

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
CENTRO DE CIÊNCIAS MÉDICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA
DOUTORADO EM HIGIENE VETERINÁRIA E PROCESSAMENTO
TECNOLÓGICO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL

FÁBIO DA COSTA

CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE *RIGOR MORTIS* E DA
MACIEZ DOS MÚSCULOS *Gastrocnemius* E *Pectoralis* E EFEITO DA
RADIAÇÃO GAMA NA VIDA COMERCIAL DA CARNE DE PERU
(*Meleagris gallopavo*)

UNIVERSIDADE
FEDERAL
FLUMINENSE

Niterói
2006

FÁBIO DA COSTA

CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE *RIGOR MORTIS* E DA MACIEZ DOS
MÚSCULOS *Gastrocnemius* E *Pectoralis* E EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA NA VIDA
COMERCIAL DA CARNE DE PERU (*Meleagris gallopavo*)

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

Niterói
2006

C 837

Costa, Fábio

Caracterização do processo de *rigor mortis* e da maciez dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* e efeito da radiação gama na vida comercial da carne de peru (*Meleagris gallopavo*). Fábio da Costa. – Niterói: [s. n.], 2006. 137f.

Tese (Doutorado em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal) – Universidade Federal Fluminense, 2006.
Orientador: Teófilo José Pimentel da Silva.

1. Carne de peru. 2 irradiação de alimentos. 3. rigor mortis.

FÁBIO DA COSTA

CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE *RIGOR MORTIS* E DA MACIEZ DOS
MÚSCULOS *Gastrocnemius* E *Pectoralis* E EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA NA VIDA
COMERCIAL DA CARNE DE PERU (*Meleagris gallopavo*)

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.

Aprovada em agosto de 2006

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. TEÓFILO JOSÉ PIMENTEL DA SILVA (Orientador)
UFF

Dr.^a. REGINA CÉLIA DELLA MODESTA
PESQUISADORA – EMBRAPA/AGROINDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Dr. HELIO DE CARVALHO VITAL
PESQUISADOR – CTEX

Prof. Dr. ROBSON MAIA FRANCO
UFF

Prof.^a Dr.^a. ELIANE TEIXEIRA MÁRSICO
UFF

Niterói
2006

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me dado forças e saúde para realizar este trabalho árduo e gratificante. Aos meus pais, pelo amor e dedicação extremos.

Ao Professor Orientador Dr. Teófilo José Pimentel da Silva pela confiança depositada desde o período de graduação, quando era seu aluno de Iniciação Científica, correções e diversas outras contribuições imprescindíveis para a conclusão deste trabalho.

Agradeço a minha amada noiva Patrícia Manhães Henry, pelo incentivo, paciência e carinho durante a conclusão deste curso.

A todos os colegas de curso que muito me ajudaram com ações e palavras de estímulo.

Aos Médicos Veterinários Guilherme e Isabela, que tanto me ajudaram na coleta das amostras no Matadouro Frigorífico da Perdigão.

Aos Professores do Departamento de Bromatologia da Faculdade de Farmácia da UFF, em especial à Maria Leonor pela grande contribuição nas análises de estabilidade Lipídica, e Marcelo Figueiredo pela ajuda no Laboratório de Bromatologia.

Ao químico do Laboratório de Controle Físico-Químico da Faculdade de Veterinária da UFF, Carlos Frederico pela contribuição nas análises químicas.

À Perdigão Agroindustrial S.A Carambeí – PR, em especial á direção e técnicos do controle de qualidade.

Ao Serviço de Inspeção Federal em Carambeí – PR, pela colaboração no êxito deste experimento.

Ao Professor Dr. Edgar Francisco de Oliveira de Jesus da COPPE – UFRJ, que possibilitou a irradiação e pelo importantíssimo auxílio na análise de ressonância paramagnética eletrônica que muito enriqueceu meu trabalho.

À Professora Dr^a. Mônica Queiroz de Freitas, que tanto me ajudou nas análises sensoriais e muitas vezes na análise estatística.

À Pesquisadora Dr^a. Regina Célia Della Modesta da Embrapa Agroindústria de Alimentos que possibilitou a análise instrumental de cor.

Ao Técnico de Laboratório José Carlos Sá Ferreira da Embrapa Agroindústria de Alimentos que realizou a análise instrumental de cor.

Ao Professor Dr. Robson pela disponibilidade nas análises microbiológicas e interpretação dos resultados.

À Professora Dr^a. Eliane Teixeira Mársico pela utilização do Laboratório de Controle Físico-Químico da Faculdade de Veterinária.

A todos que contribuíram para a realização desta tese e que não foram citados.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos e taxa de bancada durante todo o curso.

Ninguém ignora tudo.
Ninguém sabe tudo.
Todos nós sabemos alguma coisa.
Todos nós ignoramos alguma coisa.
Por isso aprendemos sempre.
(Paulo Freire)

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO, p.17

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA, p. 19

2.1 A AVICULTURA BRASILEIRA, p. 19

2.1.1 Produção de Peru,p. 19

2.2 CONSTITUIÇÃO DO TECIDO MUSCULAR, p. 20

2.3 TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE, p. 22

2.3.1 Fatores Relacionados com a Resolução do *Rigor Mortis*, p. 22

2.3.1.1 Temperatura e pH,p. 25

2.3.1.2 Comprimento de sarcômero, p. 25

2.4 ASPECTOS DA QUALIDADE DA CARNE, p. 28

2.4.1 Maciez,p. 28

2.4.2 Perda de Peso por Cozimento, p. 31

2.4.3 Cor, p. 32

2.4.4 Aa, p. 34

2.5 IRRADIAÇÃO DE CARNES, p. 36

2.5.1 Histórico, p. 36

2.5.2 Efeito Sobre os Microrganismos, p.37

2.5.3 Efeito na Cor, p. 42

2.5.4 Efeito na Vida de Prateleira, p. 43

2.5.4.1 Oxidação lipídica, 43

2.5.4.1.1 *Mecanismos de oxidação*, p. 44

2.5.4.1.2 *Fotooxidação*, p. 44

2.5.4.1.3 *Autooxidação*, p. 45

2.5.4.1.4 *Oxidação enzimática*, p. 46

2.5.4.2 Análise sensorial, 49

2.5.5 Controle do Processo de Irradiação, p. 51

3 MATERIAL E MÉTODOS, p. 53

3.1 MATERIAL, 53

3.1.1 Animais, p. 53

3.1.2 Reagentes, p. 53

3.1.3 Equipamentos, p. 53

3.2 MÉTODOS, p. 54

3.2.1 Abate e Caracterização do Processo de *Rigor Mortis*, p. 55

3.2.1.1 *Aferição das temperaturas da câmara de resfriamento e dos músculos*, p. 55

3.2.1.2 *Determinação do pH*, p. 56

3.2.1.3 *Determinação do comprimento de sarcômero*, p. 56

3.2.1.4 *Determinação da força de cisalhamento (maciez) e da perda de peso por cozimento*, p. 58

3.2.2 Processo de Irradiação e Conservação da Carne Congelada, p. 59

3.2.2.1 *Preparo das amostras e processo de irradiação*, p. 59

3.2.2.2 *Análises bacteriológicas*, p. 60

3.2.2.2.1 *Contagem de bactérias psicotróficas*, p. 60

3.2.2.2.2 *Enumeração (Número Mais Provável – NMP) de *Enterococcus* spp.*, p. 61

- 3.2.2.3 *Determinação da atividade de água*, p. 61
- 3.2.2.4 *Avaliação da oxidação lipídica*, p. 61
 - 3.2.2.4.1 Determinação do índice de peróxido, p. 62
 - 3.2.2.4.2 Determinação do número de Substâncias Reativas ao Ácido tiobarbitúrico (TBARS), p. 63
- 3.2.2.5 *Análise instrumental da cor*, p. 63
- 3.2.2.6 *Análise sensorial*, p. 64
 - 3.2.2.6.1 Teste de aceitação, p. 64
- 3.2.2.7 *Controle da dose de radiação absorvida*, p. 65
- 3.2.3 Delineamento Estatístico**, p. 66

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO, p. 67

- 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE *Rigor Mortis*, p. 67
 - 4.1.1 Valores de Temperatura e pH**, p. 67
 - 4.1.2 Valores de Comprimento de Sarcômero, Força de Cisalhamento e Perda de Peso por Cozimento**, p. 71
- 4.2 IRRADIAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA CARNE CONGELADA DE PERU, p. 78
 - 4.2.1 Análises Bacteriológicas**, p. 78
 - 4.2.2 Atividade de Água (Aa)**, p. 83
 - 4.2.3 Análises de estabilidade Lipídica**, p. 84
 - 4.2.4 Análise de Sanidade**, p. 90
 - 4.2.5 Análise Instrumental de Cor**, p. 91
 - 4.2.6 Análise Sensorial**, p. 94
 - 4.2.6.1 *Teste de aceitação*, p. 94
 - 4.2.6.1.1 Aroma e sabor, p. 94
 - 4.2.6.1.2 Cor e impressão global, p. 100
 - 4.2.7 Dose de Radiação Aplicada nas Amostras Analisadas**, p. 105

5 CONCLUSÕES, p. 108

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS, p. 110

7 APÊNDICES, p. 129

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Fig. 1 Animais na “área de espera” antes da sangria, p. 55
- Fig. 2 Animais logo após o início da sangria, p. 55
- Fig. 3 Equipamento “Warner-Bratzler meat Shear”, p. 59
- Fig. 4 Retirada do peito da carcaça, p. 60
- Fig. 5 Preparação dos peitos para embalagem, p. 60
- Fig. 6 Colorímetro fotoelétrico S & M Colour Computer, p. 64
- Fig. 7 Modelo de ficha utilizada no Teste de Aceitação para os quatro atributos, p. 65
- Fig. 8 Espectrômetro de Ressonância Paramagnética Eletrônica – “RPE”, p. 66
- Fig. 9 Valores médios do pH dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* em relação ao tempo após a sangria, p. 69
- Fig. 10 Valores médios do comprimento de sarcômero dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* em relação ao tempo após a sangria, p. 72
- Fig. 11 Fotomicrografias ópticas do músculo *Gastrocnemius* e *Pectoralis* durante o resfriamento industrial, p. 74
- Fig. 12 Valores médios da força de cisalhamento dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* em relação ao tempo após a sangria, p. 75
- Fig. 13 Valores médios da perda de peso pelo cozimento dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* em relação ao tempo após a sangria, p. 77

- Fig. 14 Valores médios da contagem de bactérias psicrotróficas ($\log_{10}\text{UFC}/\text{cm}^2$) em peito de peru controle, irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem, p. 79
- Fig. 15 Valores médios da enumeração de bactérias do gênero *Enterococcus* spp. ($\log_{10}\text{NMP}/\text{g}$) em peito de peru controle, irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem, p. 82
- Fig. 16 Valores médios do número de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico em peito de peru controle, irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem, p. 85
- Fig. 17 Valores médios do índice de peróxido em peito de peru controle, irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem, p. 86
- Fig. 18 Valores médios do pH em peito de peru controle, irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem, p. 91
- Fig. 19 Valores médios da característica aroma do teste de aceitação em peito de peru controle, nos quatro tempos de estocagem, p. 95
- Fig. 20 Valores médios da característica aroma do teste de aceitação em peito de peru irradiado com 1kGy, nos quatro tempos de estocagem, p. 96
- Fig. 21 Valores médios da característica aroma do teste de aceitação em peito de peru irradiado com 3kGy, nos quatro tempos de estocagem, p. 96
- Fig. 22 Valores médios da característica sabor do teste de aceitação em peito de peru controle, nos quatro tempos de estocagem, p. 98
- Fig. 23 Valores médios da característica sabor do teste de aceitação em peito de peru irradiado com 1kGy, nos quatro tempos de estocagem, p. 99
- Fig. 24 Valores médios da característica sabor do teste de aceitação em peito de peru irradiado com 3kGy, nos quatro tempos de estocagem, p. 99
- Fig. 25 Valores médios da característica cor do teste de aceitação em peito de peru controle, nos quatro tempos de estocagem, p. 101
- Fig. 26 Valores médios da característica cor do teste de aceitação em peito de peru irradiado com 1kGy, nos quatro tempos de estocagem, p. 101
- Fig. 27 Valores médios da característica cor do teste de aceitação em peito de peru irradiado com 3kGy, nos quatro tempos de estocagem, p. 102
- Fig. 28 Valores médios do atributo impressão global do teste de aceitação em peito de peru controle, nos quatro tempos de estocagem, p. 103

- Fig. 29 Valores médios do atributo impressão global do teste de aceitação em peito de peru irradiado com 1kGy, nos quatro tempos de estocagem, p. 104
- Fig. 30 Valores médios do atributo impressão global do teste de aceitação em peito de peru irradiado com 3kGy, nos quatro tempos de estocagem, p. 104
- Fig. 31 Espectros de Ressonância das amostras não-irradiadas e irradiadas com doses de 1kGy e 3kGy obtidas para as amostras armazenadas por um período de 360 dias, p. 106
- Fig. 32 Regressão linear dos dados de RPE relativos à amostra irradiada com 1kGy estocada por 5 dias. Dose calculada de 619Gy, p. 133
- Fig. 33 Regressão linear dos dados de RPE relativos à amostra irradiada com 3kGy estocada com 5 dias. Dose calculada de 2097Gy, p. 134
- Fig. 34 Regressão linear dos dados de RPE relativos à amostra irradiada com 1kGy estocada por 180 dias. Dose calculada de 476Gy, p. 134
- Fig. 35 Regressão linear dos dados de RPE relativos à amostra irradiada com 3kGy estocada por 180 dias. Dose calculada de 1717Gy, p. 135
- Fig. 36 Regressão linear dos dados de RPE relativos à amostra irradiada com 1kGy estocada por 360 dias. Dose calculada de 416Gy, p. 135
- Fig. 37 Regressão linear dos dados de RPE relativos à amostra irradiada com 3kGy estocada por 360 dias. Dose calculada de 1444Gy, p. 136
- Fig. 38 Regressão linear dos dados de RPE relativos à amostra irradiada com 1kGy estocada por 540 dias. Dose calculada de 326Gy, p. 136
- Fig. 39 Regressão linear dos dados de RPE relativos à amostra irradiada com 3kGy estocada por 540 dias. Dose calculada de 2003Gy, p. 137

LISTA DE TABELAS

- QUADRO 1 Regiões do espectro eletromagnético e suas faixas de comprimento de onda, p. 36
- TABELA 1 Valores médios $n = 9$ das temperaturas da câmara de resfriamento ($^{\circ}\text{C}$), temperatura da carcaça ($^{\circ}\text{C}$) e pH dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* de perus em diferentes intervalos de tempo (h) após a sangria no matadouro Frigorífico da Perdigão Agroindustrial S.A., Carambeí-PR, p. 69
- TABELA 2 Valores médios $n = 9$ do comprimento de sarcômero (CS- μm), força de cisalhamento (FC-Kg) e perda de peso por cozimento (PC-%) dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* nos perus em diferentes intervalos de tempo (h) após a sangria no Matadouro Frigorífico da Perdigão S.A., Carambeí-PR, p. 72
- TABELA 3. Contagens médias de bactérias psicrotóxicas ($\log_{10}\text{UFC}/\text{cm}^2$) em peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p. 78
- TABELA 4 Enumerações médias de bactérias do gênero *Enterococcus* spp. ($\log_{10}\text{NMP}/\text{g}$) em peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p. 81

- TABELA 5 Valores médios da análise de determinação da Aa (atividade de água) em peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p 83
- TABELA 6 Valores médios das análises de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – TBARS (mg Mal/Kg) em peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p. 85
- TABELA 7 Valores médios da determinação do índice de peróxido – IP (meq/Kg) em peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy 3kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p. 86
- TABELA 8 Valores médios do pH de peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3 kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p. 90
- TABELA 9 Valores médios dos parâmetros de L, a e b relativos à análise instrumental de cor em peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p. 92
- TABELA 10 Valores médios do teste de aceitação sensorial referentes à característica aroma do peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p. 95
- TABELA 11 Valores médios do teste de aceitação sensorial referentes à característica sabor do peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p. 98
- TABELA 12 Valores médios do teste de aceitação sensorial referentes ao atributo cor do peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p. 100

TABELA 13 Valores médios do teste de aceitação sensorial referentes à impressão global do peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p. 103

RESUMO

A qualidade da carne dos animais de açougue sofre ação direta do processo de *rigor mortis*. O processo de irradiação tem como objetivo aumentar o prazo de vida comercial dos alimentos, como as carnes. Foram realizadas análises, nos intervalos de 0,25h; 1,5h; 2,5h; 6,0h e 18,5h após a sangria, para a caracterização do processo de *rigor mortis* nos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* de nove perus machos da marca “British United Turkeys of América - B U T A”, abatidos em matadouro frigorífico sob Inspeção Federal. Os peitos com osso foram congelados a -18°C , cortados e embalados a vácuo e submetidos à radiação gama (doses de 1kGy e 3kGy) e armazenados durante 540 dias a -18°C . Nesse período foram realizadas análises bacteriológicas, determinações físicas, químicas e análises sensoriais, aos 5, 180, 360 e 540 dias de estocagem. O tratamento estatístico dos dados demonstrou que durante o resfriamento industrial das carcaças, a temperatura da câmara, temperatura das carcaças e o pH decresceram gradualmente. A contração máxima do sarcômero ocorreu em 15 minutos após a sangria, a partir de então, aumentou significativamente, correspondendo aos maiores valores da força de cisalhamento, o que atende aos padrões estabelecidos em outras aves domésticas. As outras análises foram realizadas considerando duas variáveis: tipo de método de conservação (congelamento, congelamento e irradiação com 1kGy e congelamento e irradiação com 3kGy) e o tempo de estocagem (5, 180, 360 e 540 dias). As contagens de bactérias psicrotóxicas e enumeração de *Enterococcus* spp. aumentaram durante o tempo de estocagem, porém, por efeito da radiação, a contagem foi menor, principalmente nas amostras submetidas a dose de 3kGy. Os valores de atividade de água não foram diferentes em relação à irradiação e ao tempo de estocagem. A oxidação lipídica aumentou de acordo com a dose de irradiação e tempo de estocagem. O teste de sanidade revelou que a carne permaneceu apta para o consumo até o final do experimento. No início da estocagem, a radiação gama contribuiu para diminuir a aceitação sensorial do sabor da carne, principalmente quando submetida à dose de 3kGy, sendo confirmada como a de maior oxidação lipídica. A irradiação não interferiu nos atributos sensoriais de aroma e cor não interferindo na aceitação da impressão global. Foi confirmada a absorção da radiação no osso dos cortes irradiados, porém houve perda dos valores nominais esperados. As carnes irradiadas de peru permaneceram aptas para o consumo durante todo o período do experimento.

Palavras chave: carne de peru, músculos, *rigor mortis*, irradiação, prazo vida comercial.

ABSTRACT

The meat quality of butcher animal are directly on *rigor mortis* process. The irradiation process has the goal to increase food shelf life, such as meat. Analysis were carried out after exsanguination in a period of 0.25h; 1.5h; 2.5h; 6.9h and 18.5h for characterization of *rigor mortis* process on *Gastrocnemius* and *Pectoralis* muscles of nine British United Turkeys of America turkeys, slaughtered in slaughterhouse under Federal Inspection. Breasts were frozen at -18°C, cut transversally, vacuum packed and submitted to gamma radiation (1kGy and 3kGy) and storied for 540 days under -18°C. During this period, bacteriological analysis, physical and chemical determinations, and sensorial analysis were done on 5, 180, 360 and 540 days. Data statistic treatment demonstrated that during the industrial refrigeration of carcass of cold room temperature, carcass temperature and the pH decreased gradually. Maximum sarcomere contraction occurred in 15 minutes on both muscles and, from that on, significantly increased, corresponding to the highest shear force values, attending standards established in other avium species. Other analysis were done considering two variables: preservation method type (freezing, freezing and irradiation with 1kGy and freezing irradiation with 3kGy) and stored period (5, 180, 360 and 540 days). Psychrotrophic bacteria count and *Enterococcus* spp. enumeration increased during stored period, however, under irradiation effect, count decreased mainly on samples submitted to higher dose. The values of water activity did not present difference related to irradiation and stored period. Lipid oxidation increased according to irradiation doses and stored period. Sanity test revealed that the meat maintained appropriate to consumption until the end of the experiment. Onset of storage, the gamma radiation contributed to decreased the sensorial analysis of meat flavour, when submitted to higher dose, being confirmed to the high lipid oxidation. The irradiation did not interfered on the sensorials attributes of aroma and color nether interfering on acceptance of global impression. It was confirmed the radiation absorption in the bone of the irradiated cuts, however had lose the nominal values expected. The irradiated meat of turkey maintained appropriate to consumption during all experiment period.

Key words: turkey meat, muscles, *rigor mortis*, irradiation, shelf life.

1 INTRODUÇÃO

Por tratar-se de uma proteína animal com baixos níveis de gordura, colesterol e alto teor protéico, a carne de peru vem despertando a atenção de nutricionistas e consumidores, que cada vez mais se interessam por alimentos que possam garantir uma dieta menos calórica e mais saudável, destacando-se como produto de excelente qualidade e ocupando posição de destaque entre os produtos atualmente disponíveis nas gôndolas dos supermercados. Da mesma forma, é cada vez maior o número de restaurantes que oferecem em seus cardápios pratos preparados a partir da carne desta ave.

Além do ponto de vista nutricional, vale ressaltar que a diminuição do pH e da temperatura durante o desenvolvimento do processo de *rigor mortis* das carcaças dos animais de açougue influenciam diretamente a qualidade da carne. A velocidade do *rigor mortis* é influenciada, principalmente, pela reserva de glicogênio, pH e temperatura do músculo.

Com o aumento do número de casos de agentes etiológicos transmitidos por alimentos, nos últimos anos, tem se verificado na população brasileira uma tendência cada vez maior da ingestão de alimentos minimamente processados ou livres de aditivos. Uma das tecnologias alternativas para o tratamento de alimentos que vem sendo adotada em todo mundo é a irradiação de alimentos. No Brasil a irradiação de especiarias e condimentos já é utilizada em larga escala para aumentar a conservação durante a estocagem e comercialização. A carne de peru é outro alimento que pode ser irradiada, embora seja uma carne rica em fosfolípidios, que a torna muito susceptível ao ranço oxidativo, em condições adequadas de processamento e armazenamento se matem em ótimas condições.

Para a indústria avícola, o prolongamento da comercial das carcaças de frango, assim como de peru, é uma preocupação constante. Nos matadouros frigoríficos, são utilizados tanques de imersão para resfriar as carcaças e reduzir o crescimento bacteriano, porém freqüentemente ocorre a contaminação cruzada entre as carcaças.

O interesse pela irradiação de alimentos se justifica pelo fato desta tecnologia ser uma importante ferramenta na prevenção das perdas econômicas que decorrem da contaminação e deterioração por microrganismos, além da germinação precoce de tubérculos ou da maturação, no caso das frutas.

A necessidade mundial por alimentos mais seguros e livres de aditivos químicos e as exigências regulamentares do comércio internacional de alimentos impulsionaram o desenvolvimento de pesquisas na aplicação prática da irradiação de alimentos. A radiação gama pode, em muitos casos, aumentar a qualidade de produtos ajudando a manter por um período mais longo a boa aparência, o odor, o sabor e a manutenção do valor nutritivo. Porém, o uso da irradiação de alimentos em diferentes doses pode causar diversas alterações físicas, químicas e sensoriais, devido às diferentes estruturas e composição de cada alimento, assim como os tratamentos prévios, durante e após a irradiação. As modificações sensoriais que ocorrem após uma dose suficientemente alta são mais acentuadas em uns alimentos do que em outros. Esta pesquisa justifica-se em razão das características do processo de *rigor mortis* em carcaças de perus ainda não terem sido estabelecidas no Brasil, bem como a influência da radiação gama na conservação dessa carne. Assim, este trabalho foi realizado com os seguintes objetivos: 1) caracterizar o processo de *rigor mortis* do peito e coxa em carcaças frigorificadas de perus, por meio de medidas correlacionadas com o seu início, desenvolvimento e resolução, tais como: temperatura da câmara; temperatura das amostras, pH e comprimento de sarcômero; força de cisalhamento e perda por cocção dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* nos intervalos de 0,25h; 1,5h; 2,5h; 6,0h e 18,5h após a sangria; 2) avaliar a influência do processo de irradiação, utilizando duas diferentes doses (1kGy e 3kGy) na conservação da carne de peru, expresso em termos de prazo de vida comercial dos cortes de carne de peru (congelada; congelada e irradiada com 1kGy e congelada e irradiada com 3kGy) e utilizando os seguintes procedimentos analíticos: bacteriológicos (bactérias psicrotróficas e *Enterobacter* spp.), sensoriais (teste de aceitação), químicos (substâncias reagentes ao ácido tiobarbitúrico, índice de peróxido), físicos (pH, análise

instrumental da cor e atividade de água) indicando o uso da irradiação e confirmar a irradiação e os valores da absorção das doses nas amostras através da Ressonância Paramagnética Eletrônica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A AVICULTURA BRASILEIRA

Os avanços tecnológicos que ocorreram no mercado de aves nos últimos trinta anos, revolucionaram a avicultura brasileira, destacando o Brasil como importante produtor de frango. O sistema industrial adotado é o sistema que utiliza linhagens comerciais geneticamente modificadas para se obter alta taxa de crescimento e excelente eficiência alimentar, criadas em sistemas intensivos segundo as normas sanitárias vigentes (AGUIAR, 2005).

O profissionalismo e a competência desse setor produtivo se traduziram no sucesso do mercado interno e o mais importante, na posição de destaque no cenário avícola internacional. Importante produto da pauta de exportações, a carne de frango brasileira é competitiva no mercado mundial e, com a posição de segundo maior produtor, o Brasil conquistou em 2004 o título de maior exportador mundial.

2.1.1 Produção de Peru

Peru é o nome comum dado às aves *Galliformes* do gênero *Meleagris* com variantes selvagens e domésticas, originária das Américas. Os perus pertencem ao Filo: Chordata; Classe: Aves; Ordem: Galliformes; Família: Meleagrididae; Gênero: *Meleagris*; Espécies: *M. gallopavo* e *M. ocellata*.

No Brasil foram introduzidas as marcas “Mammoth Bronze Broad – Breasted” (peru selvagem x Preto de Norfolk), “Mamouth White Broad – Breasted”, “White Holland” de tamanho médio e “Beltville Small White” de menor tamanho. As indústrias brasileiras têm cruzado normalmente para o abate peruas “Mamouth” com Bronze ou “Bourbon Red” ou “White Holland” e também criado a marca “British United Turkeys of América” (BUTA).

O grupo “Aviagen” da Europa comprou da Merial Ltda, sua subsidiária “British United Turkeys of América” (BUTA) e tornou-se a líder mundial de produção e vendas de perus das marcas BUTA e Nicholas. O grupo “Aviagen” é líder no melhoramento genético de ovos incubados, de frangos de corte “Arbor Acres, L.I.R. e Ross” e de perus.

Os resultados da produção de frangos de corte se refletem na produção brasileira de perus que cresce e ocupa posição de destaque no mercado internacional. Com 28,7 milhões de perus abatidos, o que representa um aumento de 8,14%, e 271,4 mil toneladas produzidas, 23% a mais em 2003 do que em 2002, foi um dos setores da avicultura nacional que apresentou maior evolução em 2003. Os resultados se refletem na posição de terceiro maior exportador, atrás apenas dos EUA e da União Européia (ANTUNES, 2005). O United State Department of Agriculture (USDA) estima que a produção mundial de carne de peru, em 2005, chegue a 4,9 milhões de toneladas (AVICULTURA INDUSTRIAL, 2006).

Portanto, para consolidar seu crescimento de forma sustentável e competitiva, a produção nacional de perus precisa atingir e manter novos e melhores padrões de qualidade. Os bons resultados observados na produção estão intimamente relacionados ao mercado externo. Ao mesmo tempo, o consumo interno para esse tipo de carne ainda é muito pequeno apesar de já ter avançado bastante nos últimos cinco anos, em decorrência do preço ainda elevado para a maioria da população brasileira associado ao hábito alimentar da população que prefere consumir esta ave no final do ano e também devido ao peso da carcaça que dificulta a compra.

2.2 CONSTITUIÇÃO DO TECIDO MUSCULAR

O tecido muscular apresenta uma organização peculiar, que se diferencia dos outros tecidos do organismo animal. O músculo estriado esquelético é formado por feixes de células muito longas, multinucleadas e com estriações transversais. A célula muscular, denominada fibra

muscular, é delimitada por uma membrana chamada sarcoplasma e no interior de seu citoplasma encontram-se fibrilas paralelas, chamadas de miofibrilas (ABERLE et al., 2001).

As estriações transversais observadas no músculo esquelético são reflexos da alternância de faixas claras e escuras. Ao microscópio de polarização, a faixa escura é anisotrópica, o que confere a denominação de banda A, enquanto a faixa clara, ou banda I, é isotrópica. No centro de cada banda I, aparece uma linha transversal escura, a chamada linha Z. A banda A revela a presença de uma zona mais clara no seu centro, denominada de zona H. A análise mais detalhada dessas bandas revela que a estriação da miofibrila é devido à repetição de unidades iguais, chamadas sarcômero, que ficam entre duas linhas Z sucessivas e apresentam uma banda A, separando duas semibandas I (PARDI et al., 2001; QUALI, 1992).

As miofibrilas do músculo estriado contêm pelo menos quatro principais proteínas: actina, miosina, troponina e tropomiosina. Os filamentos grossos são formados de miosina e as outras três proteínas são encontradas nos filamentos finos e na linha Z. Ao microscópio eletrônico, o estudo do sarcômero, revela que as faixas claras e escuras são devido, principalmente, à forma com que esses filamentos se arranjam, dispostos longitudinalmente ao eixo mais longo das miofibrilas numa distribuição simétrica e paralela. Durante a contração muscular, os filamentos grossos e finos conservam seus comprimentos originais. A contração ocorre devido ao aumento da sobreposição entre os dois filamentos que conseqüentemente irá causar a diminuição do comprimento do sarcômero (ABERLE et al., 2001).

No músculo vermelho predominam pequenas fibras escuras com aparência granular, enquanto que no músculo branco predominam as fibras pálidas de diâmetro maior e agranular. Havendo três tipos de fibras: vermelhas, intermediárias e brancas. As fibras vermelhas são pequenas, ricas em mioglobina, possuem um maior suprimento sanguíneo e a linha Z é mais espessa (ABERLE et al., 2001; SILVA, 2003). Nas fibras brancas, a linha Z é mais estreita e existem menos mitocôndrias. Obviamente, as fibras intermediárias possuem características intermediárias entre os dois tipos. As diferenças citológicas entre os três tipos de fibras conferem às mesmas diferenças fisiológicas. Sendo assim, a fibra vermelha possui uma velocidade de contração lenta e tônica e um metabolismo oxidativo intenso. A fibra branca possui um conteúdo de glicogênio alto, com abundante metabolismo e uma contração rápida e fásica (ABERLE et al., 2001; BYRNE et al., 2000).

Sams et al. (1990), trabalhando com frangos de 49 dias de idade, estudaram diversos músculos: *Anterior latissimus dorsi* (ALD), *Posterior Latissimus dorsi* (PLD), *Sartorius* (SAR) e *Pectoralis superficialis* (PS). Concluíram que os tipos de fibras que predominam são as vermelhas (BR), intermediárias (R) e brancas (BW). Assim, no músculo ALD, $99 \pm 0,1\%$ das fibras são do tipo vermelho, no músculo PLD, $81,5 \pm 1,1\%$ das fibras são do tipo branco e $16,8 \pm 1,2\%$ do tipo intermediário, no músculo SAR, $31,9 \pm 1,6\%$ são do tipo vermelho, $53,4 \pm 2,5\%$ são do tipo intermediário e $14,7 \pm 2,1\%$ são do tipo branca e, no músculo OS, $99,9 \pm 0,1\%$ são do tipo branco.

2.3 TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE

Logo após a sangria, no período que abrange as primeiras 24 horas após o abate, ocorre uma série de transformações bioquímicas e estruturais no tecido muscular, na conversão do músculo em carne. Neste período vários fatores podem afetar o processo de *rigor mortis*, refletindo na qualidade final da carne (ABERLE et al., 2001; PARDI et al., 2001).

2.3.1 Fatores Relacionados com a Resolução do *Rigor Mortis*

O processo de *rigor mortis* se inicia imediatamente após o abate do animal, em decorrência da perda sangüínea que interrompe o aporte de oxigênio e nutrientes para os tecidos (ORDÓÑEZ et al., 2005; SILVA, 2003). Porém, a célula muscular continua com sua atividade, na tentativa de adaptar-se à falta de oxigênio e reduzida reserva energética representada pela taxa de Adenosina Trifosfato - ATP (ORDÓÑEZ et al., 2005). Com a paralisação do fornecimento de nutrientes e oxigênio, o glicogênio através da glicólise anaeróbica é a única fonte de ATP disponível que, acaba provocando alterações químicas importantes, como a redução da taxa de ATP e de glicogênio e o acúmulo de ácido láctico, promovendo o decréscimo gradativo do pH (PRATES, 2000; SILVA et al., 1999b). A queda do pH é uma das alterações *post mortem* mais significativas durante o período que compreende a transformação do músculo em carne. Encontrado em animais recém abatidos o pH fica em torno de 6,9 a 7,2 caindo após a resolução do *rigor mortis* para 5,6 a 5,8 (ABERLE et al., 2001; ALVARADO; SAMS, 2000).

Tanto as reações químicas que envolvem o processo de contração do músculo vivo e aquelas do período após o abate, são similares. A contração muscular começa através da chegada dos impulsos nervosos à junção mioneural, despolarizando a membrana sarcoplasmática, chegando até o interior das fibras por meio dos túbulos T, liberando o Ca^{+2} retido no retículo sarcoplasmático. Os íons de Ca^{+2} livres no sarcoplasma, quando atingem em torno de 10^{-5} moles/litro, se associam à troponina C (MATSUSHI; OKINATI, 1997; QUALI, 1992). O complexo troponina sofre modificação conformacional, deslocando a molécula de tropomiosina, que se localiza entre duas cadeias do filamento de actina, liberando sítios ativos deste filamento. Estes eventos favorecem a contração, devido ao atrito entre os filamentos de actina e miosina, movidos pelas cabeças de miosina dos filamentos aderidos aos sítios de ligação com a actina, ocorrendo a sobreposição, que corresponde ao encurtamento do sarcômero (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005).

O músculo, no momento da contração, diminui até 1/3 de seu tamanho original, porém o comprimento dos filamentos finos e espessos permanece constante, enquanto o comprimento do sarcômero diminui, isso só é possível porque os filamentos não se encurtam, deslizam-se, caracterizando uma sobreposição. De acordo com Christensen et al. (2004) logo após a contração, o Ca^{+2} liberado no sarcoplasma volta ao retículo sarcoplasmático, promovendo assim o relaxamento, necessário para a desfosforilação do ATP. A situação no animal morto é um pouco diferente, porque, não ocorrendo a síntese de ATP, logo, se estabelece o *rigor mortis* (ORDÓÑEZ et al., 2005; QUALI, 1990; SILVA et al., 1999b).

Segundo Ordóñez et al. (2005), nos músculos de aves e suínos, que apresentam maior quantidade de fibras brancas, ocorre intensa atividade anaeróbica, portanto a glicólise e a degradação de ATP são mais rápidas, quando comparadas com as fibras vermelhas. O tempo de contração máxima do rigor depende da espécie animal. Nos frangos, ocorre em menos de 30 minutos, nos perus, em menos de uma hora, nos suínos entre 25 minutos a três horas, enquanto que nos bovinos, de seis a doze horas.

A degradação das proteínas miofibrilares não parece estar associada ao tipo de fibra, mas sim devido às suas características, tais como, a proporção das enzimas proteolíticas calpaínas e a taxa de declínio de pH (CHRISTENSEN et al., 2004).

Para Jaarsveld et al. (1997) e Koohmaraie et al. (1987) as transformações *post mortem*, caracterizadas por degradação e fragmentação das miofibrilas, são imprescindíveis para conferir

maciez à carne. Por isso, muitas pesquisas foram e são realizadas para elucidar essas alterações que ocorrem nas proteínas miofibrilares durante o armazenamento, suas causas e sua relação com a maciez da carne.

Destaca-se a ação das enzimas proteolíticas no processo de maciez da carne. A proteólise muscular parece ser o principal contribuinte nesse processo, que pode ser realizado pelas proteases endógenas e exógenas. Entre as endógenas, estão dois sistemas, as proteases Ca^{+2} dependentes (CDP), armazenadas no retículo sarcoplasmático, como as calpaínas (QUALI, 1992), e as catepsinas contidas nos lisossomos, responsáveis pelas alterações durante o período de resolução do *rigor mortis*, sendo sugerida uma cooperação entre ambos os sistemas (MOELLER et al., 1976). Diversos estudos classificaram alguns tipos de catepsinas, de acordo com a densidade, em B, L e D, esta última, responsável pela proteólise da F-actina, mais ativa em pH entre 3 e 4 e temperatura ótima elevada, em torno de 40°C (YAMASHITA; KONOGAYA, 1992). A atividade das catepsinas decresce no interior dos lisossomos e aumenta no sarcoplasma em músculos mantidos a 0 °C, comprovando que são liberadas dessas organelas durante o armazenamento (TAKAHIKO; UENO, 1997).

Segundo Hwang et al. (2004) a variação no grau de proteólise é em grande parte devida ao sistema de calpaínas e ATPase miosina que necessitam de íons Ca^{+2} livres no citoplasma para sua atividade, pois foi demonstrado que quando as organelas celulares seqüestram esse cátion, tais enzimas perdem sua função, mesmo em pH e temperatura favoráveis.

É comprovado que o armazenamento *post mortem* nas temperaturas de refrigeração resultam na melhoria significativa da maciez proporcionada pela degradação das miofibrilas através de proteases endógenas do músculo. Essa maciez da carne depende de ação sinérgica entre as enzimas catepsinas e calpaínas (QUALI, 1992).

