

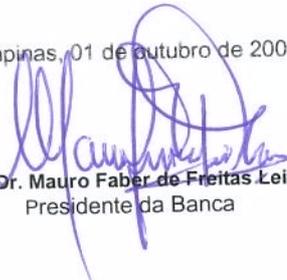
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

O EFEITO DA IRRADIAÇÃO NA QUALIDADE E NO AUMENTO DA  
VIDA ÚTIL DE CORTES DE PEITO DE FRANGO  
(*Pectoralis major*) REFRIGERADOS

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por **Luciana Miyagusku**, aprovada pela Comissão Julgadora em 01 de outubro de 2001.

Campinas, 01 de outubro de 2001

  
Prof. Dr. Mauro Faber de Freitas Leitão  
Presidente da Banca

**Luciana Miyagusku**

Farmacêutica e Bioquímica

**Mauro Faber de Freitas Leitão**

Orientador

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

CAMPINAS, SP

2001

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL

UNIDADE Be  
 N.º CHAMADA:  
T/UNICAMP  
M699e  
 V. \_\_\_\_\_ Ex. \_\_\_\_\_  
 TOMBO BC/ 46908  
 PROC. 16-392/07  
 C  D   
 PREC. R\$ 11,00  
 DATA 02/11/07  
 N.º CPD \_\_\_\_\_

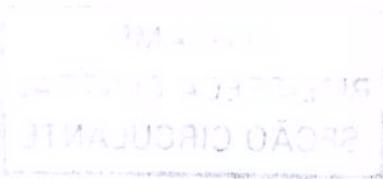
CM00161207-5

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

M699e Miyagusku, Luciana  
 O efeito da irradiação na qualidade e no aumento da vida útil de cortes de peito de frango (*Pectoralis major*) refrigerados / Luciana Miyagusku. – Campinas, SP: [s.n.], 2001.

Orientador: Mauro Faber de Freitas Leitão  
 Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Irradiação. 2. Refrigeração. 3. Microbiologia. 4. Avaliação sensorial. I. Leitão, Mauro Faber de Freitas. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.



**BANCA EXAMINADORA**



**Dr. Mauro Faber de Freitas Leitão  
ORIENTADOR**



**Dr. Edir Nepomuceno da Silva  
MEMBRO**



**Dra. Bernadette D. G. M. Franco  
MEMBRO**

**Dr. Nelson José Beraquet  
MEMBRO**

À minha mãe Maria Shigueko e ao meu pai Shikenobu pelo amor, incentivo e compreensão.

À minha irmã Lúcia Nobuco, madrinha Salomé, tia Fumiko, tio Kosuke e primos Bia, Nano e Xêne (Gabi) pelo afeto e amizade.

À José Francisco, Maria Luiza e Márcia pelo acolhimento e carinho.

À Marcelo pelo incentivo, sugestões, exemplo profissional, dedicação, amizade e amor.

E não vos conformeis com este mundo, mas transformai-vos pela renovação do vosso entendimento, para que experimentais qual seja a boa, agradável, e perfeita vontade de Deus.

Porque assim como em um corpo temos muitos membros, e nem todos os membros tem a mesma operação.

Assim nós, que somos muitos, somos um só corpo em Cristo, mas individualmente somos membros um dos outros.

De modo que, tendo diferentes dons, seguindo a graça que nos é dada, se é profeciam seja ela segundo a medida da fé. Se é ministério, seja em ministrar; se é ensinar, haja dedicação ao ensino.

*Romanos 12: 2, 4-7.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Dr. Mauro Faber de Freitas Leitão, meu ilustre orientador, por ter me propiciado compartilhar de seus conhecimentos e que por seu exemplo de vida profissional nos motiva a continuar e lutar por aquilo que acreditamos, sempre incentivando e com a máxima e indiscutível compreensão.

Aos membros da banca examinadora Dr. Edir Neponuceno, Dra. Bernadette Franco e Dr. Nelson José Beraquet profissionais brilhantes e exemplos de dedicação, agradeço as sugestões encaminhadas que contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Ao Centro de Tecnologia de Carnes (CTC) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), agradeço pela confiança depositada por parte de toda a equipe técnica e de apoio que tem possibilitado o meu desenvolvimento profissional e pessoal e minha especial gratidão pela amizade e ensinamentos de Hana e Carmem que com suas sugestões contribuíram para a elaboração deste trabalho.

Aos meus provadores sensoriais Dani, Glau, Josi, Juliano, Marcinha, Mari, Mayumi, Paty, Rafa e Val que sempre estavam dispostos a colaborar, obrigada pela amizade, interesse e disponibilidade.

Da mesma forma agradeço a bibliotecária Creuza Kasumi Nomura, Adriana e Cláudia pela padronização das referências bibliográficas, à secretaria de pós-graduação, principalmente ao Cosme que sempre buscou atender e sanar as dificuldades encontradas.

Não poderia deixar de lembrar e de ser muito grata aos amigos Andréa Tereza, Adriana, Maria Rita, João Carlos, Aloísio e Edivaldo que estão longe, mas sempre presentes nos momentos mais difíceis, e acompanharam as dificuldades, os desânimos, estando sempre dispostos a ofertar um ombro amigo e se alegrando com cada etapa vencida.

Aos meus eternos mestres e amigos Prof<sup>ª</sup> Priscila Aiko Hiane, Prof<sup>ª</sup> Maria Izabel Ramos e Prof<sup>º</sup> Manuel Ramos, que me introduziram na pesquisa científica e estimularam a outros voôs, muito obrigada pela confiança.

Agradeço a FAPESP que por meio do suporte financeiro indispensável, tem possibilitado o desenvolvimento deste e de muitos trabalho, assim contribuindo para aprimoramento do corpo científico brasileiro.

## SUMÁRIO

Índice de Tabelas .....	xiii
Índice de Figuras .....	xiv
Resumo .....	xvii
Summary .....	xix
1. Introdução .....	1
2. Objetivos .....	5
3. Revisão bibliográfica .....	6
4. Material e métodos .....	30
4.1 <i>Matéria-prima e preparo das amostras</i> .....	30
4.2 <i>Irradiação das amostras e dosimetria</i> .....	30
4.3 <i>Amostragem</i> .....	32
4.3.1 <i>Avaliação microbiológicas</i> .....	33
4.3.2 <i>Avaliação física, química e físico-química</i> .....	36
4.3.2.1 <i>Composição centesimal</i> .....	36
4.3.2.2 <i>Avaliação do valor de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS)</i> .....	37
4.3.2.3 <i>Determinação do pH</i> .....	40
4.3.2.4 <i>Colorimetria</i> .....	40
4.3.2.5 <i>Perda de líquido por exsudação</i> .....	41
4.3.3 <i>Análise sensorial</i> .....	42
4.3.3.1 <i>Levantamento de atributos</i> .....	42
4.3.3.2 <i>Preparação e apresentação de amostras</i> .....	43
4.3.3.3 <i>Avaliação das amostras</i> .....	44

