável desapareceu ou diminuiu durante a estocagem. Este fato foi observado no presente experimento onde inicialmente houve preferência pelas amostras controle, depois pelas amostras controle e irradiadas com 2,0 kGy e finalmente os julgadores não perceberam diferença entre as amostras controle e irradiadas.

Os resultados obtidos na análise de odor permitiram concordar com Lacroix et al. (2002) já que não foram obtidas alterações que comprometessem a preferência global das amostras no presente experimento. Apesar de não terem sido encontrados dados na literatura científica com carne de javali, Lacroix et al. (2002) não detectaram alterações de odor na carne suína embalada a vácuo irradiada com 5 kGy.

Também são similares aos resultados obtidos por Al Bachir e Mehio (2001) os quais revelaram que doses de 4 kGy não são capazes de induzir alterações de aroma ou sabor em produtos cárneos irradiados.

Santos et al. (2006) também não evidenciaram diferença entre amostras de carne de avestruz controle e irradiadas com doses de 1 e 3 kGy, seja no sabor, cor ou impressão global. Resultados semelhantes foram obtidos por Costa et al. (2006) que não foram demonstradas alterações que comprometessem a impressão global, sabor ou cor das amostras de carne de peru nas mesmas doses aplicadas. Corroboram-se os dados do presente trabalhos onde também não

foram evidenciadas estas diferenças principalmente nas análises realizadas com 450 dias de validade comercial.



<sup>a,b,c,d</sup> Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

FIGURA 14 - Variação da análise sensorial de odor (teste de preferência por ordenação) em amostras cozidas de paleta dos javalis submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) em relação ao tempo de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.2.10 Detecção de alimentos irradiados

A Ressonância Paramagnética Eletrônica - RPE identifica os radicais formados pela irradiação visando diferenciar os tecidos irradiados e não irradiados. No caso de alimentos com osso, os radicais mais estáveis como o carboxil -  $\text{CO}_2^-$  são produzidos na hidroxiapatita que faz parte da composição natural do osso. A radiação no osso forma um sinal estável com uma meia-vida alta, em torno de milhões de anos sendo inclusive usado na datação de rochas com milhões de anos de formação conforme a Figura 15 que demonstrou a intensidade do sinal RPE de acordo com o campo magnético demonstrando o sinal característico da hidroxiapatita, a amostra irradiada com 2 kGy e amostra irradiada com doses aditivas.

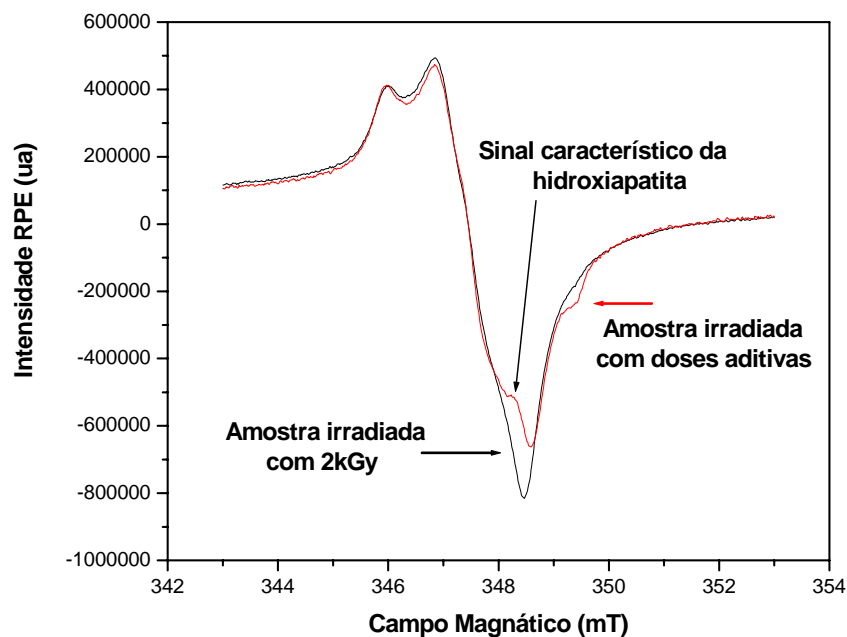


FIGURA 15 – Variação da intensidade do sinal RPE(ua) de acordo com o campo magnético (mT) de amostras de paleta com osso dos javalis, irradiadas com 2 kGy e após todas as irradiações com doses aditivas, estocadas por 15 meses a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Douifi et al. (1998) descreveram que a RPE ou ressonância elétron spin - RES é o método mais apurado para uso em rotina já que os radicais são estabilizados por períodos longos em alimentos sólidos ou secos; conseqüentemente, pode ser aplicado em carne ou pescado com osso, frutas e outros produtos de origem vegetal.

Contudo, a intensidade do sinal varia de acordo com a quantidade de conteúdo mineral ósseo, o que pode variar de amostra para amostra, inclusive na mesma espécie e animal. No caso, a determinação da dose aplicada requer um processo mais elaborado, onde o conteúdo mineral ósseo possa ser levado em consideração sendo utilizado o processo de doses aditivas onde o osso é submetido a doses consecutivas de irradiação para depois através de regressão linear chegar a dose que foi utilizada. Na Figura 16, pode-se verificar a curva de regressão linear onde se pode constatar através do uso da fórmula que o  $D_0$  foi de 933 Gy. Ou seja, da dose inicialmente estipulada de 2,0 kGy; na realidade era de 0,933 kGy o que corresponderia a 46,65 % da dose desejada.



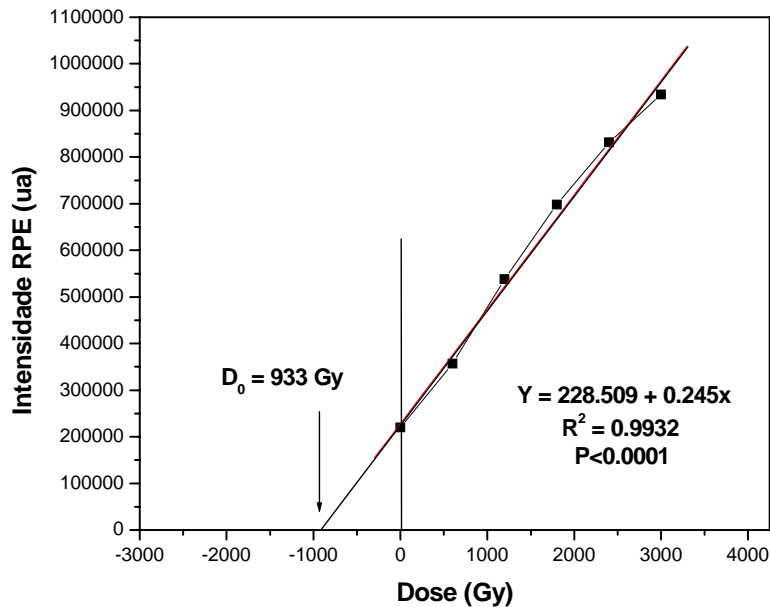


FIGURA 16 - Variação da intensidade do sinal RPE (ua) de acordo com a dose (Gy) de amostras de paleta com osso dos javalis, irradiadas com 2 kGy, no 2º dia de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Na Figura 17 onde se constata a curva de regressão linear a qual denota através do uso da fórmula que o  $D_0$  foi de 2110 Gy. Sendo assim, da dose inicial de 4,0 kGy; na realidade era de 2,11 kGy o que seria 52,75 % da dose desejada. O baixo valor encontrado leva a reflexão do que descreveram Glidewell et al. (1993) que consideraram que o estado físico e químico dos alimentos torna impossível para qualquer método ser um efetivo detector de alimentos irradiados.

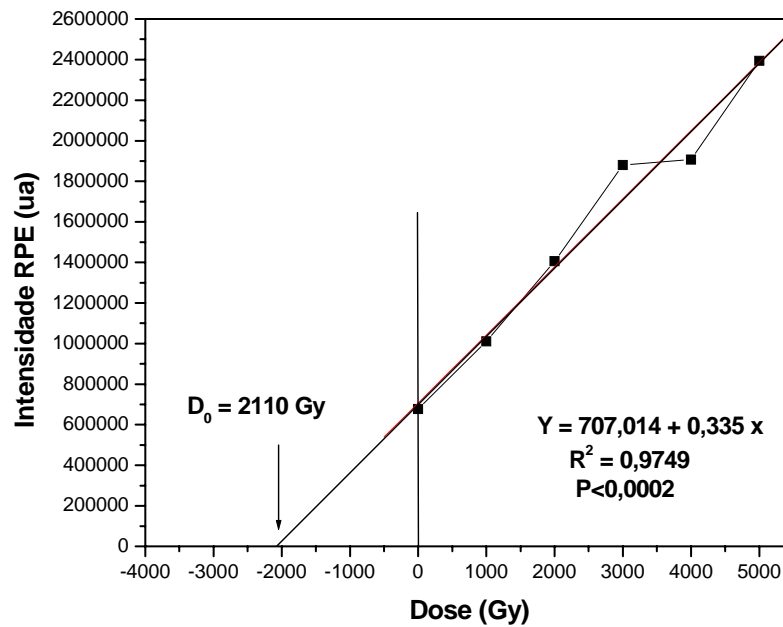


FIGURA 17 - Variação da intensidade do sinal RPE (ua) de acordo com a dose (Gy) de amostras de paleta com osso dos javalis, irradiadas com 4 kGy, no 2<sup>o</sup> dia de estocagem a - 18 °C.

Na Figura 18, observando a curva de regressão linear onde se destaca com a fórmula que o D<sub>0</sub> foi de 1326 Gy. Com isso, da dose inicial de 2,0 kGy; realmente foi aplicada a dose de 1,326 kGy o que corresponderia a 66,3 % da dose pretendida.