Hopkins e Thompson (2001) relataram que o envolvimento de catepsinas, proteínas lisossomais, tem sido questionado. Essas calpaínas atuam em pH elevado, em torno de 7,5 (CHRISTENSEN et al., 2004), sendo responsáveis pela degradação da estrutura miofibrilar no início do período *post mortem*, enquanto as catepsinas teriam menor participação por apresentarem como valor de pH ótimo de 5,6, quando o processo de resolução do rigor já teria se iniciado. Dransfield (1993) afirmou que durante o *post mortem* as calpaínas não são completamente ativadas até que o pH atinja valores em torno de 6,1, que coincide com o pH do início da resolução do processo.

Os resultados encontrados por Koczak et al. (2003) demonstraram que a estrutura dos sarcômeros sofre alterações que se prolongam com o armazenamento, no qual se observam o aumento da faixa I, acompanhado por desaparecimento parcial da linha M e degradação do disco Z e conseqüente formação de fragmentos de miofibrilas. Esses processos sofrem a ação de fatores como espécie e raça de animais, estrutura e atividades fisiológicas dos músculos e a atividade proteolítica das enzimas. É importante mencionar que os músculos com grande proporção de fibras brancas estão sujeitos a tais alterações do que outros músculos com elevada proporção de fibras vermelhas.

Durante o *rigor mortis*, a região da linha Z, constitui a principal estrutura a sofrer alterações, sendo fragmentada tanto longitudinalmente e transversalmente, estes fragmentos são sucessivamente quebrados, desintegrando gradualmente a organização dos sarcômeros (SLINDE; KRYVI, 1986).

Silva et al. (1999b) analisaram as alterações em carne bovina resfriada a 0-2°C e armazenada por 13 dias e concluíram que, durante esse período, o tempo de armazenamento foi proporcional à melhoria da maciez, mostrando que, com o decorrer da estocagem, há maior degradação de proteínas, comprovando o processo gradativo de tenderização.

2.3.1.1 Temperatura e pH

O resfriamento da carne durante o período *post mortem* é relevante para a microestrutura e característica da carne, como a maciez, a capacidade de retenção de água e a cor (ZAMORA et al., 1996).

Observa-se que, durante o estabelecimento do *rigor mortis*, a temperatura e pH iniciais das carcaças de animais de açougue diminuem gradativamente. Por isso, temperaturas e pH são utilizados como parâmetros para monitorar a qualidade de carnes. A velocidade do *rigor mortis* é definida, principalmente, pela reserva de glicogênio, pH e temperatura do músculo. Observa-se que a temperatura de resfriamento, associada à queda do pH, favorecem a liberação de Ca²⁺ do retículo sarcoplasmático (BYRNE et al., 2000).

A velocidade de resfriamento do músculo durante o *rigor mortis* influencia a glicólise juntamente com as proteases, além de favorecer o declínio do pH, interferindo na taxa de tenderização (ABERLE et al., 2001). Segundo Yu et al. (2003), o pH final da carne é dependente

do teor de glicogênio presente no músculo, além de influenciar decisivamente na capacidade de retenção de água. A queda brusca do pH após a sangria pode estar relacionado com a desnaturação das proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares, associadas com as alterações das forças de repulsão eletrostáticas entre os filamentos de actina e miosina.

2.3.1.2 Comprimento de sarcômero

Devine et al. (2002) mostraram que o maior comprimento do sarcômero durante o *rigor mortis* em músculos bovinos mantidos a temperaturas de 10-18°C resulta em carne mais macia, que está relacionado com o mínimo encurtamento e o máximo potencial de extensão na resolução do processo, devido a influência da temperatura na sobreposição entre os filamentos de actina e miosina.

O comprimento de sarcômero está diretamente relacionado com a instalação do processo de *rigor mortis* e com a maciez da carne. Esta medida sofre modificações durante este período, sendo observadas fragmentações transversais nas miofibrilas que progridem com a resolução do *rigor* (WHEELER; KOOHMARAIE, 1994).

Outros trabalhos de pesquisa como o de Devine et al. (2002) demonstraram que a contração máxima que ocorre no *rigor mortis* nas temperaturas variando de 10 a 18°C resultou na carne mais macia, provavelmente devido ao mínimo encurtamento e à maior capacidade extensiva no término do processo. Tornberg et al. (1996) sugeriram que outro fator importante que influencia o desenvolvimento do rigor é o grau de sobreposição que ocorre entre os filamentos de actina e miosina.

Papa e Fletcher (1988) realizaram experimentos em músculo do peito de carcaça de frango, com o intuito de avaliar as diferenças ocorridas no comprimento do sarcômero das miofibrilas. No primeiro tratamento, um lado do músculo do peito foi removido da carcaça logo após o abate e o outro permaneceu em sua base óssea. As amostras com e sem osso foram mantidas à temperatura de 8°C durante 24 horas. Em seguida, foram processadas e o comprimento do sarcômero foi medido pelo índice de refração a *laser*. Os valores médios do comprimento do sarcômero, após 24 horas, na amostra de músculo peitoral maior, com e sem osso, foram, respectivamente, de 1,79 µm e 1,63µm. No músculo peitoral menor mantido com osso, a média foi de 1,90µm e no desossado foi de 1,55µm. No segundo tratamento, trabalhou-se

com o músculo peitoral maior e peitoral menor desossados. Cada músculo foi dividido em três partes (anterior, mediana e caudal) para se observar as possíveis diferenças no encurtamento do sarcômero após o abate. Assim, até 1 hora após a morte, no músculo peitoral maior, não houve diferença entre os resultados encontrados nos três pontos de colheita. Após 2 a 4 horas, houve um encurtamento substancial nas três partes, sendo que o fenômeno foi mais lento na porção posterior. O auge da contração ocorreu após 24 horas do abate, com valores próximos a $1,59\mu\text{m}$, não havendo diferença significativa entre os três locais do músculo. No músculo peitoral menor não houve diferença significativa no comprimento do sarcômero dos três pontos de colheita nos diferentes tempos. O auge do encurtamento também ocorreu 24 horas após o abate com valor médio de $1,58\mu\text{m}$. Os autores concluíram que não houve diferença significativa no encurtamento do músculo peitoral maior e peitoral menor.

Biligi et al. (1989) trabalharam com frangos de 49 dias de idade, abatidos industrialmente. Separaram amostras de músculo *Pectoralis* em diferentes tempos, após o abate, e mantiveram em diferentes temperaturas de estocagem. Empregaram para medição do comprimento do sarcômero a técnica de difração a *laser*. Os resultados demonstraram que nas temperaturas de 41°C e 0°C o encurtamento máximo ocorreu na 3^a hora após o abate, já nas temperaturas de 28°C e 14°C o máximo encurtamento ocorreu na 4^a hora.

Cross et al. (1981) e Rudick e Richard (1975), compararam a precisão de duas técnicas utilizadas na mensuração do sarcômero e concluíram que não houve diferença significativa entre os valores obtidos no método de refração a *laser* e na microscopia óptica com objetiva de imersão.

Porém, Rudick e Richard (1975) citaram que fontes de erro existem em todos os métodos empregados na avaliação do grau de contração do sarcômero. Na técnica de microscopia óptica, a fonte de erro reside na dificuldade de mensuração micrométrica e na definição dos limites do sarcômero, sendo frequentemente prejudicada a definição dos limites do sarcômero pela não visualização da linha Z, constituindo uma fonte de erro durante a leitura.

Johnson e Bowers (1976) que trabalharam com músculo peitoral de perus, mantidos a 0°C , utilizando na mensuração a microscopia eletrônica. Obtiveram os seguintes valores, $1,63\mu\text{m}$ e $1,56\mu\text{m}$ respectivamente, 2 e 24 horas após o abate. Estes resultados concordam com Freitas et al. (1994) que encontraram $1,64\mu\text{m}$, $1,44\mu\text{m}$ e $1,58\mu\text{m}$, respectivamente, após 0, 2 e 24 horas após o abate.

Sams et al. (1990) estudaram o comprimento do sarcômero do músculo *Pectoralis* de frangos em diferentes tempos de desossa, sendo que, no primeiro tratamento, a desossa foi realizada 15 minutos, após o abate; no segundo, após 1 hora e, no terceiro, após 24 horas. As amostras com e sem osso foram mantidas à temperatura de 2°C. No primeiro tratamento, o comprimento do sarcômero, logo após o abate, foi de 1,39µm e após 24 horas 1,51µm, no segundo, após 1 e 24 horas, os valores foram, respectivamente, de 1,61µm e 1,57µm e no terceiro, após 24 horas, foi de 1,79µm. Concluíram que no músculo desossado, logo após o abate, o comprimento inicial do sarcômero ficou em torno de 1,39µm. Após 24 horas, não houve diferença significativa no comprimento do sarcômero entre as amostras desossadas em 15 minutos e 1 hora após o abate. As amostras mantidas com osso mostraram-se, após 24 horas, menos contraídas que as demais.

Freitas et al. (1994) verificaram que há uma relação entre o pH e o comprimento de sarcômero no músculo peitoral torácico de frangos, encontrando pH inicial de 6,39 e sarcômero de 1,64µm, enquanto que na 24^a hora após o abate, determinaram valores de 5,88 e 1,58µm para as mesmas medidas. Lesiak et al. (1996) observaram valores de comprimento de sarcômero da carne de peru de 1,63µm e 1,89µm respectivamente para peito e coxa de peru.

2.4 ASPECTOS DA QUALIDADE DA CARNE

A qualidade da carne é um termo bastante complexo, que envolve aspectos de aparência, avaliados pelo consumidor e pelos parâmetros físico-químicos, importantes para o processador. Envolve todas as etapas da cadeia produtiva, desde os primeiros dias de vida da ave, até o preparo da carne *in natura*, assim como seus produtos derivados (ALVARADO, 2004). Vários fatores que reconhecidamente afetam a composição da carne estão envolvidos, tais como idade, sexo, nutrição, apanha dos animais, transporte, temperatura ambiente e tempo de jejum antes do abate. A utilização de jejum pré-abate é uma prática muito utilizada para melhorar a qualidade da carne e diminuir a contaminação no matadouro (MENDES, 2000). Warris et al. (1991) citam que o período de jejum ideal para esvaziar o trato gastrointestinal de frangos é de 4 horas. Períodos maiores têm sido citados, porém poderiam levar a redução da qualidade da carcaça (LYON et al., 1991; MENDES, 2000; VEERKAMP, 1986).

2.4.1 Maciez

Os cinco principais fatores que contribuem para a aceitação da carne são: sabor, maciez, suculência, aparência e odor. Destes, a maciez é considerada o atributo mais importante no preparo da carne pelo consumidor (SIMS; BAILEY, 1981). Maciez é a sensação da resistência mecânica do tecido muscular à mastigação. As reações bioquímicas e a estrutura das fibras musculares esqueléticas, especialmente miofibrilas e filamentos intermediários, além do tecido conectivo intramuscular, representado pelo endomísio e perimísio, que são compostos de fibrilas e fibras colágeno, são os responsáveis pela maciez da carne. A estabilidade mecânica das fibrilas de colágeno aumenta significativamente com a idade cronológica do animal (SINEX, 1968). Estas mudanças estão relacionadas com a natureza química das ligações cruzadas de colágeno (TANZER, 1973). As ligações menos estáveis são transformadas em ligações mais estáveis com a idade (BAILEY; SHIMOKOMAKI, 1971; ROBINS et al., 1973).

Para se obter carnes mais macias, é necessária a fragmentação enzimática das proteínas miofibrilares e das ligações cruzadas de colágeno por meio da presença de uma razoável cobertura de gordura durante o período *post-mortem*, além disso a carne deve ser embalada a vácuo e mantida à temperatura em torno de ± 1 °C por um certo período para que ocorra a maturação. Este período pode variar de 10 dias para a carne bovina, 5-6 dias para a carne suína e 0,5-1 dia para a carne de frango. Durante o período de maturação, a carne é submetida a ação das enzimas proteolíticas, o pH diminui até próximo de 5,5 e o ATP desaparece completamente.

Várias tecnologias pré, durante e pós-abate, tais como tempo e temperatura de resfriamento; tempo e temperatura de maturação; estresse e estimulação elétrica podem interferir na qualidade da carne. A insensibilização elétrica é convencionalmente utilizada pelos frigoríficos com a finalidade de promover a adequada imobilização e permitir a insensibilização das aves antes da sangria. Marple (1977) observou consideráveis efeitos benéficos com o uso da insensibilização elétrica. Na prática, vários trabalhos foram direcionados por Khan, 1971; Khan, 1974; Lee; Rickansrud, 1978; Thomson et al., 1986, no estudo do efeito da insensibilização e estimulação elétrica na melhoria da sangria na maciez e nas alterações morfológicas do tecido muscular.

A estimulação elétrica também já foi descrita como acelerador do processo da glicólise muscular *post-mortem*, com conseqüente queda do pH e aumento da maciez da carne. Lee et al.

(1979) sugeriram que o retardo no *rigor mortis* permitiria o resfriamento do músculo num estágio mais precoce, diminuindo os efeitos do encurtamento pelo frio. Bernard et al. (1988) observaram que a estimulação elétrica causou o retardo na glicólise em músculos de perus, porém não ofereceu vantagens na utilização de músculo em pré rigor para as indústrias da carne.

Segundo Mckee e Sams (1997), o estresse térmico sazonal acelera o metabolismo *post-mortem* e mudanças bioquímicas no músculo, produzindo assim carnes de perus com características Pálidas, Mole e Exsudativa (PSE). Olivo et al. (2001) demonstraram que frangos foram susceptíveis ao estresse térmico com desenvolvimento de carnes PSE com propriedades funcionais comprometidas.

Além do ponto de vista nutricional, vale ressaltar aqui que a diminuição do pH e da temperatura durante o desenvolvimento do processo de *rigor mortis* das carcaças dos animais de açougue influenciam diretamente sobre a qualidade da carne. A velocidade do *rigor mortis* é influenciada, principalmente, pela reserva de glicogênio, pH e temperatura do músculo (KOOHMARAIE et al., 1991).

Como alternativa à redução do PSE, muitos frigoríficos têm adotado a utilização adequada da corrente elétrica para diminuir o sofrimento e o estresse no momento da sangria. Com o objetivo de estudar o efeito da insensibilização elétrica comparada com a insensibilização por dióxido de carbono (CO₂), Northcutt et al. (1998) mensuraram a cor, o pH, a perda por cozimento e a força de cisalhamento de peito de perus. A insensibilização elétrica e por CO₂ tiveram o mesmo efeito no pH inicial, porém a não insensibilização das aves ocasionou uma maior diminuição do pH, quando comparado com os dois métodos de insensibilização. Já no pH final, a insensibilização das aves não obteve efeito na cor do músculo cru, pH da carne cozida, cor da carne cozida, perda por cozimento ou força de cisalhamento, sugerindo que a insensibilização elétrica, por CO₂ ou a não estimulação não apresentam diferenças nas 24 horas após o abate.

Landes et al. (1971) conduziram um experimento no qual foram administradas injeções de pentobarbital em perus antes do abate com a finalidade de promover a insensibilização dos animais. Eles observaram que a força de cisalhamento foi menor nos animais anestesiados do que no grupo controle provavelmente devido ao menor estresse *ante-mortem* sofrido pelas aves anestesiadas.

As propriedades físicas da carne de aves dependem muito da idade de abate, e da espécie da ave. Aves que são abatidas em idade jovem (6-13 semanas de idade) possuem uma carne tipicamente macia e o osso do peito não se encontra totalmente calcificado. Aves com idade mais avançada (3 a 5 meses de idade) são conhecidas como aves para assar. As carnes de aves de descarte da reprodução, que geralmente são velhas, possuem carne em menor volume e menos macia. O peru para assar geralmente é jovem, de ambos os sexos, e abatido com 16 semanas de idade (BENEZ, 1997).

A determinação do tamanho de sarcômero é uma medida importante, que possui correlação positiva entre sua dimensão e o desenvolvimento do processo de *rigor mortis* que irá influenciar na maciez da carne (WHEELER; KOOHMARAIE, 1994), no entanto o controle da maciez das carnes por meio da análise instrumental com o equipamento Warner Bratzler Shear-Force (força de cisalhamento) é a metodologia mais eficaz. São poucos os trabalhos que especificam o padrão da lâmina de Warner Bratzler utilizada. Apple et al., 1999 consideraram que as diferenças na espessura, formato, ângulo e comprimento das lâminas comprovadamente influenciam os valores obtidos de força de cisalhamento, os resultados e suas comparações certamente ficarão prejudicados. Um outro equipamento muito utilizado na determinação da força de cisalhamento de amostras de carne é o modelo TA - XT2, da marca Stable Micro System. Esse equipamento, muitas vezes, é utilizado com a lâmina de cisalhamento modelo SMS, que apresenta a espessura diferente do padrão Warner-Bratzler. Nesse caso faz-se necessária a correlação dos resultados destas duas lâminas de cisalhamento (ALMEIDA et al., 2005).

2.4.2 Perda de Peso por Cozimento

Segundo Sá (2004), a perda de peso pelo cozimento da carne corresponde a perda de água ou suco que acontece durante o aquecimento da carne pela cocção. É um parâmetro importante pois pode afetar a aceitação da carne, já que pode alterar significativamente sua cor, textura, além de influenciar no seu valor nutritivo, pois no suco eliminado estão presentes proteínas solúveis, vitaminas e minerais. A redução da suculência da carne deve-se em grande parte à eliminação da água durante o cozimento, sendo proporcionalmente menor, quanto maior for a Capacidade de Retenção de Água (CRA). A CRA pode ser melhor compreendida como sendo a intensidade com que a carne armazena total ou parcialmente sua própria água ou, ocasionalmente, a água

adicionada durante seu processamento tecnológico, sendo assim trata-se da capacidade em manter o conteúdo aquoso, mesmo durante a utilização de forças externas, como a compressão, o impacto, o cisalhamento ou ainda, o congelamento e o cozimento (ORDÓÑEZ et al., 2005).

A suculência é fator de suma importância no alimento, contribui para a aceitação da textura da carne, trata-se da umidade durante as primeiras mordidas produzidas pela rápida liberação de fluidos. A suculência é determinada pela quantidade de perda de líquidos durante o cozimento caracterizando a intensidade da liberação do suco da carne (PRICE; SCHWIEGERT, 1994).

De acordo com Honikel et al. (1986) o comprimento de sarcômero também influencia a capacidade de retenção de água, sendo que a capacidade de retenção de água reduz-se à medida que diminui o comprimento de sarcômero, já que durante o *rigor mortis*, uma porção da água migra do meio intracelular para o espaço extracelular, em decorrência do encurtamento do sarcômero, que direciona a água para o interstício mesmo num meio hipertônico.

Huff-Lonergan e Lonergan (2005) relataram que a estrutura muscular é composta por inúmeros compartimentos que mantêm a água armazenada, como os espaços intermiofibrilar, extramiofibrilar e extracelular e entre os feixes musculares.

A perda da água é dependente da forma de como ela se encontra ligada. Quando a água está presente no espaço extracelular, presume-se que seja perdida com muito mais facilidade que a contida entre as miofibrilas. Pela sua característica dipolar, a água apresenta afinidade por moléculas de proteínas, sendo esta fração definida como água fortemente ligada ou de constituição, com reduzida mobilidade entre o espaço entre as fibras, correspondendo a 0,5g de água por grama de proteína. A água fortemente ligada é encontrada em pequena quantidade no músculo, correspondendo a menos de 10% da água total, sendo muito resistente às forças físicas extremas. Essa fração aquosa é de difícil remoção e influencia a temperatura de congelamento ou aquecimento (FENEMMA, 1993; HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005). Hullanco (2004) relatou perda de peso por cozimento dos músculos de coxa de frango, correspondente a 27,7% em 24 horas *post-mortem*.

2.4.3 Cor

A cor é o atributo que mais chama a atenção na escolha da carne e de seus derivados antes do preparo e consumo, o que é extremamente importante para a maioria dos consumidores (LYON et al., 2004). Pesquisas indicam que o atributo cor é a característica que mais influencia o consumidor na escolha da carne fresca (BREWER; HARBERS, 1991; HUNT et al., 1993). Lynch et al. (1986) relataram que 74% dos consumidores indicaram que a cor foi um atributo importante na decisão da escolha da carne.

O consumo de partes nobres da carne, como peito e coxa vem se destacando de forma significativa. Hoje, em função da crescente demanda por refeições rápidas, existe uma grande produção de filés de peito junto com uma constante preocupação com as características de qualidade, sobretudo no que se refere à cor, além dos aspectos referentes à higiene da carne (ALMEIDA et al., 2002).

A cor da carne é deve-se à proteína 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. A quantidade de mioglobina nos animais varia com a espécie, a idade, o sexo, o músculo e sua atividade física. Assim, a carne dos bovinos apresenta uma cor vermelho brilhante, enquanto a de suínos é mais pálida, sendo também pálida a carne de vitelo, o que mostra, neste caso, que os animais imaturos possuem menos hemoglobina que os maduros. A carne de bovinos possui mais mioglobina que a dos suínos, peixes e aves, sendo que, entre estas, o peito de frango contém menos mioglobina que a perna e a coxa (PARDI et al., 2001).

Algumas aves têm carnes de coloração vermelha, como patos e avestruz. Esta cor pode ser alterada pela evaporação de água, congelamento, aquecimento, pois alteram a camada protéica superficial, interferindo na refração da luz (BENEZ, 1997). As diferenças de conteúdo de mioglobina nas diversas espécies dependem dos tipos de fibras musculares de que as espécies dispõem. Assim, as fibras vermelhas, com elevado conteúdo em citocromo, mioglobina e mitocôndrias, são típicas dos músculos da coxa de peru e galinha.

O grupo heme constitui o verdadeiro pigmento responsável pela cor vermelha, ou vermelho cereja quando combinado com o oxigênio, requerendo, porém, neste caso, a participação da globina para fixar o O₂. Independente de fatores extrínsecos, o pH e a glicólise

exercem influência decisiva na conversão da mioglobina em oximioglobina, no contato da superfície da carne com o oxigênio. Na mioglobina “in natura”, um átomo de ferro bivalente está ligado a cinco átomos de nitrogênio, dos quais, quatro pertencem aos núcleos pirrólicos e um, a um resíduo de histidina de uma proteína de baixo peso molecular (globina), que envolve a molécula e forma uma barreira contra as interações do ferro com os reagentes do meio. A última valência coordenativa do ferro pode estar ligada à água, monóxido de carbono, oxigênio molecular, óxido nitroso, etc.

A reação dos pigmentos com qualquer produto pode determinar modificações na cor da carne, caso o ferro do grupo heme se encontre em estado químico apropriado. Nestas condições, distinguem-se, além da coloração vermelho brilhante da oximioglobina, a cor vermelho púrpura da mioglobina reduzida e pela oxidação destes dois pigmentos, a coloração marrom da metamioglobina.

Além disso, quando se expõem ao ar, quartos ou cortes de carne por muito tempo, a dessecação da superfície empresta uma cor escura, comumente chamada “queimadura pelo frio”. A concentração de sais na superfície favorece a formação da metamioglobina.

No congelamento da carne após o *rigor mortis*, ainda que não fique prejudicada a cor, quando o congelamento é feito em túnel de ar forçado, durante o curso da glicólise pós-morte, observa-se um acentuado escurecimento da carne magra e um aumento da palidez da gordura.

O efeito da refração e transmitância da luz é importante para a aparência do produto. A avaliação sensorial é o melhor método para se mensurar a resposta do consumidor frente à cor do produto, mas esta é demorada e requer muitos investimentos em instalações e pessoal qualificado. Como alternativa, surgiram os métodos instrumentais, eficientes e de alta sensibilidade, que são capazes de mensurar a cor e freqüentemente utilizados na substituição dos métodos sensoriais (SANDUSKY; HEATH, 1998).

Variáveis qualitativas da carne, como coloração, textura, pH, capacidade de retenção de água (CRA), solubilidade e funcionalidade das proteínas, são diretamente influenciadas pelo estresse pré-abate (BARBUT, 1998; BARBUT, 2002). Dessa maneira, a carne de animais estressados apresenta características peculiares que afetam um processamento posterior e/ou aquisição desse produto pelo consumidor. Vários métodos são utilizados para averiguar a cor da carne PSE. O mais utilizado é a avaliação instrumental da cor que utiliza os parâmetros de L* (luminosidade), a* (intensidade de verde até vermelho) e b* (intensidade do azul até amarelo).

Segundo Mckee et al. (1998) a cor da carne pode ser considerada normal quando apresentaram o valor de L* menor que 53 ou pálidas com L* maior que 53.

Para os processadores, a carne PSE é inadequada, não somente por causa da cor pálida, mas também devido à redução do rendimento relacionado ao excesso de gotejamento, aumento das perdas por cozimento, reduzida suculência, comprometimento da habilidade das ligações (WOELFEL et al., 2002) e redução da vida de prateleira (BARBUT, 2002).

Mckee e Sams (1998) observaram que a temperatura é um fator determinante no aparecimento de carnes de peru PSE, quando submeteram as carcaças à escaldagem, com temperatura da água de 40 °C observaram que as mesmas apresentaram o valor de L* mais elevado. Os resultados sugerem que a temperatura mais elevada durante o *rigor mortis* tenha resultado nas mudanças bioquímicas do músculo induzindo o aparecimento de carnes mais pálidas. Poole e Fletcher (1998) não observaram diferenças de efeito da insensibilização por dióxido de carbono, quando comparado com insensibilização por baixa voltagem e alta corrente

2.4.4 Aa

A água pode estar livre ou combinada, o teor de água livre é expresso como atividade da água (relação entre pressão de vapor de água em equilíbrio sobre o alimento, e a pressão de vapor da água, a mesma temperatura). A variação de pressão de vapor de água pela interação com componentes do alimento é indicador da qualidade da água ligada, ou a solutos, ou retida mecanicamente. A água pura tem atividade 1. Nos alimentos ricos em água a atividade está acima de 0,9, isso significa que poderá haver soluções diluídas com componentes do alimento que favorecem o crescimento dos microrganismos (AHN et al. 2000a).

Com atividade de 0,6, ter-se-a baixa contaminação, e entre 0,4-0,8 haverá possibilidade de rápidas reações químicas. Na faixa de 0,3 a camada d' água torna-se uma camada pequena e imprópria para o desenvolvimento dos microrganismos. Resumidamente, fungos, leveduras e bactérias se proliferam na faixa de 0,7-0,9 de atividade de água. Nestes valores ter-se-íamos que usar preservativos químicos. Com relação ao pH dos alimentos, existem correlações entre o desenvolvimento de certos microrganismos e o pH dos produtos, sendo que a diminuição do pH favorece a proliferação de microrganismos (BENEZ, 1997).

A carne de peru é um produto muito popular nos Estados Unidos e as indústrias cada vez mais têm desenvolvido técnicas que resultam em produtos mais estáveis. Quando em associação, o cloreto de sódio, glicina, ácido láctico e lactato de sódio podem contribuir para a redução do pH

e da atividade de água, que resultam na manutenção das propriedades sensoriais desejáveis (LEDWARD, 1981).

Propriedade dielétrica é a mensuração de como o alimento interage com a energia eletromagnética durante a utilização de microondas, sendo que pode ser definida pela equação $k^* = k' - jk''$, o componente mais importante é a constante dielétrica (k') e o componente secundário é a perda do fator dielétrico (k''). A constante dielétrica k' é uma forma de se mensurar como o material armazena a energia eletromagnética (MUDGETT, 1995).

Sipahioglu et al. (2003) estudaram a propriedade dielétrica da carne de peru com atividade de água em torno de 0,84 a 0,98. A equação da constante dielétrica foi desenvolvida em função da temperatura, umidade e atividade de água. Em temperatura ambiente, valores da constante dielétrica e perda do fator dielétrico podem ser influenciados pela umidade e atividade de água dos alimentos. Os resultados da análise demonstraram que a atividade de água diminuiu e a constante dielétrica aumentou com a elevação da temperatura. Sugerindo que o efeito da temperatura na constante dielétrica está na dependência da proporção da água livre do alimento.

As proteínas são elementos estruturais do organismo animal e formam estruturas altamente hidratadas, géis, que podem sofrer alterações importantes pela variação da relação entre água livre e combinada de tais sistemas. Essas alterações podem modificar a forma das proteínas e estão relacionadas com a sua desnaturação à temperatura de 57-75 °C, o que afeta sua capacidade de retenção de água e sua textura. Caseína e gelatina, por outro lado, podem ser aquecidas à temperatura de 100 °C, sem aparente mudança em sua estabilidade (PARDI, et al., 2001).

Os tratamentos térmicos alteram as proteínas da carne. O congelamento lento ou o armazenamento do produto congelado a temperaturas impróprias, poderão causar a formação de cristais de gelo grandes e a formação de soluções concentradas de sais, e demais componentes do suco celular, além da alteração do pH. Assim podemos ter a desnaturação da proteína com perda de retenção de água. Ao descongelar a carne, teremos consideráveis perdas de líquidos e de substâncias nutritivas, ao lado de uma compactação das fibras protéicas que produzirão um produto mais rígido e seco (BENEZ, 1997).

2.5 IRRADIAÇÃO DE CARNES

2.5.1 Histórico

Segundo a Resolução - RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001 DO de 29/1/2001, irradiação é um processo físico de tratamento que consiste em submeter o alimento, já embalado ou a granel, a doses controladas de radiação ionizante, com finalidades sanitária, fitossanitária e ou tecnológica controle microbiológico etc; com alta transferência de energia. O alimento irradiado é todo alimento que tenha sido intencionalmente submetido ao processo de irradiação com radiação ionizante.

A energia de uma determinada radiação é dada pelo produto $h.c.\lambda^{-1}$, onde “h” é a constante universal de Planck ($6,6 \times 10^{-27}$ erg.s); “c” é a velocidade da luz (igual a $3,0 \times 10^8$ m.s⁻¹) e “λ” é o comprimento de onda (cm). Observa-se que uma radiação de curto comprimento de onda possui energia maior que outra de comprimento de onda longo. A unidade utilizada para quantificar a energia das radiações é o eV (elétron-Volt), onde 1 eV (elétron-Volt) é a energia cinética adquirida por um elétron submetido à diferença de potencial de 1 Volt – 1 Mev = $1,6 \cdot 10^{-13}$ J (DIEHL, 1990). No Quadro 1, estão listadas as regiões do espectro eletromagnético e suas faixas de comprimento de onda.

Quadro 1 – Regiões do espectro eletromagnético e suas faixas de comprimento de onda.

| Regiões do Espectro Eletromagnético | Faixas de Comprimento de Onda |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| Raios Gama | 0,005 – 1,4 Å |
| Raios - X | 10^{-2} – 10^2 Å |

| | |
|------------------------|------------------|
| Ultravioleta afastado | 10 – 200 nm |
| Ultravioleta próximo | 200 – 400 nm |
| Visível | 400 – 750 nm |
| Infravermelho próximo | 0,75 – 2,5 μ |
| Infravermelho médio | 2,5 – 50 μ |
| Infravermelho afastado | 50 – 1000 μ |
| Microondas | 0,1 – 100 cm |
| Ondas de rádio | 1 – 1000 cm |

Fonte: HERNANDES et al. (2003)

Em decorrência do aumento dos agentes etiológicos transmitidos por alimentos e do uso excessivo de aditivos químicos, nos últimos anos, tem sido verificado, entre a população brasileira, uma tendência cada vez maior, pela ingestão de alimentos minimamente processados ou livres de aditivos. Uma das tecnologias alternativas para o tratamento de alimentos que vem sendo adotada em todo mundo, é a irradiação de alimentos. No Brasil, a irradiação de especiarias e condimentos é utilizada em larga escala para aumentar a conservação durante a estocagem e a comercialização. Além de grãos e frutas, a carne de peru é outro produto com grande potencial para o emprego da irradiação.

Em 1990, o Food and Drug Administration (FDA) autorizou o uso da irradiação da carne de frango em nível industrial para o controle de patógenos de origem alimentar. Em 1997, esse mesmo órgão aprovou o uso da irradiação de carnes vermelhas refrigeradas e congeladas. No Brasil, as pesquisas com irradiação de alimentos foram iniciadas por volta da década de 60, e estiveram praticamente paralisadas a partir de meados de 70 e foram impulsionados novamente a partir de 1984, quando começaram a ser proibidos os tratamentos quarentenários com agentes fumigantes, o que levou países como os EUA e o Japão, a proibirem a importação de mamão e manga provenientes do Brasil (FERREIRA, 1999).

2.5.2 Efeito Sobre os Microrganismos

Apesar de inúmeros esforços para minimizar a contaminação de alimentos, há uma tendência ao aumento do número de casos de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA)

causadas por diversas bactérias. A radiação ionizante nas doses de 2 a 7 kGy, dependendo do tipo de alimento, pode eliminar efetivamente bactérias potencialmente patogênicas, elevando o prazo de vida comercial dos alimentos (FARKAS, 1998).

Ao absorver a radiação ionizante, os componentes celulares sofrem alterações que podem comprometer sua atividade. Dentre essas alterações, as mais importantes são as relacionadas à membrana celular, afetando a transferência de substâncias entre os meios intra e extracelular como danos às enzimas, efeitos na síntese de DNA e RNA, alterações no metabolismo energético através da redução da fosforilação e na composição do DNA afetando suas funções, notadamente a reprodução celular. O elemento mais sensível à radiação é o DNA cromossômico, principalmente devido a seu tamanho e grande nível de complexidade (URBAIN, 1986).

A série de fenômenos que podem acarretar tais alterações biológicas e a morte celular é iniciada pela excitação ou ionização do ácido nucléico, rompendo ligações químicas e dissociando moléculas de suas bases nitrogenadas, constituindo os efeitos diretos da radiação (DIEHL, 1990; URBAIN, 1986).

Em alguns casos, a radiação pode não causar a destruição celular e sim alterar seu conteúdo, de forma que, ao se reproduzirem, surjam células diferentes das normais, com isso, a resistência, característica de algumas células à irradiação e a outros tratamentos de conservação, relaciona-se com sua capacidade de auto-regeneração, isto é, reparação dos danos sofridos (DIEHL, 1990; WHO, 1994).

Diehl (1990) complementou, mencionando que a sensibilidade de um organismo à radiação ionizante está diretamente relacionada com o peso molecular do DNA, porém a energia considerada suficiente para inativar microrganismos é, geralmente, insuficiente para causar alterações significativas no alimento. Portanto, a radiação pode ser considerada como seletiva, por apresentar efeito danoso sobre a desestruturação de células microbianas, sem ocasionar danos equivalentes no alimento (URBAIN, 1986).

Pollard (1966) mencionou que, para os microrganismos, uma dose de 0,1 kGy produz danos da ordem de 2,8% do DNA, porcentagem considerada letal para a maioria das bactérias (uma pequena parte sobreviveria), 0,14% de alterações nas enzimas, algo dificilmente detectado por análises sensíveis e 0,005% dos aminoácidos, alteração que de tão pequena é considerada indetectável.

Para Patterson et al. (1993) e Farkas (1998), a radiação promove o aumento do prazo de vida comercial dos alimentos, não só por eliminar parte da contaminação bacteriológica, como por causar danos nas células sobreviventes, aumentando sua sensibilidade para outros fatores utilizados na conservação, fazendo com que sejam destruídas com mais facilidade até que tenham condições de retomarem sua fase de multiplicação, isto é, atuando em sinergismo. Como por exemplo, a *Salmonella* spp., capaz de sobreviver à dose de 1 a 3 kGy em carne irradiada, contudo foi eliminada rapidamente quando submetida à temperatura de 0-2°C e apresentou menor taxa de multiplicação, quando exposta à temperatura de 8-10°C durante armazenamento. Por isso, foram sugeridas combinações de radiação com congelamento ou com embalagem de atmosfera modificada ou com tratamentos térmicos. Enquanto para Lacroix e Quatara (2000), baixas doses de radiação, entre 2 e 3 kGy, são extremamente efetivas para a redução de *Salmonella* spp. em carne e produtos avícolas, pois quando presente, essa bactéria ocorre em baixas concentrações. Para Lamuka et al. (1992), a dose de 2,5 kGy promoveu a eliminação completa desta bactéria em carcaças de frango.

Os microrganismos são encontrados em toda parte e podem se desenvolver muito rapidamente produzindo vários produtos diferentes durante seu crescimento. Alguns destes produtos são benéficos e outros são prejudiciais à saúde humana. Os microrganismos necessitam de nutrientes, assim como os seres humanos, consumindo os nutrientes dos nossos alimentos. Crescem em alimentos, causando alterações, como a produção de ácidos, carboidratos de cadeia longa (limosidade), componentes odoríferos derivados de proteína (odores estranhos), pigmentos e descoloração; muitas vezes, liquefazendo o alimento. Tais alterações tornam o alimento repugnante e impróprio para o consumo. Um importante grupo de bactérias que causam alterações nos alimentos são as psicrotróficas, que podem crescer em temperatura de refrigeração. Estes microrganismos se desenvolvem e se multiplicam produzindo vários produtos que são indesejáveis para a qualidade da carne. O mais importante é a *Pseudomonas* spp. (FUNG, 1996).

Outro microrganismo importante, considerado um patógeno para humanos é o *Enterococcus* spp. O Tratamento de infecções enterocócicas, particularmente endocardites, requerem o uso de aminoglicosídeos em adição ao uso de inibidores da síntese celular bacteriana, como a penicilina e vancomicina. Na Europa, estudos recentes têm constantemente encontrado cepas de Enterococos Resistentes à Vancomicina (ERV) em indivíduos saudáveis, (DEVRIESE et al., 1996; ENDTZ et al., 1997; VAN DER AUWERA et al., 1996) e no meio ambiente,

incluindo água de abastecimento (KLARE, 1993; TORRES et al., 1994), fezes de animais (AARESTRUP, 1995; BATES et al., 1994) e produtos de origem animal (KIRK et al., 1997; KLARE, 1995; WEGNER et al., 1997), com o alto risco de transferência de ERV de animais para o homem, que causa grande preocupação às autoridades sanitárias.