5. Resultado e discussão .....	45
5.1 Dosimetria do processo de irradiação .....	45
5.2 Avaliação microbiológica .....	48
5.3 Avaliação física, química e físico-química da carne de peito de frango.....	57
5.3.1 Análises químicas e físico-químicas de carne de peito de frango não irradiada.....	57
5.3.2 Prova de TBAR's .....	58
5.3.3 Medida de pH .....	63
5.3.4 Colorimetria .....	67
5.3.4.1 Luminosidade (L*) .....	67
5.3.4.2 Intensidade de vermelho (a*) .....	68
5.3.4.3 Intensidade de amarelo (b*) .....	70
5.3.5 Perda por exsudação .....	71
5.4 Avaliação sensorial .....	73
5.4.1 Pré-seleção de provadores .....	73
5.4.2 Levantamento de atributos .....	73
5.4.3 Atributo sensorial de aparência cor (rósea, creme e cinza), líquido exsudado e crescimento microbiano visível.....	75
5.4.4 Atributo sensorial de textura - sensação de limosidade .....	79
5.4.5 Atributo sensorial de odor - carne fresca, ranço, fermentado, pútrido e queimado.....	80
6. Conclusões .....	85
7. Referências bibliográficas .....	88

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - Doses de irradiação aplicados para a redução de 90% da biota patogênica ( $D_{10}$ ) de carnes de frango ou subprodutos refrigerados.....	17
TABELA 2 - Doses de radiação gama recebidas pelos corte de peito de frango nos dois ensaios medidos pelos dosímetros.....	47
TABELA 3 - Caracterização microbiológica de carne de peito de frango sem pele e ossos.....	48
TABELA 4 - Análises químicas e físico-químicas de carne de peito de frango sem pele e ossos.....	57
TABELA 5 - Curva de resposta e porcentagens de recuperação para malonaldeído.....	59
TABELA 6 - Termos sensoriais descritivos de carne de peito de frango obtidos pelo Método Rede.....	67
TABELA 7 - Definições dos termos descritivos para carne de peito de frango.....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Configuração das caixas com bandejas de peito de frango submetidas ao processo de irradiação.....	32
FIGURA 2 -	Ficha utilizada para o levantamento dos descritores sensoriais.....	43
FIGURA 3 -	Ficha aplicada para avaliação sensorial de peito de frango.....	44
FIGURA 4 -	Espectro de RPE da alanina irradiada com 10kGy.....	46
FIGURA 5 -	Curva de resposta e amplitude do sinal versus dose de radiação gama.....	47
FIGURA 6 -	Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de <i>Pseudomonas spp</i> em cortes de peito de frango estocados em condições aeróbias, sob refrigeração à 5°C.....	50
FIGURA 7 -	Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de enterobacteriaceas totais em cortes de peito de frango estocados em condições aeróbias, sob refrigeração à 5°C.....	51
FIGURA 8 -	Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de <i>Escherichia coli</i> em cortes de peito de frango estocados em condições aeróbias, sob refrigeração à 5°C.....	51
FIGURA 9 -	Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de bactérias mesófilas aeróbias em cortes de peito de frango estocados em condições aeróbias, sob refrigeração à 5°C.....	53
FIGURA 10 -	Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de bactérias láticas em cortes de peito de frango estocados em condições aeróbias, sob refrigeração à 5°C.....	54
FIGURA 11 -	Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de bolores e leveduras em cortes de peito de frango estocados em condições aeróbias, sob refrigeração à 5°C.....	55
FIGURA 12 -	Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de bactérias psicrotróficas aeróbias em cortes de peito de frango estocados em condições aeróbias, sob refrigeração à 5°C.....	53

FIGURA 13 -	Curvas de resposta para determinação do valor de TBARS.....	59
FIGURA 14 -	Efeito de diferentes doses de irradiação sobre o valor de TBARS em amostras de cortes de peito de frango, estocados sob refrigeração à 5°C em condições aeróbias.....	60
FIGURA 15 -	Relação entre testes sensoriais de odor de ranço e valor de TBARS nas amostras-controle.....	61
FIGURA 16 -	Relação entre testes sensoriais de odor de ranço e valor de TBARS nas amostras irradiadas com 1,5kGy.....	62
FIGURA 17 -	Relação entre testes sensoriais de odor de ranço e valor de TBARS nas amostras irradiadas com 3,0kGy.....	62
FIGURA 18 -	Relação entre testes sensoriais de odor de ranço e valor de TBARS nas amostras irradiadas com 7,0kGy.....	63
FIGURA 19 -	Efeito de diferentes doses de irradiação sobre o valor de pH em amostras de cortes de peito de frango, estocados sob refrigeração à 5°C em condições aeróbias.....	66
FIGURA 20 -	Efeito de diferentes doses de irradiação sobre a medida de cor objetiva - L* (Luminosidade) em amostras de cortes de peito de frango, estocados sob refrigeração à 5°C em condições aeróbias.....	68
FIGURA 21 -	Efeito de diferentes doses de irradiação sobre a intensidade de vermelho (a*) em peitos de frangos mantidos à 5°C em condições aeróbias.....	70
FIGURA 22 -	Efeito de diferentes doses de irradiação sobre a intensidade amarelo (b*) em peitos de frangos mantidos à 5°C em condições aeróbias.....	71
FIGURA 23 -	Efeito das doses de irradiação sobre a liberação de exsudado em peito de frango mantidos à 5°C em condições aeróbias.....	72
FIGURA 24 -	Avaliação sensorial da cor rosa, em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados à 5°C.....	75
FIGURA 25 -	Avaliação sensorial da cor creme, em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados à 5°C.....	76

FIGURA 26 - Avaliação sensorial da cor cinza, em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados à 5°C.....	77
FIGURA 27 - Avaliação sensorial do exsudado em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados à 5°C.....	78
FIGURA 28 - Avaliação sensorial do atributo aspecto (crescimento microbiano visível), em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados à 5°C.....	78
FIGURA 29 - Avaliação sensorial da limosidade em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados à 5°C.....	80
FIGURA 30 - Avaliação sensorial de odor de carne fresca em cortes de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados à 5°C.....	81
FIGURA 31 - Avaliação sensorial de odor fermentado em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados à 5°C.....	82
FIGURA 32 - Avaliação sensorial do odor pútrido em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados à 5°C.....	82
FIGURA 33 - Avaliação sensorial do odor de ranço em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados à 5°C.....	83
FIGURA 34 - Avaliação sensorial do odor de queimado em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados à 5°C.....	84