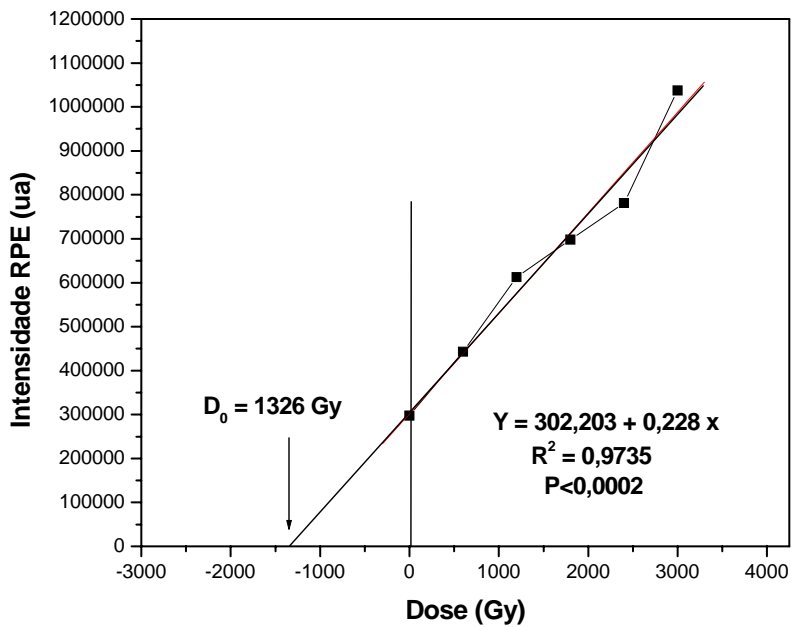


FIGURA 18 - Variação da intensidade do sinal RPE (ua) de acordo com a dose (Gy) de amostras de paleta com osso dos javalis, irradiadas com 2 kGy, no 270<sup>o</sup> dia de estocagem – 18 ° C .

Na figura 19, caracteriza-se a curva de regressão linear onde se verifica que com a fórmula usada que o  $D_0$  foi de 2399 Gy. Desta forma, com a dose inicial de 4,0 kGy; efetivamente foi aplicada a dose de 2,399 kGy o que seria em torno de 59,98 % da dose pretendida.

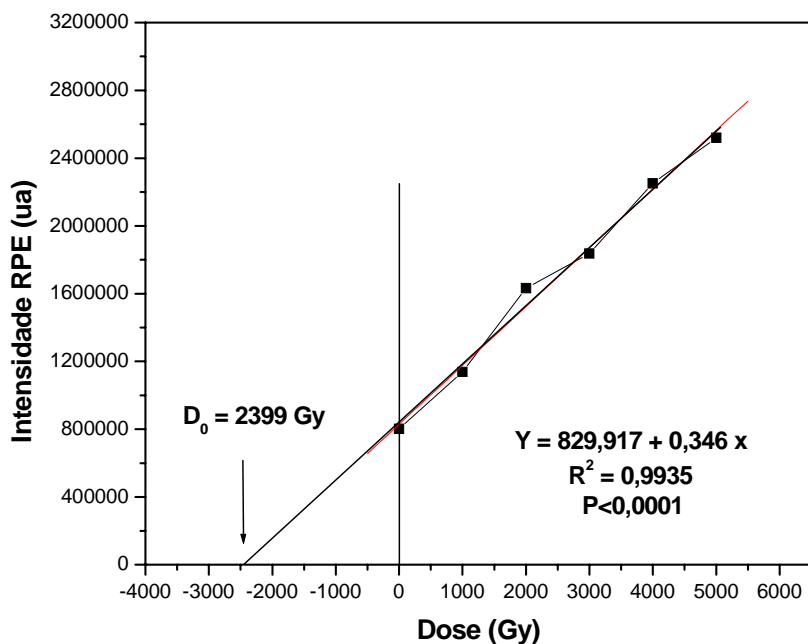


FIGURA 19 - Variação da intensidade do sinal RPE (ua) de acordo com a dose (Gy) de amostras de paleta com osso dos javalis, irradiadas com 4 kGy, no 270<sup>o</sup> dia de estocagem a – 18 °C.

A amostra estocada por 450 dias e irradiada com 2 kGy não pode ter sua dose determinada pois o espectro de RPE apresentou um radical diferenciado que impediu a medida da intensidade do radical de hidroxiapatita do osso. O sinal natural do osso, com grande intensidade não permitiu uma avaliação correta da intensidade do sinal devido a dose, da hidroxiapatita, impedindo a determinação da dose e até mesmo a indicação de se a amostra foi ou não irradiada. Esse é um resultado inesperado para altas doses de radiação em osso, e a causa só poderá ser determinada com estudos da composição do material, para tentar associar o espectro obtido com os componentes presentes no osso da amostra em questão. Existem ainda muitas pesquisas a serem desenvolvidas visando a correlação dos sinais RPE com os tecidos da espécie animal como Goodmann et al. (1989) que verificaram que os sinais RPE são mais intensos nos ossos de suínos em relação aos ossos de salmão e isto está relacionado ao fato da hidroxiapatita ser mais cristalina.

De acordo com a Figura 20, observam-se os radicais observados nos espectros de RPE. Constata-se a curva de regressão linear onde com a fórmula usada observa-se que o  $D_0$  foi de 2221 Gy. Com isto, com a dose inicial de 4,0 kGy; foi aplicada, de fato, a dose de 2,221 kGy o

que seria em torno de 55,52 % da dose desejada. No que tange a diferença de 50%, esta pode ser considerada aceitável na irradiação comercial sendo, portanto, resultados esperados nas análises efetuadas.

Glidewell et al. (1993) relataram que estabelecer se uma amostra foi ou não irradiada é agora factível com razoável certeza mas ainda existem dificuldades em estimar a dose de radiação recebida por uma amostra sem a presença de controle e sem experimento de reirradiação. Isto faz com que aumente o tempo e custo e diminui a acessibilidade destas técnicas. Segundo os autores, não existe no momento método seguro de determinar se uma amostra recebeu 5 kGy há 10 dias ou 2 kGy há dois dias. Não existe um teste simples e único para detecção da irradiação em alimentos; mas, sem dúvida, poderiam realizar uma bateria de métodos apropriados para testes rápidos, usados provavelmente em combinação, capazes de dar mais informação em troca de um investimento de tempo e dinheiro.

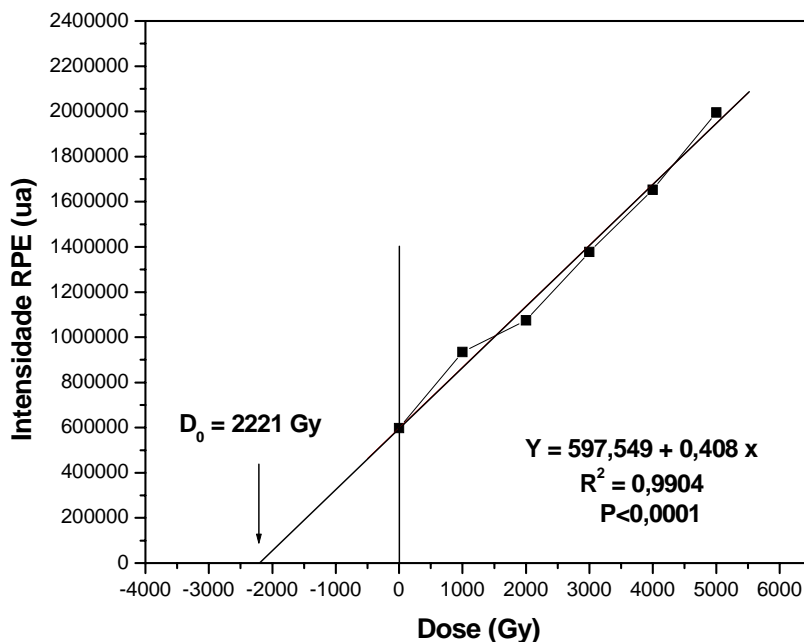


FIGURA 20 - Variação da intensidade do sinal RPE (ua) de acordo com a dose (Gy) de amostras de paleta com osso dos javalis, irradiadas com 4 kGy, no 450<sup>o</sup> dia de estocagem – 18 °C.

## 5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos no presente experimento pode-se concluir que ;

- Os valores de temperatura das carcaças e da câmara frigorífica declinaram conforme o tempo *post mortem*;
- A queda de pH ocorreu conforme o esperado segundo o tempo post mortem sendo que o pH sempre foi maior nos músculos *Extensor/Flexor* em relação aos músculos *Tríceps brachii*;
- O músculo *Tríceps brachii* atingiu valor mínimo de sarcômero de 1,77  $\mu\text{m}$  às nove horas após a sangria enquanto nos músculos *Extensor / Flexor* foi de 1,61  $\mu\text{m}$  em sete horas após a sangria;
- Até o 450<sup>o</sup> dia, o pH oscilou entre valores considerados aptos para consumo humano sendo considerada carne adequada para consumo tanto nas amostras controle como nas amostras irradiadas;
- Os resultados da determinação do índice de peróxidos e do número de TBA ocorreram dentro do previsto tendo sido alcançados valores elevados nas amostras irradiadas e menores nas amostras controle;
- Não houve diferença entre as amostras controle e irradiadas quanto a atividade de água;

- As contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotóficas foram maiores nas amostras controle porém em valores adequados para consumo mas a irradiação fez com que não houvesse crescimento perceptível tornando a carne mais segura. No tocante a enumeração de *Enterococcus* spp.; houve maior crescimento nas amostras irradiadas o que indicaria seleção da microbiota competitiva;
- As perdas por cozimento foram proporcionais a força de cisalhamento onde as amostras controle foram consideradas mais macias em relação as amostras irradiadas;
- Apesar de terem sido detectadas algumas diferenças durante as análises de cor e preferência global, parece ter havido um equilíbrio entre as amostras controle e irradiadas principalmente aquelas com 2,0 kGy. Quanto ao odor, os julgadores tiveram preferência inicialmente pelas amostras cruas mas na última análise, não houve diferença entre as amostras controle e irradiada;
- O uso da RPE permitiu constatar uma diferença entre as doses absorvidas e realmente aplicadas como foi previsto;
- As amostras controle e irradiadas se encontraram aptas para consumo pelos 450 dias de validade comercial

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, M. T.; PEARSON, Q. M.; PRICE, J. F.; HOOPER, G. R. Ultrastructural changes during autolysis of red and white porcine muscle. *Journal of Food Science*, v. 42, n.5, p.1185-1188, 1977.

ABERLE, E. D.; FORREST, T. C.; GERARD, D. E.; MILLS, E. W. F. *Principles of meat science*. 4.ed..Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company, 2001, 353p.

ABREU, R. L. *Correlação entre tempo, temperatura e pH com comprimento de sarcômero no rigor mortis de carcaça frigorificada de bovino*. Niterói, 1984, 81p. Dissertação (Mestrado em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal). Universidade Federal Fluminense.