Em 18 diferentes supermercados na Espanha, foram detectadas 25 amostras positivas para ERV em carne de frango, do total de 92 amostras de alimentos coletados, mas não foram encontradas amostras ERV em carne suína e de peru cozidas. ERV também foram encontrados em intestino de frangos coletados em matadouros. Os ERV foram identificados como *Enterococcus durans*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium* e *Enterococcus hirae* (ROBREDO et al., 2000). Khan et al. (2005) isolaram trinta amostras de *Enterococcus* spp. resistentes à diversos fármacos, incluindo duas de leite de vaca com mastite, nove de cama de frangos e dezenove de cama de peru. Vinte e cinco foram identificadas por métodos bioquímicos como *E. gallinarum* e nove como *E. faecalis*. A maioria mostrou-se resistente à vancomicina, gentamicina, streptomina, tetraciclina, eritromicina, bacitracina, kanamicina e ácido nalidíxico, mas foi sensível à ciprofloxacina, sulfametazona, cloranfenicol, ampicilina e ofloxacina.

Os dados do National Nosocomial Infection Surveillance System (NNISS) sobre as taxas de resistência dos patógenos hospitalares em unidades de terapia intensiva foram comparados no período de 1993 a 1997 com os do período de janeiro a novembro de 1998. Como resultado, foi observado que o número de infecções causadas pelo *Enterococcus* spp. resistente à vancomicina aumentou significativamente. Quanto à resistência da *Pseudomonas aeruginosa* frente ao imipenem, é cada vez mais maior, e o mesmo pode ser observado com a *Pseudomonas aeruginosa* versus as quinolonas, confirmando assim, o aumento da resistência microbiana nos hospitais (JARWIS, 2000).

Nenhuma população é mais vulnerável aos microrganismos multiresistentes do que os pacientes hospitalizados. Dos microrganismos multiresistentes que proliferam agora e em todo o mundo, nenhum leva maior potencial para destruição e ameaça às intervenções médicas, que o aparecimento de super-infecções adquiridas no hospital. Apenas nos Estados Unidos, aproximadamente 14.000 indivíduos são infectados e morrem a cada ano, em consequência de micróbios superresistentes adquiridos nos hospitais. *Salmonella* spp., *Pseudomonas* spp. e *Klebsiella* spp. estão entre as bactérias que manifestam altos níveis de resistência, notavelmente nas nações em desenvolvimento. Outras infecções, por

exemplo as causadas por *Staphylococcus aureus* Metilcilina-Resistente “MRSA” e *Enterococcus* spp. Vancomicina-Resistente (VRE), também estão preocupando os profissionais que atuam em hospitais. (OMS, 2000, p. 18)

Para a indústria avícola, o prolongamento da vida-útil das carcaças de frango, assim como de peru, é uma preocupação constante. Nos matadouros-frigoríficos, são utilizados equipamentos e instalações que aumentam a velocidade de abate, porém freqüentemente ocasionam a contaminação cruzada entre as carcaças.

Para se evitar o risco para a saúde do consumidor, são necessárias medidas de inativação de microrganismos, retardo ou prevenção do seu crescimento. Isto pode ser conseguido na prática por meio de fatores que influenciem eficientemente o crescimento e a sobrevivência microbiana (CHIRITE, 1993). Os métodos tradicionais de preservação de alimentos freqüentemente lançam mão de “condições extremas”, como altos níveis de açúcar e sal, alta temperatura, acidificação e desidratação. Board e Gould (1991) descreveram esta situação como se os métodos tradicionais de preservação fossem equivalentes a um “relógio parado”: onde o mecanismo é paralisado (o crescimento microbiano é interrompido) porém o efeito (alterações das propriedades sensoriais) no alimento continua.

Os métodos não térmicos de processamento de alimentos (irradiação, pulso elétrico, alta pressão, microondas) têm despertado grande interesse devido ao grande potencial que oferecem como processos alternativos ou complementares aos métodos tradicionais de preservação. Os métodos tradicionais de preservação submetem os alimentos a elevadas temperaturas por um certo período de tempo, causando na maioria das vezes alterações indesejáveis no produto, como modificações de cor, sabor e perdas funcionais e nutritivas. Atualmente, os tratamentos não térmicos buscam aumentar a vida comercial dos produtos, sem causar as reações indesejáveis que possam ocorrer no caso dos tratamentos térmicos (por exemplo, a formação de “off flavours”, e escurecimento não enzimático). Desta forma, são esperadas perdas mínimas de nutrientes e vitaminas e alterações de sabor quase imperceptíveis (CAMPOS et al., 2003).

Outra forma de preservação dos alimentos é aquela realizada por métodos combinados, que é dependente da aplicação de parâmetros combinados, que podem atuar sinergicamente para inibir (ou retardar) o crescimento microbiano, resultando em produtos estáveis à temperatura ambiente (CHIRIFE; FAVETTO, 1992). Isso depende de uma combinação de propriedades ou

parâmetros, também chamados de barreira (LEISTNER, 1987), como a redução da atividade de água (aa), redução do pH, adição de agentes antimicrobianos isolados ou combinados, moderado tratamento térmico (pasteurização), irradiação, congelamento etc. O uso destes fatores (barreiras) combinados pode ser vantajoso, principalmente com o uso moderado de cada tratamento, com conseqüente aumento na qualidade do produto. Há um crescente interesse nos métodos combinados, pois de uma forma geral, os consumidores têm dado preferência ao consumo de alimentos minimamente processados, com teor reduzido de aditivos químicos, mais “naturais” e saudáveis, preservando a qualidade e conveniência (GOULD; JONES, 1989).

O princípio da irradiação se baseia na ação de um campo eletromagnético sobre o objeto. Para entender melhor este processo, faz-se necessário primeiramente compreender o que vem a ser radiação eletromagnética. Radiação eletromagnética é um tipo de energia que tem a propriedade de se propagar no espaço, geralmente em linha reta, com velocidade próxima à velocidade da luz. Os principais exemplos são: os raios- γ , os raios-x, as microondas, a radiação ultravioleta e as ondas de rádio.

As fontes de radiação ionizante empregadas em alimentos incluem os radioisótopos ^{60}Co e ^{137}Cs . A radiação gama pode ser utilizada para inibir o brotamento de batatas e cebolas, para retardar o amadurecimento de frutas e vegetais e para a pasteurização e esterilização de vários produtos alimentícios, devido a sua alta capacidade de penetração (DIEHL, 1990).

Preocupados com o auto-índice de contaminação das carcaças de frango, Lamuka et al. (1992) estudaram o efeito da irradiação em carnes de frango e verificaram que pode haver o retardo da deterioração bacteriana e diminuição da incidência de microrganismos patogênicos e deteriorantes.

Um microrganismo muito sensível à irradiação com Co^{60} é a *Pseudomonas aeruginosa*. Doses de 1,0 a 2,5 kGy foram capazes de eliminá-la em carne de frango congelada, assim como *Serratia marcescens* com doses de 2,5 a 5,0 kGy e *Salmonella tiphimurium* com doses de 10 kGy (HANIS et al., 1989).

Em outro trabalho, Ma e Maxcy (1981) na tentativa de aumentar a radio-sensibilidade de *Micrococcus radiodurans* com a radapertização, observaram que a utilização de 8% de solução de cloreto de sódio durante a irradiação não teve efeito na radio-resistência das células vegetativas e esporos de *M. radiodurans*, ao contrário de Igarashi et al. (1978), que utilizaram NaCl para aumentar a radio-sensibilidade de *M. radiodurans* e *E. coli*.

2.5.3 Efeito na Cor

As diferenças de cores podem ser calculadas pelo uso de escalas de cores oponentes L^* , a^* , b^* . Assim se estabelece um sistema tridimensional constituído por três coordenadas capazes de descrever a uniformidade da cor: $X L^*$, é uma medida da luminosidade de um objeto, e varia do 0 (para o preto) até ao 100 (para o branco); $X a^*$, é uma medida do vermelho (a^* positivo) ou do verde (a^* negativo); $X b^*$, é uma medida do amarelo (b^* positivo) ou do azul (b^* negativo).

Mugler e Cunningham (1972) em seus estudos relataram que vários fatores podem influenciar a cor da carne de aves incluindo sexo, idade, estresse, cozimento, irradiação e congelamento. A irradiação e o uso de vitamina E na dieta das aves resultou no aumento do valor a^* da carne de peru, com maior destaque para o efeito da irradiação. Segundo Nam et al., 2003, a coloração avermelhada da carne diminuiu nos sete dias de estocagem, porém a irradiação prolongou a coloração vermelha das carnes irradiadas quando comparada com as carnes não irradiadas.

Quando irradiada com 5 kGy e estocada a 4 °C por sete dias, o peito de peru apresentou valor L^* com pequenas alterações durante o período de estocagem, assim como controle. O valor a^* também apresentou pequenas alterações na carne irradiada e no controle durante o período de estocagem. Porém, o valor b^* para o peito de peru irradiado foi significativamente maior do que para o peito não irradiado em todos os períodos pós-irradiação. Numa análise mais detalhada, foi observado que, depois de sete dias de estocagem, o valor a^* do peito foi maior na superfície do corte fresco devido à irradiação. O valor a^* da coxa de peru, sete dias após a irradiação foi significativamente maior na carne irradiada. Os resultados da irradiação na cor da coxa e do peito de peru indicam que o efeito foi maior no valor a^* principalmente na superfície do corte fresco, produzindo uma coloração mais avermelhada. Esta coloração mais vermelha encontrada na carne irradiada é devido à formação dos pigmentos carboximioglobina e/ou carboxihemoglobina (MILLAR et al., 2000a; NAM; AHN, 2002).

2.5.4 Efeito na Vida Comercial

2.5.4.1 Oxidação lipídica

Os lipídios desempenham relevante papel no que diz respeito à qualidade de certos produtos alimentícios, principalmente em relação às propriedades sensoriais que os tornam desejáveis (“flavour”, cor, textura). Por outro lado, conferem valor nutritivo aos alimentos, constituindo uma fonte de energia metabólica, de ácidos graxos essenciais (linoleico, linolênico e araquidônico) e de vitaminas lipossolúveis (A, D, E, e K) (St. ANGELO, 1996).

Segundo Silva et al. (1999a), a oxidação lipídica é um fenômeno espontâneo e inevitável, com uma implicação direta na qualidade dos ácidos graxos ou de todos os produtos que a partir deles são formulados (alimentos, cosméticos e medicamentos).

As radiações ionizantes podem agir de forma negativa nos lipídios que se oxidam rapidamente e os ácidos graxos poli-insaturados geram peróxidos de ácidos que se degradam em aldeídos e cetonas voláteis, porém tal efeito é similar às alterações resultantes do emprego de calor (AL-KAHTANI et al., 1996; HUTZIER, 1997; SGARBIERI, 1996). Esses problemas podem ser minimizados com a exclusão do oxigênio atmosférico das embalagens utilizadas para o acondicionamento do alimento a ser irradiado (AL-KAHTANI et al., 1996; HUTZIER, 1997; JAY, 1994).

A oxidação lipídica constitui a principal causa de perda da qualidade da carne e seus produtos, associada com a deterioração de ácidos graxos (GRAY et al., 1996). Os danos causados aos lipídios podem ser acelerados de imediato no período pós-abate e, em particular, durante a manipulação, processamento, armazenamento e cozimento (MORRISEY et al., 1998). Os ácidos graxos sofrem, no decurso dos processos de transformação e armazenamento, alterações oxidativas, que resultam na formação de compostos voláteis, os quais têm como principal consequência a modificação do “flavour” original e o aparecimento de odores característicos do ranço, o qual representa para o consumidor, ou para a indústria, uma importante causa de depreciação ou rejeição (CASTERA-ROSSIGNOL, 1994).

Durante o processo de conversão do músculo em carne, mudanças bioquímicas que acompanham o metabolismo *post-mortem*, promovem condições para que o processo de oxidação se instale. Estas mudanças favorecem o desenvolvimento da oxidação na fração fosfolipídica insaturada das membranas subcelulares, uma vez que os mecanismos que regulam o

funcionamento celular das células vivas não funcionam perfeitamente após o abate (GRAY et al., 1996; MORRISSEY et al. 1998).

O processo de deterioração inicia logo após a morte do animal e aumenta de intensidade até que a carne se torne inaceitável ao consumo. Morrissey et al. (1998) enumeraram algumas alterações pós-abate que predispõem o músculo à oxidação: 1) atordamento e sangria, cessação da circulação sanguínea; 2) cessação rápida da circulação de nutrientes; 3) aceleração do metabolismo anaeróbico – acúmulo de ácido láctico, queda do pH a 5,5; 4) destruição parcial do comportamento celular; 5) ocorrência das reações em cadeia catalisadas pelo ferro; 6) início da oxidação na membrana lipídica.

Diversos estudos têm indicado que a oxidação lipídica em produtos cárneos pode ser efetivamente controlada ou, no mínimo, minimizada pelo uso de antioxidantes fenólicos ou a aplicação de atmosfera controlada, com altas concentrações de dióxido de carbono (AHN et al., 2000a e AHN et al., 2000b).

2.5.4.1.1 *Mecanismos de oxidação*

A degradação oxidativa dos ácidos graxos insaturados pode ocorrer por várias vias, em função do meio e dos agentes catalizadores.

2.5.4.1.2 *Fotooxidação*

A oxidação dos pigmentos de mioglobina é um importante fator que afeta a estabilidade oxidativa das carnes. A mioglobina é um composto protéico hidrossolúvel, que possui um grupo *heme* em sua estrutura. Este grupo *heme*, contém um átomo de ferro, o qual está prontamente sujeito a mudanças em seu estado oxidativo (Fe^{+2} e Fe^{+3}) (RANKEN, 1994).

O mecanismo de fotooxidação de gorduras insaturadas é promovido essencialmente pela radiação UV em presença de sensibilizadores (clorofila, mioglobina), e envolve a participação do oxigênio singlete (1O_2) como intermediário reativo. O processo envolve reações, cujo resultado é a formação de hidroperóxidos diferentes dos que se observam na ausência da luz e de

sensibilizadores que, por degradação posterior originam aldeídos, álcoois e hidrocarbonetos (HAMILTON et al., 1983; JADHAV et al., 1996).

Os hidroperóxidos, produtos primários da oxidação lipídica, não possuem um odor desagradável, mas, na seqüência das reações, serão decompostos a uma variedade de produtos secundários não-voláteis e voláteis, estes sim, com odor pronunciado (MOTTRAM, 1994). Drumm e Spanier (1991) concluíram que os aldeídos são os principais contribuintes para a perda do sabor ideal nas carnes, visto que sua formação durante a oxidação lipídica é rápida. De uma maneira geral, o odor desenvolvido nas carnes armazenadas sob refrigeração pode ser atribuído mais ao mascaramento do seu aroma natural, devido ao aumento do conteúdo de odores desagradáveis no material armazenado do que à degradação do aroma original (GRAY et al., 1996).

2.5.4.1.3 *Autoxidação*

A autoxidação trata-se de um fenômeno puramente químico e bastante complexo, envolvendo reações capazes de auto-propagação, e que dependem do tipo de ação catalítica (temperatura, íons metálicos, radicais livres, pH). No decurso da seqüência reacional, classicamente dividida em iniciação, propagação e terminação, é possível distinguir três etapas da evolução oxidativa (BERSET; CUVELIER, 1996; CASTERA-ROSSIGNOL; BOSQUE, 1994; COUPLAND; MCCLEMENTS, 1996; HAMILTON et al., 1983; LADIKOS; LOUGOVOIS, 1990).

1. desaparecimento dos substratos de oxidação (oxigênio, lipídio insaturado);
2. aparecimento dos produtos primários da oxidação (peróxidos e hidroperóxidos), cuja estrutura depende da natureza dos ácidos presentes;
3. aparecimento dos produtos secundários da oxidação, obtidos por fragmentação e rearranjo dos peróxidos (epóxidos, compostos voláteis e não voláteis), cuja natureza e proporção dependem de diversos fatores.

2.5.4.1.4 *Oxidação Enzimática*

A oxidação lipídica pode ocorrer por catálise enzimática, especificamente por ação da lipoxigenase. Esta enzima atua sobre os ácidos graxos poli-insaturados (ácidos linoléico e linolênico, e seus ésteres), catalisando a adição de oxigênio à cadeia hidrocarbonada poli-insaturada. O resultado é a formação de 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 (HALLIWELL et al., 1995). O processo de catálise enzimática decorre com maior especificidade, em termos de substrato e de produtos finais, do que a autooxidação (HAMILTON et al., 1983).

Um aspecto importante da atuação da lipoxigenase é o que se relaciona com a sua capacidade de co-oxidar substratos (carotenóides, clorofila, tocoferóis, proteínas, etc.), sendo responsável pela iniciação de novos processos oxidativos (HAMILTON et al., 1983).

A oxidação lipídica é um dos mais importantes fatores limitantes da vida comercial e da estabilidade comercial de carnes e produtos cárneos (BOSELLI et al., 2005). Alterações nos elementos da constituição das carnes definem padrões facilmente observáveis. As aves costumam ter a pele com uma grande reserva de gordura, que pode sofrer rancificação hidrolítica ou oxidativa, alterando os aspectos sensoriais de odor e gosto (BENEZ, 1997).

A oxidação lipídica é um dos principais fatores relacionados ao processo de deterioração da carne sendo a mesma muito relacionada com a fração insaturada da carne (BOBBIO; BOBBIO, 2001; SALIH et al., 1989). Como fração lipídica das aves apresenta alto grau de insaturação, a chance de ocorrer a oxidação é maior quando comparada com outras carnes. O processo de oxidação se dá por um mecanismo de radicais livres e é caracterizado inicialmente pelo aparecimento de um odor doce, mas desagradável, no alimento, que vai se tornando cada vez mais acentuado, até atingir o odor característico de gordura rancificada (JACOBSON; KOEHLER, 1970).

Os produtos oriundos da oxidação de lipídios reagem com outros componentes do alimento durante o processamento e armazenamento. Lipoproteínas são formadas durante a reação em que lipídios oxidados e proteínas são ligados parcialmente por pontes de hidrogênio e ligações co-valentes. Os peróxidos formados são rapidamente decompostos durante a reação, especialmente na presença de água, enquanto os aldeídos reagem mais lentamente. Os peróxidos e, ou, produtos oriundos de sua degradação, formados durante a oxidação de lipídios, podem

interagir com proteínas e aminoácidos, promovendo alterações adversas na solubilidade, atividade enzimática e qualidade nutricional da proteína.

Vários produtos são formados quando as proteínas são expostas ao lipídio oxidado, e o resultado dessa interação se verifica na mudança da textura, diminuição da solubilidade (formação de ligações cruzadas), coloração (escurecimento) e diminuição do valor nutricional (destruição do triptofano, oxidação da metionina para sulfóxido e interação com a lisina, tornando-a indisponível).

Os radicais livres formados a partir da decomposição do peróxido removem átomos de hidrogênio da proteína, preferencialmente dos aminoácidos Histidina, Lisina, Arginina, Cisteína/Cistina e Metionina; e os radicais livres oriundos da proteína interagem entre si, resultando na formação de ligações cruzadas e eventualmente polimerizam-se formando agregados insolúveis. O complexo proteína-lipídio influencia as propriedades de vários tipos de alimentos. Por exemplo, no tecido animal, a alteração da proteína provocada pela hidrólise ou pela oxidação do lipídio acarreta mudanças na funcionalidade-textura, capacidade de retenção de água, solubilidade e no “flavor” (MORRISEY et al., 1998).

A quantidade de água presente no alimento pode afetar a estabilidade química dos lipídios (BERSET; CUVELIER, 1996; HAMILTON et al., 1983; SIMS; FIORITI, 1980). Dados experimentais permitiram verificar que as velocidades mais baixas do processo de oxidação são observadas para valores de atividade de água (Aa) compreendidos entre 0,2 e 0,3 (BERSET; CUVELIER, 1996). A velocidade de oxidação aumenta para valores inferiores ou muito próximos de 0 (estado de desidratação), ou superiores. O primeiro caso pode explicar-se pela formação de canais na matriz como resultado da eliminação da água, através do quais é favorecida a migração do oxigênio. O segundo resulta provavelmente do favorecimento de reações de oxidação enzimática e da capacidade de mobilização de metais de transição (pró-oxidantes) pela água (BERSET; CUVELIER, 1996; SHERWIN, 1978; SIMS; FIORITI, 1980).

A quantificação ou estimativa do teor de peróxidos é baseada na habilidade do peróxido liberar o iodo do iodeto de potássio em solução de ácido acético glacial. O valor de peróxido é a medida do teor de oxigênio reativo expresso em termos de miliequivalentes de oxigênio por 1.000 g ou como milimoles de peróxido por quilo de matéria graxa (1 milimol = 2 miliequivalentes) (MEHLENBACHER, 1960). Cocks e Van Rede (1966) salientaram a importância das condições as quais as amostras foram submetidas para compreender melhor os

resultados do índice de peróxido. Gracey et al. (1999) estabeleceram valores limites de índice de peróxido como aceitáveis para a estabilidade lipídica, inferiores a 5meq/Kg, valores superiores a este indicariam o início da rancificação.

Segundo Kim et al. (2002), a irradiação das carnes produz mais substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico “TBARS” do que carnes não irradiadas, independente da espécie animal. A irradiação não somente produz novos compostos voláteis como também aumenta a quantidade de alguns compostos voláteis encontrados em carnes não irradiadas. A produção de alguns compostos voláteis em embalagens permeáveis ao ar diminuiu com a estocagem, embora tenha sido maior nas carnes não irradiadas.

Alterações lipídicas devido à irradiação envolvem a descarboxilação e polimerização, gerando produtos radiolíticos como o CO, CO₂, H₂, hidrocarbonetos e aldeídos. Deste modo, têm sido amplamente estudadas, pois os produtos da oxidação lipídica vêm sendo relacionados, não somente com a deterioração da carne, mas com os efeitos maléficos à saúde do consumidor, principalmente o malonaldeído, para o qual há estudos sobre sua ação cancerígena e mutagênica (ADDIS, 1986; FERRARI, 1999).

Diehl (1990) relatou que a irradiação induz em alimentos com elevado teor de água, a formação de peróxido de hidrogênio, principalmente na presença de oxigênio e durante o armazenamento do alimento. Tais oxidações podem não ser imediatas, porém dias ou horas após a irradiação podem se intensificar.

Segundo Kim et al. (2002), a oxidação de lipídios está entre as principais preocupações referentes ao processo de irradiação. Este processo promoveu aumento na proporção de malonaldeído em carnes bovina, de peru e suína submetidas à irradiação entre 2,983 e 3,699 kGy, além de terem sido detectadas substâncias voláteis diferentes daquelas encontradas no grupo controle.

Para Hampson et al. (1996) através da determinação do número de “Thiobarbituric Acid Reactive Substances” (TBARS), o número de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, e do índice de peróxido em amostras de carne suína, de cordeiro, bovina, peito e coxa de peru irradiadas com até 10 kGy, encontraram aumento significativo proporcional à dose de radiação referente ao número de TBARS, permanecendo constante o índice de peróxido.

Kanatt et al. (1997) analisaram a oxidação lipídica em carne de frango irradiada e relacionaram a diminuição da estabilidade com o aumento da dose de radiação. Kanatt et al.

(2005) relataram que a carne de frango quando submetida à dose de 3 kGy apresentou maior grau de rancificação de acordo com a análise de TBARS, mas a diferença não foi percebida pelos provadores na análise sensorial.

Segundo Kim et al. (2002), a embalagem permeável ao O₂ e à dose de radiação foram responsáveis pelo aumento gradativo do valor de TBARS com o maior vida comercial. Para Jo e Ahn (1999), o teor de lipídios e a proporção de ácidos graxos insaturados são fatores determinantes e diretamente proporcionais a este processo de oxidação lipídica em carnes irradiadas. Para Gomes et al. (2003), o valor do número de TBARS, o avanço do tempo de estocagem e o processo de irradiação a 3kGy e 4kGy potencializaram a rancificação lipídica em carne mecanicamente separada de frango.

Estudando o efeito da irradiação nos lipídios de quatro diferentes carnes (suíno, ovino, bovino e peru), Hampson et al. (1996) observaram que o índice de peróxido e de iodo indicaram não haver mudanças significativas nos lipídios com as doses de irradiação abaixo de 10 kGy em todas as carnes estudadas. A concentração de malonaldeído sofreu pequenas alterações, em nível micromolar, proporcional à dose de irradiação, mas somente no peito de peru.

Há muitas controvérsias em relação ao limite para a concentração do valor de substâncias reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), para considerar a carne aceitável para o consumo, como Xavier e Beraquet (1994), que consideraram aceitável para o consumo a carne mecanicamente separada de frango, utilizando também a análise sensorial, quando os valores de TBARS atingiram valores entre 1 e 3 mgMal (Malonaldeído)/Kg, enquanto Kanatt et al. (1997) consideraram aceitável a carne de frango irradiada a 2,5 kGy até o valor de 4,34 mgMal/Kg. Dhilon e Maurer (2002) limitaram a 3,9 mgMal (Malonaldeído)/Kg o valor de TBARS encontrado em carne de frango mecanicamente separada.

2.5.4.2 Análise sensorial

A análise sensorial pode ser definida como uma técnica científica utilizada para evocar, medir e analisar as características dos alimentos, como são percebidas pelos órgãos dos sentidos. É considerada subjetiva, por depender das percepções causadas por estímulos captados pelos órgãos dos sentidos e pela capacidade de julgamento do analista, sendo a resposta influenciada

por fatores externos de avaliação, como o estado emocional e de saúde do provador, assim como ações anteriores, próximas ao momento da análise (ABNT, 1993).

Segundo Freitas (2005) apesar da análise sensorial ser fundamentalmente classificada como disciplina, também pode ser considerada como tecnologia em decorrência da sua grande utilização prática, evoluindo a partir da necessidade de elaboração de novas técnicas que solucionassem inúmeros questionamentos existentes.

No Brasil e em outros países ibero-americanos, a análise sensorial tem despertado grande interesse nos últimos anos e a maioria das publicações atuais sobre alimentos já a incluem. O crescimento da economia também proporcionou desenvolvimento das indústrias processadoras de alimentos, aumentando as vendas e acirrando a competitividade, além de incrementar a diversidade de produtos, porém a aceitação por parte do mercado consumidor não cresceu na mesma proporção, obrigando muitas empresas a investirem em um programa de análise sensorial mais agressivo, objetivando o sucesso de vendas de seus produtos. Portanto, a análise sensorial exerce importância vital no monitoramento da qualidade em todas as etapas de processamento, sendo aplicada, desde a escolha da matéria-prima até a supervisão do produto final. Sendo os testes sensoriais aplicáveis no controle de qualidade, a otimização de produtos e correlações entre medidas sensoriais e instrumentais, também merecem ênfase os métodos sensoriais descritivos, destacando-se o tema de desenvolvimento de novos produtos (PAL et al., 1999).

Stone e Sidel (1993) classificaram os métodos de análise em três grupos: testes discriminativos, para a determinação de diferença entre dois produtos; testes afetivos, responsáveis por avaliar atitudes subjetivas, como a aceitação do produto pelo consumidor e os métodos descritivos de avaliação sensorial, que selecionam e treinam julgadores para identificar, descrever e quantificar os atributos sensoriais de um produto. De acordo com Della Modesta (1994), como exemplo de testes afetivos, podem ser citados o teste de aceitação e o teste de preferência, no primeiro, o objetivo é o de determinar o “status afetivo” do alimento ou o quanto o mesmo é apreciado pelos consumidores, fornecendo uma indicação da provável reação dos consumidores quanto a um produto, assim como alteração realizada em produto conhecido, como a substituição de um aditivo. O teste de preferência, por exemplo, quanto à ordenação objetiva seleciona as amostras preferidas em detrimento das menos preferidas ou rejeitadas. Segundo ainda Della Modesta (1994), um exemplo de teste discriminativo é a comparação múltipla que apresenta dois objetivos, determinar se existe diferença entre duas ou mais amostras e um

controle, além de estimar a intensidade de tal diferença, sendo utilizado quando a diferença entre amostras pode ser detectável e a intensidade da diferença influencia na decisão do consumidor.

A característica sensorial de um produto está diretamente relacionada às percepções provocadas no consumidor, não somente uma característica própria do alimento, mas na verdade uma resposta que varia entre indivíduos dependente de diferentes fatores como as experiências anteriores, expectativas, grupo étnico, regionalidade, religiosidade e idade. Sendo assim, o analista sensorial deve testar um produto frente ao mercado consumidor habitual do mesmo (FREITAS, 2005).

Conforme De Penna (1999), muitas pesquisas relacionadas com a perecibilidade e vida útil de alimentos são baseadas na análise sensorial de diferentes atributos utilizados com parâmetros de qualidade que se modificam com o tempo. Essas respostas, são complementadas com as análises microbiológicas, físicas e químicas realizadas paralelamente, constituindo a base para definir o período de tempo em que um alimento pode permanecer armazenado ou exposto no ponto de venda, assegurando ao consumidor uma qualidade dentro de especificações técnicas e sanitárias que caracterizam cada alimento.

A radiação gama pode, em alguns casos, aumentar a qualidade de produtos prolongando a boa aparência, odor, sabor e a manutenção do valor nutritivo. Porém, o uso da radiação de alimentos em diferentes doses pode causar diversas alterações físicas, químicas e sensoriais, devido às diferentes estruturas e composição de cada alimento, assim como os tratamentos prévios, durante e após a irradiação. As modificações sensoriais que ocorrem após uma dose suficientemente alta são mais acentuadas em alguns alimentos do que em outros (MIYAGUSKU, et al. 2003).

As alterações de “flavour” e a aceleração da oxidação lipídica são as maiores preocupações a respeito da carne irradiada. A irradiação produz compostos voláteis responsáveis pelo odor dos alimentos irradiados. Ahn et al. (2000a); Ahn et al. (2000b) observaram que vários componentes compostos de enxofre foram encontrados em carne suína irradiada e não foram encontrados em carne suína não irradiada. Esses pesquisadores também relataram que carne suína irradiada apresentou mais compostos voláteis do que na carne não irradiada. Patterson e Stevenson (1995) relataram que dimetiltrisulfeto foi o mais potente componente “off-odor” encontrado em carne de frango crua. O mecanismo de produção de compostos voláteis em carnes irradiadas ainda não foi totalmente elucidado, mas muitos trabalhos publicados (AHN et al.,

2000a; AHN et al., 2000b) sugeriram que produtos derivados das proteínas, bem como os produtos da oxidação lipídica, sejam os responsáveis pelo “off-odor” das carnes irradiadas.

2.5.5 Controle do Processo de Irradiação

O desenvolvimento de métodos de identificação de alimentos irradiados como a termo luminescência, eletroforese de células isoladas em microgel, análise de espécies voláteis e espectroscopia de ressonância paramagnética eletrônica (RPE) permitem evitar a re-irradiação, controlar a dose absorvida, verificar o cumprimento dos níveis mínimos de exigência microbiológica, além de contribuir para o controle do mercado internacional de alimentos (DESROSIERS et al., 1991; PEREIRA et al., 2005). A falta de informações a respeito dos métodos confiáveis de detecção de elementos formados a partir do uso da radiação é uma das razões que deixa os consumidores desconfiados em relação aos alimentos assim tratados (LEAL et al., 2004).

Para Romanyuka e Regula. (1996), em partes sólidas não-comestíveis, como ossos de aves ou mamíferos, a formação de radicais livres é geralmente proporcional à dose de radiação absorvida. A hidroxiapatita- $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ é o principal componente da fase mineral dos tecidos calcificados, constituindo 60-70% dos ossos e, quando irradiado, é formado principalmente o radical CO_2^- (Carboxil). Conforme Desrosiers et al. (1991); Pereira et al. (2005) esses radicais ficam aprisionados na camada cortical dos ossos e, por serem moléculas que possuem elétrons desemparelhados, podem ser detectados pela ressonância paramagnética eletrônica (RPE).

Após o tratamento dos alimentos pela irradiação, é fundamental a avaliação dos efeitos físicos e químicos provocados pela radiação ionizante com o produto irradiado. Além disso, existem exigências da legislação para a identificação e rotulagem de alimentos tratados, o que tem incentivado diversos pesquisadores com o propósito de determinar se o alimento foi irradiado ou não e, em caso afirmativo, qual a dose recebida (LEAL et al., 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

3.1.1 Animais

Utilizaram-se 09 perus machos da marca “British United Turkeys of America - B U T A”, com 124 dias de vida e peso vivo médio de 16,1 kg abatidos no Matadouro Frigorífico da Perdigão Agroindustrial S.A., Carambei - PR.

3.1.2 Reagentes

Foram utilizados reagentes em grau de pureza analítica Sigma-Aldrich e Merck.

3.1.3 Equipamentos

- Termômetro digital com base metálica (-30 a + 150 °C), marca Checktemp;
- pHmetro, marca Handylab 1-Scott;
- Medidor de atividade hídrica, Pawkit Water activity meter, marca Decagon;
- Máquina serra-fita;

- Máquina de embalagem a vácuo;
- Fogão da marca Dako, modelo Mille;
- Texturômetro Warner Braztler Meat Shear, modelo 3000;
- Banho-maria com termostato de controle digital da marca Poly Science;
- Banho-maria histológico;
- Estufa histológica;
- Micrótomo Spencer da American Optical Company modelo 820;
- Microscópio óptico Olympus BH-2 com ocular milimetrada Nikon CFWE 10x/18;
- Microscópio óptico Olympus MX 500;
- Máquina fotográfica Olympus acoplada em microscópio óptico Olympus MX 500;
- Freezer vertical Practice 240, marca Cònsul;
- Irradiador gammacell 220, com fonte ⁶⁰Co, do LIN (Laboratório de Instrumentação Nuclear) – COPPE/UFRJ;
- Autoclave;
- Câmara de Fluxo Laminar (capela);
- Estufa de esterilização;
- Estufa de incubação a 35-37 °C;
- Refrigerador a 2 °C;
- Espectrômetro de Ressonância Paramagnética-EPR, modelo Analyser SEM 104, marca Bruker;
- Espectrofotômetro UV-Visible Recording / UV-160^a marca Shimadzu;
- Colorímetro fotoelétrico SEM Colour Computer, modelo S & M-4-CH da Suga.

3.2 MÉTODOS

As metodologias foram desenvolvidas no Matadouro Frigorífico da Perdigão e nos Laboratórios de Tecnologia de Carnes e Derivados, de Análise sensorial, de Controle Físico-Químico, de Controle Microbiológico de Produtos de Origem Animal e de Anatomia Patológica na UFF (Universidade Federal Fluminense), no Laboratório de Instrumentação Nuclear da COPPE (Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia) da UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro)

e na EMBRAPA Agroindústria de Alimentos – CTAA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos).

3.2.1 Abate e Caracterização do Processo de *Rigor Mortis*

Foram escolhidos, aleatoriamente, 09 perus machos da linhagem “British United Turkeys of America - B U T A”, na área de espera, após a apanha das aves no Matadouro Frigorífico da Perdigão Agroindustrial S.A. em Carambeí – PR (Figura 1). Os perus foram abatidos após os cuidados *ante mortem* que, neste caso incluía o período de repouso, jejum e dieta hídrica de doze horas antes do abate.

Após os procedimentos de insensibilização elétrica, respeitando as normas do Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue (BRASIL, 2000), o abate foi realizado conforme as normas descritas no Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 1997). O início da sangria foi considerado o tempo zero de todos os tratamentos demonstrado na Figura 2, animais logo após a sangria. Após a sangria, foi realizada a escaldagem, depenagem, lavagem das carcaças, evisceração, nova lavagem da carcaça, retirada dos pés e da cabeça e resfriamento em câmaras frigoríficas industrial com umidade relativa média de 78%.



Figura 1. Animais na “área de espera” antes da sangria **Figura 2.** Animais logo após o início da sangria

3.2.1.1 Aferição das temperaturas da câmara de resfriamento e dos músculos

Após a sangria e inspeção higiênico - sanitária, as carcaças foram resfriadas em câmaras frigoríficas contínuas (1ª fase: 23,0°C; 2ª fase: 4,0°C e 3ª fase: -0,4°C). As carcaças, devidamente identificadas, foram conduzidas para a câmara frigorífica. Nos tempos de 0,25h; 1,5h; 2,5h; 6,0h e 18,5h foram tomadas as temperaturas da câmara, do peito e da coxa das carcaças. Utilizou-se, nas aferições, um termômetro digital com haste metálica. Para a mensuração, introduziu-se a haste a uma profundidade de 4cm em três pontos distintos do peito e da coxa e calculou-se a média aritmética das medidas.

3.2.1.2 Determinação do pH

Nos mesmos instantes supracitados, foram coletadas e pesadas amostras de 10g do peito e da coxa. A determinação do pH foi realizada com o potenciômetro Handylab 1 -Schott, utilizando solução homogeneizada com 10g de amostra em 100mL de água destilada, conforme o preconizado pela Instrução Normativa número 20, de 21/07/99 (BRASIL, 1999), tendo sido o, potenciômetro, calibrado anteriormente, para cada etapa, com soluções padrão de pH 7,0 e 4,0.

3.2.1.3 Determinação do comprimento de sarcômero

Nos mesmos instantes tempo após o início da sangria, e com o auxílio de pinça e bisturi, foram colhidas amostras do peito e da coxa, de dimensões de aproximadamente 2,5 cm de comprimento por 1,5 cm de largura e 0,5 cm de espessura, previamente fixadas em garras duplas metálicas. Tais garras foram utilizadas para a manutenção do comprimento de sarcômero no tempo referente à coleta das amostras, evitando contração ou distensão das fibras após a remoção dos cortes. As amostras foram colhidas e identificadas quanto ao período da coleta e o nome do músculo. Em seguida, foram colocadas em frascos plásticos de boca larga, contendo para a fixação das amostras, 100mL de formalina tamponada a 10%, preparada com 100mL de formaldeído diluído em 900mL de água destilada e acrescentados de 4g de fosfato monossódico e

1,5g de fosfato bi-sódico para tamponar a solução, segundo preconizado por Behmer et al. (1976). Os frascos foram fechados e transportados para o Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense.