## RESUMO

Caixas de papelão contendo cortes de peito de frango sem pele e sem ossos, previamente acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido, com aproximadamente 200 gramas por bandeja e recobertas por filme de polietileno, foram submetidas à irradiação com  $^{60}\text{Co}$ , utilizando-se equipamento Nordion JS 7500. As amostras foram expostas a doses de 1,5; 3,0 e 7,0kGy, sendo irradiadas na modalidade estática a  $0^\circ$  e  $180^\circ$  em relação ao feixe de irradiação. Para avaliar a homogeneidade das doses de irradiação um conjunto de 18 dosímetros de alanina+parafina por tratamento foi colocado dentro das caixas com as amostras. Outro conjunto de dosímetros foi irradiado na faixa de 1 a 10kGy para elaboração da curva de resposta . Após a irradiação, os peitos de frango foram armazenados a  $5\pm 1^\circ\text{C}$  durante 39 dias, sendo submetidos a análises microbiológicas (contagem total de bactérias aeróbias psicrotróficas, bolores e leveduras, *Pseudomonas* spp, enterobacteriaceas totais e bactérias lácticas) em 10 períodos diferentes ao longo do armazenamento. Os resultados obtidos revelaram um comportamento linear dos dosímetros de alanina+parafina na faixa de 1 a 10kGy de irradiação. Com base nas avaliações microbiológicas as amostras controle tiveram vida útil de 5 dias, observando-se um ganho na vida útil de 1,75; 4,40 e 7,0 vezes para as amostras irradiadas com 1,5; 3,0 e 7,0kGy, respectivamente. Constatou-se uma alteração crescente do odor de queimado à medida que se aumentavam as doses de irradiação, indicando a dose de 3kGy como a mais recomendável para se garantir um produto com maior vida útil e sem alterações perceptíveis no aspecto sensorial. Simultaneamente, foram realizadas análises físicas, químicas e físico-químicas de pH, colorimetria e prova de TBARS.

## SUMMARY

Kraft paper boxes containing 10 expanded polystyrene trays with 200g skinless deboned chicken breast each were irradiated with  $^{60}\text{Co}$  source of a Nordion JS7500 irradiator. The trays were previously wrapped with polyethylene film. The samples were exposed to 1,5, 3,0 e 7,0 kGy doses in the static mode at  $0^\circ$  and  $180^\circ$  in relation to the irradiation beam. Set of 18 alanine+paraffin dosimeters per treatment were distributed inside the boxes for evaluation of irradiation doses homogeneity. A separated dose calibration curve was obtained by irradiating in the range of 1 to 10kGy. After the irradiation, the chicken breasts were stored at  $5\pm 1^\circ\text{C}$  for 39 days and were analysed microbiologically in total psychrotrophic aerobic bacteria, molds and yeast, *Pseudomonas* spp, Enterobacteriaceae and lactic bacteria counts at 10 periods during the storage. The results revealed a linear behaviour of the alanine+paraffin dosimeters in the range of 1 to 10 kGy irradiations. In regard to the microbiological aspect, compared to the shelf-life of 5 days for the controls, there were shelf-life increasing of 1,75; 4,40 e 7,0 times shelf-life for chicken breasts irradiated with 1,5; 3,0 and 7,0kGy, respectively. There was an increasing change of the smell of burnt as the irradiation doses increased. Thus, 3kGy dose was considered as the ideal dose to assure a longer shelf-life to the product, without perceptible changes in the sensitive aspect. Also were realized physical and chemical analyses with pH, color and TBA values.

## 1 - INTRODUÇÃO

Os alimentos sofrem numerosas alterações físicas, microbiológicas e químicas durante as etapas de processamento e armazenamento, ocasionando perdas de atributos sensoriais que o caracterizam e conseqüentemente a redução da vida útil (SINGH, 1996). As alterações provenientes da evaporação e da cristalização, por exemplo, afetam particularmente a aparência e a textura dos alimentos. A produção de toxinas e aromas estranhos são geralmente atribuídas ao crescimento microbiano. A oxidação de ácidos graxos insaturados pode resultar em sabores indesejáveis e as reações enzimáticas e não-enzimáticas afetam a cor dos alimentos.

Em carnes de frango o crescimento de microrganismos e as atividades enzimáticas são os principais fatores limitantes da vida útil, freqüentemente prolongada com a proteção das embalagens e aplicação de agentes descontaminantes. A atividade de água, o odor e principalmente o processo de oxidação lipídica podem se alterar de acordo com o material utilizado na embalagem (BLUMENTHAL, 1997).

Da mesma forma, os agentes conservadores, com efeito bactericida, devem manter a aparência e o sabor do alimento sem deixar resíduos prejudiciais a saúde (BOLDER, 1997).

O prolongamento da vida útil das carcaças de frango é uma preocupação constante da indústria avícola. Nos abatedouros, as carcaças são resfriadas por imersão em água gelada para minimizar o crescimento bacteriano. Apesar de

reduzir o índice de crescimento, isso também pode gerar contaminações cruzadas entre as carcaças (LILLARD, 1982). O crescimento de microrganismos durante o armazenamento refrigerado ocorre principalmente no tecido muscular lesado, sendo as contaminações dependentes do tipo do músculo e do pH. Foi demonstrado que o uso da irradiação em carnes de frango pode retardar a deterioração bacteriana e diminuir a incidência de microrganismos patogênicos. (ANELLIS, 1977; LAMUKA, 1992; THAYER, 1993).

A proporção de uma população bacteriana sobrevivente à determinada dose de irradiação dependerá da sensibilidade intrínseca das espécies, do estágio que se encontra no ciclo de crescimento em que a população sofreu irradiação, da quantidade de dano causada pela irradiação e do potencial de reparo das falhas no DNA após o tratamento por irradiação (MOSELEY, 1990).

Embora o uso da irradiação contribua para um aumento da vida útil, testes sensoriais realizados em alguns estudos mostraram que o sabor e o aroma foram prejudicados nas amostras de carne de frango irradiada, em relação as amostras não irradiadas. Segundo HANSEN et al. (1987) e KATTA et al. (1991), entre os efeitos indesejáveis da irradiação de alimentos estão o desenvolvimento de sabores e odores estranhos, nas doses superiores a 2,5kGy. Contudo, doses inferiores podem não inibir efetivamente o crescimento de bactérias deterioradoras, constituindo também um problema tecnológico.

Nos últimos anos, a irradiação tem se destacado como técnica promissora para a preservação de alimentos. Cerca de 500 milhões de toneladas por ano de

vários produtos alimentícios são irradiados em todo mundo. Países como Argentina, Bélgica, Chile, Dinamarca, Estados Unidos, França, Hungria, Holanda, Japão e outros, utilizam a irradiação para diminuir o risco de toxinfecções alimentares e aumentar a vida útil de seus alimentos (ICGFI, 1995).