AL-BACHIR, M.; MEHIO. Irradiated luncheon meat: microbiological, chemical and sensory characteristics during storage. *Food Chemistry*, v. 75, n. 2, p. 169-175, 2001.

ALMEIDA, T. C. A.; HOUGH, G.; DAMÁSIO, M. H.; SILVA, M. A. A. P. *Avanços em Análise Sensorial*. São Paulo. Livraria Varela, 1999, 286p.

ALVES, A. *Os Sentidos do Corpo*. Disponível em: <http://www.todos-os-sentidos.com.br>. Acessado em 01/10/2006.

ANTONIASSI, R. *Métodos de avaliação da estabilidade oxidativa de óleos e gorduras* B.CEPPA, Curitiba, v. 19, n. 2, jul./dez. 2001 Disponível em: <http://72.14.209.104/search?q=cache:ryV7tyDHHaUJ:calvados.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/alimentos/article/viewPDFInterstitial/1243/1043+Teste+de+Swift+lipídios+gorduras&hl=pt-BR&gl=br&ct=clnk&cd=6> Acesso em 04/10/2006

BAGER F, MADSEN M, CHRISTENSEN J, AARESTRUP FM. Avoparcin used as a growth promoter is associated with the occurrence of vancomycin-resistant *Enterococcus spp. faecium* on Danish poultry and pig farms. *Preventive Veterinary Medicine* v. 31 ,n.1-2, p.95-112,1997. Disponível em: [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=retrieve&db=pubmed&list\\_uids=9234429&dopt=Abstract](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=retrieve&db=pubmed&list_uids=9234429&dopt=Abstract). Acesso em: 16/10/2006



BEHMER, O. A.; TOLOSA, E. M. C.; NETO, A. G. F. *Manual de técnicas para histologia normal e patológica*. São Paulo: EDART – Editora da USP, 1976, 239p.

BERSET, C; CUVELIER, M. E. Méthodes d'évaluation du degré d'oxydation des lipides et de mesure du pouvoir antioxydant (Methods of estimating the degree of lipid oxidation and of measuring antioxidizing power) *Sciences des Aliments*.v.16,p.219, 1996. Disponível em: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=3167459> Acesso em 04/10/2006

BOERS, R. H.; DIJKMANN, K. E. ; WIJNGAARDS, G Shelf-life of vacuum-packaged wild boar meat in relation to that of vacuum-packaged pork: Relevance of intrinsic factors *Meat Science*, v. 37, n. 1, p. 91-102, 1994.

BÖGL, K. W. Identification of Irradiated Foods – Methods, Development and Concepts. *Applied radiation Isotopes*, Great Britain: Pergamon Press pic, v. 40, n. 10-12, p. 1203-1210 1989.

BOMAR, M. T. Rapid method for the determination of bacterial surface contamination in carcasses. *Alimenta*, v. 24, p.55-57,1985.

BRASIL. Ministério da Agricultura Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal. *Métodos analíticos oficiais para controle de produção de origem animal e seus ingredientes II – Métodos físicos químicos*. Brasília D. F. 1981.

\_\_\_\_\_. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. *Controle da Qualidade na Indústria Alimentar: A concepção moderna*, 1985 196p.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. *Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal* (aprovado pelo decreto 30.691 de 29/03/1952 alterado pelos decretos nºs 1.255 de 25/06/1962, 1.236 de 02/09/1994, nº1.812 de 08/02/1996 e nº 2.244 de 05/06/1997). DIPOA-MAPA, Brasília-DF, 1997, 241p.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Defesa Agropecuária. *Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de animais de Açougue*. Instrução Normativa nº 3 de 17 de janeiro de 2000( aprovado pela portaria ministerial nº 574 de 8 de dezembro de 1998, processo nº 21000,003895/99-17),2000.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis. Portaria 102 de 15/07/1998 Disponível em: [http://ibama2.ibama.gov.br/cnia2/renima/cnia/lema/lema\\_texto/IBAMA/IN0050-040805.PDF](http://ibama2.ibama.gov.br/cnia2/renima/cnia/lema/lema_texto/IBAMA/IN0050-040805.PDF) Acesso em: 15/01/2007.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis. Instrução Normativa Nº 50 de 14/08/2005 Disponível em: [http://ibama2.ibama.gov.br/cnia2/renima/cnia/lema/lema\\_texto/IBAMA/IN0050-040805.PDF](http://ibama2.ibama.gov.br/cnia2/renima/cnia/lema/lema_texto/IBAMA/IN0050-040805.PDF) Acesso em: 15/01/2007.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001. *Aprova o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos*. Diário Oficial, Brasília, 29 jan. 2001.

BREWER, Susan Irradiation effects on meat color – a review *Meat Science* v. 68, p.1- 17,2004.

BREWER, M. S.; ZHU, L. G.; BIDNER, B., MEISINGER, D. J.; MCKEITH, K. Measuring pork color: effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters *Meat Science* v. 57, n. 2, p.169-176, 2001.

CAMARGO, R. et al. *Tecnologia dos Produtos Agropecuários – Alimentos*. São Paulo: Nobel, 1984. 298 p.

CERDA, H. DELINCÉE, H.; HAINE, H.; RUPP, H. DNA `comet assay as a rapid screening technique to control irradiated food. *Mutation research / Fundamental and molecular mechanisms of mutagenesis*. v. 35, n. 2, p. 167-181, 1997.

CHAVES, J. B. P. *Métodos de diferença em avaliação sensorial de alimentos e bebidas*. Universidade Federal de Viçosa: Imprensa Universitária, 1993, Viçosa-MG, 91p.

CICCO, L. H. S. De. Javali Selvagem In: \_\_\_\_\_. Mil bichos. Ed. Abril: São Paulo.1995 Disponível em: [http://www.jcprada.com.br/home/qualidades\\_nutricionais/nutri.htm](http://www.jcprada.com.br/home/qualidades_nutricionais/nutri.htm) Acesso em: 15.01.2006

CICHOSKI, A. J.; TERRA, N. N. Características sensoriais da carne. *Revista Higiene Alimentar*, Rio Grande do Sul, v. 10, n. 46, p. 27-29, Nov/Dez. 1996.

COELHO, C.M. de L. *Avaliação dos métodos para determinação da rancidez de gorduras como indicativo do estado de conservação de aves de consumo*. 1977. Tese de mestrado – UFF, Faculdade de veterinária – CCM, curso de pós-graduação em Ciência, Higiene e Tecnologia de Alimentos. Niterói-R.J.

COSTA, F.; SILVA, T. J. P.; FREITAS, M. et al. Caracterização do processo de *rigor mortis* nos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* e maciez da carne. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, v. 13, p.165-169, 2006.

COUSIN, M. A.; JAY, J. M.; VASAVADA, P. C. Psycrotrophic Microorganisms In: DOWNES, F. P.; ITO, K. *Compendium for methods for the Microbiological examination of Foods*. 4 ed. American Public Health Association – APHA, washington, 2001. 676p. Cap. 13, p. 159-166.

DAVIS, K. J.; SEBRANEK, J. G. ; HUFF-LONERGAN, E.; AHN, D.; LONERGAN, S. M.. The effects of irradiation on quality for injected fresh pork loins. *Meat Science*, v.67, n. 3, p. 395-401, 2004.

DELINCÉE, H. Rapid and simple screening tests to detect the radiation treatment of foods *Radiation Physics and Chemistry*, v.46, n. 4-6, p. 677-680, 1995.

\_\_\_\_\_. Detection of food treated with ionizing radiation *Trends in Food Science & Technology*, v. 9, n.2, p. 73-82, 1998.

\_\_\_\_\_. Analytical methods to identify irradiated food—a review *Radiation Physics and Chemistry*, v. 63, n. 3-6, p.455-458. 2002a.

\_\_\_\_\_. Rapid detection of irradiated frozen hamburgers *Radiation Physics and Chemistry* v.63, n.3-6, p. 443-446, 2002b.

DELLA TORRE, Jussara C. de M. RODAS, Maria Auxiliadora de B., BADOLATO, Gabriela G. et al . Perfil sensorial e aceitação de suco de laranja pasteurizado minimamente processado *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 23, n. 2, 2003. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S01010612003000200001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01010612003000200001&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 06/10/2006.

DESROISIERS, M. F.; AUERBACH, R. H.; HILL, S.; WANG, R. Estimation of the absorbed dose in radiation-processed food 1-tets of the response function by a linear regression analysis *Applied radiation and Isotopes*, v. 52, n. 7, p. 613-616, 1991.

DESROSIERS, M. F, Estimation of the absorbed dose in radiation-processed food – 2. Test of the EPR response function by an exponential fitting analysis. *Applied Radiation Isotopes*, v. 42, n. 7, p. 617-619, 1991.

DESTEFAINS, G.;GUNLAUGSDOLTIR, H; ACKMAN, R. G. The use of principal component analysis (PCA) to characterize beef. *Meat Science*, v. 56, n. 3, p.255-259, 2000.

DIEHL, J. F. *Safety of irradiated foods*. New York: Marcel Denker,1990.345p.

DILES, J.J.B.; MILLER, M. F.; OWEN, B. L. Calcium chloride concentration injection time and aging period effects on tenderness, sensory and retail color attributes of loin steaks from mature cows. *Journal of Animal Science*, v. 72, p.2017-2021, 1994.

DODD, N. J. F.; LEA, J. S. ; SWALLOW, A. J. The ESR detection of Irradiated Food *Applied radiation Isotopes*, Great Britain: Pergamon Press pic, v. 40, n. 10-12, p. 1211-1214 1989

DOMIG, K. J. ; MAYER, H. J.; KNEIFEL, W. Methods used for the isolation, enumeration, characterization and identification of *Enterococcus* spp. sp 1. Media for isolation and enumeration. *International Journal of Food Microbiology* v. 88, p. 147-164, 2003

DOUIFI, L.; RAFFI, J.; STOCKER, P.; DOLE, F. A point about electron paramagnetic resonance detection of irradiated foodstuffs *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* v. 54, n. 14, p. 2403-2412, 1998.