Após o período de fixação, as garras metálicas foram removidas, cortando-se as amostras com bisturi na parte adjacente à inserção das garras. As amostras foram lavadas em água corrente durante 20 minutos e uniformizadas quanto ao tamanho, em aproximadamente 2cm² com auxílio de pinça e bisturi. Os fragmentos de músculos, devidamente identificados, foram colocados em grades plásticas apropriadas para o processamento histológico. As grades com amostra, submetidas à etapa de desidratação, foram imersas em álcool etílico, sendo gradativamente inseridas em álcool a 70%, 80% e álcool absoluto, tendo cada imersão, a duração de uma hora. Posteriormente, as amostras foram clarificadas utilizando-se Xilol puro em quatro imersões sucessivas de uma hora cada.

No Laboratório de Patologia da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense, foi realizada a inclusão dos fragmentos, através de dois banhos de 40 minutos cada, em parafina líquida a 60°C. Após a inclusão, as amostras foram removidas das grades plásticas e acondicionadas em “caixinhas” de papel preenchidas com parafina com ponto de fusão a 58°C. Com a solidificação da parafina, as amostras foram removidas do “molde” e realizou-se a microtomia em cortes de 5µm de espessura. Os cortes foram distendidos em banho-maria histológico a 45°C e transferidos para lâminas identificadas de acordo com a amostra incluída. As lâminas foram colocadas em um suporte de aço inoxidável e incubadas a 60°C por 24 horas, para conferir a aderência entre a parafina do corte e a lâmina.

O corante utilizado foi a Hematoxilina Fosfotúngstica de Mallory, preparado com 10mL de solução aquosa de ácido fosfotúngstico a 10%, adicionado de 0,5g de hematoxilina e 1mL de água oxigenada, completando com água destilada até o volume de 500mL. O corante foi acondicionado em frasco âmbar e estabilizado dois a três dias antes do uso.

Após desparafinar em banho-maria com temperatura controlada de 60°C, as amostras foram lavadas em água corrente por 2 minutos e tratadas com solução aquosa de permanganato de potássio 0,25% por 10 minutos, lavando em água corrente por mais 3 minutos. Imersas em ácido oxálico por 5 minutos, retiradas e lavadas em água corrente novamente por 3 minutos e coradas com Hematoxilina Fosfotúngstica de Mallory por 24 horas. Em seguida, os cortes foram gradualmente desidratados ao serem imersos em álcool 70%, álcool 80% e álcool absoluto, além

de clarificados em imersão, novamente, em xilol puro. As lâminas foram montadas em Bálsamo de Canadá, para conferir a aderência entre a lâmina e a lamínula. Como resultado da coloração, a cromatina corou-se em azul escuro, o sarcoplasma em azul violáceo, o colágeno, de vermelho púrpura e as estrias bem diferenciadas (BEHMER et al., 1976).

Posteriormente, seguindo a técnica proposta por Sloss e Kemp (1978), fez-se a leitura das lâminas, correspondendo a contagem de 10 sarcômeros de 25 miofibrilas distintas escolhidas ao acaso, com a medição através de uma régua dentro de uma ocular milimetrada Nikon 10 μm acoplada ao microscópio óptico Olympus de luz visível em objetiva de imersão, utilizando-se óleo de cedro como óleo de imersão. A média dos valores encontrados foi multiplicada pelo fator de correção da objetiva de imersão de 0,8 μm , sendo o valor final expresso em micrômetros (μm).

Os cortes histológicos preparados para a determinação do comprimento do sarcômero foram fotografados ao Microscópio óptico Olympus MX 500 com máquina fotográfica Olympus acoplada, em objetiva de imersão com aumento de 100x. Seguiu-se a revelação tradicional do filme.

3.2.1.4 Determinação da força de cisalhamento (*maciez*) e da perda de peso por cozimento

Acompanhando o processo de *rigor mortis*, foram colhidas amostras de, aproximadamente, 150g do peito e da coxa, nos tempos 0,25h; 1,5h; 2,5h; 6,0h e 18,5h após o início da sangria. As amostras foram pesadas, colocadas individualmente em embalagem plástica termorresistente e identificadas quanto ao músculo e quanto ao intervalo de coleta. Foram cozidas imediatamente em banho-maria termostático com circulação de água e controle de temperatura digital, mantendo-se a temperatura em 85°C, até a temperatura interna de 70°C e, posteriormente, foram resfriados à temperatura ambiente, drenados e pesados. O cálculo da perda de peso por cozimento foi realizado pelo registro dos pesos das amostras antes e após o cozimento, nos respectivos intervalos de tempo após sangria. A diferença entre o peso inicial e final correspondeu à perda de peso por cozimento, sendo expresso em porcentagem. As amostras resfriadas na câmara fria entre 0°C e 2°C foram colocadas individualmente em novas embalagens plásticas identificadas e acondicionadas em caixas isotérmicas contendo gelo reciclável. Seguiu-se o transporte até o Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados da Faculdade de

Veterinária da Universidade Federal Fluminense. Procedeu-se à remoção de sete cilindros de 1,27cm de diâmetro de carne de cada amostra, cozida e resfriada, os quais foram cisalhados ao meio no equipamento “Warner – Bratzler Meat Shear Force modelo 3000” (Figura 3), para a obtenção dos valores referentes à força de cisalhamento ou maciez da carne, conforme metodologia proposta por Kerth et al. (1995).

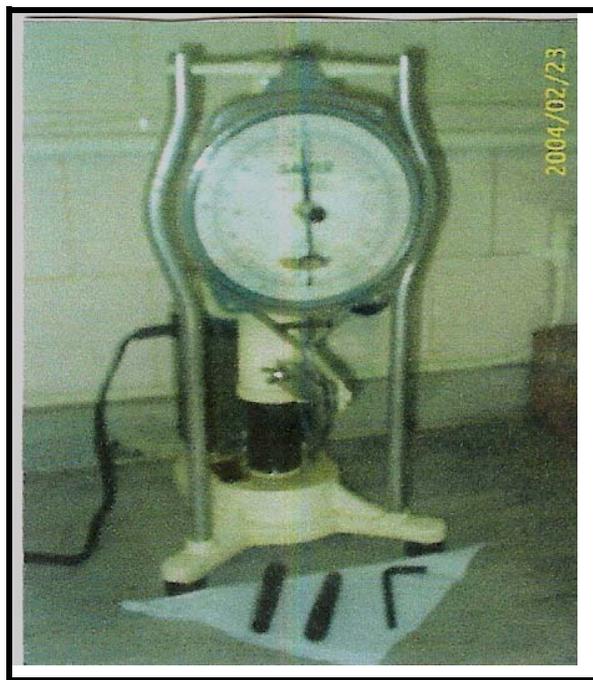


Figura 3. Equipamento “Warner-Bratzler meat Shear”

3.2.2 Processo de Irradiação e Conservação da Carne Congelada

3.2.2.1 Preparo das amostras e processo de irradiação

Após o resfriamento foram retirados os peitos com osso das nove carcaças, mostrados nas Figuras 4 e 5, embalados, congelados por 24 horas e posteriormente serrados transversalmente. Os cortes foram embalados a vácuo, identificados, acondicionados em caixas isotérmicas contendo gelo, transportados até o Laboratório de Tecnologia de Carnes da Universidade Federal Fluminense e mantidos à temperatura de congelamento (-18 °C). Foram separados aleatoriamente 48 cortes, sendo 16 irradiados com 1 kGy e 16 irradiados com 3 kGy no Laboratório de Instrumentação Nuclear da COPPE da Universidade Federal do Rio de Janeiro para exposição à radiação gama proveniente de uma fonte de ⁶⁰Co (cobalto - 60) e

outras 16 amostras controle. As amostras foram inseridas na gaveta metálica do irradiador, congeladas para manter a temperatura, conferindo uma maior uniformidade da dose. O tempo de irradiação das amostras foi calculado através de um programa específico para esta finalidade, no qual são considerados o tempo de exposição para se obter a dose desejada. A cada 6 meses de estocagem a -18°C , foram analisadas 12 amostras, subdivididas em quatro repetições de cada um dos três tratamentos (carne congelada, carne congelada irradiada com 1kGy e carne congelada irradiada com 3kGy). As análises foram realizadas no dia seguinte ao processo de irradiação, correspondendo ao 5º dia após o abate, 180 dias, 360 dias e 540 dias do processo. Antes das determinações das análises bacteriológicas, da atividade de água, avaliação da oxidação lipídica, análise instrumental da cor, análise sensorial e controle da dose de radiação absorvida as 12 amostras destinadas a cada etapa, foram mantidas a $2-4^{\circ}\text{C}$ em refrigerador durante 12 horas para descongelamento lento.



Figura 4. Retirada do peito da carcaça



Figura 5. Preparação dos peitos para embalagem

3.2.2.2 Análises Bacteriológicas

3.2.2.2.1 Contagem de bactérias psicrófilas

Para a contagem de bactérias aeróbias psicrófilas, adotou-se metodologia proposta por Swanson et al. (2001). As embalagens a vácuo de cada corte foram assepticamente abertas e retiradas alíquotas em cinco pontos diferentes, totalizando 25g, homogeneizadas em embalagens plásticas esterilizadas, no equipamento “stomacher” com 225mL de solução salina peptonada a 0,1%, obtendo-se assim a diluição 10^{-1} , a partir desta diluição foram transferidas alíquotas de 100 μ L diluídas em “ependorfs” com 900 μ L de solução salina peptonada a 0,1%, formando assim a diluição 10^{-2} e assim sucessivamente até diluição 10^{-3} . Cada diluição foi distribuída em placas de Petri, em duplicata e homogeneizada com 20mL do meio de cultura Agar Padrão de Contagem (MERCK nº 1.05463) e incubadas a 2 °C por sete dias. As placas referentes à diluição que apresentavam colônias entre 30 e 300 foram selecionadas para o resultado. Sendo o número de colônias multiplicado pelo fator de diluição da placa e por 10, pois a metodologia refere-se à transferência para o meio de cultura de alíquota de 1000 μ L. O resultado final para cada diluição foi a média das duas placas.

3.2.2.2.2 Enumeração (Número Mais Provável – NMP) de *Enterococcus* spp.

Para a enumeração de *Enterococcus* spp. seguiu-se a metodologia descrita pelo manual da MERCK (1996). Cada diluição foi inoculada em séries de três “ependorfs” contendo o meio de cultura “Chromocult” (MERCK nº 1.10294) no volume de 1000 μ L e incubação a 35/37 °C por 24-48 horas. A concentração de azida sódica presente no meio inibe o crescimento da microbiota competitiva e o substrato X-GLU (5-bromo-4cloro-3indol- β -D-glucopyroside) é degradado pela enzima enterocócica β -D-glucosidase, resultando na coloração azul das colônias, indicando a presença de *Enterococcus* spp. A partir da combinação dos tubos positivos em cada série, considerando sua diluição, calculou-se o Número Mais Provável, com base na Tabela de MacCready.

3.2.2.3 *Determinação da atividade de água*

A atividade de água foi determinada através do medidor de atividade hídrica Pawkit Water Activity Meter, marca Decagon, nos respectivos tempos de estocagem de 5 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias. As amostras foram resfriadas, separadas em alíquotas de 20g e submetidas à análise, seguindo as instruções do fabricante do aparelho. Para evitar a interferência da temperatura no resultado, a temperatura das amostras foi mantida entre 23°C e 25°C.

3.2.2.4 *Avaliação da oxidação lipídica*

Foram realizadas duas análises para a verificação da estabilidade lipídica: Índice de Peróxido, de acordo com a metodologia preconizada pelo LANARA (Brasil, 1981) e Instrução Normativa número 20, de 21/07/99 (Brasil, 1999) e Teste para a determinação do número de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) conforme preconizado por Tarladgis et al. (1960).

3.2.2.4.1 *Determinação do Índice de Peróxido*

Devido à sua ação fortemente oxidante, os peróxidos orgânicos formados no início da rancificação atuam sobre o iodeto de potássio liberando iodo, que será titulado com tiosulfato de sódio em presença de amido como indicador. A metodologia consistiu no corte em pedaços de 100g de carne e triturados em processador com 250mL de clorofórmio por 2 a 3 minutos. Filtrou-se imediatamente o conteúdo do processador em papel de filtro pregueado. Realizou-se a refiltragem em papel de filtro com pequena quantidade de sulfato de sódio anidro, utilizando 100mL de clorofórmio para lavar o recipiente. Transferiu-se, volumetricamente, 25mL de filtrado obtido para erlenmeyer de 250mL, adicionou-se 37mL de ácido acético e 1mL de solução saturada de iodeto de potássio. Após 1 minuto sob agitação, acrescentou-se 30mL de água. Foi realizada a titulação com solução de tiosulfato de sódio 0,01 N usando solução de amido a 1% como indicador.

Para a determinação da massa na alíquota, necessária para o cálculo, pipetou-se, volumetricamente, 25 mL do extrato clorofórmio para uma cápsula previamente seca e tarada. O solvente foi evaporado em banho-maria a 60°C e a cápsula, seca em estufa a 105°C por 30 minutos. Esfriou-se em dessecador e pesou-se.

$$\text{Fórmula para Índice de Peróxidos em mEq/kg} = \frac{(V-V') \times N \times f \times 1000}{p}$$

Onde:

V = mL da solução de tiosulfato de sódio 0,01 N gastos na titulação;

N = normalidade da solução de tiosulfato de sódio;

V' = mL da solução de tiosulfato de sódio 0,01 N gastos na titulação do branco;

p = massa da amostra na alíquota (g);

f = fator de correção da solução de tiosulfato de sódio 0,01 N.

3.2.2.4.2 *Determinação do número de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)*

O ácido 2-tiobarbitúrico combinado com ácido acético glacial foi usado para desenvolver a cor da alíquota de carne que estabeleceu o número de TBARS, definido como malonaldeídos, determinando o nível de rancificação.

Pesou-se 25g da amostra, adicionou-se 25mL de água destilada e homogeneizou-se por 2 minutos. Quantitativamente, foram transferidos para frasco de Kjeldahl usando 23,75mL de água destilada para lavar. Adicionou-se 1,25mL de solução de ácido clorídrico (1:2), pérolas de vidro para evitar a formação de espuma. Houve a destilação para a coleta de 50mL do destilado em um Becker, sendo 5mL destes acrescidos de 2,5mL do reagente de TBA, utilizado para a determinação de valores referentes à curva padrão. Os tubos de vidro foram tampados e aquecidos em banho-maria por 35 minutos. Foi preparado um branco com 5mL de água destilada e 2,5 do reagente de Ácido Tiobarbitúrico (TBA). Esfriou-se e realizou-se a leitura por espectrofotometria à 538nm de absorvância, sendo antes, calibrado com o branco. O valor da absorvância foi multiplicado por 7,8 para converter mg de malonaldeído por 1kg de carne (mgMal/kg).

3.2.2.5 Análise instrumental da cor

A análise instrumental da cor foi realizada por reflectância no colorímetro fotoelétrico S & M Colour Computer, modelo SM – 4 – CH da Suga (Figura 6), no sistema Hunter com abertura de 30 mm de diâmetro. Os parâmetros de cor medidos em relação à placa branca ($L = 90,20$; $a = -2,34$ e $b = 1,38$) 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).

Foram realizadas 4 repetições para cada amostra disposta em placa de petri com 05 cm de diâmetro e 02 cm de altura, nos intervalos de 5 dias e 540 dias de estocagem.



Figura 6. Colorímetro fotoelétrico S & M Colour Computer

3.2.2.6 Análise Sensorial

3.2.2.6.1 Teste de Aceitação

Após as análises microbiológicas, as amostras foram cortadas em pedaços de 3cm^2 , aproximadamente, separados três cortes de 5cm^2 de cada amostra para o teste sensorial. As amostras, de 3cm^2 , foram temperadas com 1% de sal e submetidas a temperatura de 80°C por 30 minutos, retiradas e revolvidas e mais 30 minutos a mesma temperatura em forno elétrico, as demais cruas, foram utilizadas para a aceitação do atributo cor. Foram escolhidos, aleatoriamente, 30 consumidores entre os alunos graduandos e pós-graduandos, professores e funcionários

técnico-administrativos da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense, de ambos os sexos e faixa etária entre 18 e 56 anos.

Cada amostra foi codificada com três dígitos sem referência ao tipo de tratamento, organizada em bandeja branca, da seguinte forma, para o atributo sabor, o corte de carne cozida servida em copo plástico com um palito, em vidro de relógio, o corte maior e cru para a percepção da característica da cor, e para o aroma, em um becker de 250 mL, tampado com papel alumínio para evitar perda por volatilização, além de um copo com água fresca para a limpeza bucal entre as degustações. Cada consumidor julgou a característica de cor e os atributos de aroma, sabor e impressão global das amostras de carnes dos três tratamentos. Para cada amostra, o consumidor identificou sua aceitação de acordo com uma escala hedônica, mostrada na Figura 7, de 9 pontos, entre 1 = desgostei extremamente até 9 = gostei extremamente segundo Della Modesta (1994).

Nome: _____ SEXO: _____ IDADE: _____

No. AMOSTRA: _____

Por favor, avalie a amostra utilizando as escalas abaixo. Marque a posição que melhor reflita seu julgamento em relação à característica discriminada no alto de cada escala.

| GLOBAL | AROMA (COZIDO) | SABOR | COR (CARNE CRUA) | IMPRESSION |
|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Gostei Extremamente | Gostei Extremamente | Gostei Extremamente | Gostei Extremamente |
| | Gostei Muito | Gostei Muito | Gostei Muito | Gostei Muito |
| | Gostei Moderadamente | Gostei Moderadamente | Gostei Moderadamente | Gostei Moderadamente |
| | Gostei Ligeiramente | Gostei Ligeiramente | Gostei Ligeiramente | Gostei Ligeiramente |
| | Não Gostei nem Desgostei |
| | Desgostei Ligeiramente | Desgostei Ligeiramente | Desgostei Ligeiramente | Desgostei Ligeiramente |
| | Desgostei Moderadamente | Desgostei Moderadamente | Desgostei Moderadamente | Desgostei Moderadamente |
| | Desgostei Muito | Desgostei Muito | Desgostei Muito | Desgostei Muito |
| | Desgostei Extremamente | Desgostei Extremamente | Desgostei Extremamente | Desgostei Extremamente |

Comentários: _____

Figura 7. Modelo de ficha utilizada no Teste de Aceitação para os quatro atributos.

3.2.2.7 Controle da dose de radiação absorvida

Para a identificação da radiação aplicada, foi utilizada a técnica de Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE), aplicando o método descrito por Desrosiers et al. (1991). O objetivo desta técnica é quantificar os radicais livres carboxil (CO_2^-), originados nos produtos irradiados e retidos na matriz cristalina óssea, na proporção de dose da radiação absorvida, como segue a reação: $\text{RCOOH} + \gamma \text{RADIAÇÃO} \rightarrow \text{RCO}_2 + \text{e}^-$ (elétron). Fragmentos de ossos foram devidamente preparados, removendo-se substâncias orgânicas e a medula óssea através da raspagem, lavagem em água corrente, imersão por 30 minutos em água oxigenada de 10 volumes e lavagem em água corrente. Posteriormente, foram liofilizados, triturados em partes de $\pm 1\text{mm}$, separados em alíquotas de 100mg. Os fragmentos da camada cortical dos ossos foram novamente irradiados no irradiador Gammacell 220, com fonte de cobalto - 60, com doses pré-estabelecidas de $\pm 250\text{Gy}$ para testar a dose inicial de kGy e com $\pm 420\text{Gy}$ para as amostras de 3kGy, obtendo-se seis sinais diferentes de RPE, analisados por regressão linear para maior confiabilidade da determinação da dose inicial. O espectrômetro foi calibrado em amplitude de modulação de 2,85G, potência de microondas de 25mV e frequência de 9,7Hz, como mostra a Figura 8.

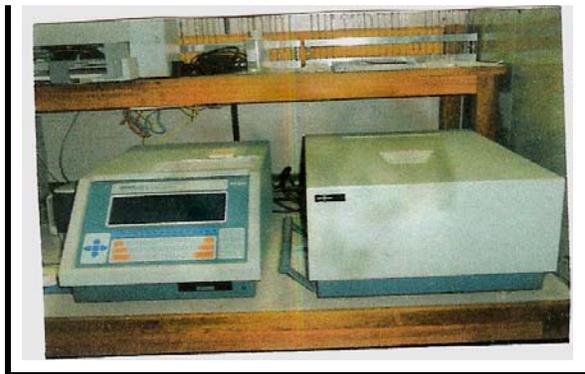


Figura 8. Espectrômetro de Ressonância Paramagnética Eletrônica – “RPE”

3.2.3 Delineamento Estatístico

A análise estatística referente ao processo de *rigor mortis* analisou o comportamento das medidas de temperatura da câmara de resfriamento, temperatura dos músculos, pH, comprimento de sarcômero, força de cisalhamento e perda por cocção de nove repetições, ao longo do tempo

(0,25h; 1,5h; 2,5h; 6,0h e 18,5h após a sangria) separadamente por músculo (*Gastrocnemius* e *Pectoralis*) através da Análise de Variância para medidas repetidas com nível de significância de 5% (SAS, 1999).

Os resultados das análises bacteriológicas (bactérias Psicotróficas e *Enterococcus* spp.), sensorial (teste de aceitação), químicas (substâncias reagentes ao ácido tiobarbitúrico, índice de peróxido), físicas (análise instrumental de cor e atividade de água) e físico-química (pH) foram comparados pela ANOVA segundo o delineamento casualizado (DIC), seguido do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Foi relacionada a interação entre dois fatores: o método de conservação (carne de peru congelada, carne congelada e irradiada com 1kGy e carne congelada e irradiada com 3kGy) e o tempo de estocagem – 5, 180, 360 e 540 dias (SAS, 1999). Os Apêndices 7.1; 7.2; 7.3, 7.4, 7.5 e 7.6 apresentam os valores referentes às Análises de Variância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE *Rigor Mortis*

O processo de abate e as alterações físicas e bioquímicas que ocorrem logo após a sangria, caracterizando o processo de *rigor mortis* e sua resolução, são decisivos para a qualidade da carne de perus, incluindo sua aceitação e prazo de vida comercial.

4.1.1 Valores de Temperatura e pH

Os valores médios de temperatura da câmara fria foram de 32,3°C (0,25h), 2,3°C (1,5h), 0,4°C (2,5h), - 0,3°C (6,0h) e - 0,5°C (18,5h), adequados ao desenvolvimento do processo do *rigor mortis* nas carcaças resfriadas. A análise estatística revelou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os valores médios das temperaturas das carcaças, demonstrando um declínio linear de 40,83°C até 2,40°C em 18,5h. Tais resultados são concordantes com os de Mckee e Sams (1998) que verificaram no músculo *Pectoralis* temperatura inicial de aproximadamente 40°C e final, de aproximadamente 7°C, quando submetido à temperatura do chiller de 0°C durante quatro horas. Os resultados demonstram a perda de calor para o ambiente de forma gradual.

A diminuição da temperatura é um importante fator para a melhora da qualidade da carne, promovendo a remoção de calor da carcaça que resulta na diminuição gradual da temperatura dos músculos, proporcionando a atuação adequada das enzimas proteolíticas sem os inconvenientes decorrentes da desnaturação protéica (queda acentuada do pH no início do *post mortem*) ou do retardo do processo do *rigor mortis* com a diminuição da atividade enzimática, ocasionando o

aparecimento de características tecnológicas indesejáveis na carne congelada de imediato, como o encurtamento pelo frio que se reflete na dureza da carne após o separo, das alterações de cor e do crescimento microbiano como descritos por Hwang et al. (2004).

A velocidade de decréscimo da temperatura e do pH, assim como os correspondentes resultados finais são parâmetros importantes no desenvolvimento do processo de *rigor mortis*. As modificações de pH são correspondentes ao ácido láctico, que é formado em decorrência da glicólise anaeróbica, que é a via metabólica alternativa para a produção de energia, quando ocorre a interrupção do transporte de oxigênio logo após a sangria do animal, culminando com a resolução do *rigor mortis* e com o pH final que é limitado pelo consumo do glicogênio muscular disponível, sendo comum o desenvolvimento do *rigor mortis* mais acentuado ($p < 0,05$) no músculo anaeróbico predominantemente branco como no caso dos músculos do peito dos frangos, do que nos músculos vermelhos aeróbicos, representado pelos músculos da coxa (SAMSET AL., 1990). Concomitantemente, o declínio do pH é capaz de ativar os sistemas enzimáticos proteases cálcio-dependentes (calpaínas) e lisossomais (catepsinas), que são importantes na conversão do músculo para carne, influenciando a cor, maciez, suculência, textura e outras características sensoriais e microbiológicas da carne, além de caracterizar o processo de *rigor mortis* em carcaças de todos os animais de açougue, aspectos que também foram evidenciados por Christensen et al. (2004); Ordóñez et al. (2005); Prates (2000). O conjunto das estruturas que dão sustentação ao músculo, representados pelas miofibrilas, filamentos intermediários e tecido conectivo intramuscular que inclui o endomísio, epimísio e o perimísio contribuem para a maciez da carne durante o *rigor mortis*. As estruturas miofibrilares representadas pelos discos Z, a ligação da actina e miosina (actomiosina) formada durante o *rigor mortis*, os filamentos de conectina (titina) e os filamentos de nebulina sofrem a ação dos sistemas enzimáticos proteases cálcio-dependentes (calpaínas) e lisossomais (catepsinas) que são enzimas que necessitam de uma concentração ideal de íons cálcio para o seu perfeito funcionamento de 0,1 mM, as moléculas de desmina que formam os filamentos intermediários são também fragmentadas em concentrações de 0,1 mM de íons cálcio, porém sem o envolvimento enzimático (TAKAHASHI, 1996).

Os valores médios encontrados na determinação de pH dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* foram de $6,39 \pm 0,19$ e $6,15 \pm 0,08$ com 0,25 horas, $6,20 \pm 0,21$ e $5,88 \pm 0,15$ com 1,5 horas, $6,08 \pm 0,13$ e $5,78 \pm 0,10$ com 2,5 horas, $5,98 \pm 0,11$ e $5,68 \pm 0,01$ na 6ª hora e $5,91 \pm 0,11$

e $5,59 \pm 0,08$ com 18,5 horas, respectivamente. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os valores médios de pH no músculo *Gastrocnemius* nos intervalos de tempo de 0,25 horas e 1,5 horas e no músculo *Pectoralis* nos intervalos de 1,5 horas e 2,5 horas após a sangria (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores médios $n = 09$ das temperaturas da câmara de resfriamento ($^{\circ}\text{C}$), temperatura da carcaça ($^{\circ}\text{C}$) e pH dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* de perus em diferentes intervalos de tempo (h) após sangria no Matadouro Frigorífico da Perdigão Agroindustrial S. A., Carambeí-PR

| Medidas | Amostras | n | Tempo(h) | | | | |
|------------------------------------|----------------------|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | | | 0,25 | 1,5 | 2,5 | 6,0 | 18,5 |
| Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | Câmara | 09 | 32,3 | 2,3 | 0,4 | -0,3 | -0,5 |
| | Carcaça | 09 | 40,83 ^a | 22,75 ^b | 9,97 ^c | 6,68 ^d | 2,40 ^e |
| pH | <i>Gastrocnemius</i> | 09 | 6,39 ^a | 6,20 ^a | 6,08 ^{ab} | 5,98 ^{ab} | 5,91 ^b |
| | <i>Pectoralis</i> | 09 | 6,15 ^a | 5,88 ^b | 5,78 ^b | 5,68 ^{bc} | 5,59 ^c |

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

Na Figura 9, estão representadas as curvas de declínio do valor do pH, ao longo do processo de conversão dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* em carne de peru.

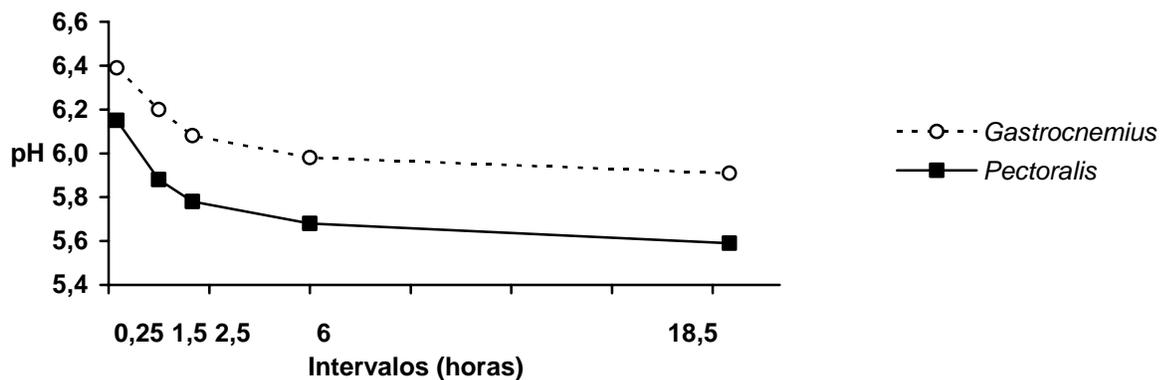


Figura 9 - Valores médios do pH dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* em relação ao tempo após a sangria.

Na Figura 9, observa-se que o pH inicial no *Pectoralis* diminuiu gradativamente até as seis horas, quando se estabeleceu a resolução do *rigor mortis*. Em relação ao *Gastrocnemius*, a queda do pH também foi significativa até as seis horas após a sangria, portanto se estabeleceu também em torno de seis horas, apresentando-se com valores significativamente maiores ($p < 0,05$) no mesmo intervalo de tempo, em comparação com aqueles relativos ao *Pectoralis*.

Os valores médios de pH obtidos no presente estudo concordam com os observados por Ma e Addis (1973), que verificaram um pH médio inicial de $5,90 \pm 0,2$ e final de $5,80 \pm 0,2$; Freitas et al. (1994) que encontraram em músculo peitoral de frangos pH inicial de 6,39 e final de 5,88 e Alvarado e Sams (2000a), que encontraram pH inicial de $6,33 \pm 0,01$ e final de $5,91 \pm 0,01$ no músculo *Pectoralis* de perus. Da mesma forma, Lesiak et al. (1996) estudaram as alterações *post-mortem* em coxa e peito de perus e obtiveram pH inicial de 6,44 para a coxa e 6,27 para o peito e pH final de 5,65 e 5,50, respectivamente, e concluíram que a temperatura de armazenamento e o tempo de estocagem influenciaram significativamente na queda do pH *post-mortem*. O mesmo não se pode dizer do trabalho de Molette et al. (2003), que estudando as alterações *post-mortem* de 15 perus no músculo *Pectoralis major*, verificaram que a temperatura de armazenamento não teve efeito sobre as mudanças de pH, mas os valores de pH dos músculos mantidos a 40°C tiveram uma queda mais acentuada na primeira hora *post-mortem*, o que representa um forte indício do aparecimento da síndrome PSE, associada com a baixa capacidade de retenção de água nestas condições de pH em temperatura mais elevada. Efeito semelhante também foi observado por Mckee e Sams (1998) que encontraram em músculos obtidos à temperatura de 40°C a aceleração do processo do *rigor-mortis*, o que contribuiu para o aparecimento das características de peito de peru “Pale Soft Exsudative” (PSE). Tal achado ilustra a importância do controle da temperatura durante o processamento das carcaças de peru com a finalidade de reduzir a temperatura das mesmas ainda no início do processo de *rigor-mortis* com a concomitante aceleração do metabolismo *post-mortem*, evitando assim o aparecimento da síndrome PSE (MCKEE et al., 1998).

A atividade muscular, momentos antes ou durante o abate pode afetar o desenvolvimento do *rigor mortis* e conseqüentemente afetar a qualidade da carne. Síndromes como a que ocorre em carnes PSE em suínos e aves, assim como a carne escura, firme e seca (DFD) em bovinos, são resultados do estresse *ante-mortem*. Elas afetam a atividade muscular e alteram o processo fisiológico durante o desenvolvimento do *rigor mortis*, afetando significativamente a qualidade

da carne. Dessa forma, a redução do estresse e de traumas físicos antes do abate são procedimentos importantes nos matadouros. A insensibilização elétrica em frangos tem ajudado no retardo do início do *rigor mortis*, possivelmente devido à redução da velocidade da glicólise anaeróbica no período *post-mortem*. Papinaho e Fletcher (1996) obtiveram valores de pH, logo após a sangria (15 min.) de 6,44 e pH final (24 horas) de 5,54 no músculo *Pectoralis major* de frangos, tais resultados concordam com os de autores citados anteriormente, utilizando a insensibilização elétrica com 0, 50 e 124 mA mantendo-os em diferentes situações de estresse antes do abate, demonstrando que o efeito da insensibilização no desenvolvimento do *rigor mortis* foi devido à perda da consciência no momento do abate dos animais.

Revelando a importância da queda inicial do pH *post-mortem*, Warris et al. (1991) observaram que a queda do pH inicial nos intervalos de 30 minutos para 1 hora foi determinante para a maior exsudação da carne suína PSE, como resultado da intensa desnaturação protéica que ocorre como resultado do reduzido pH em temperaturas mais elevadas. Essa intensa desnaturação das proteínas sarcoplasmáticas, que ocorre no músculo, é irreversível influenciando nas propriedades funcionais das proteínas de reter água, mantendo a coesão do tecido muscular, e na cor da carne e de seus produtos que fica prejudicada (Swatland, 1984). Sales e Mellett (1996) encontraram valores de pH inicial de 7,13 e final de 6,05 para o músculo *Gastrocnemius internus* de avestruzes. Esse valor final de pH está em concordância com os citados por Paleari et al. (1995) que afirmaram ser o pH da carne de avestruz realmente maior que o da carne bovina (5,8), podendo dessa forma reduzir o prazo de vida comercial dessa carne. Os valores de pH inicial de 7,05 e final de 5,97 para o músculo *Gastrocnemius internus* e pH inicial de 7,26 e final de 6,14 para o músculo *Fibularis longus* em avestruz (SANTOS, 2006) e os citados por Sales e Mellett (1996) podem classificar a carne de avestruz como sendo carne de pH mais elevado que a carne de outras espécies, como a bovina, mas não se pode considerá-la como carne DFD (pH final > 6,2).

4.1.2 Valores de Comprimento de Sarcômero, Força de Cisalhamento e Perda de Peso por Cozimento

Na Tabela 2, são apresentados os valores médios referentes aos parâmetros que interagem para evidenciar as etapas do processo de *rigor mortis*: comprimento de sarcômero, força de cisalhamento e perda de peso por cozimento.

Tabela 2 - Valores médios n = 09 do comprimento de sarcômero (CS- μ m), força de cisalhamento (FC-Kg) e perda de peso por cozimento (PC-%) dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* nos perus em diferentes intervalos de tempo (h) após sangria no Matadouro Frigorífico da Perdigão Agroindustrial S.A., Carambeí, PR

| Medidas | Amostra | n | Tempo(h) | | | | |
|-------------------------------------|----------------------|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | | 0,25 | 1,5 | 2,5 | 6,0 | 18,5 |
| Comprimento de sarcômero (μ m) | <i>Gastrocnemius</i> | 09 | 1,59 ^b | 1,61 ^b | 1,74 ^a | 1,79 ^a | 1,82 ^a |
| | <i>Pectoralis</i> | 09 | 1,61 ^c | 1,72 ^b | 1,80 ^a | 1,84 ^a | 1,88 ^a |
| Força de cisalhamento (kg) | <i>Gastrocnemius</i> | 09 | 9,50 ^a | 8,90 ^a | 7,85 ^b | 7,07 ^b | 6,23 ^b |
| | <i>Pectoralis</i> | 09 | 10,30 ^a | 9,50 ^a | 7,94 ^b | 7,08 ^b | 6,45 ^b |
| PC (%) | <i>Gastrocnemius</i> | 09 | 25,52 ^c | 30,45 ^b | 30,80 ^b | 31,40 ^a | 31,61 ^a |
| | <i>Pectoralis</i> | 09 | 22,33 ^c | 26,18 ^b | 26,58 ^b | 27,95 ^a | 28,38 ^a |

^{a, b, c} Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05)

Observa-se na Figura 10, a relação entre as medidas de comprimento de sarcômero nos diferentes intervalos, durante o processo de *rigor mortis*, bem como entre os dois músculos analisados.

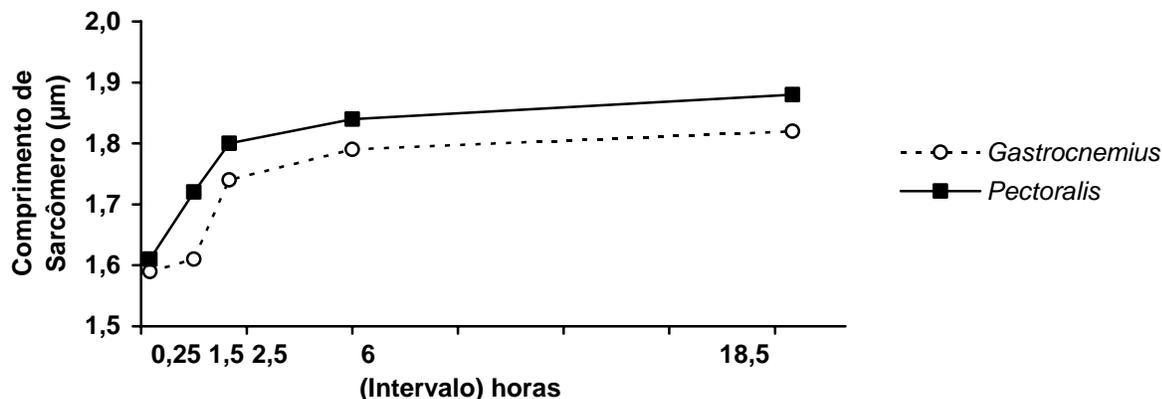


Figura 10 - Valores médios do comprimento de sarcômero dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* em relação ao tempo após a sangria

Ao estudar as mudanças estruturais nos músculos durante o processo de *rigor mortis* (Tabela 2) observou-se contração máxima em ambos músculos com 0,25 horas após a sangria, ou seja, o *Pectoralis* 1,61 μm e o *Gastrocnemius* 1,59 μm . Com 18,5 horas os músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* apresentaram maior comprimento de sarcômero, respectivamente 1,82 μm e 1,88 μm . Na comparação dos valores médios do comprimento de sarcômero no músculo *Gastrocnemius* não houve diferença significativa nos intervalos de tempo de 0,25h e 1,5h, 2,5h e 6,0h, 2,5h e 18,5h e 6,0h e 18,5h. Em relação ao músculo *Pectoralis* não houve diferença significativa nos intervalos de tempo de 2,5h - 6,0h; 2,5h - 18,5h, 6,0h - 18,5 h.