O Brasil utiliza a irradiação em especiarias e condimentos para a comercialização. No entanto, além de grãos, frutas e flores, a carne de frango é particularmente outro produto nacional com enorme potencial para o emprego da irradiação. Dados divulgados pela União Brasileira de Avicultura (2000) posicionaram o Brasil como terceiro maior produtor mundial (5,9 milhões de toneladas) e segundo maior exportador de carne de frango (907 mil toneladas).

A utilização da irradiação em carnes de frango pré-embaladas pode ser uma alternativa para diminuir os índices de contaminação microbiana, manter as qualidades sensoriais, sem deixar resíduos químicos e contribuir para um melhor aproveitamento comercial do produto. Estes benefícios poderão incrementar a exportação brasileira de cortes de frangos, frente a concorrência dos produtos chineses, tailandeses, franceses e norte-americanos, principais exportadores e competidores do Brasil (ABEF, 1997) e onde se permite a utilização do processo de irradiação em alimentos.

Estudos envolvendo irradiação de alimentos procuram estabelecer dosagens de radiação ionizante que reduzam significativamente a carga microbiana sem comprometer a qualidade sensorial e nutricional do produto. No entanto, a efetividade do processo de irradiação depende de se aplicar a dose

apropriada, e de medições controladas. Estas condições permitem a interpretação segura dos resultados das análises laboratoriais e contribuem para a otimização do processo.

No presente trabalho, as informações de natureza físico-química, microbiológica e sensorial foram utilizadas para avaliar a influência da irradiação na manutenção da qualidade e das características organolépticas originais da carne de frango pré-embalada e refrigerada.

## **2 - OBJETIVOS**

### **2.1 - Objetivo geral**

Avaliar a influência do processo de irradiação na qualidade e no aumento da vida útil da carne de frango acondicionadas em bandejas plásticas e embaladas com filme de alta permeabilidade ao oxigênio.

### **2.2 - Objetivos específicos**

1. Avaliar o efeito da irradiação sobre a microbiota naturalmente presente em cortes de peito de frango.
2. Avaliar a produção de odores estranhos desenvolvidos durante o processamento de irradiação.
3. Determinar a dose de irradiação responsável pela extensão da vida útil de cortes de frango, sem efeitos indesejáveis nas características físico-químicas e sensoriais.
4. Relacionar os resultados das análises microbiológicas, físico-químicas e sensoriais.

### **3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 - A irradiação**

A radiação refere-se ao fenômeno físico pelo qual a energia é transportada através do espaço ou da matéria. O tipo de radiação utilizada é chamado de “ionizante” quando esta produz partículas eletricamente carregadas, denominadas íons. Possui menor comprimento de onda, maior frequência e energia do que a radiação eletromagnética, como a luz visível, infravermelho, ultravioleta, microondas e ondas de rádio. Entre as fontes de radiação ionizante utilizadas para irradiar alimentos incluem-se os raios gama, feixes de elétrons e raios X.

Os raios gama são produzidos por isótopos radioativos como o Cobalto-60 e o Césio-137. O Cobalto-60 é produzido especificamente para uso em radioterapia, esterilização de produtos médicos e irradiação de alimentos, sendo a fonte de radioisótopo mais utilizada em aparelhos de irradiação. Produzido em forma de “canetas” de metal, o Cobalto-60 é encapsulado duplamente com zircônio e aço inoxidável, tornando a manipulação conveniente e segura (RADOMYSKI, et al 1994) para as aplicações citadas.

O cobalto-60 e o Césio-137 desintegram-se com o tempo transformando-se em Níquel e Bário, respectivamente, ambos não radioativos. As fontes são retiradas quando a radioatividade diminui, geralmente entre 6 a 12% do nível inicial. Cálculos de pesquisadores canadenses mostraram que todo Cobalto-60

produzido em 1988 (aproximadamente 100 milhões de Curies) exigiria um espaço de apenas 1,25m<sup>2</sup> para seu armazenamento final (McKINNON,1988).

A dose de radiação é a quantidade de energia radioativa absorvida pelo alimento à medida que este atravessa o campo de radiação durante o tratamento. O Sistema Internacional de Unidades propôs o termo “gray” (Gy), para se referir à dose absorvida. Um gray, em termos de relação de energia, equivale a 1J (Joule) de energia absorvida por 1kg de alimento irradiado. A relação entre o gray e uma antiga unidade de medida, o rad, é de 1kGray para 100kRads.

Segundo TEIXEIRA (1967) a eficiência do processo de irradiação pode ser afetada por fatores intrínsecos como pH, potencial de oxidorredução, composição do alimento e atividade de água e fatores extrínsecos como temperatura, atmosfera envolvendo o alimento e umidade relativa do ambiente.

Após anos de pesquisa foi estabelecido um consenso sobre a aplicação de diferentes doses de irradiação para as mais diversas finalidades. Assim, alguns termos específicos foram propostos para diferenciar o objetivo do processo.

- **Radappertização** refere-se a esterilização de alimentos com a aplicação de doses acima de 10kGy,
- **Radurização** refere-se a aplicação de doses médias, entre 1 e 10kGy, e apresenta efeito de pasteurização, prolongando a vida útil,
- **Radicação** refere-se a aplicação de doses baixas, menores de 1kGy, eficazes no controle de parasitas em carne, retardamento do envelhecimento

*de frutas frescas ou amadurecimento de vegetais, destruição de insetos e parasitas de grãos e frutas.*

A irradiação poderá aumentar a qualidade de produtos frescos prolongando a boa aparência, aroma, odor, sabor e a manutenção do valor nutritivo. Trata-se de um tratamento eficaz contra insetos, como as moscas de frutas, brocas de sementes, pragas de frutas tropicais, por exemplo, que limitam o comércio internacional com países mantenedores de regulamentações rigorosas, como Austrália, Japão e Estados Unidos.

Países desenvolvidos de clima temperado utilizam a irradiação como substituto do dióxido de etileno e do brometo de etila, no tratamento de ervas e especiarias, assim como na redução ou eliminação das bactérias contaminantes de alimentos, uma vez que essas substâncias químicas possuem uma alta toxicidade, além do brometo de etila contribuir para a destruição da camada de ozônio.

O processo de irradiação pode ainda reduzir a perda de qualidade em alimentos ocorrida durante o armazenamento e transporte, minimizando o uso de produtos químicos potencialmente nocivos. Nos países em desenvolvimento, estima-se que 25% de produtos alimentícios perdem-se devido à contaminação microbiana, infestação de insetos e de roedores, antes de chegar ao consumidor. (RADOMYSKI et al, 1994).

No Brasil, estudos de referência com informações concretas sobre as condições de processamento, e aspectos tecnológicos envolvidos na aplicação da

irradiação em alimentos, para fins institucionais, não estão totalmente disponíveis na literatura.