- DUARTE, C. L.; VILLAVICENCIO, A. L. C. H.; DEL MASTRO, N. L. ; WIENDL, F. M. Detection of irradiated chicken by ESR spectroscopy of bone *Radiation Physics and Chemistry*. v.46, n. 4-6 , p. 689-692, 1995.
- DUDEL, J. *Fisiologia geral dos órgãos dos sentidos. Psicofísica* In: Schmidt, R. F. organizador Fisiologia sensorial São Paulo: EPU: Springer: Editora da Universidade de São Paulo, 1980, Cap. 1, p. 1-8.
- FELDHUSEN, F. ; KÜHNE, M. Effects of ultrarapid chilling and ageing on length of sarcomeres and tenderness of pork *Meat Science*, v. 32 , n. 2 , p.161-171, 1992.
- FELICIO, P. E. *Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas* Disponível em: [http://www.sbz.org.br/eventos/PortoAlegre/homepagesbz/Pedro\\_Felicio.htm](http://www.sbz.org.br/eventos/PortoAlegre/homepagesbz/Pedro_Felicio.htm). Acesso em: 06/10/2006.
- FERNANDEZ, A. T. *Avaliação físico química, microbiológica e sensorial na conservação de carne pré moída "light" submetida a radiação gama por cobalto 60*. Niterói, 2002, 68p. Monografia (Especialização). Faculdade de Veterinária, Centro de Ciências Médicas. Universidade Federal Fluminense.
- FERRARI, C.K.B. Oxidação de lipídios e antioxidantes: importância nas ciências animal e dos alimentos. *Revista Higiene Alimentar*. v.13, nº60, p.16-20, março, 1999.
- FERRARI, C.K.B. Fatores bioquímicos e físicos pró e antioxidantes, relacionados à oxidação lipídica dos alimentos. *Revista Higiene Alimentar*. v.14, nº78/79, p.37-43. 2000.
- FIEMS, O. L. et al. Carcass and meat quality in doubled-muscle Belgian Blue bulls and cows. *Meat Science*, v. 63, n. 3, p. 545-552, 2003.
- FORSYTHE, Stephen J. *Microbiologia da segurança alimentar*. Porto Alegre: Artmed editora, 2002, 424p.
- FRANCO, B. D. G. M. ; LANDGRAF, M. *Microbiologia de Alimentos*. São Paulo: Livraria Atheneu, 2004.128p.
- FRANKEL, E. N. *Trends Food Science andTechnology* v.4. p 220. 1993.
- FRANZ, C. M. A . P.; STILES, SCHLEIFER, K. H.; HOLZAPFEL, W. H. Enterococci in foods, a comnundrum for food safety. *International Journal of Food Microbiology* v. 88, n. 2-3, p. 105-122, 2003.
- FUENTE, F. R. O javali In: \_\_\_\_\_ *A fauna: vida e costumes dos animais selvagens*. São Paulo: Salvat Editora do Brasil Ltda. 1979. 11v., cap.62, p. 145-161.
- GALVIN, K. et al. Effect of ionization radiation on thr lipids *British Poultry Science*, v. 38, p. 499-501, 1997.

- GARCIA, J.U. et al . Study of the thermal stability of fish oils under nitrogen atmosphere. *Eclet. Quím.*, São Paulo, v. 29, n. 2, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-46702004000200006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46702004000200006&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 04/10/2006
- GEESINK et al. Electrical stimulation when more is less. **Meat Science**, v. 57, n. 2, p. 145-151, 2001.
- GIRAFFA, G.; OLIVARI, A . M.; NEVIANI, E .Isolation of vancomycin resistant *Enterococcus spp. faecium* from Italian cheeses *Food Microbiology* v. 17, p. 671-677, 2000.
- GIRAFFA, G. Enterococci from food. *FEMS Microbiology Reviews* v. 26, p. 163-171, 2002.
- GIROUX, M.; LACROIX, M. Nutritional adequacy of irradiated meat—a review. *Food Research International*. v. 31, n. 4, p. 257-264, 1998.
- GLIDEWELL, S. M.; DEIGHTON, N.; GOODMAN, B. A.; HILLMAN, J. R. Detection of Irradiated Food: A Review *Journal of Science Food Agriculture* v. 61, p. 281-300, 1993.
- GOODMANN, B. A .; McPHAIL, D. B.; DUTHIE, D. M. L. Electron spin resonance of some irradiated foodstuffs *Journal of Science Food and Agriculture*, v. 47, p.101-111, 1989.
- GRANT, Irene R. ; PATTERSON, Margaret F. Effect of irradiation and modified atmosphere packaging on the microbiology safety of minced pork stored under temperature abuse conditions *International Journal of Food Science and Technology* v. 26 ,p. 521-533, 1991.
- GRÉGOIRE, O.; CLELAND, M. R.; MITTENDORFER, J.; DABABNEH, S. ; EHLERMANN, D. E.; FAN, X.; KÄPELER, F.; LOGAR, J.; MEISSNER, J.; MULLIER, B. ; STICHELBAUT, F.; THAYER, D. W. Radiological safety of food irradiation with high energy X-rays: theoretical expectations and experimental evidence. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 67, n 2, p.169-183, 2003.
- GRISWOLD, R. M. *Estudo experimental dos alimentos*. São Paulo: Ed. USP, 1972, 458p.
- GUYTON, A.C. *Fisiologia humana*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 6ª edição 1988. 564p.
- HAMPSON, J. W.; FOX, J. B.; LAKRITZ, L.; THAYER, D. W. Effect of Low Dose Gamma radiation on Lipids in Five Different Meats *Meat Science* v. 42, n.3, p. 271-276, 1996.
- HENECKEL, P.; OKSBJERG, N.; ERLANDSEN, E.; BARTON-GADE, P. BEJERHOLM, C. Histo and biochemical characteristics of the *Longissimus dorsi* muscle in pigs and their relationship to performance and meat quality *Meat Science*, v. 47, n.3 / 4, p. 311-321, 1997.
- HONIKEL, K.; KIM, C. J.; HAMM, R.; RONCALES, P. Sarcomere shortening of prerigor muscles and its influence on drip loss. *Meat Science*, v. 16, n. 4, p. 267-282, 1986.

HOPKINS, K. The feasibility of an electron beam pasteurization process in processed meats and fresh mushroom production. *Agriculture and Food Research Fund – Research Projects Summary*. Ministry of Food and Agriculture. Ontario .Canadá. Disponível em: <http://www.search.gov.on.ca:8002/compass?view-template=simple1>. Acesso em: 14/08/03.

HUGAS, M.; GARRIGA, M.; AYMERICH, M. T. Funcionalidade de Enterococci em produtos cárneos. *International Journal of Food Microbiology* v. 88, p. 223-233, 2003.

HUHTANEN, C. N. Gamma Radiation Inactivation of Enterococci *Journal of Food Protection*, v. 53, n. 4, p. 302-305, 1990.

HUTZIER, R. U. Utilização da irradiação em carne de aves e produtos derivados. *Revista Nacional da Carne*. v. 22, n.250, p. 34, 1997.

ICGFI JOINT FAO/ IAEA. Division of nuclear techniques in food and agriculture international atomic energy agency. *Code of Good Irradiation Practice for prepacked meat and poultry*. ICGFI Document n.4. 1995.

INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION - IDF. *Psychrotrofigs in milk and milk products*, IDF E Doc 8 – Brussel, 1976.

INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGIST- IFT . Sensory Evaluation Division. Guidelines for the preparation and review of Papers Reporting Sensory Evaluation Date. *Food Technology*. Chicago, v. 35, n. 4, p. 16-17, 1981.

IRGANG, R. A força da genética. *Suinocultura industrial*. p.26-33. 1998.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (ITAL). *Métodos de análises microbiológicas de alimentos*. Manual técnico, n. 14, Campinas, 1995.

JEREMIAH, L. E.; TONG, A. K. Y.; GIBSON, L. L. The infelucy of muscle color and pH for segregating beef carcasses into tenderness groups. *Meat Science*, v.30, p.97-114, 1991.

JETT, B. D.; HUYCKE, M. MM.; GILMORE, M. S. *Clinical Microbiological Reviews*, 1994, p.462-478.

KERTH , C. R.; MILLER, M. F.; RAMSEY, C. B. Improvement of beef tenderness and quality traits with calcium chloride injection in beef loins 48 hours postmortem. *Journal of Animal Science*, v. 53, n. 6, p. 750-756, 1995.

KILCAST, D. Food Irradiation: Current Problems and Future Potential *International Biodeterioration & Biodegradation* .v. 36, n. 3-4 , p. 279-296, 1995.

KLEIN, G. Taxonomy ecology and antibiotic resistance of enterococci from food and the gastrointestinal tract. *International Journal of Food Microbiology* v. 88, p. 123-131, 2003.



KOOHMARAIE, M.; WHIPPLE, G.; CROUSE, J. D. Acceleration of postmortem tenderization in lamb and Brahman – cross beef carcasses through infusion of calcium chloride. *Journal of Food Science*. v. 68, p. 1278-1283, 1990.

KUHN, I.; IVERSEN, A.; BURMAN, L. G.; LILJEQUIST, B. O.; FRANKLIN A. et al. Comparison of enterococcal populations in animals, humans and the environment, a European study. *International Journal of Food Microbiology* v. 88, p. 133-145, 2003.

LACROIX, M. L.; HASHIM, I. B.; RESSURRECCION, A. V. A.; MCWATTERS, K. H. Consumer acceptance of irradiated pork. *Meat Science*, v.74, p.1287-1294, 2002.

LAGUNAS-SOLAR, M. C.; MATTHEWS, S. M. Radionuclide and electric accelerator sources for food irradiation *Radiation Physics and Chemistry* v. 25, n. 4-6, p.691-702, 1985..

LAVORENTI, A.; NOGUEIRA FILHO, S. L. G. Criação do caititu e do queixada em cativeiro. *Ciência Hoje*, v. 19, n. 114, p. 6-9, 1995.

LAWRIE, R. A. *Ciência da carne* Porto Alegre: Artmed editora, 6<sup>a</sup>ed., 2005, 384p.

.LEFEBVRE, N., THIBAUT, C., CHARBONNEAU, R. et al. Improvement of shelf-life and wholesomeness of ground beef by irradiation. 1. Microbial aspects *Meat Science*. v. 32, p.203-213, 1992.

LEFEBVRE, N., THIBAUT, C., CHARBONNEAU, R., ANDPIETTE, J. P. Improvement of shelf-life and wholesomeness of ground beef by irradiation. 2. Chemical analysis and sensory evaluation. *Meat Science*. v. 36, p.371-380, 1994.