Nas fotomicrografias dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* (Figura 11), observou-se no começo do *rigor mortis* (15 minutos após sangria) as duas linhas Z bem próximas e perfeitas (Figura 11a, c) correlacionado com o menor comprimento de sarcômero 1,59 μm e 1,61 μm , respectivamente (Tabela 2 e Figura 10). Por outro lado, ao final de 18,5 horas (Figura 11b, d), os valores foram significativamente maiores de 1,82 μm e 1,88 μm . Estes resultados são similares aos observados por Lesiak et al. (1996). A microscopia óptica também pode ser utilizada como parâmetro de avaliação do processo de *rigor mortis*, nos intervalos de tempo pré-estabelecidos, como foi observado em outras espécies como a bovina por Abreu (1984); suína por Pinheiro et al. (2001); de equino, por Rodrigues et al. (2004); cordeiro, por Oliveira et al. (2004) e avestruz, por Santos (2006). Concordando com os resultados desta pesquisa, os resultados obtidos também demonstraram alterações particulares do sarcômero no início e no término do processo do *rigor mortis*.

A velocidade das mudanças bioquímicas que ocorrem no *post mortem* é influenciada pela temperatura e importante nas características sensoriais da carne. Desse modo, foram encontrados em carcaças de perus resfriadas a 0°C por 4h, tamanho de sarcômero de 1,89 µm no músculo *Pectoralis* (MCKEE; SAMS, 1998). O valor encontrado está em concordância com o presente estudo (1,88 µm). Em trabalho semelhante, Lesiak et al. (1996) observaram um tamanho de sarcômero de 1,63 µm no músculo *Pectoralis* de perus a 0°C, no tempo de 4 h. Esses valores discordam dos encontrados nesta pesquisa, provavelmente em virtude da mensuração ter sido realizada com o músculo desossado e sem a fixação com garras para evitar o seu encurtamento.

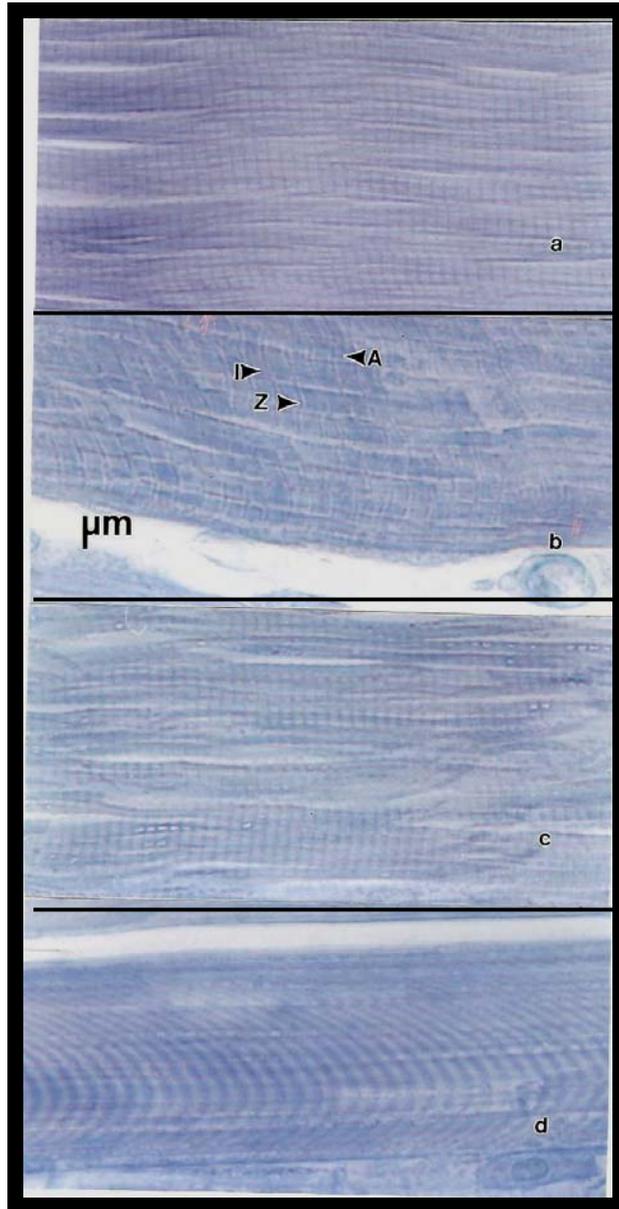


Figura 11. Fotomicrografias ópticas do músculo *Gastrocnemius* (G) e *Pectoralis* (P) durante o resfriamento industrial mostrando as bandas A, I e disco Z (aumento de 1000 vezes), fixado com formalina tamponada neutra e corado com hematoxilina fosfotúngsta de Mallory: a) músculo G aos 15 minutos após a sangria e b) com 18,5 horas após a sangria; c) músculo P aos 15 minutos após a sangria e d) com 18,5 horas após a sangria.

O desenvolvimento do processo de *rigor mortis* dos animais de açougue produz diferentes comprimentos de sarcômero durante a instalação do processo bioquímico. Assim, foram estudadas as mudanças que ocorrem antes e após o *rigor mortis* e sua influência na maciez do músculo *Pectoralis* de perus (ALVARADO; SAMS, 2000a). Esses autores encontraram nesse músculo um comprimento de sarcômero de 1,65 μm (0,25h) e 1,91 μm (24h), concordando com o presente estudo. Lesiak et al. (1996) encontraram comprimento de sarcômero de 1,63 μm e 1,89 μm para cortes de peito e coxa de peru, respectivamente. Enquanto Freitas et al (1994) relataram 1,58 μm de comprimento final de sarcômero em músculo peitoral de frango.

A velocidade do *rigor mortis* é influenciada pela estimulação elétrica. Desse modo, foram encontrados em carcaças de perus estimulados eletricamente (570 v, 450 mA, 60 Hz) durante 2 segundos, tamanho de sarcômero de 1,78 μm no peito de carcaças estimuladas e 1,66 μm no músculo *Pectoralis* de carcaças não estimuladas 2 h após o abate (OWENS; SAMS, 1997). Esses resultados retratam que a aceleração do metabolismo muscular acelera o processo do *rigor mortis* e ajuda a evitar o encurtamento pelo frio que pode ocorrer durante o resfriamento das carcaças, provavelmente devido um metabolismo acelerado resultando numa deficiente reserva de energia capaz de promover a contração do músculo, em concordância com Alvarado e Sams (2000a).

Por meio das medições do comprimento de sarcômero em intervalos determinados durante o *rigor mortis*, torna-se possível o conhecimento da determinação da contração máxima, a partir da qual inicia-se a resolução. Portanto, quanto maior a sobreposição entre os miofilamentos, mais próximas ficam duas linhas Z adjacentes, caracterizando a diminuição do comprimento do sarcômero até o limite em que, pelo declínio da temperatura e do pH, esgotamento das fontes de energia e atuação das proteases endógenas (calpaínas e catepsinas), ocorrerá o deslizamento dos miofilamentos entre si, tornando o sarcômero gradativamente maior, até que não haja mais variação significativa.

Na Figura 12, estão apresentados os valores médios de força de cisalhamento nos intervalos de tempo em cada músculo, durante o processo de *rigor mortis*, assim como a relação dos intervalos entre os músculos.

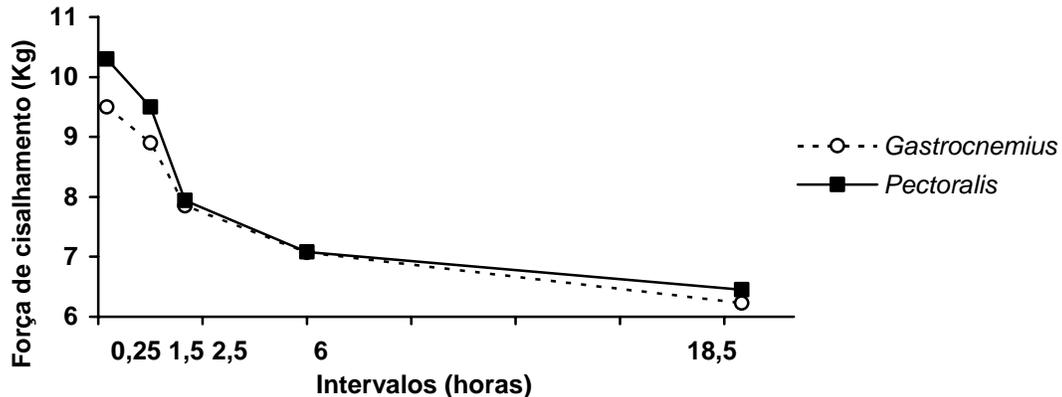


Figura 12 - Valores médios da força de cisalhamento dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* em relação ao tempo após a sangria.

Na Tabela 2, os valores médios de força de cisalhamento encontrados na máquina WBSF para o músculo *Gastrocnemius* foram de 9,50 kg (0,25h), 8,90 kg (1,5h), 7,85 kg (2,5h), 7,07 kg (6,0h) e 6,23 kg (18,5h) e para o músculo *Pectoralis* foram de 10,30 kg (0,25h), 9,50 kg (1,5h), 7,94 kg (2,5h), 7,08 kg (6,0h) e 6,45 kg (18,5h). Resultados semelhantes foram relatados por Alvarado e Sams (2000a) que encontraram valores de 13,61 kg a 7,75 kg no músculo *Pectoralis* de perus não estimulados eletricamente e de 16,22 kg a 7,19 kg em músculos de perus estimulados. Os valores de força de cisalhamento são maiores que os dos músculos de avestruz e estão discordantes do trabalho de Paleari et al. (1995) que consideraram a carne de avestruz com maciez similar à carne de peru.

Santos (2006) ao comparar os valores da força de cisalhamento e o comprimento de sarcômero de avestruz, observou que a contração máxima do sarcômero e a maior força de cisalhamento ocorreram no mesmo estágio de *rigor mortis*, portanto, 0,5 hora *post mortem*, no músculo *Gastrocnemius internus* e *Fibularis longus*, concordando com a influência do comprimento de sarcômero na maciez da carne obtida. De acordo com os resultados encontrados, o músculo *Gastrocnemius internus* originou, ao final do processo de resfriamento, carne mais macia que o *Fibularis longus*. Os valores de força de cisalhamento foram de 2,78 kg e 3,52 kg para *Gastrocnemius internus* e *Fibularis longus*, respectivamente, indicando ser o primeiro mais macio.

Valores de 7,31 kg a 9,69 kg foram descritos para o músculo *Pectoralis* (MCKEE; SAMS, 1998) e valor médio de 8,04 kg em carcaças estimuladas foram descritos para o músculo *Pectoralis* 2 horas após o abate dos animais (OWENS; SAMS, 1997), concordando com a força de cisalhamento observada no presente estudo (7,94 kg). Por outro lado, valores maiores (12,13 kg a 13,42 kg) foram encontrados no músculo *Pectoralis* de frangos não estimulados (ALVARADO; SAMS, 2000b). Esses

resultados maiores de força de cisalhamento podem ser explicados pelo fato de que em carcaças não estimuladas o processo do rigor mortis é mais lento, resultando num maior encurtamento do sarcômero e menor maciez do músculo (OWENS; SAMS, 1997). Resultados semelhantes foram observados por CLAUS et al. (2001) na maciez de frangos.

Na Figura 13, estão representados os valores referentes à perda por cocção, outro parâmetro analisado para o controle e determinação da força de cisalhamento, ao longo da conversão do músculo para carne e a comparação dos resultados entre os músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* de perus.

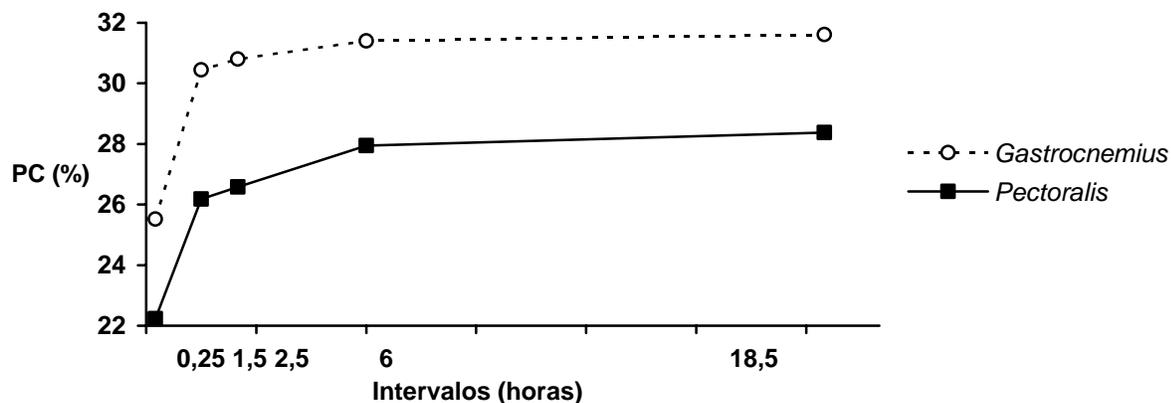


Figura 13 - Valores médios da perda de peso pelo cozimento dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* em relação ao tempo após a sangria.

A perda de peso por cocção nos diferentes intervalos de tempo caracterizou-se como significativamente menor na primeira verificação (0,25 horas) para ambos os músculos, sendo 25,52% para *Gastrocnemius* e 22,33% para *Pectoralis*, aumentando até o final do processo de *rigor mortis*, atingindo 31,61% e 28,38%, na mesma ordem (Tabela 2). Estes resultados são superiores aos citados por Owens e Sams (1997) que determinaram média de perda por cozimento de dezoito músculos *Pectoralis* de perus de 10,87% sendo correspondente ao período de duas horas *pos-mortem*, 11,04% nas oito horas e 13,91% em 24 horas *pos-mortem*. Enquanto Papinaho e Fletcher (1996) para *Pectoralis major* de frangos relataram perda de 25,0% em 0,2 horas e 31% em 24 horas *pos-mortem*. Assim como, Alvarado e Sams (2000b) que encontraram em carne de frango 20,37% no início (0,25h) e 32,55% no final do *rigor mortis* (24h) e Hullanco (2004) que relatou em coxa de frango, correspondendo a 26% em cinco horas e 27,7% em 24 horas após a sangria, não diferindo significativamente entre si.

Santos (2006) verificou que a perda de peso por cocção nos diferentes intervalos de tempo foi significativamente maior na primeira verificação (0,5 hora), sendo de 30,33%, para *Gastrocnemius*

internus e 34,22% para *Fibularis longus*, diminuindo até o final do processo de *rigor mortis*, atingindo 24,83% e 26,83%, na mesma ordem. Estes resultados são inferiores aos citados por Sales e Mellet (1996), que determinaram média de perda por cozimento de músculos de avestruzes de 35,8%, sendo correspondente ao *Gastrocnemius internus*, enquanto Van Schalkwyk et al. (2005), para *Gastrocnemius internus* relataram perda de 30,8% e média de 35,5% referente a seis músculos analisados. Entretanto, Lanza et al. (2004) encontraram 24,95% para essa medida de qualidade da carne de avestruz, valores próximos aos encontrados por Santos (2006).

Em relação à carne bovina, os valores encontrados foram de 20,7% por Destefains et al. (2000); 23,6% por Fiems et al. (2003); 30,84%; por Gessink et al. (2001); 23,3% por Kerth et al. (2003) e 25,39% por Wallace et al. (1999).

A perda de peso no cozimento das carnes constitui uma prova de controle para a determinação da força de cisalhamento, pois existe uma forte correlação entre elas (HONIKEL, 1986).

4.2 IRRADIAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA CARNE CONGELADA DE PERU

4.2.1 Análises Bacteriológicas

Os valores das contagens de bactérias psicrotróficas das amostras da carne de peru, segundo os diferentes métodos de conservação e tempos de estocagem, estão representados na Tabela 3 e Figura 14.

Tabela 3 - Contagens médias de bactérias psicrotróficas (log₁₀ UFC/cm²) em peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias).

| Tratamento | Tempo de Estocagem | | | |
|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 005 dias | 180 dias | 360 dias | 540 dias |
| Controle | 3,44 ± 0,33 ^{bA} | 6,93 ± 0,35 ^{aA} | 6,64 ± 0,48 ^{aA} | 6,61 ± 0,40 ^{aA} |
| 1kGy | 1,34 ± 0,67 ^{bB} | 5,44 ± 0,68 ^{aB} | 5,33 ± 0,45 ^{aB} | 5,30 ± 0,30 ^{aB} |
| 3kGy | 1,15 ± 0,35 ^{bC} | 4,32 ± 0,53 ^{aC} | 4,38 ± 0,57 ^{aC} | 4,30 ± 0,55 ^{aC} |

^{a, b, c} Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

^{A, B, C} Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

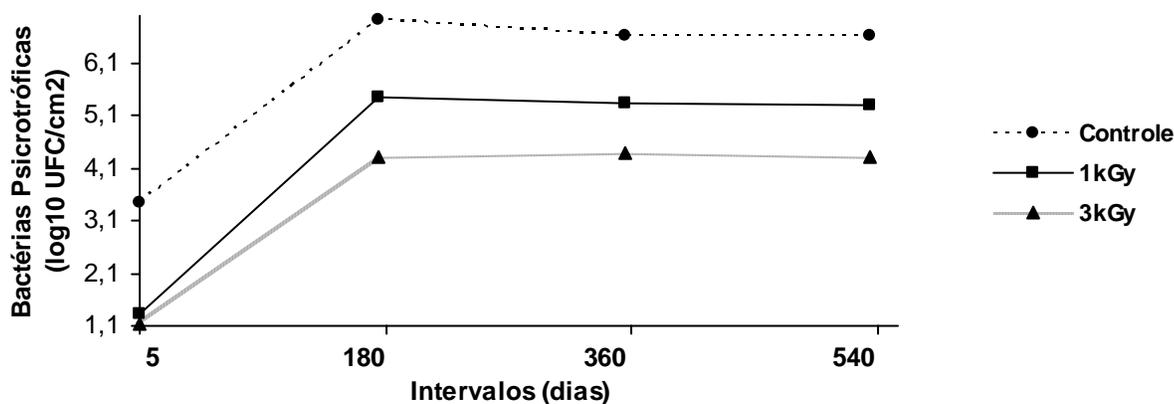


Figura 14 - Valores médios da contagem de bactérias psicrotróficas (\log_{10} UFC/cm²) em peito de peru controle, irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem.

Bactérias psicrófilas como *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* e *Aeromonas sobria* são microrganismos causadores de doenças de origem alimentar que podem se desenvolver em alimentos refrigerados em temperaturas abaixo de 0°C (RADOMYSKI et al., 1994). Lechowich (1988) apresentou dados indicando a incidência de *L. monocytogenes* em 50-70% em amostras de carnes frescas de bovino e de aves e 5-12% em produtos cárneos processados. Grau e Vanderlinde (1992) encontraram *Listeria* em 93 de 175 amostras (53%) provenientes de carnes embaladas a vácuo, nas quais valores superiores a 1000 UFC/g foram encontrados em sete amostras.

A qualidade e o prazo de vida comercial da carne de aves são afetadas por vários fatores como a contaminação microbiana inicial e a temperatura de estocagem. O armazenamento em baixas temperaturas, que inibem o crescimento microbiano apresenta como principal desvantagem o seu custo elevado além das possíveis perdas da qualidade da carne. Como alternativa para estes problemas, novas técnicas, como a irradiação, são capazes de prolongar o prazo de vida comercial da carne de aves armazenadas em temperaturas de $\pm 0^{\circ}\text{C}$ (MAXCY, 1982; WIERBICKI, 1985).

Comparando os resultados obtidos na contagem de bactérias psicrotróficas, verifica-se que o processo de radiação foi eficaz, uma vez que conseguiu diminuir significativamente a microbiota das amostras irradiadas na dose de 1kGy. O mesmo pode ser observado naquelas amostras submetidas à dose de irradiação de 3kGy, resultando na diminuição mais acentuada da microbiota em todos os períodos de estocagem analisados. Observando os resultados desde o início até o final do período de estocagem, observa-se que o crescimento bacteriano acompanhou o tempo de estocagem, em todos os

tratamentos realizados, no entanto, na comparação do efeito do tempo, pode-se observar que nas amostras irradiadas com dose de 3kGy, a contagem foi reduzida.

Os valores médios também demonstram que não houve diferença significativa ($P>0,05$) nos grupos controle, 1kGy e 3kGy na contagem resultante, desde os 180 dias aos 540 dias de estocagem. Este efeito é provavelmente causado pelo fato das bactérias psicrotróficas serem capazes de permanecerem ainda viáveis a -18°C , no entanto, nesta temperatura de congelamento, o crescimento dos microrganismos psicrotróficos é prejudicado (COUSIN et al., 2001; JAY, 1994).

A contagem de bactérias psicrotróficas em carne de peru congelada não irradiadas foi similar aos cinco dias de estocagem ao valor de $2,5 \log_{10}$ UFC/g encontrado por Thayer e Boyd (2000) em carnes de perus em embalagens permeáveis ao ar, com 30% de CO_2 e 53% de CO_2 resfriadas a 7°C e armazenadas por 30 dias. No presente estudo, os resultados foram semelhantes aos obtidos nas contagens bacteriológicas da carne de frango congelada. Os valores da contagem do grupo não irradiado, com 360 dias de armazenamento, foram semelhantes ao valor de $5,8 \log_{10}$ UFC/g da carne de frango congelada encontrado por Prachasitthisakdi et al. (1983).

Em relação aos valores observados nas amostras irradiadas, também ocorreu redução significativa nos valores obtidos, proporcionalmente à dose, variando de $6,61 \pm 0,40 \log_{10}$ UFC/cm² e $4,30 \pm 0,55 \log_{10}$ UFC/cm² correspondendo a 1 kGy e 3 kGy ao final do armazenamento. Prachasitthisakdi et al. (1983) comprovaram que o uso da radiação possui efeitos benéficos no controle da contagem de bactérias aeróbias psicrotróficas, pois em amostras irradiadas com 1, 2, 3 e 4kGy os valores das contagens corresponderam a $5,7 \log_{10}$ UFC/g; $4,0 \log_{10}$ UFC/g; $< 2,8 \log_{10}$ UFC/g e $< 1,8 \log_{10}$ UFC/g, respectivamente. Miyagusku et al. (2003) verificaram que contagens entre $6,6 \log_{10}$ UFC/g e $8,4 \log_{10}$ UFC/g em cortes de frangos refrigerados, determinaram a formação de limosidade e odor desagradável entre o 5º e 8º dias de estocagem, no entanto amostras irradiadas com 2,5 e 3,0 kGy alcançaram tais valores somente no 15º e 22º dias de estocagem respectivamente, onde foram observadas as mesmas características sensoriais. Todas as pesquisas acima mencionadas compararam amostras de carnes submetidas à irradiação com diferentes doses e não irradiadas, concluindo que a irradiação, consegue retardar o processo de deterioração da carne por meio da inibição das bactérias psicrotróficas proporcionalmente à dose utilizada.

Kanatt et al. (2005) verificaram que produtos derivados de carne de frangos irradiados com 1, 2 e 3 kGy apresentaram aumento do prazo de vida comercial em duas semanas, quando comparados com os produtos não irradiados. Estudando a carne mecanicamente separada, Gomes et al.

(2003) comprovaram que a contaminação foi da ordem de 6,68 log₁₀ UFC/g, capaz de causar elevado grau de deterioração no 6º dia de estocagem em temperatura de 2°C, entretanto nas amostras irradiadas com doses de 3 kGy e 4 kGy, com 12 dias de estocagem, as contagens foram de 7,04 log₁₀ UFC/g e 6,61 log₁₀ UFC/g, respectivamente. No entanto, Alvarez-Astorga et al. (2002) estudaram a contagem de bactérias psicrotróficas em coxas e asas de frango estocadas a 2°C e encontraram valores de 7,07 log₁₀ UFC/cm² e 7,21 log₁₀ UFC/cm², sem detectarem alterações no aroma.

Com base nos resultados dos três tratamentos durante os períodos de estocagem, verificou-se que a higiene em todas as etapas de abate, na manipulação, na embalagem a vácuo, no resfriamento e posterior congelamento a -18°C durante todo o período de estocagem, foi decisivo para a conservação da carne de peru durante 540 dias, sem alterações sensoriais resultantes da contaminação pelas bactérias psicrotróficas, demonstrando importante contribuição da irradiação na redução desta microbiota.

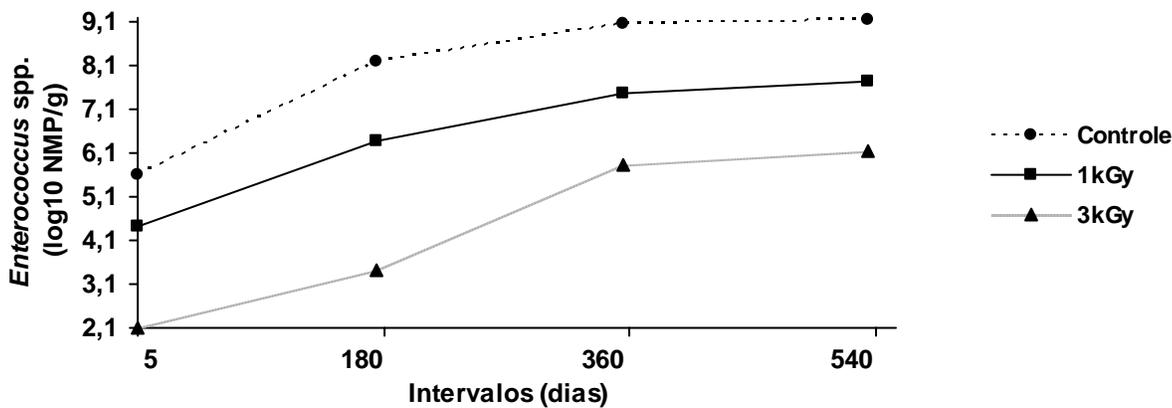
Na Tabela 4 e Figura 15, estão apresentados os resultados das contagens de bactérias *Enterococcus* spp. de acordo com os diferentes métodos de conservação e o tempo de estocagem.

Tabela 4 - Enumerações médias de bactérias do gênero *Enterococcus* spp. (log₁₀ NMP/g) em peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias).

| Tratamento | Tempo de Estocagem | | | |
|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 005 dias | 180 dias | 360 dias | 540 dias |
| Controle | 5,61 ± 0,66 ^{cA} | 8,20 ± 0,83 ^{bA} | 9,06 ± 0,15 ^{aA} | 9,15 ± 0,28 ^{aA} |
| 1kGy | 4,40 ± 0,92 ^{cB} | 6,36 ± 0,41 ^{bB} | 7,45 ± 0,35 ^{aB} | 7,75 ± 0,58 ^{aB} |
| 3kGy | 2,10 ± 0,51 ^{cC} | 3,44 ± 0,32 ^{bC} | 5,81 ± 0,70 ^{aC} | 6,14 ± 0,48 ^{aC} |

^{a, b, c} Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

^{A, B, C} Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).



109

Figura 15 - Valores médios da enumeração de bactérias do gênero *Enterococcus* spp. (log₁₀ NMP/g) em peito de peru controle, irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem.

Em relação à análise de *Enterococcus* spp., houve o efeito significativo ($p < 0,05$) da irradiação, com a enumeração diminuindo com a aplicação de maior dose de radiação, enquanto que, durante o período de estocagem, ocorreu o aumento significativo das contagens. Ainda não existe, no Brasil, legislação determinando limites para esse grupo de bactérias em alimentos, sendo sua notificação como possível agente de doenças transmitidas por alimentos relativamente recente.

Enterococcus spp., se apresentam sob a forma de cocos Gram-positivos e catalase negativo. A presença de *Enterococcus* spp., como indicadores de contaminação fecal é valorizada por diversos autores, entre os quais Aarestrup (1995); Devriese et al. (1996); Endtz et al (1997), principalmente pela sua resistência a várias situações adversas ao crescimento bacteriano tais como a elevada salinidade, desidratação, utilização de detergentes e desinfetantes, congelação, pH ácido e aquecimento. Sua presença é um indicativo da ocorrência de falhas higiênico sanitárias que ocorreram na matéria prima e/ou no processamento, que podem comprometer o prazo de vida comercial e resultar em riscos à saúde pública.

Nesta pesquisa, as enumerações de *Enterococcus* spp. diminuíram de acordo com a dose de radiação gama, para estas bactérias a radiação atingiu o objetivo, com base na redução da contaminação da carne de peru irradiada. Os valores corresponderam a $5,61 \pm 0,66$ log₁₀ NMP/g, $4,40 \pm 0,92$ log₁₀ NMP/g e $2,10 \pm 0,51$ log₁₀ NMP/g encontrados em peitos de perus congelados (controle), congelados e irradiados com 1kGy e 3kGy, respectivamente, no início da estocagem. O valor da contagem das amostras congeladas e irradiadas com 3kGy foi similar à média encontrada por Ma e Maxcy (1981) em carcaças de perus congeladas igual à 2,0 log₁₀ UFC/g.

Esses valores são similares aos encontrados por Badr (2004) que verificou aumento na enumeração de *Enterococcus* spp. nas amostras controle durante a estocagem, superiores nas carcaças de coelho, que nas amostras submetidas a 1,5kGy e 3kGy.

Oliveira et al. (1999), avaliando amostras de hambúrguer de frango congelado, encontraram valores de 1,97 log₁₀ NMP/g a 3,04 log₁₀ NMP/g, semelhantes aos dos grupos irradiados com 3kGy aos cinco dias e 180 dias de estocagem. No entanto, valores maiores foram encontrados por Santos et al. (2005), de 6,6 log₁₀ NMP/g, em amostras inteiras e, 9,0 log₁₀ NMP/g, em amostras moídas de acém bovino.

4.2.2 Atividade Água (Aa)

Na Tabela 5, podem ser verificados os valores da determinação da atividade de água em amostras de carne de peru submetida a diferentes métodos de conservação em relação ao tempo de estocagem.

Tabela 5 - Valores médios da análise de determinação da Aa (atividade de água) em peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias).

| Tratamento | Tempo de Estocagem | | | |
|------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 005 dias | 180 dias | 360 dias | 540 dias |
| Controle | 0,98 ± 0,005 ^{aA} | 0,99 ± 0,006 ^{aA} | 0,99 ± 0,006 ^{aA} | 0,99 ± 0,005 ^{aA} |
| 1kGy | 0,98 ± 0,008 ^{aA} | 0,98 ± 0,014 ^{aA} | 0,98 ± 0,014 ^{aA} | 0,98 ± 0,008 ^{aA} |
| 3kGy | 0,98 ± 0,010 ^{aA} | 0,98 ± 0,008 ^{aA} | 0,99 ± 0,010 ^{aA} | 0,98 ± 0,010 ^{aA} |

^a Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

^A Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

Ficou evidenciado que não houve efeito do tempo de estocagem e do processo de irradiação sobre a Aa (p>0,05), nos valores, que foram em média de 0,98. Portanto, tudo indica que a radiação gama não alterou significativamente a capacidade de retenção de água da proteína da carne de peru, e os procedimentos de congelamento, da embalagem a vácuo e a manutenção da temperatura de congelamento durante os 540 dias de estocagem foram bem sucedidos independentemente do grau de contaminação, como ficou demonstrado pela manutenção da atividade de água da carne, sem perda por evaporação, observada em condições inadequadas de estocagem. Tal resultado é igual ao de Sipahioglu

et al.(2003) correspondendo ao valor médio de 0,98 observado em carnes. Sobre esta questão Pardi et al. (2001) e Ordóñez et al. (2005), consideraram que a atividade de água da carne fresca encontra-se na faixa de 0,98, considerada como a faixa mais adequada para o crescimento microbiano, sendo necessária a utilização de outras condições que dificultem a contaminação microbiana.

4.2.3 Análises da Estabilidade Lipídica

Existem dois tipos de alterações degradativa dos lipídios, a hidrolítica e a oxidativa. A primeira refere-se à reação de hidrólise com a produção de ácidos graxos livres. Esta reação pode ser catalisada por lipases presentes em grãos oleaginosos e alimentos, ou produzidas por microrganismos (FENNEMA, 1993). Já a deterioração oxidativa é, sob o ponto de vista da qualidade de óleos e gorduras, a mais importante e a que ocorre na maioria dos alimentos.

A oxidação de lipídios pode ser iniciada por espécies endógenas (H_2O_2 , ROOH) e radicais (O_2 , ROO \cdot , \cdot OH, GS \cdot) ou por espécies exógenas (1O_2 , O_3), radicais (NO $_x$, SO $_3$ \cdot^-) e agentes (UV, radiação ionizante e calor) (GRAY et al., 1996). Alguns metais são conhecidos por serem pró-oxidantes, mesmo quando há presença de traços; calor também é um grande acelerador da oxidação, especialmente em temperaturas acima de 60°C, a partir da qual, foi estimado que para cada acréscimo de temperatura da ordem de 15°C, a velocidade da reação de oxidação dobra (MORRISEY et al., 1998).

Durante os processos de armazenamento, cuidados com a prevenção da oxidação dos lipídios devem ser tomados, pois pode haver comprometimento na identificação dos componentes da fração lipídica.

Com o objetivo de avaliar a estabilidade lipídica, foram realizadas análises que quantificam as substâncias resultantes do processo de oxidação lipídica, tais como as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico e o índice de peróxido.

Nas Tabelas 6 e 7 e nas Figuras 16 e 17, estão representados os valores da análise de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – TBARS (mgMal/Kg) e determinação do índice de peróxido – IP (mEq/Kg) respectivamente em amostras de peru distribuídas em três grupos de diferentes tratamentos de conservação em diferentes tempos de estocagem.

Tabela 6 - Valores médios das análises de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – TBARS (mg Mal/kg) em peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1 kGy e 3 kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180dias, 360 dias e 540 dias).

| Tratamento | Tempo de Estocagem | | | |
|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 005 dias | 180 dias | 360 dias | 540 dias |
| Controle | 0,52 ± 0,01 ^{dC} | 0,76 ± 0,01 ^{cC} | 1,12 ± 0,07 ^{bC} | 1,21 ± 0,07 ^{aC} |
| 1kGy | 0,62 ± 0,01 ^{dB} | 0,87 ± 0,01 ^{cB} | 1,28 ± 0,03 ^{bB} | 1,37 ± 0,03 ^{aB} |
| 3kGy | 0,99 ± 0,04 ^{dA} | 1,31 ± 0,03 ^{cA} | 1,86 ± 0,02 ^{bA} | 1,95 ± 0,04 ^{aA} |

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

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

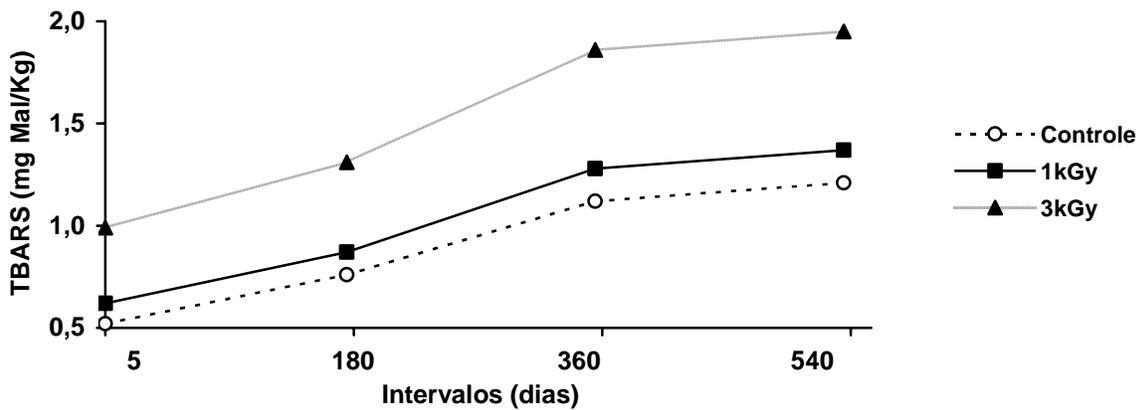


Figura 16 - Valores médios do número de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico em peito de peru controle, irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem.

Tabela 7 – Valores médios da determinação do índice de peróxido – IP (mEq/kg) em peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3 kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias).

| Tratamento | Tempo de Estocagem | | | |
|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 005 dias | 180 dias | 360 dias | 540 dias |
| Controle | 1,15 ± 0,07 ^{dC} | 1,50 ± 0,05 ^{cC} | 2,45 ± 0,05 ^{bC} | 2,90 ± 0,05 ^{aC} |
| 1kGy | 1,44 ± 0,04 ^{dB} | 1,84 ± 0,03 ^{cB} | 2,55 ± 0,04 ^{bB} | 3,05 ± 0,04 ^{aB} |
| 3kGy | 1,72 ± 0,03 ^{dA} | 2,20 ± 0,04 ^{cA} | 2,87 ± 0,06 ^{bA} | 3,37 ± 0,06 ^{aA} |

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

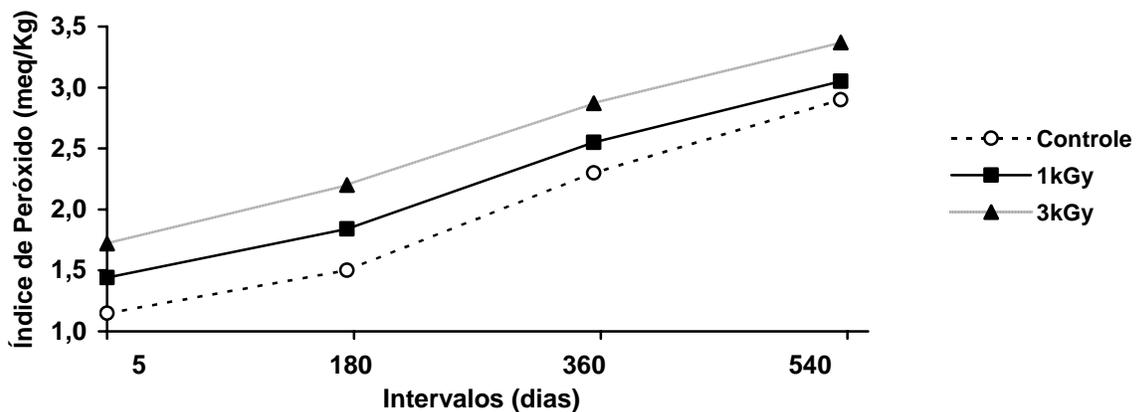


Figura 17 - Valores médios do índice de peróxido em peito de peru controle, irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem.