### **3.2 - Utilização da irradiação em alimentos**

Não há números exatos de quanto alimento se deteriora anualmente no mundo, mas as perdas são enormes, principalmente nos países em desenvolvimento. Estima-se que a perda de estoques de cereais em grãos e de legumes alcance pelo menos 10% e a de vegetais e frutas atinja 50%, decorrente principalmente da contaminação e deteriorações microbianas. Em produtos como peixe desidratado, relata-se que a infestação por insetos gera uma perda de 25%, além do adicional de 10% devido a deterioração microbiana (OMS, 1988).

No entanto, as perdas são apenas parte de um problema maior. Em 1983, peritos da FAO (Food and Agriculture Organization) e OMS (Organização Mundial da Saúde) concluíram que as doenças de origem alimentar, apesar de não serem bem notificadas, constituem um sério problema de saúde pública e, cada vez mais, apresentam efeitos adversos sobre a produtividade humana (TODD, 1989).

A OMS acredita que a morbidade de origem alimentar real está entre 10 a 20 vezes superior à morbidade notificada. Em países onde o serviço epidemiológico é razoavelmente bom, a carne de frango é identificada como principal veículo responsável pela salmonelose de origem alimentar, e provavelmente, também pela campilobacteriose.

Há uma tendência geral de pesquisas na linha de conservação de alimentos e no desenvolvimento de técnicas de conservação menos severas e danosas aos produtos alimentícios, procurando manter suas características organolépticas iniciais (MINNAR, 1995).

Neste contexto o processo de irradiação de alimentos representa uma tecnologia potencial para auxiliar na conquista de um dos principais objetivos dos cuidados primários com a saúde, ou seja, promover suprimento alimentar mais seguro e com significativo aumento da vida útil, sem alterar as propriedades de frescor dos alimentos.

Alterações nos padrões de consumo e nas técnicas de processamento industrial levaram a uma melhora global da qualidade dos alimentos. Apesar disso, os consumidores enfrentam riscos de contaminação por bactérias e parasitas patogênicos. A irradiação é considerada um método efetivo para reduzir ou eliminar esses riscos em alimentos frescos, resfriados ou congelados. Essa é a única técnica conhecida capaz de eliminar eficientemente alguns patógenos, como a *Salmonella*, de alimentos de origem animal crus, frescos ou congelados. Segundo RADOMYSKI e *et al* (1994) outras técnicas, ou aprimoramentos das técnicas atuais, não conseguem o mesmo resultado, pois alteram o estado de frescor do produto (esterilização e pasteurização), e possuem custo elevado.

Com base em estudos do Departamento de Cirurgia Geral do exército norte-americano, concluiu-se que alimentos irradiados com doses de até 56kGy eram seguros para o consumo. Comitês de especialistas, patrocinados pela FAO,

OMS e IAEA (International Atomic Energy Agency) se reuniram durante as décadas de 60 e 70 para estudar a salubridade dos alimentos irradiados e concluíram que estes alimentos eram seguros e saudáveis se recebessem doses de até 10kGy. Estudos realizados por TARKOWSKI et al (1984) e RADOMYSKI et al (1994) demonstraram que alimentos irradiados entre 10 e 40kGy também se mantiveram saudáveis.

Deve-se ressaltar que as conclusões a respeito da segurança alimentar de alimentos irradiados, foram baseadas em pesquisas realizadas a longo prazo, empregando-se várias gerações de cães, ratos e camundongos alimentados com carne de frango esterilizada por meio de irradiação.

### **3.3 - Legislação de alimentos irradiados**

Os alimentos irradiados vem sendo estudados e os efeitos da irradiação melhor compreendidos do que outros processos de conservação, como a esterilização, o congelamento ou a desidratação de alimentos. (RADOMYSKI, 1994)

Os países membros da FAO, OMS e IAEA estabeleceram um novo órgão internacional em 1990, o ICGFI (International Consultative Group on Food Irradiation), para documentar e atualizar as informações sobre a tecnologia da irradiação de alimentos. Desde então, todo o progresso da irradiação de alimentos tem sido tema de várias conferências internacionais abordando aspectos da saúde pública, segurança microbiológica, transformações químicas, instalações e

tecnologia de irradiadores, esclarecimentos ao consumidores e regulamentação de produtos e dosagens.

A irradiação de alimentos, associada ou não com outros procedimentos de conservação, pode ser um meio eficaz de superar os problemas de deterioração já mencionados. Atualmente está aprovada em 37 países, sendo a última autorização emitida em 21 de setembro de 1992, pelo Serviço de Inspeção e Segurança de Alimentos, o Food Safety Inspection Service (FSIS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (United States Department of Agriculture - USDA), permitindo a irradiação da carne de frango crua embalada (RADOMYSKI, et al 1994).

Nos Estados Unidos, para o uso da irradiação no processamento de determinado alimento, a empresa processadora deve solicitar a aprovação junto a Food and Drug Administration (FDA), a menos que a irradiação desse alimento tenha sido previamente aprovada. Se for um produto de carne bovina ou de frango, a empresa processadora deve preencher os requisitos do FSIS do USDA. Os produtos de carne bovina e de frango são considerados adulterados se sujeitos a doses de radiação não aprovadas (CRAWFORD, 1990).

Seguindo um longo estudo das suas implicações na saúde pública, essa tecnologia tem sido liberada em vários países, com limitações de produtos e dosagens. Em Israel, por exemplo, as carcaças de frango podem ser tratadas com até 7kGy (BASKER, 1986). Nos Estados Unidos, doses mínima de 1,5kGy e máxima de 3,0kGy são estabelecidas para carnes de frango (CRAWFORD, 1990).

No Brasil, a resolução RDC #21 de 26/01/2001 aprovou o “Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos”, revogando as Portarias #09 de 08/03/1985 e #30 de 25/09/1989. A nova resolução prevê que qualquer alimento poderá ser tratado por radiação desde que sejam observadas as seguintes condições:

- *A dose mínima absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida;*
- *A dose máxima absorvida deve ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e ou atributos sensoriais do alimento.*

### **3.4 - Sensibilidade dos microrganismos à radiação ionizante**

A irradiação gama tem ação bactericida e pode atuar de várias maneiras, seja alterando quimicamente as bases nitrogenadas, produzindo rupturas na cadeia de DNA ou interrompendo a síntese protéica dos microrganismos. As bactérias contêm apenas um cromossomo na forma de uma molécula circular longa de DNA, que é vulnerável à formação de falhas. A maioria das bactérias repara as falhas de DNA por meio de enzimas, mas são incapazes de restaurar um número excessivo de falhas, permanecendo incapazes de se multiplicar.