LIMA, S. C. S. *Determinação da composição em ácidos graxos e teor de colesterol por cromatografia gasosa em coluna capilar das carnes de queixada, javali, suína e bovina*. 2002. 57p.. Dissertação (Mestrado). Instituto de Tecnologia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

LOAHARANU, P. Status and Prospects of Food Irradiation In: LOAHARANU, P. ; SINGH, H. Food Irradiation: recent Developments and Future Prospects. Outstanding symposia in Food Science & Techology. *Food Technology* ,1994, p. 124-131.

LOAHARANU, P. Irradiation as a cold pasteurization process of food *Veterinary Parasitology* , v.64, n. 1-2, p. 71-82, 1996.

LUCHSINGER, S. E.; KROPF, F. H.; GARCÍA ZEPEDA, C. M.; HUNT, M. C.; MARSDEN, J. L.; RUBIO CAÑAS, E. J.; KASTNER, C. L.; KUECKER, W. G.; MATA, T. Color and oxidative rancidity of Gamma and Electron Beam-Irradiated Boneless Pork Chops *Journal of Food Science*, v. 61 ,n. 5, p. 1000-1005, 1093, 1996

LUND, B. ; EDLUND, C.; BARKHOLT, L.; ERIK NORD, C.; TVEDE, M.; POULSEN, L. Impact of human intestinal micro flora of an *Enterococcus spp. faecium* probiotic and vancomycin. *Scandinavian Journal of Infectious Disease*. v. 32, p. 627-632, 2000.

MABRY, John W.; BAAS, Tom. J.; MILLER, Rhonda K. The impact of Genetics on Pork quality (Revised ) National Pork Board Pork Quality *American Meat Association*. Disponível em: <http://www.meatscience.org/pubs/factsheets/q-genetics49.pdf> Acesso em: 05/12/2006

MALISKA, C. Conservação de alimentos por irradiação. *Revista Higiene Alimentar*. v. 11, n. 68/69, p. 16-17. 2000.

MANTILLA, S. P. S.; GOUVÊA, R.; FRANCO, R. M.; MANO, S. B. *Enterococcus* spp. em cortes de carne bovina: enumeração, identificação bioquímica e análises bioquímicas *Revista Higiene Alimentar*. v. 21, n. 149, p. 67-72, 2007.

MARCHIORI, A. F.; FELICIO, P. E. Qualidade da carne de suíno e de javali comercial. *Scientia Agrícola*, v. 60, n. 1, 2003. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162003000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162003000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=en) Acesso em : 09/12/2006

MERCK. *Microbiology Manual Cultura Media*. Dormstadt:Germany, 1996, 405p.

MILLAR, S. J.; MOSS, B. W.; STEVENSON, M. H. The effect of ionizing radiation on the colour of beef, pork and lamb *Meat Science*, v. 55, n.5, p.349-360, 2000.

MINIM, V. P. R.; SILVA, M. A. A. P.; CECCHI, H. M.. Descriptive analysis of easter eggs. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 20, n. 1, 2000. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612000000100010&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612000000100010&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 06/10/2006.

MODESTA, R. C. *Manual de Análise Sensorial de Alimentos e Bebidas*. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1994, p. 78.

MORAES, I. R. O Uso de Radiações Ionizantes no Controle e Prevenção de Doença Transmitidas Por Alimentos. *Revista Higiene Alimentar*, v.14, n. 75. agosto, 36-39 p. 2000.

MORGAN, J. B.; MILLER, R. K.; MENDEZ, F. M. et al. Using calcium chloride injection to improve tenderness on beef from mature cows. *Journal of Animal Science*, v. 69, p. 4469-4476, 1991.

MURRAY, B. Testing for high level amino glycoside resistance in enterococcal infections. *European Journal Clinical Microbiology Infection Disease*, v. 9, n. 8, p. 633-634, 1990.

NAM, K. C.; AHN D. U.. Use of antioxidants to reduce lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated pork homogenates and patties. *Meat Science*. v. 63, n. 1 , p. 1-8, 2003.

NAM, K. C.; AHN, D. U. Carbon monoxide-heme pigment is responsible for the pink color in irradiated raw turkey breast meat. *Meat Science*, v.60, p.25-33, 2002.

NANKE, K. E.; SEBRANEK, J. G.; OSLON, D. G. Color characteristics of irradiated vacuum-packaged pork, beef and turkey. *Journal of Food Science*, v. 63, n. 6, 1998.



NEWELL, G. J.; MAC FARLANE, J. D. Expanded Tables for Multiple Comparison procedures in the analysis of ranked data. *Journal of Food Science*, v. 52, n. 6, p. 1721-1725, 1987.

OLIVEIRA, L. A. T.; FERREIRA, T.; FRANCO, R. M.; CARVALHO, J. C. A. P. Enumeração de *Escherichia coli* e *Enterococcus spp.* em amostras de hambúrguer de frango comercializadas em Niterói – RJ. Avaliação da sensibilidade a antimicrobianos das cepas isoladas. *Revista Higiene Alimentar*, v. 13, n. 63, p.49-55,1999.

OLIVEIRA, I.; SILVA, T.J.P.; FREITAS, M. Q. ; TORTELLY, R. PAULINO, F. O. Caracterização do processo de *rigor mortis* em músculos de cordeiro e carneiro da raça Santa Inês e avaliação da maciez da carne. *Ciência Rural*, v. 34 , n.4, p. 1225-1230, 2004.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. *Carnes: No caminho da pesquisa*. 2 ed. Cacoal do Sul, Imprint, 2002,155p.

OLOFSSON, M.; PORNULL, K. J.; KARNELL, B. T.; SVENUNGSSON, B. Fecal carriage of vancomycin and ampicilin –resistant enterococci in animal and human feces. *Diagnostic Microbiology Infectious Diseases*, v. 46, n. 2, p. 155-158, 2003.

ORDOÑEZ PEREDA, J. A.; RODRIGUEZ, M. I. C.; ALVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F. et al. *Tecnologia de alimentos –Alimentos de origem animal* , Porto Alegre: Artmed, 2v., v. 2 , 2005, 279p.

OSAWA, C. C.; FELICIO, P. E.; GONCALVES, L. Ap. Guaraldo. TBA test applied to meats and their products: traditional, modified and alternative methods. *Química Nova.*, São Paulo, v. 28, n. 4, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422005000400019&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000400019&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 05/10/2006

OSLON, D. G. Irradiation of food. *Food Technology*. v. 52, n. 1, p. 56-61, 1998.

PARDI, M.C., SANTOS, I.F., SOUZA, E.R., PARDI,H.S. *Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne*. Goiânia:CEGRAF – UFG/ Niterói: EDUFF, 2v., v. 1,2001, 623p..

PEARSON, D. *Técnicas de laboratório para el analisis de alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1976. Cap.5,p.137-139:Índice de aceites y enranciamiento

PEDREIRA, C. M. S. Irradiação de Alimentos: Carne. *Pecuária de Corte*. Ano XII, v. 108, p. 61-64, 2001.

PIÉRARD, D.; DAMME, L. VAN; MORIAU, L.;STEVENS, D.; LAUWERS, S. Virulence factors of verocytotoxin-producing *Escherichia coli* isolated from raw meats *Applied and Environmental Microbiology*, v.63, n.11, p.4585-4587,1997.

PINHEIRO, R. M. K.; SILVA, T. J. P.; CARVALHO, E. C. Q.; COSTA, F. Temperatura, pH e comprimento de sarcômero durante o *rigor mortis*, em carcaça frigorificada de suínos abatidos em São Gonçalo –RJ. *Revista Higiene Alimentar*, v. 13, n. 82, p.39-46. 2001.

PRICE, J. F.; SCHWEIGERT, B. S. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Zaragoza, Espanha. Ed. Acribia, 1994. 219p.

PUGA, D. M. U.; CONTRERAS, C. J. C.; TURNBULL, M. R. Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro (*Triceps brachii*) pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica *Ciência e tecnologia de alimentos*, v. 19, n. 1, 1999.

RAFFI, J. ; EVANS, J. C.; AGNEL, J. P.; ROWLANDS, C. C.; LESGARDS, G. ESR Analysis of irradiated Frogs Legs and Fishes *Applied radiation Isotopes*, Great Britain: Pergamon Press pic, v. 40, n. 10-12, p. 1215-1218 , 1989..

RENERRE, M. Review: factors involved in the discoloration of beef meat. *International Journal of Food Science and Technology*. v. 25, p. 643-630, 1990.

ROÇA, R. O .; SERRANO, A. M. Abate: Conversão do músculo em carne. *Revista Higiene Alimentar*, v. 7, n.33 , p. 7-13, 1994.

RODRIGUES, T. P.; SILVA, T.J.P.; CARVALHO, E. C. Q.; FREITAS, M. Q. ; PAULINO, F. O. Caracterização do processo de *rigor mortis* em músculos de equino e maciez da carne. *Acta Scientiae Veterinariae*, v. 32 , n. 1, p. 25-31, 2004

ROMANYUKA, A .; REGULLA, D. F. EPR dosimetry with different biological and synthetic carbonated materials *Radiation Protection Dosimetry*, v.65, p. 389-392, 1996.

SADAT, T.; VOLLE, C. Integration of a linear accelerator into a production line of mechanically deboned separated poultry meat *Radiation Physics and Chemistry* v. 57, n. 3-6, p. 613-617, 2000.

SANDERS, H. *Enterococcus* spp. resistentes a vancomicina: infeccion emergente iminente? *Rev. Chil. Infectol.* v. 19, n. 1, p. 850-855, 2002.

SANTOS, E. R.; SILVA, T. J. P.; GASPAR, A. et al. Caracterização do processo de *rigor mortis* em músculos (*Gastrocnemius internus* e *Fibularus longus*) de avestruz (*Struthio camelus*) e maciez da carne. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, v. 13, p.160-164, 2006.

SARAIVA, I. H.; JONES, R. M.; ERWIN, M.; SADER, H. S. Avaliação da sensibilidade a antimicrobianos de 87 amostras clínicas de *Enterococcus* spp. resistentes a vancomicina *Revista da Associação Médica Brasileira* v. 43, n. 3, p. 217-222, 1997.

SARKIS, F.; BARANCELLI, G. F.; GALLO, C. R. Avaliação das condições microbiológicas de carnes de animais silvestres no município de São Paulo. *Revista Higiene Alimentar* v.17, n. 108, p. 60- 67, 2003.

SAS, INSTITUTE. *SAS User's guide statistics*. Cary, 1999, 959p.