Os valores desta pesquisa demonstraram que o processo de irradiação acelerou a oxidação lipídica de maneira significativamente e proporcional às doses utilizadas ($p < 0,05$).

A estocagem também determinou o aumento da oxidação lipídica, apresentando valores crescentes ($p < 0,05$) nos quatro períodos de estocagem estudados, tanto para os valores de TBARS quanto para o índice de peróxido. Conforme descreve Ferreira (1999), as alterações resultantes da oxidação da gordura da carne estão relacionadas com as características intrínsecas do próprio alimento, assim como das condições do ambiente onde ocorreu o processamento, principalmente com relação à temperatura e dose utilizada.

Os valores observados neste estudo concordam com os divulgados por Hampson et al. (1996), que verificaram a influência da irradiação, utilizando diferentes doses até 10kGy, na oxidação lipídica de amostras de carne de diferentes espécies tais como suína, ovina, bovina, peito e coxa de peru

detectando valores crescentes para a análise de TBARS, proporcionais com o aumento da dose, particularmente em cortes de coxa de peru, não diferindo das demais espécies, porém não observaram diferenças significativas ($p > 0,05$) no índice de peróxido nas diferentes doses de irradiação nem efeito de espécies. Nam et al. (2003) analisaram as alterações ocorridas na fração lipídica de peito de peru refrigerado com doses de até 2,5kGy, e constataram que a irradiação potencializou a oxidação lipídica com 2,5kGy, encontrando valores de TBARS de 0,28 mgMal/kg em amostras no início da estocagem, tempo 0 (zero) e 1,24 mgMal/kg aos sete dias sob refrigeração. Para Nam e Ahn (2002), em carnes armazenadas em embalagens permeáveis ao ar, os valores de TBARS foram maiores nas amostras irradiadas do que nas não irradiadas e a estocagem também alterou o TBARS. No entanto, a irradiação e o tempo de estocagem não afetaram os valores de TBARS em amostras embaladas a vácuo. Resultados concordantes com Nam e Ahn (2003) em peito de peru irradiado e refrigerado, nas carnes irradiados com dose de 3kGy, embaladas a vácuo, a oxidação lipídica foi menor do que naquelas em contato com o ar no início dia 0 (zero).

Muitos métodos têm sido utilizados para avaliar a qualidade dos lipídios. O índice de peróxido é um dos métodos utilizados para determinar o estado oxidativo dos óleos e gorduras, por meio da quantificação dos hidroperóxidos, que são os principais produtos primários da oxidação, porém, seu uso é limitado aos estágios iniciais da oxidação, devido a instabilidade dos produtos analisados. É um método sensível e qualquer variação no procedimento pode alterar os resultados (MORRISEY et al., 1998). Segundo Rhee et al. (1996) o teor de peróxidos necessário para a percepção do ranço pode variar conforme a composição da gordura.

Os hidroperóxidos formados durante o processo de oxidação lipídica são essencialmente inodoros, contudo, eles se decompõem em uma grande variedade de compostos secundários voláteis e não voláteis. Dentre estes, os aldeídos são os que mais contribuem para a perda do aroma natural das carnes, devido à sua alta taxa de formação durante o processo de oxidação lipídica. De uma maneira geral, o aroma desenvolvido nas carnes armazenadas sob refrigeração pode ser atribuído mais ao encobrimento do seu aroma natural devido ao aumento do conteúdo de odores desagradáveis no material armazenado do que pela degradação do aroma original (GRAY et al., 1996).

A estabilidade oxidativa é uma importante característica na avaliação da qualidade de óleos e gorduras, entretanto Silva et al. (1999a) relataram que o índice de peróxido não é um bom indicador de oxidação para os ácidos polienólicos, pois uma considerável quantidade de produtos secundários são formados durante os primeiros estágios da oxidação.

Alguns pesquisadores como Engberg et al. (1996); Lin et al. (1989); Sheehy et al. (1994); relacionaram o efeito negativo do uso de dietas de aves contendo óleos oxidados com a presença de tóxicos, como os hidroperóxidos, resultantes das reações de oxidação lipídica, destruição de vitaminas e carotenóides lipossolúveis, diminuição da qualidade da proteína em decorrência da reação da proteína da dieta com os produtos da oxidação.

Os resultados desta pesquisa também concordam com Hampson et al. (1996) ao verificarem que a dose de 2,83kGy foi capaz de elevar significativamente ($p < 0,05$) o índice de peróxido, encontrando valores de 2,57 e 8,07 mEq/kg de carne em amostras de coxa e peito de peru, respectivamente. Javanmard et al. (2006) encontraram valores de índice de peróxido em carne de frango congelada de 0,72; 0,55; 0,303 e 1.20 mEq/kg, após a irradiação dos 3 aos 9 meses de estocagem, respectivamente.

Kim et al. (2002), ao estudarem carnes de diferentes espécies submetidas a doses de 3,0 a 3,7 kGy em presença de oxigênio, verificaram valores de TBARS superiores no final do período de estocagem a (7^o dia), quando comparado com o início, após a irradiação. Quando as carnes foram irradiadas com 3kGy e estocadas em embalagens permeáveis ao ar os valores de TBARS corresponderam a 0,82; 0,29 e 2,84 mgMal/kg para a carne de peru, suína e bovina, respectivamente e, quando irradiadas na mesma dose e embaladas a vácuo, apresentaram valores significativamente menores, correspondendo a 0,31; 0,18 e 0,83 mgMal/kg, respectivamente. Entretanto, nesse mesmo estudo, quando as amostras foram submetidas aos mesmos tratamentos e embaladas a vácuo, não houve diferença significativa ($P > 0,05$) dos valores de TBARS, desde o início até o final da estocagem (sete dias) em refrigeração. Concluindo, esse trabalho sugeriu que a embalagem a vácuo, contribuiu no retardamento do chamado “off-flavor” resultante da oxidação lipídica, principalmente nas carnes irradiadas.

Há muitos questionamentos em relação ao valor de TBARS ideal para considerar a carne como aceitável para o consumo humano. Como exemplo, Schormuller (1968) estabeleceu o valor limite de 5mgMal/kg para considerar qualquer produto como de boa qualidade e apto para ser consumido e ainda considerou que valores entre 7 e 8 mgMal/kg tornariam o produto sob o ponto de vista sensorial, inaceitável para o consumo. Em concordância, Xavier e Beraquet (1994) avaliaram o prazo de vida comercial da carne mecanicamente separada de frango e armazenada em refrigeração, concluíram que valores de TBARS entre 1 e 3 mgMal/kg não foi capaz de indicar o produto como sensorialmente rançoso, pois os julgadores não foram capazes de identificar até o 7^o dia de armazenamento a alteração provocada pela oxidação lipídica. Kanatt et al. (1997) consideraram como aceitável a carne de frango

irradiada a 2,5kGy apresentando valores de 4,34mgMal/kg, quando mantida por quatro semanas sob refrigeração. Dhilon e Maurer (2002) em carne mecanicamente separada congelada, devido ao elevado teor de lipídios, limitaram em seis meses o prazo de vida comercial referente à estabilidade lipídica, quando atingiu o valor de 3,9mgMal/Kg.

Existe uma relação bem fundamentada entre os valores médios de TBARS e as avaliações sensoriais da carne (BOUR et al., 2001). De acordo com Olivo e Shimokomaki (2002), produtos cárneos com índice de TBARS inferiores a 1,0mg/Kg, geralmente não apresentam sabores e odores residuais de ranço característico da oxidação lipídica. No entanto, Galvim et al. (1997) afirmaram que “off-flavors” podem ser detectados em carnes oxidadas a partir de valores de TBARS entre 0,5 e 2,0 mg/Kg de carne.

Os lipídios podem participar da reação de escurecimento não enzimático (reação de Maillard). O requerimento principal é a presença de grupos redutores, isto é, grupos carbonila, que são formados durante a oxidação de lipídios insaturados. No processo oxidativo dos ácidos graxos, compostos carbonílicos como aldeídos, peróxidos, epóxidos, ácidos graxos cíclicos, etc., são formados alterando o sabor, cor, textura e valor nutritivo dos alimentos (ADDIS, 1986). Em carnes, o processo de oxidação é intensificado pelo cozimento, que aumenta a velocidade do processo, produzindo o chamado “warmed-over-flavor” (WOF) que caracteriza o sabor de carne requentada em carnes pré-cozidas.

Por outro lado, em situações controladas, a reação de Maillard pode resultar na produção de compostos com características antioxidantes, chamados de antioxidantes “naturais”. Ahn et al. (2000a) demonstraram que a carne de peru, quando submetida a elevadas temperaturas, apresentaram menores valores de TBARS que amostras submetidas a aquecimento menos intenso, ocorrendo desta forma a formação de compostos antioxidantes na carne onde ocorreu a reação de Maillard em condições específicas.

Para Gracey et al. (1999), os valores de peróxido, quando inferiores a 5mEq/kg, indicam níveis aceitáveis para a estabilidade lipídica da carne, no entanto, valores maiores a este limite indicam que a oxidação lipídica tornou o produto inaceitável. Sheehy et al. (1994) relataram que, desde o ano de 1993, o Codex Alimentarius estabeleceu em 5mEq/kg, o limite máximo para qualquer óleo refinado. Entretanto, o Ministério da Saúde, em sua resolução nº 482 Brasil, (2001), estabelece o limite máximo de 10mEq/Kg par óleos vegetais comestíveis.

Todos os valores de TBARS e de índice de peróxido encontrados no presente trabalho, mesmo sendo proporcionais ($p < 0,05$) à dose de radiação e ao tempo de estocagem, estão abaixo dos limites

estipulados por Dhilon e Maurer (2002); Gracey et al. (1999); Kanatt et al. (1997); Schormuller (1968) e Xavier e Beraquet (1994), indicando que, mesmo em níveis elevados, não tornaram inaceitável a carne de peru irradiada com até 3kGy pelo prazo de até 540 dias.

4.2.4 Análise de Sanidade

Os resultados da determinação de pH das amostras de peito de peru de acordo com o método de conservação e durante os quatro intervalos de tempo até 540 dias de estocagem estão representados na Tabela 8 e Figura 18.

Tabela 8 – Valores médios do pH de peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1 kGy e 3 kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias).

| Tratamento | Tempo de Estocagem | | | |
|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 005 dias | 180 dias | 360 dias | 540 dias |
| Controle | 5,95 ± 0,09 ^{bA} | 5,98 ± 0,08 ^{bA} | 6,05 ± 0,08 ^{bA} | 6,12 ± 0,08 ^{aA} |
| 1kGy | 5,95 ± 0,08 ^{cA} | 5,97 ± 0,01 ^{cA} | 6,05 ± 0,01 ^{bA} | 6,11 ± 0,01 ^{aA} |
| 3kGy | 5,94 ± 0,08 ^{cA} | 5,96 ± 0,06 ^{cA} | 6,04 ± 0,05 ^{bA} | 6,11 ± 0,08 ^{aA} |

^a Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

^{A,B} Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

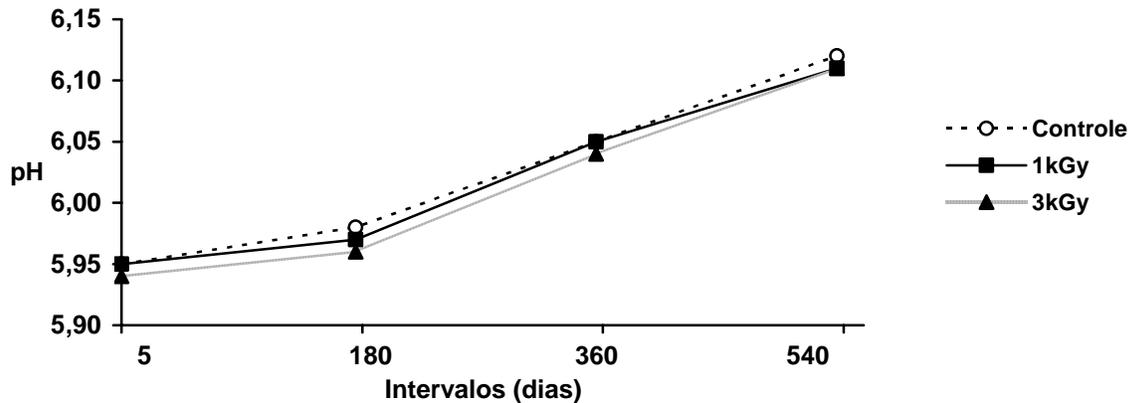


Figura 18 - Valores médios do pH em peito de peru controle, irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem.

Pode-se observar que houve alteração do pH da carne de peru de acordo com o tratamento, nos períodos dos cinco aos 360 dias de estocagem ($p > 0,05$) no grupo controle e nas amostras irradiadas dos cinco aos 180 dias de armazenamento. Essa alteração foi compatível com a observada por Chirite, (1993) que relatou a manutenção do pH em 5,82 em carne de peru refrigerada. Foram encontrados valores de pH 5,82 no início da estocagem sob refrigeração e, ao final de nove dias, 5,82 para amostras do músculo *Sartorius* de peru, portanto manutenção deste parâmetro no decorrer da estocagem. O valor de pH encontrado na carne irradiada com a maior dose, de acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 1999) não torna a carne imprópria para o consumo, de acordo com este parâmetro.

De acordo com o tempo de estocagem, o valor do pH aumentou desde o início (cinco dias) até o período final de realização das análises (540 dias) em todos os tratamentos, porém este valor ainda corresponde à faixa de variação de pH que caracteriza a carne própria para o consumo, quando considerado apenas este parâmetro (BRASIL, 1999).

4.2.5 Análise Instrumental de Cor

A variação da cor de acordo com o tratamento de irradiação e tempo de estocagem está na Tabela 9.

Tabela 9 – Valores médios dos parâmetros de L, a e b relativos à análise instrumental de cor em peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias).

| Tratamento | Tempo de estocagem | | | | |
|------------|--------------------|----------------------------|--|----------|----------------------------|
| | | 005 dias | | 540 dias | |
| Controle | L | 47,70 ± 0,50 ^{bA} | | L | 49,79 ± 1,77 ^{aA} |
| | a | 2,50 ± 0,20 ^{bC} | | a | 4,88 ± 0,28 ^{aC} |
| | b | 4,30 ± 0,29 ^{bA} | | b | 5,04 ± 0,39 ^{aA} |
| 1kGy | L | 43,62 ± 0,49 ^{bB} | | L | 45,90 ± 0,93 ^{aB} |
| | a | 3,80 ± 0,20 ^{bB} | | a | 8,28 ± 0,28 ^{aB} |
| | b | 4,10 ± 0,29 ^{bA} | | b | 5,02 ± 0,36 ^{aA} |
| 3kGy | L | 43,60 ± 0,49 ^{bB} | | L | 45,86 ± 0,93 ^{aB} |
| | a | 4,90 ± 0,20 ^{bA} | | a | 8,33 ± 0,28 ^{aA} |
| | b | 3,90 ± 0,29 ^{bA} | | b | 5,01 ± 0,36 ^{aA} |

^{a, b}Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

^{A, B, C}Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

Nesta análise, os resultados foram obtidos na forma de valores numéricos para os três parâmetros de cor: valor L, que representa a luminosidade da cor, escala de zero a 100 (0=preto e 100=branco). O valor de a representa uma escala de -80 até zero para a cor verde e de zero até +100, que corresponde à cor vermelha. Enquanto b, escala de -100 a zero corresponde a azul e valores positivos até +70, ao amarelo.

O valor de L diminuiu significativamente (p<0,05) nos grupos de carne irradiada, sem diferença significativa entres as doses de 1kGy e 3kGy (p>0,05), portanto, de acordo com os resultados expressos nesta pesquisa, o processo de irradiação alterou a luminosidade, escurecendo a cor da carne de peru. O valor de a também foi alterado devido à irradiação, principalmente na maior dose que tornou a carne mais vermelha. Este resultado, provavelmente, devido ao aumento das reações químicas ocasionadas pela radiação gama nas doses de 1kGy e 3kGy, capaz de alterar a mioglobina, resultando na formação de um pigmento que enegrece a carne irradiada, sendo sua formação proporcional à dose utilizada. Muitos autores estabeleceram que tal pigmento seja a carboxiemoglobina ou o monóxido de carbono-heme mioglobina, segundo Millar et al. (2000a); Millar et al. (2000b) e Nam e Ahn (2003) em seus relatos. Os valores de b* para os três tratamentos de conservação, não diferiram significativamente entre si (p>0,05).

A análise instrumental da cor de peru foi realizada em duas etapas, no início da estocagem (005 dias) e ao final (540 dias) e verifica-se que, por meio do valor de L, que a luminosidade aumentou significativamente ($p < 0,05$) no grupo controle e nas amostras submetidas à irradiação, o valor de a aumentou significativamente ($p < 0,05$), nos três grupos de amostras e b também aumentou ($p < 0,05$) em todos os tratamentos. Portanto, o tempo de estocagem ocasionou alteração na cor, principalmente na superfície analisada, convertendo-a para a cor próxima da cor “cor rósea escura”, resultante da formação do pigmento metamioglobina, formado em condição de anaerobiose prolongada durante o período de armazenamento, conforme relataram Pardi et al. (2001) e John et al. (2005), pois todos os cortes foram mantidos em embalagem a vácuo.

Estes resultados demonstram que, tanto as doses de radiação (1kGy e 3kGy) quanto o tempo de estocagem, interferem na cor da carne de peru, tornando-a mais escura. Estes resultados são semelhantes aos resultados encontrados em outras pesquisas, como a de Du et al. (2003), ao analisarem o peito de frango irradiado com 3kGy e estocado por sete dias a 4°C em embalagem à vácuo, encontraram valores crescentes de a*, no entanto decrescentes de b* e L* na carne irradiada enquanto que para as amostras controle, os valores de L* aumentaram. Destacando-se os valores de a* significativamente maiores ($p < 0,05$) na carne irradiada, durante todo o período de estocagem. Nanke et al. (1998) estudaram o efeito da irradiação em carnes de suíno, bovino e peru embaladas a vácuo e mantidas sob refrigeração durante 10 semanas, e concluíram que a irradiação aumentou significativamente ($p < 0,05$) os valores de a* na carne de peru. Doses entre 1,5kGy e 3,0kGy resultaram no desenvolvimento da cor vermelho-rósea em carne de peru, porém, em carne suína, o aparecimento dessa coloração só ocorreu nas doses entre 4,5kGy e 7,5kGy, que resultaram na formação do pigmento marrom na carne bovina.

Millar et al. (2000), em carne de coxa de frango, estudaram o uso da dose de 5kGy, armazenada a 4°C no período de sete dias, concluindo que no início da estocagem, os valores de L* não sofreram a ação do processo de irradiação, enquanto que os valores a* foram significativamente maiores nas amostras irradiadas, em relação ao grupo controle. Os valores de b* apresentaram aumento significativo nas amostras irradiadas comparados com o controle, discordando desta pesquisa. Esse achado sugere que a irradiação promove alteração na cor da carne de aves, tornando-a mais avermelhada, devido à maior produção do pigmento carboxiemoglobina, formado a partir da reação entre o CO (monóxido de carbono) com a mioglobina.

Concordando com esta pesquisa, Nam e Ahn (2003) verificaram que a irradiação em peito de peru resultou no aumento dos valores de a^* , obtendo valor de 2,5 para as amostras controle e de 3,5 para amostras irradiadas com 3kGy. Outro estudo que comprovou esta alteração foi realizada por Gomes et al. (2003) que encontraram valores de a^* maiores na carne mecanicamente separada de frango irradiada do que no controle no 4º dia de estocagem a 2°C. Resultando em valores de a^* de 15 e 16 nas amostras irradiadas com doses de 3 kGy e 4kGy, respectivamente e 12 nas não irradiadas. Os valores de L^* e b^* , permaneceram constantes em todos os tratamentos ao longo dos 12 dias de estocagem. Entretanto, para Nam e Ahn (2002) ocorreu aumento significativo ($p < 0,05$) nos valores de L^* das amostras de peito de peru, resfriadas, embaladas a vácuo e irradiadas com 2,5kGy, porém nas duas primeiras semanas, os valores de a^* nas amostras irradiadas foram maiores que no grupo controle e acompanharam o período de estocagem, concordando com os resultados da presente pesquisa em relação à influência da irradiação e do tempo de estocagem.

Hoffman e Fisher (2001) em aves abatidas com oito anos de idade, encontraram valores de L^* e de a^* menores e de b^* semelhantes, comparados com os resultados encontrados em carnes de aves com 14 meses de idade, indicando que, assim como a as carnes de bovinos e suínos, as carnes de aves, adquirem a coloração mais escura com aumento da idade, devido principalmente a maior deposição de mioglobina, conferindo coloração mais intensa. Nas aves abatidas com 14 meses de idade, os valores encontrados de L^* foram de 29,42; a^* de 5,48 e b^* 3,51.

4.2.6 Análise Sensorial

4.2.6.1 Teste de Aceitação

Com o objetivo de avaliar o “status afetivo” do produto, foi realizado o teste de aceitação referente a diferentes características sensoriais para verificar o grau de aceitação das amostras. Para tanto foi utilizada a escala hedônica de nove pontos, correspondendo ao número nove a opção “gostei extremamente” e a mínima, igual a um, “desgostei extremamente”.

4.2.6.1.1 *Aroma e Sabor*

Na Tabela 10 e Figuras 19, 20 e 21, estão representados os valores atribuídos à característica aroma da carne de peru, de acordo com o método de conservação e o tempo de estocagem.

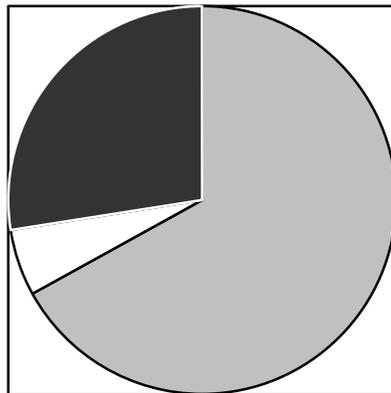
Tabela 10 - Valores médios do teste de aceitação sensorial referentes à característica aroma do peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias).

| Tratamento | Tempo de Estocagem | | | |
|------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | 005 dias | 180 dias | 360 dias | 540 dias |
| Controle | 6,37 ± 1,50 ^{aA} | 6,63 ± 1,54 ^{aA} | 5,80 ± 1,92 ^{abA} | 5,30 ± 1,56 ^{bB} |
| 1kGy | 6,53 ± 1,61 ^{Aa} | 6,50 ± 1,38 ^{aA} | 5,80 ± 1,75 ^{aA} | 6,07 ± 1,48 ^{aA} |
| 3kGy | 5,97 ± 1,96 ^{Aa} | 6,07 ± 1,48 ^{aA} | 6,13 ± 1,74 ^{aA} | 6,27 ± 1,91 ^{aA} |

^{a, b}Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

^{A, B}Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

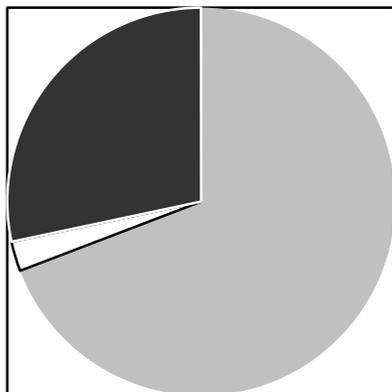
Aroma



□ gostei □ gostei nem desgostei ■ desgostei

Figura 19 - Valores médios da característica aroma do teste de aceitação em peito de peru controle, nos quatro tempos de estocagem.

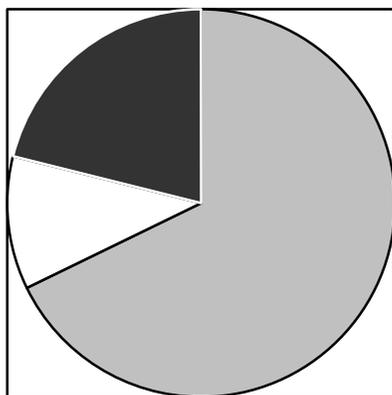
Aroma



■ gostei □ gostei nem desgostei ■ desgostei

Figura 20 - Valores médios da característica aroma do teste de aceitação em peito de peru irradiado com 1kGy, nos quatro tempos de estocagem.

Aroma



■ gostei □ gostei nem desgostei ■ desgostei

Figura 21 - Valores médios da característica aroma do teste de aceitação em peito de peru irradiado com 3kGy, nos quatro tempos de estocagem.

Observa-se que no grupo controle, não irradiado, houve a diminuição da aceitação do aroma dessa carne somente no final da estocagem (540 dias), nos demais intervalos de tempo, a aceitação deste atributo não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$). Com 540 dias de estocagem, o aroma

das amostras irradiadas foram mais aceitas quando comparadas com o controle. Pode-se concluir que nas amostras irradiadas mantiveram a qualidade sensorial dessas carnes quanto ao aroma acima da amostra controle e a irradiação não ocasionou o “off-odor” ou odor característico de carne submetida à radiação.

Esse efeito benéfico da irradiação foi detectado por Lacroix et al. (2002) que irradiaram carne suína embalada a vácuo com 6kGy e aos 43 dias não observaram alteração no atributo de aroma, enquanto nas amostras controle a análise sensorial teve que ser interrompida aos 28 dias de estocagem, em função da deterioração dessa carne. Em concordância, Al-Bachir e Mehio (2001) confirmaram que a irradiação com doses de até 4kGy não foram suficientes para promover alguma alteração sensorial, quanto ao aroma, em amostras de produtos cárneos. Ahn et al. (1997) também observaram que não houve diferença, em termos de aroma, em carne de peru irradiada com 4kGy, sendo considerada ótima dose para tais produtos. Como as doses aplicadas neste estudo foram de 1kGy e 3kGy, inferiores às mencionadas por esses autores, também não foram detectadas diferenças significativas no atributo sensorial de aroma.

Contrariando esses resultados Kim et al (2002); Miyagusku et al. (2003), concluíram que hidrocarbonetos, resultantes da radiólise de lipídeos, são os principais responsáveis pela percepção do odor de carne irradiada. Lee e Ahn (2005) verificaram, utilizando uma equipe sensorial com dez provadores treinados, que o “off-odor” ou “off-flavor” foi encontrado em carne irradiada de peito de peru. A intensidade de “off-odor” em amostras irradiadas foi duas vezes maior que nas amostras não irradiadas.

Nam e Ahn (2003) verificaram em peito de peru irradiado que a produção de substâncias voláteis diferente das encontradas em peito não irradiado. Substâncias voláteis formadas pela irradiação incluem metano tiol, metil etil etano, dimetil dissulfito, dimetil trissulfito, propanal, etc. O total de substâncias voláteis no peito de peru embalado a vácuo foi a metade do encontrado nas carnes em embalagens permeáveis ao ar, indicando que considerável quantidade de substâncias voláteis foram evaporadas durante a estocagem em contato com o ar. A principal substância volátil de carnes não irradiadas (controle) foi o dimetil sulfito. A maior produção de substâncias voláteis totais foi detectada em peito de peru irradiado embalado a vácuo.

Na Tabela 11 e Figuras 22, 23 e 24, estão os valores referentes às pontuações da escala hedônica do teste de aceitação sensorial para o atributo sabor em relação aos tempos de estocagem.

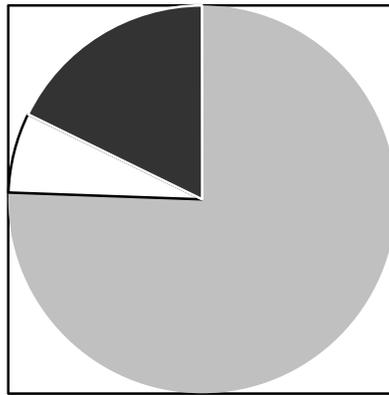
Tabela 11 - Valores médios do teste de aceitação sensorial referentes à característica sabor do peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias).

| Tratamento | Tempo de Estocagem | | | |
|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 005 dias | 180 dias | 360 dias | 540 dias |
| Controle | 6,90 ± 1,42 ^{aA} | 7,57 ± 1,14 ^{aA} | 7,23 ± 1,57 ^{aA} | 6,43 ± 1,50 ^{aA} |
| 1kGy | 7,07 ± 1,72 ^{aA} | 7,50 ± 1,11 ^{aA} | 6,70 ± 2,04 ^{aA} | 6,53 ± 1,63 ^{aA} |
| 3kGy | 5,63 ± 2,43 ^{bB} | 6,93 ± 1,41 ^{aA} | 7,03 ± 1,56 ^{aA} | 7,03 ± 1,10 ^{aA} |

^aMédias na mesma linha seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

^{A,B}Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

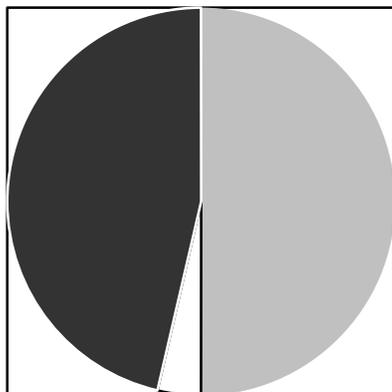
Sabor



■ gostei □ gostei nem desgostei ■ desgostei

Figura 22 - Valores médios da característica sabor do teste de aceitação em peito de peru controle, nos quatro tempos de estocagem.

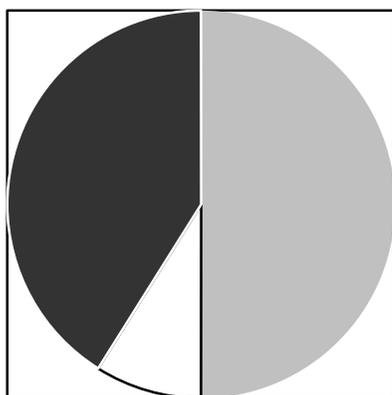
Sabor



■ gostei □ gostei nem desgostei ■ desgostei

Figura 23 - Valores médios da característica sabor do teste de aceitação em peito de peru irradiado com 1kGy, nos quatro tempos de estocagem.

Sabor



■ gostei □ gostei nem desgostei ■ desgostei

Figura 24 - Valores médios da característica sabor do teste de aceitação em peito de peru irradiado com 3kGy, nos quatro tempos de estocagem.

De acordo com a pontuação da escala hedônica de nove pontos, o processo de irradiação com 3kGy no início da estocagem (cinco dias) diminui significativamente ($p < 0,05$) a aceitação do sabor da carne de peru. Os resultados sugerem que ocorreu uma perda da qualidade sensorial quanto ao sabor

logo após a irradiação na amostra que sofreu a dose de 3kGy. Para Al-Bachir e Mehio (2001), a irradiação utilizando doses máximas de 4kGy não provocaram alterações sensoriais, quanto ao sabor, entre amostras de produtos cárneos. Santos (2006) também verificou que as doses de até 3kGy não interferiram nos atributos sensoriais de sabor da carne de avestruz. Essa menor aceitação do sabor no início da estocagem na dose de 3kGy pode ter sido influenciada devido à formação do “off-odor”, pois sabe-se que o sabor é uma sensação complexa que abrange o olfato, gosto e tato percebidos no momento da degustação (AL-BACHIR; MEHIO, 2001).

4.2.6.1.2 Cor e Impressão Global

Na Tabela 12 e Figuras 25, 26 e 27, estão os resultados das médias dos valores da escala hedônica em relação ao teste de aceitação referente à cor para os três tratamentos (controle, irradiada com 1kGy e irradiada com 3kGy) nos quatro tempos de estocagem.

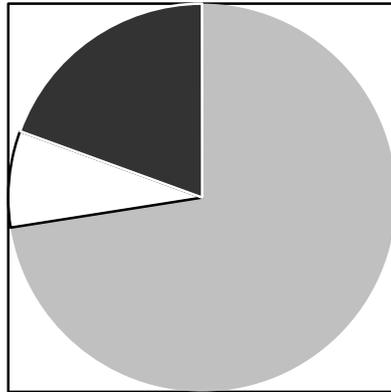
Tabela 12 - Valores médios do teste de aceitação sensorial referentes ao atributo cor do peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias).

| Tratamento | Tempo de Estocagem | | | |
|------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | 005 dias | 180 dias | 360 dias | 540 dias |
| Controle | 7,37 ± 0,96 ^{aA} | 7,80 ± 0,92 ^{aA} | 7,03 ± 1,54 ^{abB} | 6,27 ± 1,64 ^{bA} |
| 1kGy | 6,77 ± 1,91 ^{aA} | 7,00 ± 1,36 ^{aAB} | 6,87 ± 1,33 ^{aB} | 6,13 ± 1,85 ^{aA} |
| 3kGy | 6,43 ± 2,30 ^{aA} | 7,30 ± 1,15 ^{aB} | 7,60 ± 1,40 ^{aA} | 6,90 ± 1,42 ^{aA} |

^{a, b}Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

^{A, B}Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

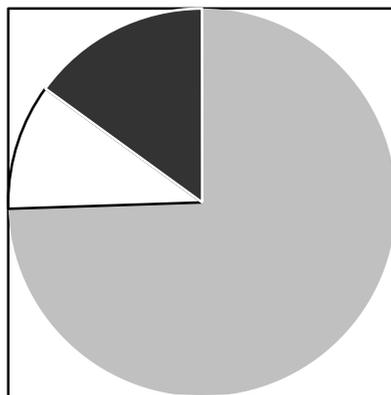
Cor



■ gostei □ gostei nem desgostei ■ desgostei

Figura 25 - Valores médios da característica cor do teste de aceitação em peito de peru controle, nos quatro tempos de estocagem.

Cor



■ gostei □ gostei nem desgostei ■ desgostei

Figura 26 - Valores médios da característica cor do teste de aceitação em peito de peru irradiado com 1kGy, nos quatro tempos de estocagem.

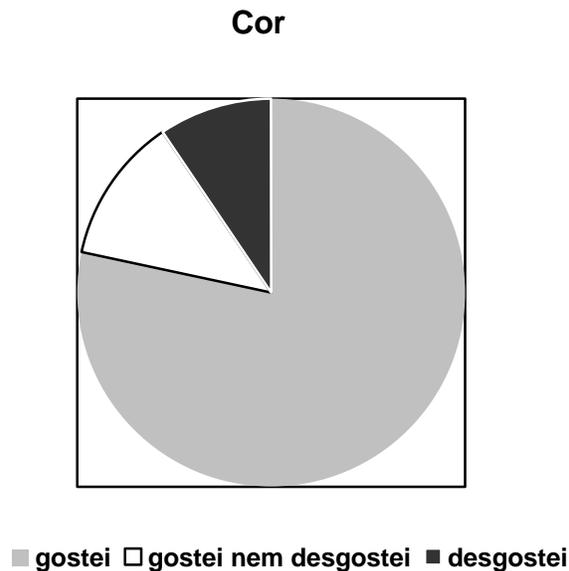


Figura 27 - Valores médios da característica cor do teste de aceitação em peito de peru irradiado com 3kGy, nos quatro tempos de estocagem.

Com 180 dias de estocagem, a amostra controle foi a mais aceita do que a irradiada com a dose de 3kGy, quanto a cor ($p < 0,05$). Com 360 dias de estocagem, observou-se uma maior aceitação dos consumidores quanto à cor rósea escura da amostra irradiada com dose de 3kGy, quando comparada com os demais tratamentos ($p < 0,05$).

Essa alteração também foi verificada por meio da análise instrumental de cor, já que com a maior dose no final da estocagem, a carne apresentou a cor mais escura, percebida pelos consumidores. A aceitação da cor da carne de peru de acordo com as médias, corresponde aos termos “gostei moderadamente” e “gostei muito”.

Segundo Nanke et al. (1998), os resultados do painel sensorial confirmaram as mudanças da cor observadas pelos valores da análise instrumental de cor. A aceitação da cor rosa da carne suína acompanhou a da carne de peru, proporcional à dose de irradiação. Os maiores valores da coloração rosa em carne suína e de peru foram obtidos nas doses de 7,5kGy e 4,5kGy, respectivamente. Os valores da cor vermelha de bovinos diminuíram ($p < 0,001$) com o aumento da dose até 7,5kGy. A cor marrom em amostras de suínos e peru diminuiu ($p < 0,001$) com o aumento da dose de irradiação, enquanto a cor marrom em amostras de bovino aumenta ($p < 0,001$) com o aumento da dose.

Du et al. (2003) encontraram valores da análise sensorial da cor compatíveis com a análise instrumental antes e após a irradiação em peito de frangos, concluindo que a irradiação aumentou a cor

vermelha e a preferência dos provadores para a cor da carne de frangos irradiados. Sugerindo que as mudanças na cor em frangos podem estar relacionadas com a produção do radical CO associado com a produção do “off-flavor” com o aumento do acetaldeído em produtos irradiados.

Na Tabela 13 e Figuras 28, 29 e 30, estão citados os valores referentes ao teste de aceitação da impressão global da carne de peru submetida a diferentes métodos de conservação e em diferentes tempos de estocagem.