Em geral, as bactérias Gram-negativas como *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Campylobacter* e *Vibrio* são mais sensíveis à radiação ionizante do que as Gram-positivas, como *Listeria* e *Staphylococcus*. Os esporos bacterianos, presentes principalmente em bactérias Gram-positivas dos gêneros *Bacillus* e *Clostridium*,

são mais resistentes do que as formas vegetativas das mesmas espécies. Ainda mais resistentes do que os esporos bacterianos são as células vegetativas dos gêneros *Deinococcus* e *Deinobacter*. Parece que as células da *Deinococcus* spp. possuem múltiplas cópias de seus cromossomos e um mecanismo de reparo de DNA baseado na recombinação das cópias. Tais bactérias são raras, não patogênicas e muito sensíveis ao calor (MOSELEY, 1990).

Parasitas e bactérias patogênicas presentes na carne de frango, bovina e suína podem ser drasticamente reduzidos ou eliminados por meio de tratamentos com doses baixas de radiação ionizante, até 10kGy. BRAKE et al (1985) concluíram que doses moderadas de radiação ionizante inativam o protozoário *Toxoplasma gondii* (0,25kGy), o nematóide *Trichinella spiralis* (0,3kGy) e os cestóides *Cysticercus bovis* e *Cysticercus cellulosae* (0,4 - 0,6kGy).

As bactérias patogênicas de maior freqüência na carne de frango, são *Salmonella* spp e *Campylobacter jejuni*, envolvidas em surtos de gastroenterite, e *Listeria monocytogenes*, relacionada com casos de meningite e meningoencefalite. A TABELA 1 resume as doses de radiação ionizante necessárias para a redução de alguns desses microrganismos patogênicos normalmente constatadas na carne de frango.

Pesquisas realizadas por ANELLIS (1977) relataram que a eliminação de *Clostridium botulinum* era possível com a utilização de temperaturas criogênicas e embalagem a vácuo acrescida da irradiação.

TABELA 1 - Doses de irradiação necessárias para a redução de 90% da biota patogênica (D<sub>10</sub>) de carnes de frango ou subprodutos refrigerados.

Microrganismos	Dose de Irradiação (kGy) <sup>1</sup>	Referência
<i>Aeromonas hydrofila</i>	0,14 - 0,19	THAYER, 1993
<i>Campylobacter jejuni</i>	0,19	THAYER, 1993
<i>Campylobacter jejuni</i>	0,38	TARKOWSKI, et al 1984
<i>Clostridium botulinum</i>	3,0	THAYER, et al 1992
<i>Clostridium botulinum</i>	3,05	THAYER, et al 1986
<i>Clostridium botulinum</i>	3,56	ANELIS, et al 1977
<i>Clostridium botulinum</i> (tipo E)	3,0	RADOMYSKI, et al 1994
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	0,3 - 0,4	THAYER & BOYD, 1993
<i>Listeria monocytogenes</i>	0,8	RADOMYSKI, et al 1994
<i>Listeria monocytogenes</i>	0,5	VARABIOFF, 1992
<i>Listeria monocytogenes</i>	0,77	PATTERSON, 1989
<i>Salmonella</i> spp	0,38 - 0,77	THAYER, et al 1995
<i>Salmonella</i> spp	2,50	LAMUKA, et al 1992
<i>Salmonella</i> spp	1,50 - 3,00	THAYER, et al 1992
<i>Salmonella</i> Typhimurium	0,75 - 1,5	THAYER, et al 1992
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,36	THAYER, 1993
<i>Yersinia enterocolitica</i>	0,38	TARKOWSKI, et al 1984

<sup>1</sup>A unidade de energia da radiação ionizante é dada em kilogray (kGy).

Estudos indicaram uma redução de 4 ciclos logarítmicos de *Yersinia enterocolitica* e *Campylobacter jejuni* em carne crua irradiada com doses de até 1,5kGy (TARKOWISKI, 1984).

Para *Salmonella* Typhimurium necessitou-se de doses entre 0,75 a 1,05kGy para uma redução equivalente a D<sub>10</sub>, enquanto o *Campylobacter jejuni* e *Listeria monocytogenes* necessitaram de doses de 0,18 e 0,8kGy, respectivamente

A *E. coli* O157:H7 apresentou um valor D de 0,27kGy a 5°C em carne de vaca moída e 0,26kGy a 0°C em CMS. Em estudos realizados por THAYER & BOYD (1993) foram relatados valores D de 0,27kGy a 5°C e 0,42kGy a -5°C na carne de frango, constatando-se que a *E. coli* O157:H7 era muito sensível à radiação gama na faixa entre 1,5 a 3,0kGy. As diferenças relativamente importantes nos conteúdos de gordura e de proteína na carne moída de bovino e CMS aparentemente não alteraram a toxicidade da radiação gama para *E. coli* O157:H7. Esses pesquisadores calcularam um valor D de 0,23kGy a 10°C para *E. coli* O157:H7, sendo que para a linhagem não patogênica ATCC 25922 da *E. coli* em CMS de frango a 0°C foi obtido um valor de  $0,25 \pm 0,01$ kGy, concluindo-se que a *E. coli* O157:H7 era quase tão sensível à radiação gama quanto as linhagens não patogênicas dessa espécie.

PATTERSON (1988) relatou valores D de 0,27 e 0,26kGy para uma linhagem do tipo selvagem de *E. coli* irradiada a 10°C em cortes de frango feitos no vácuo ou em N<sub>2</sub>, respectivamente. Assim, sendo a irradiação de 1,5kGy,

correspondendo a dose mínima estabelecida pelo FDA para a carne de frango seria capaz de uma redução de 4D a 5D.

*Listeria monocytogenes* mostrou um valor D igual a 0,77kGy a 2-4°C no frango. Estudos realizados por PATTERSON (1989) concluíram que uma dose de 1,0kGy seria suficiente para destruir 4 ciclos logarítmicos de *Listeria*. Porém, em testes com culturas puras, segundo o mesmo autor, foi possível que cepas jovens formassem pares de DNA de cadeias curtas, explicando a diferença na resistência à irradiação.