- SEBRANEK, J. G. *Meat science and Processing* Geneva, Illinois: Paladin House, publishers, 1978.
- SCHORMULLER, J. Handbuch der Lebensmittelchemie In: *Band III 1 2 Teil Tierische Lebensmittel Eier, Fleisch, Buttermilch*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, p. 1561-1584, 1968.
- SHAHIDI, F.; PEGG, R. B. ; SHAMSUZZAMAN, K. Color and oxidative stability of nitrite-free cured meats after gamma irradiation. *Journal of Food Science*. V. 56, n.5, p.1450-1452, 1991.
- SHAHIDI, F. Stability of fats and oils. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO LATINOAMERICANO SOBRE PROCESSAMENTO DE ÓLEOS E GORDURAS, 6., 1995, Campinas. *Anais...* Campinas: R. Vieira, 1995. p.47-54.
- SILVA JUNIOR, E. A. *Manual de controle higiênico-sanitário em alimentos*. 5ª edição. São Paulo. Livraria Varela 1995. 479p.
- SILVA SOBRINHO, A. G., ZEOLA, N. M. B. L., SOUZA, H. B. A. *et al.* Meat quality of lamb submitted to salting. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 24, n. 3, p. 369-372, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612004000300011&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612004000300011&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 05/10/2006
- SILVA, F. A. M. ; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante *Química Nova*, v.22, n.1, São Paulo 1999. Disponível em: [http://64.233.187.104/search?q=cache:TICFiaqEqqUJ:www.scielo.br/scielo.php%3Fscript%3Dsci\\_arttext%26pid%3DS0100-40421999000100016%26lng%3Dpt%26nrm%3Diso+lipidios+oxida%C3%A7ao+m%C3%A9todo&hl=pt-BR&gl=br&ct=clnk&cd=1](http://64.233.187.104/search?q=cache:TICFiaqEqqUJ:www.scielo.br/scielo.php%3Fscript%3Dsci_arttext%26pid%3DS0100-40421999000100016%26lng%3Dpt%26nrm%3Diso+lipidios+oxida%C3%A7ao+m%C3%A9todo&hl=pt-BR&gl=br&ct=clnk&cd=1). Acesso em: 03/10/2006.
- SILVA, T. J. P.; ORCUTT, M. W.; FORREST, J. C.; BRACKER, C. E.; JUDGE, M. Effect of heating rate on shortening, ultrastructure and fracture behavior of prerigor beef muscle. *Meat Science*, v. 33, n. 1, p. 1-27, 1992.
- SLOSS, M. W. B. S.; KEMP, R. L. A. *Veterinary clinical parasitology*. 5ª ed. Ames: Iowa State University Press, 1978. 247p.
- STACHOWICZ, W.; BURLINSKA, G ; MICHALIK, J. EPR detection of foods preserved with ionizing radiation. *Radiation Physics and Chemistry* , v. 52, n. 1-6, p. 157-160, 1998.
- SUTTON, D. S., ELLIS, M., LAN, Y., McKeith, F. K., WILSON, E. R. Influence of slaughter weight and stress gene genotype on the water-holding capacity and protein gel characteristics of three porcine muscles. *Meat Science*, v. 46, n. 2, p.173-180, 1997. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612006000300013&lng=es&nrm=&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612006000300013&lng=es&nrm=&tlng=pt) Acesso em 30/04/2007.

SWANSON, K. M. J.; PETRAN, R. L.; HANLIN, J. H. *Culture Methods for Enumeration of Microorganisms* In: DOWNES, F. P. ; ITO, K. Compendium of Methods for the Microbiological Examination Foods. 4 ed. Washington. APHA, 2001. 676p. Cap. 6, p. 53-62.

TARLADGIS, B. G. , WATTS, B. M. ; YOUNATHAN, M. T. ; DUGAM, L. R. A Distillation Method for the Quantitative Determination of Malonaldehyde in Rancid Foods. *Journal of American Oil Chemistry Society*, v. 37, p. 44-48, 1960.

TENDOLKAR, P. M. ; BAGHDAYAN, A. S.;SHANKAR, N. Pathogenic enterococci new developments in the 21<sup>st</sup> century. *Cellular Molecular Life Science*.v. 60, p. 2622-2636, 2003.

THAYER, D. W.; BOYD, G.; JENKINS, R. K. Low dose Gamma Irradiation and Refrigerate Storage in vacuo Affect Microbial Flora of Fresh Pork *Journal of Food Science*, v. 58, n. 4, p. 717-719,733, 1993.

TOCCHINI, L.; MERCADANTE, A. Z. Extração e determinação, por CLAE, de bixina e norbixina em coloríficos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, vol 21 n. 3, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v21n3/8548.pdf>

TORRES, E. A. F. S.; OKANI, E. T. Teste de TBA: Ranço em alimentos *Revista nacional da carne* n. 243 , p. 68-74, 1997.

UNITED STATES OF AMERICA. United States Department of Agriculture. Food Safety and Inspection Service. Food Safety and Inspection Service. Office of Policy, program Development, and Evaluation. *FSIS Docket 97-076 P: "Irradiation of Meat and Meat Products" Review of Risk Analysis Issues*. Washington, D.C. 20250-3700, 1999.

VAN DER WAL, P. G.; ENGEL, B. ; VAN BEEK, G.; VEERKAMP, C. H. Chilling pig carcasses: Effects on temperature, weight loss and ultimate meat quality *Meat Science*, v. 40 , n.2, p. 193-202, 1995.

VILELA, A. L. M. *Anatomia e Fisiologia Humana, Os sentidos fundamentais do corpo humano, Sistema sensorial*. Disponível em <http://www.afh.bio.br/sentidos/sentidos1.asp>; Acesso 18/08/2006.

VILLAVICENCIO, A. L. C. H.; MANCINI-FILHO, J.; DELINCÉE, H. Application of a rapid screening method to detect irradiated meat in Brazil *Radiation Physics and Chemistry* , v. 57, n. 3-6, p. 295-298, 2000.

WAL, P.G. V.; BLINK, A.H.; MERKUS, G.S.M. Differences in quality characteristics of normal, PSE and DFD pork. *Meat Science*, v.24, p.79-84, 1988.

WALLACH, J. D.; BOEVER, W. J. *Diseases of exotica animals* W. B. Saunders Company, London. 1983.

- WARRISS, P. D.; BROWN, S. N. ; KNOWLES, T. G. Measurements of the degree of development of *rigor mortis* as an indicator of stress in slaughtered pigs *The Veterinary Record* v. 153, p. 739-742, 2003.
- WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAI, M. Variation in proteolysis, sarcomere length, collagen content and tenderness among major pork muscles *Journal of Animal Science* v. 78, p. 958-965, 2000.
- WITTER, L. D. Psychrotrophic bacteria – A review . *Journal of Food Science*. v. 44, p.983-1015 p. 1961
- YORDANOV, N. D.; GANCHEVA, A . V.; TARANDJIISKI, R. ; VELIKOV, R.; KULIEV, L.; DAMYANOV, B.; POPOV, S. Comparative investigation of irradiated meat by the methods of electron paramagnetic resonance and gas chromatography *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* , v. 54, n. 14 , p. 2421-2426, 1998
- ZHAO, Y.; SEBRANEK, J. G.; DICKSON, J.; LEE, M. Bacteriological, Physicochemical and sensory Quality of Fresh Pork chops with Low-dose Irradiation and Modified-Atmosphere Packaging *Journal of Food Protection* , v. 59, n. 5 , p.493-501, 1996
- ŻOCHOWSKA, J.; LACHOWICZ, K.; GAJOWIECKI, L.; SOBCHAK, M.; KOTOWICZ, M.; ŻYCH, A.  
Effects of carcass weight and muscle on texture, structure and myofibre characteristics of wild boar meat *Meat Science*, v. 71, n. 2, p.244-248, 2005

## 7 APÊNDICES

APÊNDICE 7.1 - Resultados dos Pesos de Carcaças Quentes - PCQ (em kg) e das temperaturas ( $^{\circ}\text{C}$ ) da câmara frigorífica e de seis carcaças de javalis machos após a sangria ( 0,5; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0; 12,0 e 24,0h )

CARÇAÇA	PCQ	TEMPERATURA ( $^{\circ}\text{C}$ )						
		0,5h*	3,0h	5,0h	7,0h	9,0h	12,0h	24,0h
1	28,7	38,9	21,0	15,0	11,8	10,1	5,6	0,3
2	29,0	39,1	21,4	16,4	12,4	11,0	4,6	0,2
3	32,8	39,3	24,9	18,4	12,7	9,3	5,4	0,3
4	33,2	39,2	22,4	18,0	12,6	9,8	4,7	0,3
5	31,5	39,0	21,2	15,2	10,3	8,5	5,7	0,3
6	30,0	38,9	21,2	15,9	12,2	10,3	5,7	0,3
CÂMARA FRIGORÍFICA		19,6	11,5	9,5	7,2	2,0	1,5	-0,5

\* Início as 08:40h do dia 02/02 e término as 08:10h do dia 03/02/05

APÊNDICE 7.2 – Valores médios dos Pesos de Carcaças Quentes - PCQ (em kg) , das temperaturas ( $^{\circ}\text{C}$ ) da câmara frigorífica e de seis carcaças de javalis machos após a sangria ( 0,5; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0; 12,0 e 24,0h )

	TEMPERATURA ( $^{\circ}\text{C}$ )							PCQ
	0,5h*	3,0h	5,0h	7,0h	9,0h	12,0h	24,0h	
CÂMARA FRIGORÍFICA	19,6	11,5	9,5	7,2	2,0	1,5	-0,5	30,87 ±1,92
CARÇAÇA	39,07± 0,16	22,02±1,49	16,48±1,42	12,00±0,89	9,83±0,86	5,28±0,50	0,28±0,04	

APÊNDICE 7.3 - Resultados da determinação de pH dos músculos *Triceps brachii* - TB e extensores/flexores - EF de carcaças de seis javalis machos após sangria e durante o resfriamento industrial no matadouro frigorífico Marchiori Ltda – SIF 1504 (0,5; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0; 12,0 e 24,0h )