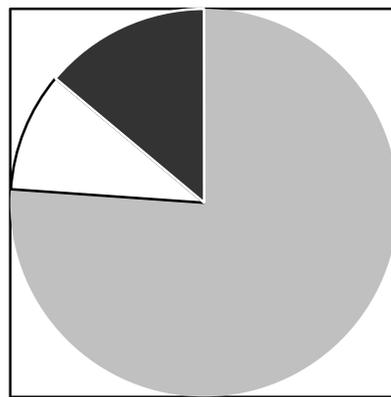
Tabela 13 - Valores médios do teste de aceitação sensorial referentes à impressão global do peito de peru congelado (controle), congelado e irradiado com 1kGy e 3kGy em relação ao tempo de estocagem (005 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias).

| Tratamento | Tempo de Estocagem | | | |
|------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | 005 dias | 180 dias | 360 dias | 540 dias |
| Controle | 6,90 ± 1,09 ^{abA} | 7,41 ± 1,09 ^{abA} | 7,00 ± 1,55 ^{aA} | 6,10 ± 1,37 ^{bB} |
| 1kGy | 6,67 ± 1,86 ^{aA} | 7,13 ± 0,97 ^{aAB} | 6,67 ± 1,75 ^{aA} | 6,53 ± 1,78 ^{aAB} |
| 3kGy | 5,83 ± 2,29 ^{bA} | 6,70 ± 1,37 ^{abB} | 7,10 ± 1,37 ^{aA} | 6,93 ± 1,11 ^{aA} |

^{a, b}Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

^{A, B}Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

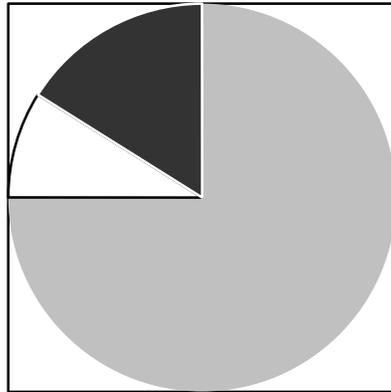
Impressão Global



■ gostei □ gostei nem desgostei ■ desgostei

Figura 28 - Valores médios da impressão global do teste de aceitação em peito de peru controle, nos quatro tempos de estocagem.

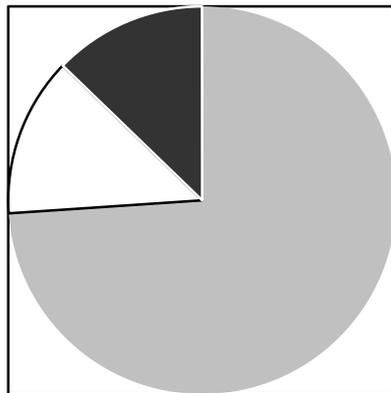
Impressão Global



■ gostei □ gostei nem desgostei ■ desgostei

Figura 29 - Valores médios da impressão global do teste de aceitação em peito de peru irradiado com 1kGy, nos quatro tempos de estocagem.

Impressão Global



■ gostei □ gostei nem desgostei ■ desgostei

Figura 30 - Valores médios da impressão global do teste de aceitação em peito de peru irradiado com 3kGy, nos quatro tempos de estocagem.

Com 180 dias de estocagem, a amostra controle foi a mais aceita do que a irradiada com a dose de 3kGy quanto a impressão global ($p < 0,05$). Com 540 dias de estocagem, a impressão global

das amostras irradiadas com dose de 3kGy foram mais aceitas, quando comparadas com as amostras controle. Nas amostras com 360 e 540 dias de estocagem as doses de irradiação de 1kGy e 3kGy mantiveram a qualidade sensorial das amostras quanto à impressão global acima da amostra controle. Santos (2006) confirmou que as doses de irradiação de 1kGy e 3kGy não interferiram no atributo de impressão global da carne de avestruz.

4.2.7 Dose de Radiação Aplicada nas Amostras Analisadas

A Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE) é uma técnica de identificação de alimentos irradiados que utiliza os radicais induzidos na hidroxiapatita do osso para diferenciar os tecidos irradiados e os não irradiados. O sinal induzido pela radiação no osso é um sinal estável, com uma elevada meia-vida, o que garante sua estabilidade inclusive para ser utilizado como elemento de datação de rochas com milhões de anos de formação. Segundo Kalman et al. (2000), a empresa AGROSTER desenvolveu um projeto de identificação de condimentos, tâmaras secas, nozes e uva passa irradiados com doses de 5,4 a 5,6 kGy em sete laboratórios da Europa. Outro projeto foi baseado na identificação de carne de aves irradiadas. O Instituto de pesquisas da Hungria foi quem deu início a estes estudos de identificação de alimentos irradiados e, posteriormente, a AGROSTER deu prosseguimento ao projeto.

Outra metodologia foi proposta por Villavicencio et al. (2004), baseada no estudo do DNA, que é muito sensível ao processo de irradiação, denominada de DNA Comet Assay. Esse método é um dos nove métodos de identificação adotado pelo Codex Geral de Alimentos, utilizado para carnes, peixes, grãos e frutas (CNEN, 2001).

No entanto, no RPE, a intensidade do sinal no osso é função da quantidade de conteúdo mineral ósseo, o que pode variar de amostra para amostra, mesmo considerando um único animal em diferentes pontos de amostragem. Dessa forma, embora a identificação das peças irradiadas seja possível pela presença ou não do sinal de CO_2^- , a determinação da dose aplicada requer um processo mais elaborado.

Normalmente, para se atingir essa finalidade, é utilizado o processo de doses aditivas. Esse processo consta da separação de uma alíquota de 100 a 200 mg de amostra de osso, limpo de matéria orgânica, seco e triturado com partículas da ordem de 1,0 mm. Essa amostra é levada ao espectrômetro

de RPE e medida a intensidade do sinal que corresponde a uma dose D_0 . Em seguida a amostra é irradiada com uma dose de radiação conhecida e nova medida é efetuada.

O processo é repetido cinco ou seis vezes e com isso obtemos a taxa de geração de radicais na amostra. Uma regressão linear nos pontos assim obtidos determina a dose inicialmente aplicada à amostra. Esse processo é utilizado nos testes de datação e em dosimetria retrospectiva em casos de acidentes nucleares.

Na Figura 31 estão os três sinais de espectro de ressonância paramagnética eletrônica (RPE) das amostras de osso de peru: amostras não irradiada, irradiada com 1kGy e irradiada com 3kGy durante 360 dias de estocagem.

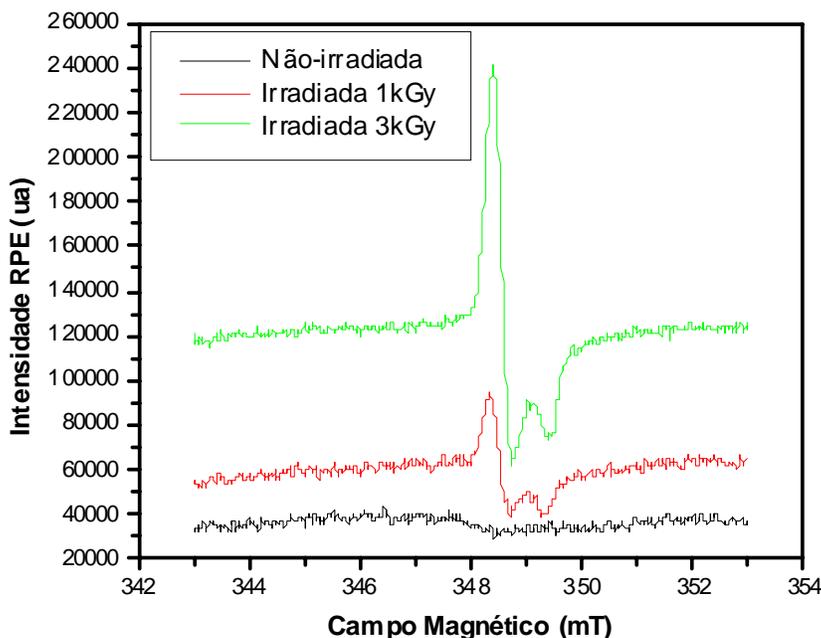


Figura 31. Espectros de Ressonância das amostras não-irradiada e irradiadas com doses de 1 e 3kGy obtidas para as amostras armazenadas por um período de 360 dias.

Os resultados obtidos nesse trabalho foram valores de dose variando de 619 Gy a 326 Gy para as amostras irradiadas com 1kGy nominal, e variando de 2097 a 1444 para as amostras irradiadas nominalmente com 3 kGy, o que significa em média menos de 50% dos valores nominais esperados (APÊNDICE 7.7).

Essa diferença pode ser explicada por uma ou mais das causas abaixo:

- A dose aplicada foi realmente menor do que a dose nominal

Embora o irradiador utilizado seja mapeado, com valores de dose conhecidos, seria possível que o valor de dose médio aplicado aos produtos tenha sido menor do que o valor nominal. Em termos de irradiação comercial, diferenças de 50% podem ser consideradas aceitáveis e até mesmo razoáveis, entretanto para irradiação em laboratório essa diferença deveria ser de no máximo de 15 a 20%. Além disso, os valores obtidos pelas análises microbiológicas demonstram a efetividade do processo de irradiação, mesmo para a dose de 1kGy nominal.

- O processo de doses aditivas falhou

O processo de doses aditivas é um processo mundialmente testado, reconhecido e utilizado para determinação de doses em amostras biológicas e fósseis com osso. O questionamento possível seria o de um decaimento do sinal durante o processo de armazenagem. Entretanto como as amostras foram estocadas a baixa temperatura é pouco provável que tenha ocorrido decaimento, embora a amostra inicial tenha apresentado os maiores valores de dose.

Outro fator que poderia ser levantado é de que os valores de dose aplicados durante o processo de doses aditivas estivesse errado. No entanto esses valores são determinados com uma precisão de 2 a 3%, o que garante sua exatidão.

Analisando as observações acima, é possível estabelecer que as diferenças foram possivelmente produzidas por uma irradiação com valores menores do que o esperado, combinado com uma eventual redução do sinal durante a estocagem. No entanto mais trabalhos de pesquisa devem ser efetuados para poder se afirmar qual dos fatores prevaleceu nesse processo.

5 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados experimentais do presente estudo pode-se concluir:

- o declínio da temperatura das carcaças de perus durante o resfriamento industrial ocorreu dentro dos padrões pré-estabelecidos;
- o valor do pH diminuiu no músculo *Pectoralis*, estabelecendo-se em 1,5 horas após a sangria até as 6,0 horas, sendo significativamente maior no músculo *Gastrocnemius*;
- a contração máxima do *rigor mortis*, caracterizado pelo menor comprimento de sarcômero e maior força de cisalhamento, se estabeleceu 15 minutos após a sangria nos dois músculos estudados;
- a perda de peso por cocção foi proporcional à força de cisalhamento, confirmando a relevância da capacidade de retenção de água na textura da carne, sendo maior no *Gastrocnemius*.
- a radiação gama foi eficiente para a inativação das bactérias psicrotróficas, de forma proporcional ao aumento da dose de 1kGy para 3kGy;
- as bactérias psicrotróficas apresentaram contagens crescentes em todas as amostras durante o período de estocagem, entretanto nas irradiadas a contagem foi inferior;
- as bactérias do gênero *Enterococcus* apresentaram diminuição na enumeração, principalmente quando as amostras foram irradiadas com doses de 3kGy, portanto a radiação gama foi eficiente na destruição dessas bactérias;
- as contagens das bactérias *Enterococcus* spp. foram maiores com o decorrer do tempo de estocagem;

- a atividade de água não apresentou diferença significativa com a dose de irradiação ou o tempo de estocagem;
- a oxidação lipídica foi proporcional à dose de irradiação e ao tempo de estocagem;
- a análise instrumental de cor revelou que o processo de irradiação e o tempo de estocagem proporcionaram alteração na cor da carne de peru, tornando-a mais rósea escura;
- os resultados de pH das amostras de carnes controle e irradiadas apresentaram-se apropriados para o consumo até o prazo máximo de estocagem deste experimento, de 540 dias;
- a carne de peru irradiada com 3kGy foi a que obteve a menor preferência, quando comparada com a carne não irradiada ou irradiada com 1kGy para a característica sabor no início da estocagem;
- conforme o teste de aceitação, as doses de irradiação de 1kGy e 3kGy não alteraram as características sensoriais de aroma e cor não interferindo na aceitação da impressão global;
- as carnes irradiadas de peru permaneceram aptas para o consumo durante todo o período de estocagem;
- a Ressonância Paramagnética Eletrônica foi usada para confirmação das doses de radiação absorvidas pelas amostras, indicando uma provável perda parcial dos sinais produzidos pela irradiação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AARESTROP, F. M. Occurrence of glycopeptide resistance among *Enterococcus faecium* isolates from conventional and ecological poultry farms. *Microbiology drugs Research*. v. 1, p. 255-257, 1995.

ABERLE, E. D.; FORREEST, J. C.; GERRARD, D.E.; EDWAR, W. M. *Principles of meat science*. 4. ed. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company, 2001, 354p.

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

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Análise sensorial dos alimentos e bebidas – terminologia – NBR 12806*. São Paulo: ABNT, 1993.

ADDIS, P. B. Occurrence of lipid oxidation products in foods. *Food Chemistry Toxicological*, v. 24, p. 1021-1025, 1986.

AGUIAR, A. P. S.; ANDRADE, J. C.; GODINHO, O. E. S.; BARONE, J. S. Qualidade da carne de frango criados em diferentes sistemas de produção. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 3., 2005, Campinas. *Anais...*Campinas: Centro de Tecnologia de Carnes, 2005.

AHN, D. U.; BURTON, G.; WEBB, A.; INGOLD, K. C. Quality characteristics of pork patties irradiated and stored in different packaging and storage conditions. *Meat Science*, v. 56, p. 203–209, 2000a.

AHN, D. U.; BLOOMFIELD, G. F.; SUNDARALINGAM, A.; SUTTON, D.A. Analysis of volatile components and the sensory characteristics of irradiate raw pork. *Meat Science*, v. 54, p. 209–215, 2000b.

AHN, D. U.; FISHWICK, M. J.; WRIGHT, A. J. Dietary vitamin E affects lipid oxidation and total volatiles of irradiated raw turkey meat. *Journal of Food Science*, v. 62, p. 954–958, 1997.

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

AL-KAHTANI, H. A.; ABU-TARBOUSH, H. M.; BAJABER, A. S. Chemical changes alter irradiation and post irradiation storage in tilapia and Spanish Mackerel. *Journal of Food Science*, v. 61, n. 4, p. 729-733, 1996.

ALMEIDA, I. C. L.; MENDES, A. A.; OLIVEIRA, E. G.; GARCIA, R. G.; GARCIA, E. A. Efeito de dois níveis de lisina e do sexo sobre o rendimento e qualidade da carne de peito de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 4, p. 1744 – 1752, 2002.

ALMEIDA, A. P. S. et al. Influência da espessura da lâmina Warner Bratzler na determinação da força de cisalhamento da carne. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 3., 2005, Campinas. *Anais...*Campinas: Centro de Tecnologia de Carnes, 2005.

ALVARADO H. M. B. *Aplicação de um sistema de classificação de carcaças e cortes e efeito do tempo pós abate na qualidade da carne de frango criados no sistema alternativo*. Piracicaba, 2004. 82p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

ALVARADO, C. Z.; SAMS, A. R. Rigor mortis development in turkey breast muscle and the effect of electrical stunning. *Poultry Science*, v.79, p.1694-1698, 2000a.

ALVARADO, C. Z.; SAMS, A. R. The influence of postmortem electrical stimulation on rigor mortis development, calpatatin activity, and tenderness in broiler and duck pectoralis. *Poultry Science*, v. 79, p. 1364-1368, 2000b.

ANTUNES, M, L. Criação de perus: a situação brasileira. *Conferência Apinco 2005 de Ciência e Tecnologia Avícolas*, p. 7-16, 2005.

APPLE, J. K.; RAKES, L. W.; WATSON, H. B. Cooking and shearing methodology effects on Warner-Bratzler shear force values of pork. *Journal of Muscle Foods*, v. 10, p. 269-277, 1999.

AVICULTURA INDUSTRIAL. Consumo em alta. 2006. Disponível em: www.aviculturaindustrial.com.br/artigos.

BADR, P. R. Irradiation to prevent foodborne illness. *Journal American Medicine Animal*, V. 271, N. 4, P. 261, 1994.

BAILEY, A. J.; SHIMOKOMAKI, M. S. *FEBS Lett.*, v. 16, p. 86, 1971.

BARBUT, S. Estimating the magnitude of the PSE problems in poultry. *Journal of Muscle Foods*, v. 9, p. 35-49. 1998.

BARBUT, S. Meat color and flavour. In: Poultry products processing: an industry guide. *Boca Raton*: CRC press, cap.13, p. 447-453. 2002.

BATES, E. M.; JORDENS, J. Z.; GRIFFITS, D. T. Farm animals as a putative reservoir for vancomycin resistant enterococcal infections in man. *Journal of Antimicrobiology. Chemother.* v. 34, p. 507-516, 1994.

BEHMER, O. A. et al. *Manual de técnicas para histologia normal e patológica*. São Paulo: EDART – Editora da USP, 1976, 239p.

BENEZ, S. M. Carnes das “aves de caça” e ovos: cuidados para o consumo. *Higiene Alimentar*. v. 11, n. 52, p. 6-13, 1997.

BERNARD, D. M.; ROBERT, J. H.; JOSEPH, G. S. Effect of antemortem electrical stunning on functional properties of turkey muscle. *Poultry Science*, v. 67, p. 1062-1068, 1988.

BERSET, C.; CUVELIER, M.-E.; *Sciences des Aliments*, 16, 219-10. 1996.

BILIGI, S. F., EGBERT, W. R., HUFFMAN, D. L. Effect of *post mortem* ageing temperature on sarcomere length and tenderness of broiler *Pectoralis major*. *Poultry Science*, v. 68, n. 11, p. 1588-1591, 1989.

BOARD, R.G.; GOULD, G.W. Future prospects. In: *Food Preservatives*. Ed. Russell. N.J. and Gould. G.W.) Blackie and Sons, Glasgow, p. 267-284. 1991.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. *Química do processamento de alimentos*. Livraria Varela, São Paulo, 143p. 2001.

BOUR, R.; FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G. H. S. Evaluation of warmed-over flavor during chill storage of cooked broiler breast, thigh and skin by chemical, instrumental and sensory methods. *Poultry Science*, v. 80, p. 800-807, 2001.

BOSELLI, E.; GANDHI, A. P.; JOSHI, K. C.; KRISHNA, J.; PARIBAR, D. C. Photooxidation of cholesterol and lipids of turkey meat during storage under commercial retail conditions. *Food Chemistry*, v. 91, p. 705-713, 2005.

BRASIL. LANARA – Laboratório Nacional de Referência Animal. Métodos Analíticos Oficiais para Controle de Produtos de Origem Animal e seus Ingredientes. Métodos Físicos e Químicos, Brasília – DF, 1981.

BRASIL. 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 nº 30.691 de 29-03-52, alterado pelos Decretos nºs 1.255 de 25-06-62, 1.236 de 02-09-94, nº 1.812 de 08-02-96 e nº 2,244 de 05-06-97). DIPOA-MAPA, Brasília-DF, 1997, 241p.

BRASIL, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. *Métodos Analíticos Físico-Químicos para Controle de Produtos Cárneos e seus Ingredientes – Sal e Salmoura – SDA*. Instrução Normativa nº 20, de 21/07/99, publicada no Diário Oficial da União, de 09/09/99. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria Nacional 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.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)*. Resolução – RDC nº 482, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre limites de índice de peróxido e acidez em óleos vegetais comestíveis.

BREWER, M. S.; HARBERS, C.A.Z. Effect of packaging on color and physical characteristics of ground pork in long term frozen storage. *Journal Food Science*. v. 56, p. 363–366, 1991.

BYRNE, C. E.; TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J. *Post mortem* changes in muscle electrical properties of bovine M. *Longissimus dorsi* and their relationship to meat quality attributes and pH fall. *Meat Science*, v. 54, n. 1, p. 23-34, 2000.

CAMPOS, F. P.; DOSUALDO, G. L.; CRISTIANINI, M. Utilização da tecnologia de alta pressão no processamento de alimentos. *Brazilian Journal Food Technolgy* v. 6, p. 351-357, 2003.

CASTERA-ROSSIGNOL, A.; BOSQUE, F. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *OCL*, v. 1, p.131. 1994.

CNEN 13784. Foodstuffs—DNA Comet Assay for the detection of irradiated foodstuffs—Screening method. European Committee for Standardization, Brussels. 2001.

CHIRIFE, J.; FAVETTO, G. Some physico-chemical basis of food preservation by combined methods. *Food Research International*. v. 25, p. 389-396. 1992.

CHIRITE, J. Physicochemical aspects of food preservation by combined factors. *Food Control*, p. 210-215, 1993.

CLAUS, J. R.; SCHILLING, J. K.; GRAY, J. L.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Hydrodynamic shockwave tenderization effects using a cylinder processor on early deboned broiler breasts. *Meat Sciene*. V. 58, p. 287-292, 2001.

COCKS, L. V.; VAN REDE, C. *Laboratory handbook for oil and fat analysis*. London: Academic Press, 1966. 419p.

COUPLAND, J. N.; MCCLEMENTS, D. J. *Trends Food Science. & Technology*. v. 7, p. 83. 1996.

COUSIM, M. A.; JAY, J. M.; VASADA, P. C. Psychrotrophic microorganisms In: DOWNES, F. P.; ITO, K. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. 4. ed. American Public Health Association (APHA), Washington, 2001. 676p. Cap. 13, p. 159-166.

CHRISTENSEN, M.; LARSEN, L. M.; PURSLOV, P. P. Effect of proteolytic enzyme activity and heating on the mechanical properties of bovine single muscle fibres. *Meat Science*, v. 66, p. 361-369, 2004.

CROSS, H. R.; WEST, R. L.; DUTSON, T. R. Comparison of methods for measuring sercomere length in beef *semitendinosus* muscle. *Meat Science*. v. 5, p. 261-266, 1981.

DRANSFIELD, W. D. Modeling post mortem tenderization-IV-role of calpain and calpastatin in conditioning. *Meat Science*, v. 34, p. 217-234, 1993.

DE PENNA, E. W. Métodos sensoriales y sus aplicaciones. In: ALMEIDA, T. C. A.; HOUGH, G.; DAMÁSIO, M. H.; DA SILVA, M. A. A. P. *Avances em análise sensorial*. São Paulo: Varela, 1999. 286p. cap. 1, p. 13-20.

DELLA MODESTE, R. C. *Manual de análise sensorial de alimentos e bebidas. Tomo I, Tomo II e Tomo III*. Rio de Janeiro: EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) – CTAA, 1994, 245p.

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

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

DEVINE, C. E., PAYNE, S. R.; PEACHEY, B. M.; LOWE, T. E.; INGRAM, J. R.; COOK, C. J. High and low *rigor* temperature effects on sheep meat tenderness and ageing. *Meat Science*, v. 60, p. 141-146, 2002.

DEVRIESE, L. A. et al. Presence of vancomycin-resistant enterococci in farm and pet animals. *Antimicrob. Agents Chemother*, v. 40, p. 2285-2287, 1996.

DHILON, A. S.; MAURER, A. J. Stability study of comminuted poultry meats in frozen storage. *Poultry Science*, v. 60, p. 141-146, 2002.

DIEHL, J. F. *Safety of irradiation food*. New York: Marcel Dekker Inc., New York, 345p., 1990.

- DRUMM, T. D.; SPANIER, A. M. Changes in the content of lipid autoxidation and sulfur-containing compounds in cooked beef during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 39, p. 336-434, 1991.
- DU, M.; NAM, K. C.; HUR, S. J.; ISMAIL, H.; AHN, D. U. Quality characteristics of irradiated chicken breast rolls from broilers fed different levels of conjugated linoleic acid. *Meat Science*, v. 63, p. 249-255, 2003.
- ENGBERG, R. M.; GUNSTONE, F. D.; NORRIS, F. A. The effects of irradiation on meat quality. *Poultry Science*, v. 75, p. 1003-1011, 1999.
- ENDTZ, H. P.; HANSON, S. W. F.; OLLEY, J. Fecal carriage of vancomycin-resistant enterococci in hospitalized patients and those living in the community in the Netherlands. *Journal Clinical Microbiology*, v. 35, p. 3026-3031, 1997.
- FARKAS, J. Irradiation as a method for decontaminating food—a review. *International Journal of Food Microbiology*, v. 44, n. 3, 189-204, 1998.
- FENEMMA, O. R. *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1993, 1095p.
- FERRARI, C. K. B. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. *Revista Nutrição*, v. 11, p. 3-14, 1999.
- FERREIRA, S. R. S. *Contribuição da tecnologia de irradiação de alimentos no fornecimento de segurança alimentar e nutricional*. Rio de Janeiro. 1999. 172p. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.
- FIEMS, O. L. et al. Carcass and meat quality in double-muscled Belgian bleu bulls and cows. *Meat Science*, v. 63, n. 3, p. 545-552, 2003.
- FREITAS, M. Q.; MANO, S. B.; PARDI, H. S. Correlação entre pH e comprimento de sarcômero em músculos de aves (*Gallus domesticus*) durante o processamento industrial para obtenção de carcaças resfriadas. *Higiene Alimentar*, v. 8, n. 33, p. 24-26, 1994.
- FREITAS, M. Q. *Análise Sensorial de Alimentos*. Centro de Ciências Médicas, Faculdade de Veterinária, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ, 2005, 81p.
- FUNG, D. Y. C. Microbiology of meats. In: GUERRA, E. C. A. (Ed.) *Avanços e perspectivas em tecnologia de carnes*. Campinas: Centro de Tecnologia de Carnes/Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1996. 179p. p. 31-37.
- GALVIN, K. et al. Effect of ionization radiation on the lipids. *British Poultry Science*, v. 38, p. 499-501, 1997.

- GEESINK, G. H. et al. Electrical stimulation-when more is less. *Meat Science*, v. 57, n.2, p. 145-151, 2001.
- GOMES, H. A.; SILVA, E. N.; CARDELLO, H. M. A. B.; CIPOLLI, K. M. V. A. Effect of gamma radiation on refrigerated mechanically deboned chicken meat quality. *Meat Science*, v. 65, n. 2, p. 919-926, 2003.
- GOULD, G.W.; JONES, M.V. Combination and synergistic effects. In: *Mechanisms of Action of Food Preservation Procedures* (Ed. Gould, G.W.) Elsevier Applied Science, London, p. 401-420. 1989.
- GRACEY, J.; COLLINS, D. S.; HUEY, R. *Meat Hygiene Saunders*, 10 ed. 407p. 1999.
- GRAY, J. L.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Science*, v. 43, p. S111-S113, 1996. Supplement, 1.
- GRAU, S.; TRAILL, B. The demand for food safety – Market imperfections and the role of government. *Food Policy*. p. 152-162, 1992.
- HALLIWELL, B.; HOLE, M.; TAYLOR, K. D. A. *Critical Review Food Science Nutrition*. V. 35, n. 7. 1995.
- HAMILTON, R. J.; ROSSELL, J. B.; HUDSON, B. J. F.; LÖLIGER, J. In *Rancidity in Foods*; ALLEN J. C., HAMILTON R. J., Ed.; Applied Science Publishers LTD.; London, 1983, p. 1.
- HAMPSON, J. W.; IVERSON, S. J.; LANG, S. L. C.; COOPER, M. H. Effect of low dose gamma radiation on lipids in five different meats. *Meat Science*, v. 42, p. 271–276, 1996.
- HANIS, T. et al. Poultry meat irradiation – effect of temperature on chemical changes and inactivation of microorganisms. *Journal of Food Protection*. v. 52, p. 26-29, 1989.
- HERNANDES, N. K.; VITAL, H. C.; SABAA-SURUS, A. U. O. *Irradiação de alimentos: Vantagens e Limitações* – Boletim Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos – SBCTA, Campinas, v. 37, n. 2, p. 154-159, 2003.
- HOFFMAN, L. C.; FISHER, P. Comparison of meat quality characteristics between young and old ostriches. *Meat Science*, v. 59, n. 3, p. 335-337, 2001.
- 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, D. L.; THOMPSON, J. M. Inhibition of protease activity 2: Degradation of myofibrillar proteins, myofibril examination and determination of free calcium levels. *Meat Science*, v. 59, p. 199-209, 2001.

HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S. Mechanisms of water-holding capacity of meat: the role of post mortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, v. 71, n. 1, p. 194-204, 2005.

HULLANCO, M. B. A. *Aplicação de um sistema de classificação de carcaças e cortes e efeito pós abate da qualidade de cortes de frango criados no sistema alternativo*, Piracicaba – SP, 2002. 82p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Piracicaba – SP. Dezembro, 2004.

HUNT, M. C.; KROPP, D. H.; MORGAN, J. B. Color measurement of meat and meat products. p. 59–60 In: PROCEEDINGS, 46th RECIPROCAL MEAT CONFERENCE. Chicago: American Meat Science Association, 1993.

HUTZIER, R. U. Utilização de irradiação em carnes de aves e produtos derivados. *Revista Nacional da Carne*, n. 250, p. 34-37, 1997.

HWANG, H. I.; PARK, B. Y.; CHO, S. H.; LEE, J. M. Effects of muscle shortening and proteolysis on warner-bratzler shear force in beef *Longissimus* and *Semitendinosus*. *Meat Science*, v. 68, p. 497-505, 2004.

IGARASHI, K.; HASUMI, T.; MATSUYAMA, A. On the mechanism for radiosensitization of microorganism by sodium chloride with special reference to their DNA repair capacity. *Agriculture Biologic Chemistry*. v. 42, p. 989, 1978.

JAARSVELD, F. P. V.; NAUDE, R. J.; OELOFSEN, W. The effects of CA ions, EGTA and storage time on myofibrillar protein degradation, levels of Ca²⁺-dependet proteases and cathepsins B, H, L and D of ostrich skeletal muscle. *Meat Science*, v. 45, n. 4, p. 517-529, 1997.

JACOBSON, M.; KOEHLER, H.H. Development of Rancidity during Short-time Storage of Cooked Poultry meat. *Journal. Agriculture. Food Chemistry.*; 18(6), 1069-1072, 1970.

JADHAV, S. J. et al. In *Food Antioxidants: Technological, Toxicological, and Health Perspectives*; 1996.

JARWIS, W. R. Resistência antibiótica no ambiente hospitalar. Impacto, tendências e intervenções bem sucedidas para sua prevenção e controle de surtos. 2000. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CONTROLE DE INFECÇÕES HOSPITALARES. *Resumo*. Belo Horizonte, 2000.

JAVANMARD, M.; ROKNI, N.; BOKAIE, S.; SHAHHOSSEINI, G. Effects of gamma irradiation and frozen storage on microbial, chemical and sensory quality of chicken meat in Iran. *Food Control*, v. 17, p. 469-473, 2006.

JAY, J. M. *Microbiologia Moderna de los Alimentos*. 3ed., Zaragoza: Acribia, 1994. 1094p.

JO, C.; AHN, D. Fat reduces volatiles productions in oil emulsion system analyzed by purge-and-trap dynamic headspace/gas chromatography. *Journal of Food Science*, v. 64, p. 641-643, 1999.

JOHN, L.; CORNFORT, D.; CARPENTER, C. E.; SORHEIM, O.; PETTEE, C. B.; WHITTIER, D. R. Color and thiobarbituroc acid values of cooked top sirloin steacks packaged in modified atmospheres of 80% oxygen, or 0,4% carbon monoxide or vacuum. *Meat Science*, v. 69, n. 3, p. 441-449, 2005.

JOHNSON, P. G.; BOWERS, J. A. Influence of aging on the eletrophoretic and structural characteristics of turkey breast muscle. *Journal of Food Science*, v. 41, n. 2, p. 255-261, 1976.

KALMA, B.; SIZAKRA, L.; FERENCZ, P. Food irradiation in Hungary: commercial processing and developement work. *Radiation Physics and Chemistry*. v. 57, p. 281-283, 2000.

KANATT, S. R.; PAUL, P.; D'SOUZA, S. F.; THOMAS, P. Effect of gamma irradiation the lipid peroxidation in chicken, lamb and buffalo meat during chilled storage. *Food Safety*, v. 17, p. 283-294, 1997.

KANATT, S. R.; CHANDER, R.; SHARMA, A. Effect of radiation processing on the quality of chilled meat products. *Meat Science*, v. 69, n. 2, p. 269-275, 2005.

KANDA, T.; PEARSON, A. M.; MERKEL, R. A. Influence of pH and temperature upon calcium accumulation and release by bovine sarcoplasmatic reticulum. *Food Chemistry*, v. 2, n. 4, p. 253-266, 1997.

KERTH, C. R.; JOHNSON, L. A.; LUCAS, E. W. Improvement of beef tenderness and quality traits with calcium chloride injection in beef loins 48 hours post mortem. *Journal of Food Science*, v. 73, p. 750-756, 1995.

KERTH, C. R.; BLAIR-KERTH, L. K.; JONES, W.R. Warner-Bratzler shear force repeatability in beef *Longissimus* steaks cooked with a convection oven, broiler, or clam-shell grill. *Journal of Food Science*, v. 68, n.2, 2003.

KHAN, A. W. Effect of temperature during postmortem glycolysis and dephosphorylation of high energy phosphates on poultry meat tenderness. *Journal of Food Science*. v. 36, p. 120-121, 1971.

KHAN, A. W. Relationshipo between siometric tension, postmortem pHdecline and tenderness of poultry breast muscle. *Journal of Food Science*. v. 39, p. 393-395, 1974.

KHAN, S. A. et al. Molecular characterization of multidrug-resistant *Enterococcus* spp. From poultry and dairy farms: detection of virulence and vancomycin resistance gene markers by PCR. *Molecular and Celular Probes*. v. 19, p. 27-34, 2005.

KIM, Y. H.; NAM, K. C.; AHN, D.U. Volatile profiles, lipid oxidation and sensory characteristics of irradiated meat from different animal species. *Meat Science*, v. 61, p. 257-265, 2002.

KIRK, M.; LAUBLI, M.; BRUTTEL, P. A. Isolation of vancomycin-resistant enterococci from supermarket poultry. *Advances Experimental Medicine Biology*. v. 418, p. 289-291, 1997.

KLARE, I. Environmental strains of *Enterococcus faecium* with induce high-level reistence to glycopeptides. *FEMS Microbiology Letter*. V. 106, p. 23-30, 1993.

KLARE, I. *Enterococcus faecium* strains with vanA-mediated high-level glycopeptide resistance isolated from animal foodstuffs and fecal samples of human in the community. *Microbiology. Drug Research*. v. 1, p. 265-272, 1995.

KOCZAK, T.; POSPIECH, E.; PALKA, K.; LACHIA, J. Changes in structure of *Psoas major* and *minor* and *semitendinosus* muscles of calves, heifers and cows during post-mortem ageing. *Meat Science*, v. 64, n. 1, p. 77-83, 2003.

KOOHMARAIE, M.; SEIDEMAN, S. C.; SCHOLLMMEYER, J. E.; DUSTON, T. R.; CROUSE, J. D.; Effect of *post mortem storega* on Ca^{+2} -depeend proteases, their inhibitor and myofibril fragmentation. *Meat Science*, v. 19, p. 187-196, 1987.

KOOHMARAIE, M. et al. The role of Ca^{2+} dependent proteases (calpains) in *post mortem* proteolysis and meat tenderness. *Biochimie*, n. 74, p. 239-245, 1991.

LACROIX, M. L.; QUATARA, B. Combined industrial processes with irradiation to assure innocuity and preservation of food products-a review. *Food Research International*, v. 33, p. 719-724, 2000.

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

LADIKOS, D.; LOUGOVOIS, V. *Food Chemistry*. v. 35,p. 295. 1990.

LAMUKA, P. O., SUNK, G. R., CHAWAN, D. R., RAO, D. R. e SHACCKELFORD, L. A. Bacteriological quality of freshly processed broiler chickens as affected carcass pretreatment and gamma irradiation. *Journal of Food Science*, v. 57, p. 330-332, 1992.

LANDES, D. R.; DAWSON, L. E.; PRICE, J. F. Protein extractability of turkey breast muscle exhibiting different rates of post-mortem glycolysis. *Journal of Food Science*. v. 36, p. 122-124, 1971.

LANZA, M.; FASOME, V.; GALOFARO, V.; BARBAGALLO, D.; BELLA, M.; PENNISI, P. Citrus pulp and ingredient in ostrich diet: effects on meat quality. *Meat Science*, v. 68, n. 2, p. 269-275, 2004.

LEAL, A. S.; KRAMBROCK, K.; GUEDES, K.; RODRIGUES, R. R. Ressonância Paramagnética Eletrônica-RPE aplicada à análise de especiarias irradiadas (com radiação gama). *Ciência e Tecnologia de alimentos*, v. 24, n. 3, p. 427-430, 2004.

LECHOWICH, P. *Surveillance programme for control of foodborne infections and intoxications in Europe*. Sixth Report, Berlin, Federal Institute for Health of Consumers and Veterinary Medicine. 340p., 1988.

LEDWARD, D.A. Intermediate moisture meats In: Developments in meat science. Lawrie, R. A., editor. London: *Applied Science Publishers*. p 159-94. 1981.

LEE, Y. B.; RICKANSRUD, D. A. Effect of temperature on shortening in chicken muscle. *Journal of Food Science*. v. 43, p. 1613-1614, 1978.

LEE, Y. B.; LUQUE DE CASTRO, M. D.; GARCÍA-AYUSO, L. E. Effect of electrical stunning on postmortem biochemical changes and tenderness in broiler breast muscle. *Journal of Food Science*. v. 44, p. 1121-11122, 1979.

LEE, E. J.; AHN, D. U. Quality characteristics of irradiated turkey breast rolls formulated with plum extract. *Meat Science*, 2005.

LEISTNER, L. Shelf-stable products and intermediate moisture foods based on meat. In: *Water Activity: Theory and Applications for Food* (Ed. Rockland, L.B. and Beuchat, L.R.) Markel Dekker, New York, p. 295-327. 1987.

LESIAK, M. T.; OLSON, D. G.; LESIAK, C. A.; AHN, D. U. Effects of *post mortem* temperature and time on the water-holding capacity of hot-boned turkey breast and thigh muscle. *Meat Science*, v. 43, p. 51-60, 1996.

LIN, C. F.; KONING, A. J.; EVANS, A. A.; CHRISTINE, H.; PUCELL, C. J. V.; WESSELS, J. P. H. *British Poultry Science*, v. 30, p. 855-864, 1989.