MEAD et al (1990) investigaram os efeitos da irradiação gama na sobrevivência de *L. monocytogenes* em carcaças de frango e no comportamento do microrganismo durante o armazenamento refrigerado. Os inóculos de 100 e 10.000 UFC/cm<sup>2</sup> de culturas foram utilizados para o teste. Em 16 carcaças recém abatidas e não irradiadas, 10 mostraram-se positivas para a ocorrência natural de *L. monocytogenes*, com contagens que variaram entre 0,36 e 24 UFC/cm<sup>2</sup> (média = 4,3 UFC/cm<sup>2</sup>). Realizando teste de inoculação com concentrações de cultura pura de *L. monocytogenes* em carcaças de frango e posterior irradiação, obteve-se apenas 1 entre 12 carcaças inoculadas positiva para *L. monocytogenes*, e nenhuma outra se tornou positiva antes de 5 dias a 10°C e 14 dias a 5°C. No final de cada período de armazenamento, as carcaças irradiadas não estragaram, mas 22% apresentavam *L. monocytogenes*, principalmente as que receberam maior inoculação. Com menores índices de inoculação, apenas 1 entre 18 carcaças apresentaram *Listeria* sobrevivente. A deterioração de carcaças não irradiadas

conservadas a 5°C foi detectável após 7 dias, quando as *L. monocytogenes* aumentaram 1000 vezes. Esse estudo confirmou que a *L. monocytogenes* é comum em carcaças de frango cruas, mas é encontrada em quantidades que seriam destruídas por 2,5kGy de irradiação gama. Os resultados não confirmaram o estudo realizado por HUHTANEN et al (1989) de que 2,0kGy seria suficiente para destruir 10.000 UFC/cm<sup>2</sup> de *L. monocytogenes* no frango.

*Campylobacter jejuni*, provavelmente o patógeno mais comum em aves, apresentou um valor D igual a 0,19kGy na faixa de temperatura de 0 a 5°C em carne de peru moída (THAYER, 1993)

Os valores D das espécies de *Salmonella* variaram entre 0,38 a 0,77kGy a 2°C em carne de frango mecanicamente desossado. THAYER et al (1990a), estudando os valores D para seis sorovares de *Salmonella* em carne de frango mecanicamente desossada e esterilizada com radiação sob condições anaeróbias e aeróbias, perceberam uma grande redução na sensibilidade da *S. Typhimurium* e *S. Enteritidis* à radiação gama em temperaturas negativas, mas a presença ou ausência de ar não teve influência significativa na sobrevivência da bactéria.

HANIS et al (1989) irradiaram carne de frango a 10°C e a -15°C contaminada com *S. Typhimurium* (~ 10<sup>6</sup> UFC/g) e observaram que uma dose de 5,0kGy não foi suficiente para a eliminação. No entanto, nenhuma *Salmonella* sobreviveu a uma dose de 10kGy.

THAYER (1992) estudaram fatores que influenciaram nos efeitos da radiação ionizante sobre a sobrevivência da *S. Typhimurium* em carne de frango

mecanicamente desossada. A análise de dados indicou que os resultados de um único estudo podem ser utilizados para prever os padrões de resposta, mas não a resposta verdadeira. Com base em dados experimentais e previsões das equações de superfície de resposta, a variação de dose de 1,5 a 3,0kGy deveria resultar num mínimo de 99% de inativação de salmonelas presentes na carne de frango.

Experiências semelhantes foram realizadas por THAYER (1992) com CMS e coxas de frango na presença da biota residual normal. A resposta da *S. Typhimurium* à radiação gama foi semelhante tanto para a CMS como para as coxas. A irradiação foi mais letal às células de bactérias em temperaturas acima das de congelamento, e as equações de superfície de resposta previram que o número de células viáveis por grama de CMS ou por centímetro quadrado de superfície das coxas de frango reduzira-se a aproximadamente 2,8 a 5,1 ciclos logarítmicos a 0°C, com doses de irradiação entre 1,5 a 3,0kGy. Os resultados dos estudos foram semelhantes aos obtidos com CMS estéril inoculada com *S. Typhimurium* (THAYER et al, 1995).

Os efeitos da irradiação também foram investigados por HEATH et al (1990) sendo que nenhuma *Salmonella* foi encontrada nas coxas de frango irradiadas com 1, 2, 3, 4, 5 e 6kGy, enquanto que, 67% das amostras não irradiadas foram positivas para *Salmonella*. Em experimentos seguintes, as coxas foram irradiadas com doses de 0, 1, 2 ou 3kGy e armazenados por 0, 2, 4, ou 8 dias. Com exceção de um pedaço de coxa irradiada com 2kGy e armazenado por 8 dias, todas as amostras irradiadas foram negativas para a *Salmonella*. Os

autores concluíram que a irradiação de pedaços de peito e de coxa com doses de até 1kGy eliminaria a *Salmonella*.

Estudos demonstraram que a irradiação em doses iguais ou maiores que 2,7kGy destruiriam de maneira eficaz todas as salmonelas das asas de frango (THAYER, 1992). Há relatos da eliminação total das salmonelas de carcaças de frango recém processadas com a aplicação de uma dose de 2,5kGy (LAMUKA, 1992).

A sensibilidade da *S. Typhimurium* em carne de frango irradiada sob várias condições atmosféricas foi observada por PATTERSON (1988). O microrganismo foi igualmente sensível em ar e CO<sub>2</sub>, mas mais resistente em atmosfera de N<sub>2</sub>.

Segundo THAYER (1986) doses de 2,5kGy destruíram efetivamente as salmonelas em carcaças de frango congeladas (-20°C) e reduziram bastante o número de salmonelas em carcaças resfriadas. Esses resultados contrastam com relatos de outros autores nos quais os tratamentos de radiação em temperaturas de congelamento foram menos efetivos.

Os esporos do *Clostridium botulinum* apresentaram um valor D igual a 3,56kGy em frango a -30°C (ANELLIS, 1977). O valor D foi calculado a -30°C porque o controle desse organismo geralmente requer esterilidade comercial, o que exige baixas temperaturas para manter as propriedades organolépticas desejadas. Embora ocorra exceções, os valores D devem ser cuidadosamente

determinados, levando-se em consideração tanto a temperatura do produto como a do processo (THAYER, 1993).

A irradiação em baixas doses não foi letal para os esporos de bactérias, sendo que os valores 12 D adequados para o *C. botulinum* são de 32kGy para presunto a 43kGy para o frango (THAYER, 1986; THAYER, 1995). A decisão do FDA de permitir a irradiação de frango embalado com ar e não a vácuo foi tomada para evitar a germinação de esporos e o crescimento de células vegetativas do *Clostridium botulinum* com a conseqüente produção de toxinas (RADOMYSKI, 1994).

FIRSTENBERGE-EDEN et al (1983) e RADOMYSKI et al (1994) constataram o crescimento da microbiota competitiva da pele do frango e do *Clostridium botulinum* tipo E após a irradiação. Doses de 3kGy reduziram a microbiota normal de  $10^4$  para 500 células por  $7 \text{ cm}^2$ , enquanto que os esporos do *C. botulinum* tipo E foram reduzidos em apenas 1 ciclo log. Nos testes conduzidos à  $30^\circ\text{C}$ , a microbiota natural sobrevivente cresceu mais rápido do que os esporos de *C. botulinum* e produziu alterações de odor antes que a amostra se tornasse tóxica.