ANIMAL	pH após sangria						
	0,5h	3,0h	5,0h	7,0h	9,0h	12,0h	24,0h
1							
TB	6,68	6,49	6,15	5,87	5,81	5,72	5,62
EF	6,74	6,59	6,27	6,18	5,90	5,84	5,62
2							
TB	6,71	6,55	6,18	5,85	5,82	5,74	5,62
EF	6,84	6,63	6,39	6,25	6,02	5,91	5,74
3							
TB	6,56	6,21	6,02	5,85	5,80	5,70	5,61
EF	6,70	6,53	6,40	6,16	5,95	5,82	5,62
4							
TB	6,62	6,25	6,12	5,90	5,86	5,73	5,64
EF	6,87	6,66	6,42	6,21	6,12	5,96	5,76
5							
TB	6,60	6,29	6,15	5,90	5,82	5,72	5,63
EF	6,83	6,64	6,30	6,09	5,96	5,90	5,71
6							
TB	6,69	6,33	6,19	5,85	5,78	5,72	5,60
EF	6,78	6,61	6,26	5,91	5,88	5,81	5,62
Média aritmética							
TB	6,64	6,35	6,14	5,87	5,82	5,72	5,62
EF	6,79	6,61	6,34	6,13	5,97	5,87	5,68
Desvio padrão							
TB	0,06	0,14	0,06	0,02	0,03	0,01	0,01
EF	0,07	0,05	0,07	0,12	0,09	0,06	0,07

APÊNDICE 7.4 - Valores médios das análises de comprimento de sarcômero (em  $\mu$ ) dos músculos *Triceps brachii* - TB e extensores/flexores - EF de carcaças de seis javalis machos após sangria e durante o resfriamento industrial no matadouro frigorífico Marchiori Ltda – SIF 1504 (0,5; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0; 12,0 e 24,0h )

ANIMAL	pH após sangria						
	0,5h	3,0h	5,0h	7,0h	9,0h	12,0h	24,0h
1							
TB	2,24	2,08	2,00	1,84	1,60	1,92	2,00
EF	1,76	1,76	1,68	1,64	1,60	1,68	1,76
2							
TB	2,32	2,08	2,00	1,84	1,60	1,92	2,00
EF	1,76	1,76	1,68	1,72	1,60	1,68	1,76
3							
TB	2,24	2,08	2,00	1,84	1,60	1,92	2,00
EF	1,76	1,84	1,68	1,64	1,60	1,68	1,68
4							
TB	2,24	2,16	1,92	1,70	1,66	2,00	1,92
EF	1,76	1,84	1,68	1,64	1,60	1,68	1,76
5							
TB	2,24	2,08	1,92	1,70	1,60	2,00	2,00
EF	1,92	1,76	1,60	1,64	1,68	1,68	1,68
6							
TB	2,16	2,08	2,08	1,70	1,610	1,92	1,92
EF	1,92	1,79	1,76	1,64	1,68	1,76	1,76
Média aritmética							
TB	2,24	2,09	1,99	1,77	1,61	1,95	1,97
EF	1,81	1,79	1,68	1,65	1,63	1,69	1,73
Desvio padrão							
TB	0,06	0,04	0,06	0,08	0,02	0,04	0,04
EF	0,08	0,05	0,05	0,03	0,04	0,03	0,04



APÊNDICE 7.5 - Resultados das análises de atividade de água em amostras de paleta de javali (*Sus scrofa*) submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy).no 2<sup>o</sup> dia de validade comercial

Atividade de água - Aa			
Amostras	Doses de radiação gama (em kGy)		
	0	2 kGy	4 kGy
1	0,97	0,97	0,99
2	0,98	0,98	0,98
3	0,98	0,99	0,98
4	0,98	0,98	0,98
<b>X</b>	<b>0,978±0,005</b>	<b>0,980±0,008</b>	<b>0,983±0,005</b>

APÊNDICE 7.6 - Resultados das medições da força de cisalhamento - Shear Force (em kgf) em amostras de paleta de javali (*Sus scrofa*) submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy)

Tratamento por radiação gama	Amostras	REPETIÇÕES							Média aritmética
		1	2	3	4	5	6	7	
0	1	2,7	2,3	2,6	2,7	2,5	2,0	2,5	2,47 ±0,23
	2	1,4	2,1	2,8	1,6	1,9	1,7	1,9	1,91±0,45
	3	1,7	1,4	2,3	1,7	1,6	1,9	2,2	1,83±0,33
	4	2,1	2,0	1,5	3,2	1,5	2,4	1,4	2,01±0,64
<b>X</b>									<b>2,06±0,49</b>
2 kGy	1	2,7	2,8	3,0	1,7	3,7	2,9	1,9	2,67±0,68
	2	2,5	2,5	2,9	2,4	2,5	2,5	2,7	2,57±0,17
	3	2,5	2,6	3,9	2,3	2,4	3,2	3,2	2,87±0,58
	4	3,3	3,2	2,5	2,5	3,0	3,3	3,9	3,10±0,49
<b>X</b>									<b>2,80±0,53</b>
4 kGy	1	4,3	2,5	2,3	2,6	2,2	3,3	2,5	2,81±0,75
	2	1,6	3,3	2,6	2,6	3,3	2,6	2,2	2,60±0,60
	3	2,5	2,4	2,0	2,1	2,5	2,3	2,3	2,30±0,19
	4	3,0	1,9	3,0	2,1	2,6	2,5	2,6	2,53±0,41
<b>X</b>									<b>2,56±0,53</b>

APÊNDICE 7.7 - Resultados das medições da perdas de cozimento (Cooking loss) em amostras de paleta de javali (*Sus scrofa*) submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy)

Tratamento por radiação gama	Amostras	REPETIÇÕES			Tempo de cozimento (em min.)
		Peso antes (em g)	Peso depois (em g)	Perdas no cozimento (em %)	
0	1	65,3	45,9	29,65	9,60
	2	72,7	54,9	24,55	
	3	67,3	48,5	27,93	
	4	65,5	44,4	32,18	
	5	65,7	44,7	27,82	
<b>X</b>				28,43±2,79	
2 kGy	6	65,5	44,1	32,73	9,40
	7	70,8	50,1	29,26	
	8	65,5	44,3	32,43	
	9	78,2	56,0	28,45	
	10	65,2	44,4	31,85	
<b>X</b>				30,94±1,95	
4 kGy	11	68,4	47,9	29,94	9,2
	12	79,1	57,1	27,81	
	13	64,1	44,8	30,16	
	14	79,5	59,3	25,41	
	15	77,0	54,3	29,48	
<b>X</b>				28,56±1,99	

APÊNDICE 7.8 Resultados das análises instrumentais de cor segundo os valores dos parâmetros de L\*, a\* e b\* em carne de javali segundo a dose de radiação gama (0, 2 e 4 kGy) e de acordo com a validade comercial (02 e 360 dias)

Tratamento	Validade comercial									
	2 <sup>o</sup> dia					360 <sup>o</sup> dia				
	Repetições					Repetições				
	1	2	3	4	x	1	2	3	4	x
0	L*40,15/40,58/37,93/30,12-37,20 a*10,45/7,90 / 6,99 / 11,70 - 9,26 b* 8,34/ 5,58 / 4,37 / 7,64 - 6,48					L*30,19/32,11/33,33/ 32,19-31,96 a*10,01/11,02/ 9,95/ 12,03-10,75 b*6,01 / 6,12 / 7,13/ 6,14 - 6,35				
2 kGy	L*32,38/30,66/27,55/34,86- 31,36 a*8,92 / 11,87 / 12,31 / 6,33 -9,86 b*6,85 / 7,26 / 8,47 / 6,17-7,19					L*29,72/30,18/31,16/32,01-30,76 a*11,14/12,18/13,01/12,03- 12,09 b*7,01/9,01/ 8,15 / 8,16 - 8,08				
4 kGy	L*33,56/26,97/34,45/33,77-32,19 a*10,90/11,01/ 6,94 / 8,49 - 9,34 b*5,95 / 8,32 / 4,95 / 5,41 - 6,16					L*31,14/32,10/28,96/31,05- 30,81 a*10,95/11,15/12,16/13,30- 11,89 b*7,01 / 7,56 / 9,01 / 10,02 - 8,40				

APÊNDICE 7.9 - Resultados das medições de pH em amostras de paleta de javali (*Sus scrofa*) submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy).no 90<sup>o</sup> dia de validade comercial

Amostras	pH		
	Doses de radiação gama (em kGy)		
	0	2 kGy	4 kGy
1	5,68	5,82	5,58
2	5,70	5,80	5,60
3	5,74	5,84	5,76
4	5,68	5,90	5,74
<b>X</b>	<b>5,70±0,03</b>	<b>5,84±0,04</b>	<b>5,67±0,09</b>

APÊNDICE 7.10 - Resultados da análise de pH em amostras de paleta de javali (*Sus scrofa*) submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) no 270<sup>o</sup> dia de validade comercial

Amostras	pH		
	Doses de radiação gama (em kGy)		
	0	2 kGy	4 kGy
1	5,76	5,90	5,82
2	5,79	6,03	5,67
3	5,80	5,97	5,88
4	5,83	5,89	5,72
<b>X</b>	<b>5,80±0,03</b>	<b>5,95±0,07</b>	<b>5,77±0,10</b>

APÊNDICE 7.11 - Resultados da análise de pH em amostras de paleta de javali (*Sus scrofa*) submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) no 450<sup>o</sup> dia de validade comercial

Amostras	pH		
	Doses de radiação gama (em kGy)		
	0	2 kGy	4 kGy
1	6,31	6,24	6,04
2	6,31	6,15	6,28
3	5,98	6,29	6,35
4	5,84	6,36	6,27
<b>X</b>	<b>6,11±0,24</b>	<b>6,26±0,09</b>	<b>6,24±0,13</b>

APÊNDICE 7.12- Resultados da análise de índice de peróxidos (em meqO<sub>2</sub> p/kg\*) em amostras de paleta de javali (*Sus scrofa*) submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) no 2<sup>o</sup> dia de validade comercial

Amostras	Doses de radiação gama (em kGy)		
	0	2 kGy	4 kGy
1	6,88	11,15	12,86
2	5,80	11,77	13,60
3	8,33	10,47	16,82
4	6,41	9,84	14,90
<b>x</b>	<b>6,86±1,08</b>	<b>10,81±0,84</b>	<b>14,55±1,74</b>

\* miliequivalente de oxigênio peroxídico

APÊNDICE 7.13- Resultados da análise de índice de peróxidos (em meqO<sub>2</sub> p/kg\*) em amostras de paleta de javali (*Sus scrofa*) submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) no 180<sup>o</sup> dia de validade comercial