LYNCH, N. M.; KASTNER, C. L.; KROPF, D. H. Consumer acceptance of vacuum packaged ground beef as influenced by product color and educational materials. *Journal of Food Science*. v. 51: p. 253-255, 1986.

LYON, B. G.; MANIRAKIZA, P.; COVACI, A.; SCHEPENS, P. Effects of diet and feed withdrawal on the sensory descriptive and instrumental profiles of broiler breast fillets. *Poultry Science*, v. 83, n. 2, p. 275-281, 2004.

LYON, C.E.; PAPA, C.M.; WILSON, JR.R.L. Effect of feed withdrawal on yields, muscle pH, and texture of broiler breast meat. *Poultry Science*. 70:1020-1025.1991.

MA, R.T.I.; ADDIS, P.B. The association of struggle during exsanguinations to glycolysis, protein solubility and shear in turkey pectoralis muscle. *Journal of Food Science*, v.38, p.995-997, 1973.

- MA, K.; MAXCY, R.B. Factors influencing radiation resistance of vegetative bacteria and spores associated with radpportization of meat. *Journal of Food Science*. v. 46, p. 612-616, 1981.
- MARPLE, D. N. The effect of slaughter and stinning methods on meat quality. In: *Proceeding Meat Industrial Research Conference*, American Meat Institute, Arlington, p. 141-146, 1977.
- MARSH, B. B. *Rigor mortis* in beef. *Journal Science Food Agriculture*, v. 5, n. 6, p. 70-75, 1954.
- MATSUISHI, M.; OKINATI, A. Proteasome from rabbit skeletal muscle: some properties and effects on muscle proteins. *Meat Science*, v. 45, p. 451-462, 1997.
- MAXCY, R. B. Irradiation of food for public health protection. *Journal of Food Protection*, v. 45, p. 363-366, 1982.
- MCKEE, S. R.; SAMS, A. R. Rigor development at elevated temperatures induces pale exudative meat characteristics. *Poultry Science*. V. 77, p. 169-174, 1998.
- MCKEE, S.R.; HARGIS, B.M.; SAMS, A.R. Pale, soft, and exudative meat in turkeys treated with succinylcholine. *Poultry Science*. v. 77, p. 356-360, 1998.
- MCKEE, S.R.; SAMS A.R. The effect of seasonal heat stress on rigor development and the incidence of pale, exudative turkey meat. *Poultry Science*, v. 76, n. 11, p.1616-1620. 1997.
- MEHLENBACHER, V. C. *The analysis of fats and oils*. Champaign: Garrard Press, 1960. cap. 4, p. 188-235: Stability.
- MENDES, A.A. Rendimento e qualidade da carcaça de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 2000, Campinas. *Anais ...* Campinas:APINCO, 2000; v. 79, n. 99. p.67-80.
- MERCK – *Microbiological Manual Cultura Médica*. Dormstadt, Germany, 405p, 1996.
- MILLAR, S. J.; MOSS, B. W.; STEVENSON, M. H. The effect of ionization radiation on the colour leg and breast of poultry meat. *Meat Science*, v. 55, n. 5, p. 361-370, 2000.
- MIYAGUSKU, L.; CHEN, F.; LEITÃO, M. F. F.; BAFFA, O. Avaliação sensorial da vida-útil de cortes de peito de frango irradiados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. v. 23, p. 7-16, 2003.
- MOLETTE, C.; RÉMIGNON, R. et al. Maintaining muscles at a high post-mortem temperature induces PSE-like meat in turkey. *Meat Science*, v. 63, p. 525-532, 2003.
- MOELLER, P. W.; FIELD, P. A. DUTSON, T. R.; LANDMANN, W. A.; CARPENTER, Z. L. Effect of high temperature conditioning on subcellular distribution and levels of lysosomal enzymes. *Journal of Food Science*, v. 41, p. 216-217, 1976.

- MORRISEY, P. A.; SHEEHY, K. G.; KERRY, J. P.; BUCKLEY, D. J. Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science*, v. 49, n.1, p.573-586, 1998.
- MOTTRAM, D. S. *Flavor of meat and meat products*. Glasgow: Blackie Academic and Professional, 1994. 210p.
- MUDGETT, R. E. Electrical properties of foods. In Rao, MA, & Rizvi, SSH, editors. *Engineering Properties of Foods*. 2nd ed. New York: Marcel Decker, Inc. p 389-455. 1995.
- MUGLER, D. J.; CUNNINGHAM, F. E. Factors affecting poultry meat color—A review. *World's Poultry Science Journal*. v. 28, p. 400–406. 1972.
- NAM, K. C. et al. Effect of dietary vitamin E and irradiation on lipid oxidation, color, and volatiles of fresh and previously frozen turkey breast patties. *Meat Science*. V. 65, p. 513-521, 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.
- NAM, K. C.; AHN, D. U. Combination of aerobic and vacuum packaging to control lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated raw turkey breast. *Meat Science*, v. 63, p. 389-395, 2003.
- NANKE, K. E.; SEBRANEK, J. G.; OLSON, D. G. Color characteristics of irradiated vacuum-packaged pork, beef, and turkey. *Journal of Food Science*, v. 63, n. 6, 1998.
- NORTHCUTT, J. K.; BUHR, R. J.; YOUNG, L. L. Influence of preslaughter stunning on turkey breast muscle quality. *Poultry Science*. v. 77, p. 487-492, 1998.
- OLIVEIRA, J, DOYLE, M. P.; DAMOGLU, A. P. Food Irradiation ; Chicken hamburger. *Radiologic Technology*. V. 64, n. 4, p. 243-245, 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. *Acta Scientiae Veterinariae*, v. 32, n.1, p. 25-31, 2004.
- OLIVO, R. et al. Dietary vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat functional properties. *Journal of Biochemistry*. V. 25, n. 4, p. 271-283. 2001.
- OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. *Carnes: No caminho da pesquisa*. 2 ed. Cacoal do Sul, Imprint, 2002, 155p.
- ORDÓÑEZ, J. A.; RODRIGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L.; CORTECERO, M. D. S. *Alimentos de Orígem Animal*. Porto Alegre – RS: Artmed. v. 2, 2005, 279p.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). World Health Report on Infections Disease 2000. *Vencendo a resistência microbiana*. 2000. Disponível em: <http://www.ccih.med.br/vencendoresistencia.html>.

OWENS, C. M.; SAMS, A. R. Muscle metabolism and meat quality of *Pectoralis* from turkeys treated with postmortem electrical stimulation. *Poultry Science*. v. 76, p. 1047-1051, 1997.

PAL, D.; SACHDEVA, S.; SINGH, S. Methods of determination of sensory quality of foods: A critical appraisal. *Journal Food Science Technology*, v. 52, n. 3, p. 279-283, 1999.

PALEARI, M. A., CORSICO, P., BERETTA, G. A. The ostrich: breeding, reproduction, slaughtering and nutritional value of the meat. *Fleischwirtsch International*, v. 4, p. 218-233, 1995.

PAPA, C. M.; FLETCHER, D. L. *Pectoralis* muscle shortening and rigor development at different locations within the broiler breast. *Poultry Science*, v. 67, n. 4, p. 65-640, 1988.

PAPINAHU, P. A.; FLETCHER, D. L. The effects of stunning amperage and deboning time on early rigor development and breast meat quality of broilers. *Poultry Science*. v. 75, p. 672-676, 1996.

PARDI, M. C. et al. *Ciência, higiene e tecnologia da carne*. V. 1, Editora UFG, Goiânia, 623p. 2001.

PATTERSON, R. L. S.; STEVENSON, M. H. Irradiation-induced off-odor in chicken and its possible control. *British Poultry Science*, v. 36, p. 425-441, 1995.

PEREIRA, F. A.; RODRIGUES, JÚNIOR, O.; CAMPOS, L. L. Padronização da técnica de dosimetria retrospectiva por RPE utilizando esmalte dentário. *Revista Brasileira de Física Médica*, v. 1, n. 1, 2005.

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. *Higiene Alimentar*, v. 15, n. 82, p. 39-46, 2001.

POLLARD, E. C. *Phenomenology of radiation effects on microorganisms*. Handbook of Medical Radiology, L. Diethelm. Springer editors. New York, p. 1, v. 2, 1966.

POLLARD, W. O.; HEATH, J. L.; WABECK, C. J. The effect of electrical stunning on carcass quality. *Poultry Science*. v. 52, p. 2074 (abstr.) 1973.

POOLE, G. H. & FLETCHER, D. L. Comparison of a modified atmosphere stunning killing system to conventional electrical stunning and killing on selected broiler breast muscle rigor development and meat quality attributes. *Poultry Science*. v. 77, p. 342-347, 1998.

PRACHASITTHISAKDI, Y.; MOSSEL, D. A. A.; VRIES, J.; VANETTEN, P.; WILLIAMS, J. L.; STEGEMAN, H.; FARKAS, J. Lethality and flora shift of the psychrotrophic and mesophilic bacterial association of frozen shrimps and chicken after radication. *International Facility for Food Irradiation Technology*, Wageningen (Netherlands), August, 1983, 12p.

PRATES, J. M. M. Maturação da carne dos mamíferos: 1. caracterização geral e modificações físicas. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, v. XCV, n. 533, p. 34-41, 2000.

PRICE, M. C.; SCHWIGERT, B. S. *Ciencia de la carne y de los productos carneos*. Zaragoza: Editora Acribia, 1994, 581p.

QUALI, A. Meat tenderization: possible causes and mechanisms. A review. *Journal Muscle Foods*, v. 1, p. 129-165, 1990.

QUALI, A. Proteolytic and physicochemical mechanisms involved in meat texture development. *Biochemie*, v. 74, p. 251-265, 1992.

RANKEN, M. D. Rancidity in meats. In: ALLEN, J. C.; HAMILTON, R. J. *Rancidity in foods*. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1994. cap. 11, p. 191-202.

ROBINS, S. P.; SHIMOKOMAKI, S.; BAILEY, A. J. *Biochemistry Journal.*, v. 131, p. 771, 1973.

ROBREDO, B. et al. Vancomycin-resistant enterococci isolated from animals and food. *International Journal of Food Microbiology*. v. 54, p. 197-204, 2000.

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 equinos e maciez da carne. *Ciência Rural, Santa Maria*, v. 34, n. 4, p. 1225-1230, 2004.

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

RUDICK, J. E.; RICHARD, J. F. Comparison of sarcomere length measurement of cooked chicken *Pectoralis* muscle by laser diffraction and oil immersion microscopy. *Journal of Food Science*, v. 40, n. 3, p. 500-501, 1975.

SÁ, E. M. F. A influência da água nas propriedades da carne – Parte II. *Revista Nacional da Carne*. ED. Dipemar, n. 325, 2004.

SALES, J., MELLET, F. D. *Post mortem*, pH decline in different ostrich muscles. *Meat Science*, v. 42, n. 2, p. 235-238, 1996.

SALIH, A.M.; RESURRECCION, A. V. A.; MCWATTERS, K. H. Lipid Degradation in Turkey breast meat during cooking and storage. *Poultry Science* 68:754-761, 1989.

SAMS, A. R.; JANKY, D. M.; WOODWARD, S. A. Comparison of two shearing methods for objective tenderness evaluation and two sampling times physical-characteristic analyses of early-harvested broiler breast meat. *Poultry Science*, v. 69, n. 2, p. 348-353, 1990.

SANDUSKY, C. L.; HEATH, J. L. Sensory and instrument-measured ground chicken meat color. *Poultry Science*, v. 77, p. 481-486, 1998.

SANTOS, D. G.; BELLIARD, J.-J.; AKED, J. OLSON, D. G. Irradiation of Food of animal origin. v. 52, n. 1, p. 152-162. 2005.

SANTOS, E. R. *Caracterização do processo de rigor mortis e da maciez dos músculos Gastrocnemius internus e Fibularis longus e efeito da radiação gama na vida comercial da carne de avestruz (Struthio camelus)*. Niterói, 2006, 145p. Tese (Doutorado em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Animal) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

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

SCHORMULLER, J. Handbuch der Lebensmittelchemie. In: *Band III 12 Teil Tierische Lebensmittel Eier, Fleisch, Buttermilch*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, p. 1561-1584, 1968.

SGARBIERI, V. C. *Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações*. São Paulo: Varela, 1996. 357p.

SHEEHY, P. J. A.; HOBBS, B. C.; ROBERTS, D. *British Journal Nutrition*. v. 71, p. 53-65, 1994.

SHERWIN, E. R. *Journal American Oil Chemistry Society.*, v. 55, p. 809. 1978.

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, p. 94-103, 1999a.

SILVA, J. A.; PATARATA, L.; MARTINS, C. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Science*, v. 52, n. 4, p. 453-459, 1999b.

SILVA, T. J. P. *Ciência da Carne – Apostila*. Universidade Federal Fluminense. Faculdade de Veterinária. Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal. 70p. 2003.

SLINDE, E.; KRYVI, H. Z-disc digestion of isolated bovine myofibrils by an endogenous calcium activated neutral proteinase. *Meat Science*, v, 16, n.1, p. 45-55, 1986.

SIMS, R. J.; FIORITI, J. A. In *CRC Handbook of Food Additives*, 2nd edition, vol. II ; FURIA T. E., Ed.; CRC Press Inc. 1980; 133p.

SIMS, T. J.; BAILEY, A. J. in: *Developments in Meat Science – 2*, ed. R. LAWRIE. Applied Publishers Ltd., London, p. 25, 1981.

SINEX, F. M. In: *Treatise on Collagen*, v. 2B, ed. G. N. RAMACHANDRAN. Academic Press, New York, p. 410, 1968.

SIPAHI OGLU, O.; BARRINGER, S.A.; TAUB, I. et al. Characterization and modeling of dielectric properties of turkey meat. *Journal of Food Science*. v. 68, p. 521-527, 2003.

SLOSS, M. W. B. S. & KEMP, R. L. A. B. *Veterinary clinical parasitology*. 5. ed. Iowa: Iowa State University Press. 1978, 247p.

St. ANGELO, A. J.; *Critical Review of Food Science Nutrition*, v. 36, p. 175. 1996.

STONE, H.; SIDEL, J. L. *Sensory evaluation practices*. 2 ed. Orlando, Florida, Academic Press, 1993, 337p.

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 of Foods*. 4 ed. Washington. APHA, 2001. 676p. Cap. 6, 53-62.

SWATLAND, H. J. *Estructura Y desarrollo de animales de abasto*. Espanha: Ed. Acribia. 433p. 1984.

TAKAHASHI, K. Structural weakening of skeletal muscle tissue during post-mortem ageing of meat: the non-enzymatic mechanism of meat tenderization. *Meat Science*, v. 43, p. 67-80, 1996.

TAKAHIKO, A.; UENO, R. Involvement of cathepsins B and L in the post mortem autolysis of mackerel muscle. *Food Research International*, v. 30, n. 8, p. 585-591, 1997.

TANZER, M. L. *Science*, v. 180, p. 561, 1973.

TARLADGIS, B. C. et al. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal American Oil Chemistry Society*, v. 37, p. 44-48, 1960.

THOMSON, J. E. et al. Effects of electrical stunning and hot deboning on broiler breast meat quality. *Poultry Science*. v. 65, p. 1715-1719, 1986.

TORNBERG, E.; WAHLGREN, M.; BRONDUM, E. S. B. Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Science*, v. 43, p. S175-S191, 1996.

TORRES, C.; JOSEPH, E. S.; BRYNJOLFSSON, A.; WIERBICKI, E. VanA-mediated vancomycin-resistant *Enterococcus* spp. isolated from sewage. *Journal. Antimicrobiolog. Chemotherapy*. v. 33, p. 553-561, 1994.

URBAIN, W. *Food irradiation*. Academic Press, 1986.

- VAN DER AUWERA, P. KAFERSTEIN, F. K.; MOY, G. G. Incidence of oral glycopeptides on the fecal flora of human volunteers: selection of highly glycopeptide resistant enterococci. *Journal. Infection. Diseases.* v. 173, p. 1129-1136, 1996.
- VAN SCHALKWYK, S. J., HOFFMAN, L. C., CLOETE, S. W. P., MELLETT, F. D. The effect of feed withdrawal during lairage on meat quality characteristics in ostriches. *Meat Science*, v. 69, n. 4, p. 647-651, 2005.
- VEERKAMP, C.H.; KAMAT, A. S.; KHARE, S.; DOCTOR, T. Fastind and yields of broilers. *Poultry Science.*, v.65, p. 1299-1304, 1986.
- VILLAVICENCIO, A. L. C.H.; RAVI, V.; AKED, J.; BALAGOPALAN, C. Identification of irradiated refrigerated poultry with the DNA comet assay. *Radiation Physics and Chemistry.* V. 71, p. 187-189, 2004.
- WALLACE, C. D.; RADOMYSKI, T.; MURANO, E. A.; OLSON, D. G. Effect of freezing method and calcium chloride injection on beef *Longissimus* muscle tenderness. *Animal Science Research Report*, p. 72-77, 1999.
- WARRIS, P.D.; BEVAN, E.A.; BROWN, S.N. Time spent by broiler chickens in transit to processing plants. *Veterinary Record.* v.127, p. 617-619, 1991.
- WEGNER, H. C.; SANCHES, A. S.; CAMBISES, P. B. S. Isolation of vancomycin-resistant *Enterococcus faecium* from food. *International Journal of Food Microbiology.* v. 35, p. 57-66, 1997.
- WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M. Pre-rigor and *post rigor* changes in tenderness of ovine *Longissimus* muscle. *Journal of Animal Science*, v. 72, p. 1232-1238, 1994.
- WHO-World Health Organization. *Safety and nutritional adequacy of irradiated food.* Genova, 1994. 161p.
- WIERBICKI, E. Technological and irradiation conditions for radapertization of chicken products used in the United States Army Raltech, toxicology study, p. 79-100, *In: Food Irradiation Processing.* IAEA, Vienna. 1985.
- WILSON, J. G.; BRUNSON, C. C. The effects of handling and slaughter method on the incidence of hemorrhagic thighs in broilers. *Poultry Science.* v. 47, p. 1315-1318, 1968.
- WOELFEL, R.L. SENDRA, E.; CAPELLAS, M.; GUAMIS, B. The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant. *Poultry Science*, v. 81, p. 579-584. 2002.
- XAVIER, C. V. A.; BERAQUET, N. J. Vida de prateleira de carne mecanicamente separada de frango estocada sob refrigeração. *Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos*, v. 24, p. 91-104, 1994.

YAMASHITA, M.; KONAGAYA, S. Differentiation and localization of cathepsin proteinases responsible for extensive autolysis of mature chum salmon muscle (*Oncorhynchus keta*). *Comparative Biochemistry and physiology*, n. 103B, p. 999-1003. 1992.

YU, L. H.; LEE, E. S.; JEONG, H. D.; PAIK, H. D.; CHOI, J. H.; KIM, C. J. Effects of thawing temperature on the physicochemical properties of pre-rigor frozen chicken breast and leg muscles. *Meat Science*, v. 63, n. 2, p. 273-277, 2003.

ZAMORA, F.; DEBITON, E.; LEPETIT, J.; LEBERT, A.; DRANS, E. L. D.; OUALI, A. Predicting variability of ageing and toughness in beef M. *Longissimus lumborum et thoracis*. *Meat Science*, v. 43, p. 321-333, 1996.

7 APÊNDICES

APÊNDICE 7.1 ANOVA (Análise de Variância) executada em DIC. (Delineamento Inteiramente Casualizado) com arranjo em fatorial 3^4 dos resultados obtidos nas análises de contagem de *Enterococcus* spp. (ENT) e Psicotróficos (Psic) e determinação de atividade de água (Aa), pH, substâncias reagentes ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) e Índice de Peróxido (IP) em relação aos diferentes tratamentos (carne de peru congelada, congelada e irradiada com 1kGy e congelada e irradiada com 3kGy) em diferentes de estocagem (5, 180, 360 e 540 dias). Esta análise foi seguida de teste de comparação entre médias Teste Tukey, ao nível de 5% de significância.

| F V | G L | Probabilidade > F (Fisher) | | | | | |
|--------------|-----|----------------------------|---------|--------|---------|---------|---------|
| | | ENT | PSI | Aa | pH | TBA | IP |
| DOSE | 2 | 0,0001* | 0,0001* | 0,2850 | 0,0001* | 0,0001* | 0,0001* |
| TEMPO | 1 | 0,0001* | 0,0001* | 0,9595 | 0,1689 | 0,0001* | 0,0001* |
| DOSE x TEMPO | 2 | 0,0609 | 0,4628 | 0,9328 | 0,0038* | 0,0001* | 0,0001* |
| RESÍDUO | 18 | - | - | - | - | - | - |
| TOTAL | 23 | - | - | - | - | - | - |

* Significativo ao nível de 5% de significância.

APÊNDICE 7.2 ANOVA (Análise de Variância) executada em DIC, (Delineamento Inteiramente Casualizado) com arranjo em fatorial 3² dos resultados dos parâmetros de L*, a* e b* relativos à análise instrumental de cor em carne de peru congelada (controle), congelada e irradiada com 1kGy, congelada e irradiada com 3kGy em relação aos tempos de 5 dias e 540 dias de estocagem. Esta análise foi seguida de teste de comparação entre médias Teste Tukey, ao nível de 5% de significância.

| F V | G L | Probabilidade > F (Fisher) | | |
|--------------|-----|----------------------------|---------|---------|
| | | L* | a* | b* |
| DOSE | 2 | 0,0001* | 0,0001* | 0,1131 |
| TEMPO | 1 | 0,0001* | 0,0001* | 0,0001* |
| DOSE x TEMPO | 2 | 0,9776 | 0,0001* | 0,1438 |
| RESÍDUO | 18 | - | - | - |
| TOTAL | 32 | - | - | - |

* Significativo ao nível de 5% de significância.

APÊNDICE 7.3 ANOVA (Análise de Variância) executada em DIC, (Delineamento Inteiramente Casualizado) testando dose dos resultados dos parâmetros de L*, a* e b* relativos à análise instrumental de cor em carne de peru congelada (controle), congelada e irradiada com 1kGy, congelada e irradiada com 3kGy. Esta análise foi seguida de teste de comparação entre médias Teste Tukey, ao nível de 5% de significância.

| FV | G L | Probabilidade > F (Fisher) | | |
|-----------|-----|----------------------------|--------|--------|
| | | L* | a* | b* |
| DOSE | 1 | 0.0001* | 0.0241 | 0.5389 |
| REPETIÇÃO | 3 | - | - | - |
| RESÍDUO | 3 | - | - | - |
| TOTAL | 7 | - | - | - |

* Significativo ao nível de 5% de significância.

APÊNDICE 7.4 ANOVA (Análise de Variância) executada em DIC, (Delineamento Inteiramente Casualizado) testando tempo dos resultados dos parâmetros de L*, a* e b* relativos à análise instrumental de cor em carne de peru em relação aos tempos de 5 dias e 540 dias de estocagem. Esta análise foi seguida de teste de comparação entre médias Teste Tukey, ao nível de 5% de significância.

| FV | GL | Probabilidade > F (Fisher) | | |
|-----------|----|----------------------------|---------|---------|
| | | L* | a* | b* |
| TEMPO | 2 | 0.0250 | 0.0001* | 0.0001* |
| REPETIÇÃO | 3 | - | - | - |
| RESÍDUO | 6 | - | - | - |
| TOTAL | 11 | - | - | - |

* Significativo ao nível de 5% de significância.

APÊNDICE 7.5 ANOVA (Análise de Variância) executada em DIC, (Delineamento Inteiramente Casualizado) testando tempo dos resultados obtidos nas análises de contagem de *Enterococcus* spp. (ENT) e Psicrotróficos (Psic) e determinação das substâncias reagentes ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) e Índice de Peróxido (IP) em relação aos tempos de 5 dias e 540 dias de estocagem. Esta análise foi seguida de teste de comparação entre médias Teste Tukey, ao nível de 5% de significância.

| FV | GL | Probabilidade > F (Fisher) | | | |
|-----------|----|----------------------------|---------|---------|---------|
| | | ENT | PSI | TBA | IP |
| TEMPO | 3 | 0.0001* | 0.0001* | 0.0001* | 0.0001* |
| REPETIÇÃO | 3 | - | - | - | - |
| RESÍDUO | 9 | - | - | - | - |
| TOTAL | 15 | - | - | - | - |

* Significativo ao nível de 5% de significância.

APÊNDICE 7.6 ANOVA (Análise de Variância) executada em DIC, (Delineamento Inteiramente Casualizado) testando dose de irradiação dos resultados obtidos nas análises de contagem de

Enterococcus spp. (ENT) e Psicrotróficos (Psic) e determinação das substâncias reagentes ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) e Índice de Peróxido (IP) em carne de peru congelada (controle), congelada e irradiada com 1kGy (1kGy), congelada e irradiada com 3kGy (3kGy). Esta análise foi seguida de teste de comparação entre médias Teste Tukey, ao nível de 5% de significância.

| FV | GL | Probabilidade > F (Fisher) | | | |
|-----------|----|----------------------------|--------|---------|--------|
| | | ENT | PSI | TBA | IP |
| DOSE | 2 | 0.0001* | 0.0010 | 0.0001* | 0.1000 |
| REPETIÇÃO | 3 | - | - | - | - |
| RESÍDUO | 6 | - | - | - | - |
| TOTAL | 11 | - | - | - | - |

* Significativo ao nível de 5% de significância.

APÊNDICE 7.7 Cálculos matemáticos por regressão linear dos dados de RPE (Ressonância Paramagnética Eletrônica) relativo à absorção da dose de 1kGy nas amostras estocadas por 5 dias, 180 dias, 360 dias e 540 dias sob temperatura de congelamento (-18°C).

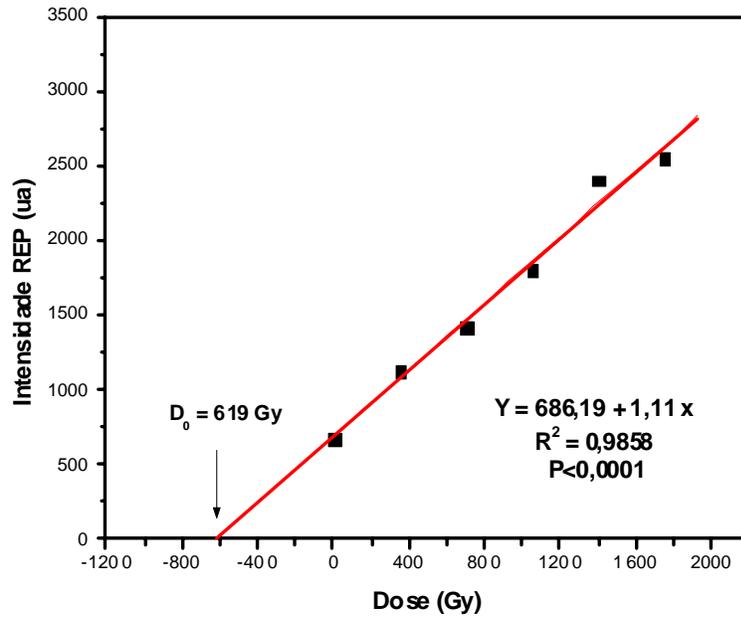


Figura 32. Regressão linear dos dados de RPE relativos à amostra irradiada com 1kGy estocada por 5 dias. Dose calculada de 619Gy.

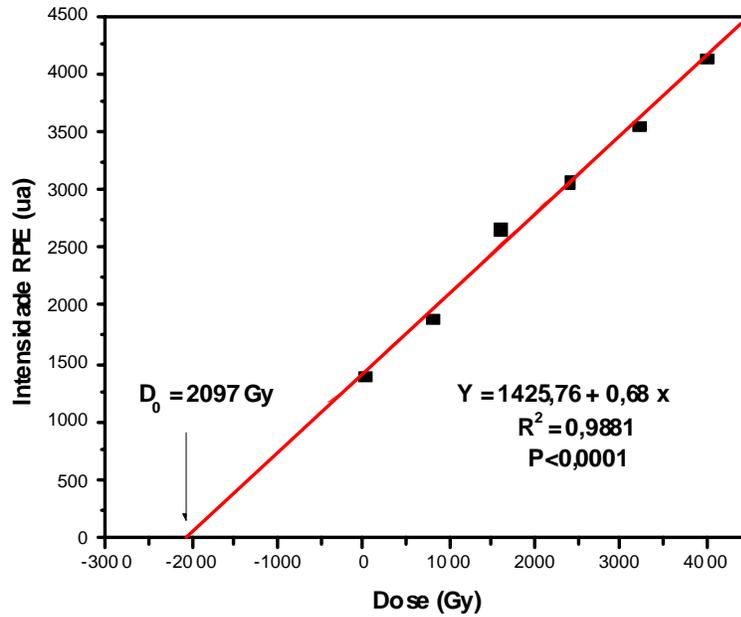


Figura 33. Regressão linear dos dados de RPE relativos à amostra irradiada com 3kGy estocada com 5 dias. Dose calculada de 2097Gy.

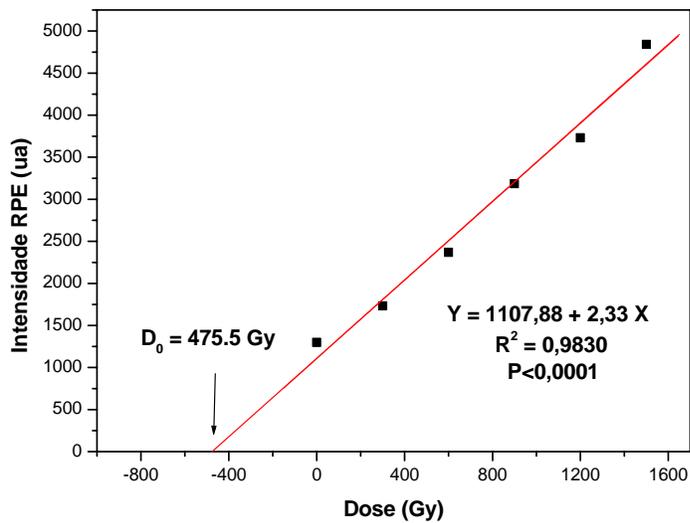


Figura 34. Regressão linear dos dados de RPE relativos à amostra irradiada com 1kGy estocada por 180 dias. Dose calculada de 476Gy.

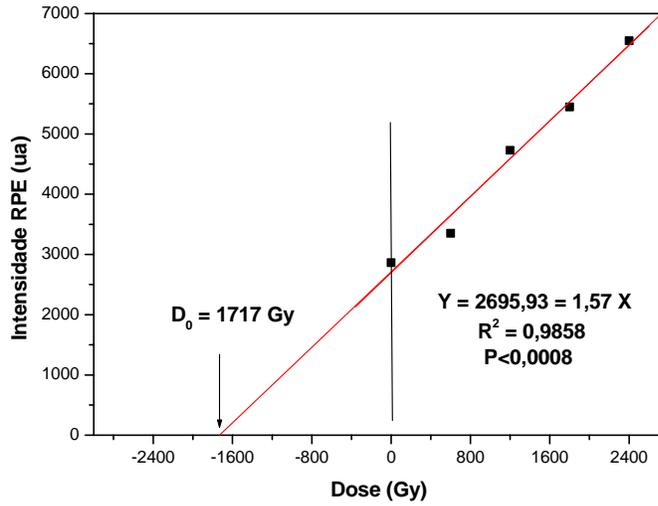


Figura 35. Regressão linear dos dados de RPE relativos à amostra irradiada com 3kGy estocada por 180 dias. Dose calculada de 1717Gy.

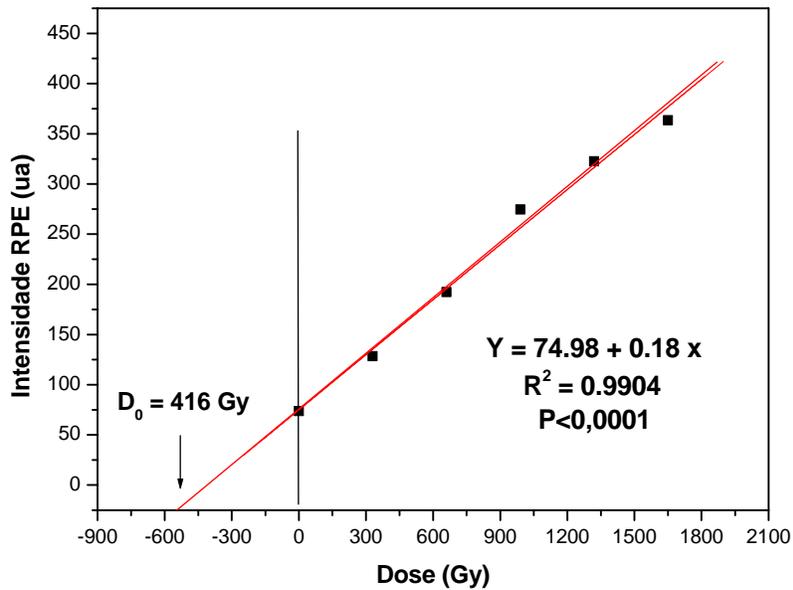


Figura 36. Regressão linear dos dados de RPE relativos à amostra irradiada com 1kGy estocada por 360 dias. Dose calculada de 416Gy.

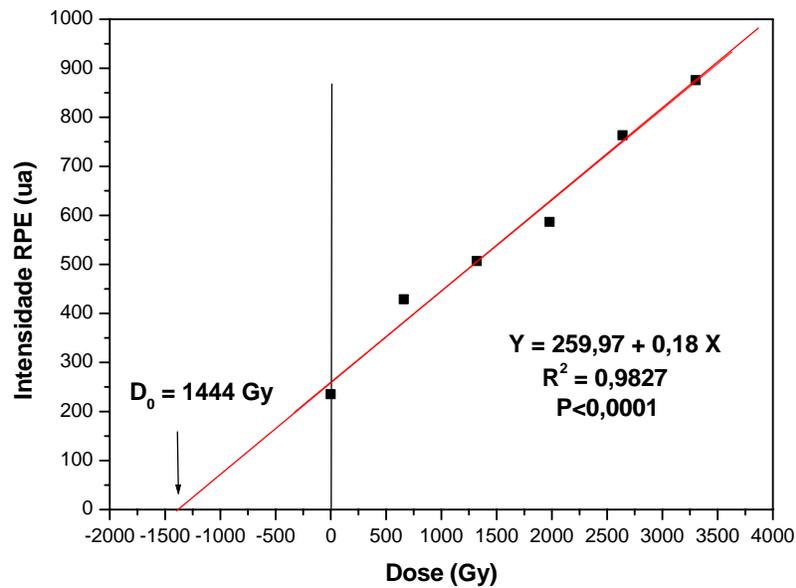


Figura 37. Regressão linear dos dados de RPE relativos à amostra irradiada com 3kGy estocada por 360 dias. Dose calculada de 1444Gy.

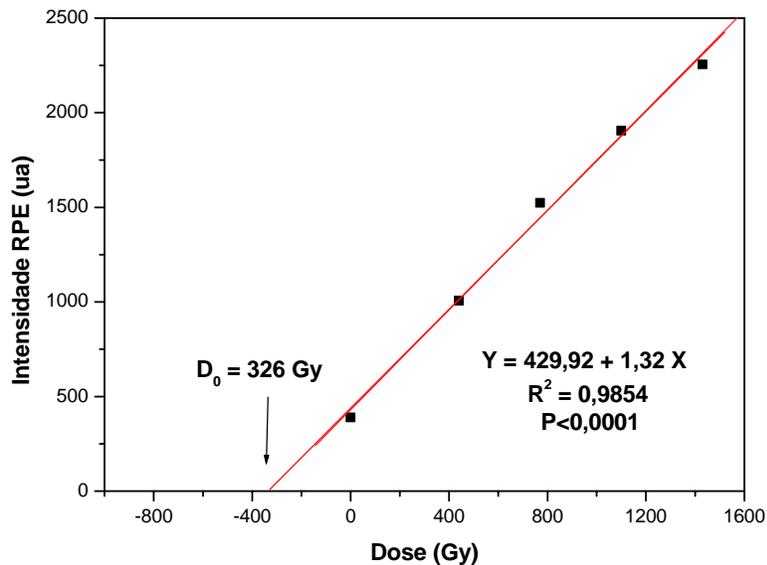


Figura 38. Regressão linear dos dados de RPE relativos à amostra irradiada com 1kGy estocada por 540 dias. Dose calculada de 326Gy.

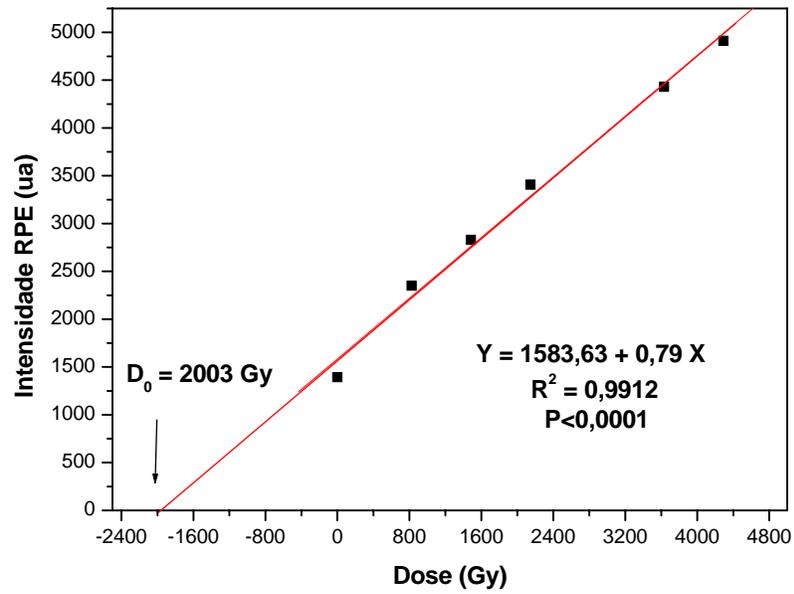


Figura 39. Regressão linear dos dados de RPE relativos à amostra irradiada com 3kGy estocada no por 540 dias. Dose calculada de 2003Gy.