Amostras	Doses de radiação gama (em kGy)		
	0	2 kGy	4 kGy
1	4,00	13,60	12,80
2	3,40	15,27	14,88
3	3,40	13,30	18,26
4	5,60	12,40	15,81
<b>X</b>	<b>4,10±1,04</b>	<b>13,64±1,20</b>	<b>15,44±2,26</b>

\*\* miliequivalente de oxigênio peroxidico

APÊNDICE 7.14 - Resultados da análise de índice de peróxidos (em meqO<sub>2</sub> p/kg\*) em amostras de paleta de javali (*Sus scrofa*) submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy).no 360<sup>o</sup> dia de validade comercial

Amostras	Doses de radiação gama (em kGy)		
	0	2 kGy	4 kGy
1	8,67	16,67	17,00
2	9,45	16,47	16,86
3	10,93	15,57	16,82
4	9,65	17,94	15,00
<b>x</b>	<b>9,68±0,93</b>	<b>16,66±0,98</b>	<b>16,42±0,95</b>

\*\* miliequivalente de oxigênio peroxidico

APÊNDICE 7.15 - Resultados do teste de TBA (em mg de malonaldeído/kg de amostra) em amostras de paleta de javali (*Sus scrofa*) submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy).no 2<sup>o</sup> dia de validade comercial

Número de TBA

Amostras	Doses de radiação gama (em kGy)		
	0	2 kGy	4 kGy
1	0,14	1,21	1,95
2	0,12	1,43	1,26
3	0,17	1,21	2,04
4	0,07	1,92	2,18
<b>X</b>	<b>0,13±0,04</b>	<b>1,44±0,33</b>	<b>1,86±0,41</b>

APÊNDICE 7.16 - Resultados do teste de TBA (em mg de malonaldeído/kg de amostra) em amostras de paleta de javali (*Sus scrofa*) submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy).no 180<sup>o</sup> dia de validade comercial

Número de TBA			
Amostras	Doses de radiação gama (em kGy)		
	0	2 kGy	4 kGy
1	0,70	1,67	3,24
2	0,88	1,60	2,94
3	0,54	1,84	2,32
4	0,38	1,35	2,32
<b>X</b>	<b>0,63±0,21</b>	<b>2,62±0,20</b>	<b>2,71±0,46</b>

APÊNDICE 7.17 - Resultados do teste de TBA (em mg de malonaldeído/kg de amostra) em amostras de paleta de javali (*Sus scrofa*) submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy).no 360<sup>o</sup> dia de validade comercial

Número de TBA			
Amostras	Doses de radiação gama (em kGy)		
	0	2 kGy	4 kGy
1	1,38	1,92	3,32
2	1,38	2,19	3,52
3	1,19	3,50	3,58
4	1,33	2,97	2,60
<b>X</b>	<b>1,32±0,09</b>	<b>2,65±0,72</b>	<b>3,26±0,45</b>

APÊNDICE 7.18 – Resultados das contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotrólicas (em logUFC/g) em amostras de carne de javali (*Sus scrofa*) submetidos a diferentes doses de radiação gama (0, 1 e 2 kGy) no 2<sup>o</sup> dia de validade

Validade comercial	AMOSTRAS		
	0	2 kGy	4 kGy
2 <sup>o</sup> dia	4,43	Ausência	Ausência
	4,95	Ausência	Ausência
	5,28	Ausência	Ausência
	4,65	Ausência	Ausência
	4,83.±0,37	0	0

APÊNDICE 7.19 – Resultados das contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas (em logUFC/g) em amostras de carne de javali (*Sus scrofa*) submetidos a diferentes doses de radiação gama (0, 2 e 4 kGy) no 180<sup>o</sup> dia de validade

Validade comercial	AMOSTRAS		
	0	2 kGy	4 kGy
180 <sup>o</sup> dia	5,27	Ausência	Ausência
	4,30	Ausência	Ausência
	5,00	Ausência	Ausência
	4,00	Ausência	Ausência
	4,64.±0,59	0	0

APÊNDICE 7.20 – Resultados das contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas (em logUFC/g) em amostras de carne de javali (*Sus scrofa*) submetidos a diferentes doses de radiação gama (0, 2 e 4 kGy) no 360<sup>o</sup> dia de validade

Validade comercial	AMOSTRAS		
	0	2 kGy	4 kGy
360 <sup>o</sup> dia	5,65	Ausência	Ausência
	4,00	Ausência	Ausência
	5,61	Ausência	Ausência
	4,00	Ausência	Ausência
	4,81.±0,94	0	0

APÊNDICE 7.21 – Resultados das análises de contagens de *Enterococcus* spp. (em logNMP/g) em amostras de carne de javali (*Sus scrofa*) submetidos a diferentes doses de radiação gama (0, 2 e 4 kGy) no 2<sup>o</sup> dia de validade

Validade comercial	AMOSTRAS		
	0	2 kGy	4 kGy
2 dias	6,04	6,04	6,04
	6,04	4,72	6,04
	6,04	6,04	5,46
	6,04	4,62	4,72
	6,04±0	5,36±0,79	5,57±0,62

APÊNDICE 7.22 - Resultados das análises de contagens de *Enterococcus* spp. (em logNMP/g) em amostras de carne de javali (*Sus scrofa*) submetidos a diferentes doses de radiação gama (0, 2 e 4 kGy) no 180<sup>o</sup> dia de validade

Validade comercial	AMOSTRAS		
	0	2 kGy	4 kGy
180 dias	5,60	5,60	6,98
	5,90	5,60	6,43
	5,60	7,38	7,04
	5,60	5,78	5,60
	5,68±0,15	6,09±0,86	6,51±0,67

APÊNDICE 7.23 - Resultados das análises de contagens de *Enterococcus* spp. (em logNMP/g) em amostras de carne de javali (*Sus scrofa*) submetidos a diferentes doses de radiação gama (0, 2 e 4 kGy) no 360<sup>o</sup> dia de validade

Validade comercial	AMOSTRAS		
	0	2 kGy	4 kGy
360 dias	4,11	6,04	6,04
	5,32	6,04	6,04
	4,62	6,04	6,04
	4,72	6,04	6,04
	4,69±0,50	6,04±0	6,04±0

APÊNDICE 7.24 - Resultados da análise sensorial –teste de preferência por ordenação em amostras de paleta de javali (*Sus scrofa*) submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) no 90<sup>o</sup> dia de validade comercial

Doses de radiação gama (em kGy)	Teste de preferência por ordenação*		
	Amostras cozidas	Amostras cruas	
	Preferência global	Cor	Odor
0	81 <sup>a</sup>	76 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>
2	80 <sup>a</sup>	85 <sup>a</sup>	64 <sup>b</sup>
4	67 <sup>a</sup>	67 <sup>a</sup>	67 <sup>b</sup>

\* Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa em nível de 5%

APÊNDICE 7.25 - Resultados da análise sensorial –teste de preferência por ordenação em amostras de paleta de javali (*Sus scrofa*) submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) no 270<sup>o</sup> dia de validade comercial

Doses de radiação gama (em kGy)	Teste de preferência por ordenação*		
	Amostras cozidas	Amostras cruas	
	Preferência global	Cor	Odor
0	78 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	73 <sup>a</sup>
2	46 <sup>b</sup>	72 <sup>b</sup>	73 <sup>a</sup>
4	62 <sup>c</sup>	64 <sup>ab</sup>	40 <sup>b</sup>

\* Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa em nível de 5%



APÊNDICE 7.26- Resultados da análise sensorial –teste de preferência por ordenação em amostras de paleta de javali (*Sus scrofa*) submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy) no 450<sup>o</sup> dia de validade comercial

Doses de radiação gama (em kGy)	Teste de preferência por ordenação*		
	Amostras cozidas	Amostras cruas	
	Preferência global	Cor	Odor
0	57 <sup>a</sup>	61 <sup>a</sup>	63 <sup>a</sup>
2	62 <sup>a</sup>	53 <sup>a</sup>	61 <sup>a</sup>
4	61 <sup>a</sup>	66 <sup>a</sup>	56 <sup>a</sup>

\* Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa em nível de 5%

APÊNDICE 7.27 - Composição dos participantes das análises sensoriais segundo idade e sexo

Análise sensorial	Participantes					
	Sexo	Idade (em anos)				
		-20	21-30	31-40	41-51	Total
90 <sup>o</sup> dia	M	-	9 (23,7%)	3 (7,9%)	-	12 (31,6%)
	F	-	23 (60,5%)	2 (5,3%)	1 (2,6%)	26 (68,4%)
270 <sup>o</sup> dia	M	-	8 (25,8%)	-	-	8 (25,8%)
	F	3 (9,7%)	18 (58,0%)	2 (6,5%)	-	23 (74,2%)
450 <sup>o</sup> dia	M	2 (6,7%)	5 (16,7%)	3 (10,0%)	1 (3,3%)	11 (36,7%)
	F	4 (13,3%)	12 (40,0%)	2 (6,7%)	1 (3,3%)	19 (63,3%)

APÊNDICE 7.28 - Planilha de análise sensorial por teste de preferência por ordenação nas amostras cruas (cor e odor) e cozidas (preferência global) de paleta de javali (*Sus scrofa*) submetidas a diferentes doses de radiação gama por cobalto 60 (0, 2 e 4 kGy).

**UNIGRANRIO**  
**ESCOLA DE MEDICINA VETERINÁRIA**  
**DISCIPLINA: TECNOLOGIA DE POA**  
**AVALIAÇÃO SENSORIAL DE PALETA DE JAVALI**

NOME: \_\_\_\_\_ IDADE: \_\_\_\_\_ SEXO: \_\_\_\_\_

**1) Avalie da esquerda para a direita cada uma das amostras codificadas de carne de javali e coloque em ordem decrescente de preferência global .**

\_\_\_\_\_  
**+ preferida**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
**- preferida**

**2) Avalie da esquerda para a direita cada uma das amostras codificadas de carne crua de javali e coloque em ordem decrescente de preferência quanto a cor.**

\_\_\_\_\_  
**+ preferida**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
**- preferida**

**3) Avalie da esquerda para a direita cada uma das amostras codificadas de carne crua de javali e coloque em ordem decrescente de preferência quanto ao odor.**

\_\_\_\_\_  
**+ preferida**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
**- preferida**