A vida útil de carcaças de frango recém processadas aumentou quando elas foram embaladas individualmente com ar e irradiadas com uma dose de 2,5kGy a  $3,5^\circ\text{C}$ . A irradiação gama erradicou as células de *Yersinia* com contagens iniciais de  $\log 3,03/\text{cm}^2$  (LAMUKA, 1992).

### 3.5 - Doses de irradiação e a vida útil de carne de frango

Em maio de 1990, o FDA aprovou o uso de irradiação para carne de frango crua, resfriada ou congelada, visando controlar alguns patógenos oriundos de alimentos, como a *Salmonella*, *Campylobacter* e *Yersinia* (CRAWFORD, 1990).

A carne pode ser irradiada para eliminar ou reduzir o número de patógenos provenientes de alimentos, prolongando a vida útil ou produzindo um produto estéril, de armazenamento estável. Cada um desses objetivos requer uma dose de radiação ionizante e processos bastantes diferenciados. PROCTOR et al, citado por THAYER (1993), revelaram que a carne de frango não irradiada e armazenada entre 2 a 4,4°C durante uma semana se deteriorava a ponto de atingir uma contagem padrão em placa de  $4,8 \times 10^7$  UFC/g. Quando irradiado com 7,4kGy, o produto manteve-se aceitável mesmo após 4 semanas de armazenamento, embora o sabor tenha sido afetado.

Entre as bactérias psicrotróficas, responsáveis pela deterioração de carnes refrigeradas em condição aeróbias, predominam os gêneros corineformes, *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Achromobacter*, *Moraxella*, *Alteromonas* e *Pseudomonas* spp. Devido ao seu crescimento rápido e a produção de odores indesejáveis, as *Pseudomonas* spp são particularmente importantes indicadoras do processo de deterioração. As *Pseudomonas* spp se desenvolvem igualmente em cortes de peito (pH 5,7 - 5,9) e coxa (6,4 - 6,7), mas as *Alteromonas putrefaciens* e os gêneros *Acinetobacter*, *Moraxella* se desenvolvem preferencialmente em cortes de coxa.

Há uma preocupação de que com a diminuição, por irradiação, da microbiota normal do frango os patógenos sobreviventes, como as espécies de *Salmonella*, possam crescer rapidamente sob condições de inadequadas de conservação sob refrigeração (KAMPELMACHER, 1993).

Porém, entre os efeitos indesejáveis da irradiação de alimentos está o desenvolvimento de sabores e odores estranhos. Segundo trabalhos realizados por HANSEN et al (1987) e KATTA et al (1991), doses superiores a 2,5kGy utilizadas para irradiar carne de frango podem induzir o desenvolvimento desses efeitos indesejáveis. Contudo, doses inferiores podem não inibir efetivamente o crescimento de bactérias deterioradoras, constituindo também um problema tecnológico.

Estudos realizados por KATTA et al (1991) indicaram que a irradiação gama de frango com 2,0kGy eliminava 99% da carga microbiana total. CHO et al (1985) e ABU-TARBOUSHI, et al. (1997) demonstraram que doses de até 10kGy aumentavam a vida útil da carne do frango em 2 ou 3 semanas.

Algumas amostras de carne de frango quando irradiadas com 2,5kGy à temperatura ambiente continuaram saudáveis mesmo após 80 dias de armazenamento a 5°C. THAYER et al (1993) mencionaram pesquisas de irradiação de carcaças de frangos eviscerados embalados em sacos de polietileno, no gelo, usando uma fonte de radiação de cobalto com 0,93 e 4,65kGy, seguida de armazenamento a -22, 1, 4,4 e 10°C até a completa deterioração, nos aspectos bacteriológico e físico. Concluiu-se que as carcaças não irradiadas,

armazenadas a 1°C, deterioravam após 11 dias, mas as carcaças que receberam 0,93kGy levaram 20 dias para deteriorar. As carcaças que receberam 4,65kGy não foram consideradas deterioradas até 20 dias. O armazenamento a 1°C reduziu a formação de rancidez melhor do que a 4,4°C. Um grupo de provadores sensoriais não foi capaz de distinguir o frango assado não irradiado do irradiado (0,93 ou 4,65kGy) mesmo após o armazenamento de 2 ou 7 dias a 1°C.

PROCTOR et al (1956) constataram que o frango não irradiado, armazenado a 2 - 4,4°C, durante uma semana, havia deteriorado com uma contagem padrão em placa de  $4,8 \times 10^7$  UFC/g, enquanto o frango irradiado com 7,4kGy, ainda estava aceitável mesmo após 4 semanas de armazenamento a 2 - 4,4°C. Com essa dose, porém, o sabor foi bastante afetado pela radiação. Amostras de frango congeladas embaladas a vácuo e irradiadas com doses de 18,6kGy não apresentaram diferenças significativas no sabor quando comparadas aos controles.

IDZIAK & INCZE (1968) irradiaram carne de frango com doses de 2,5; 5,0 e 7,0kGy, à temperatura ambiente e armazenaram a 5°C. Com base nas cargas bacterianas, eles estimaram que um tratamento com 5kGy aumentaria a vida útil para 16 ou até 20 dias; uma dose de 7kGy aumentaria a vida útil para 19 ou até 24 dias, sendo que as carcaças não irradiadas tinham de 6 a 9 dias. Neste trabalho nenhum teste organoléptico foi realizado.

Frangos eviscerados com e sem tratamento com sal foram irradiadas com 0, 1,2, 2,0, 2,5, 2,8, 5,0 e 5,6kGy e armazenados a -1,0; +1,6 e +4,4°C por até 31

dias. Amostragens foram realizadas em intervalos de tempo para avaliações microbianas, físicas e sensoriais. Concluiu-se nesta pesquisa que a combinação de 2,5kGy e armazenamento a 1,6°C aumentava a vida útil para 15 dias sem efeitos nocivos sobre a cor, odor ou sabor (KAHAN, 1978).

Cortes de coxas e peitos de frango foram embalados em bandejas e irradiados com doses de 2, 3, 3,75 e 4,5kGy, sob gelo, nos estudos de KLINGER et al (apud THAYER, 1993) e BASKER et al (1986a). Os resultados indicaram que não houve diferenças na qualidade sensorial do frango irradiado com 3,75kGy e o não irradiado. As diferenças sensoriais se tornaram perceptíveis à medida em que o tempo de armazenamento a 1-2°C aumentava. Os autores concluíram que a qualidade da coxa resfriada irradiada era aceitável durante aproximadamente 2 semanas e quanto ao peito durante cerca de 3 semanas.

HANIS et al. (1989) avaliaram as características organolépticas de frango cru, fervido e frito 48 horas após a irradiação com doses de 0,5; 1,0; 2,5; 5,0 ou 10,0kGy, mantido a -15°C ou +10°C e embalados em sacos de polietileno. Um odor característico dependente da dose e da temperatura foi observado, mas a fervura e fritura diminuíam os efeitos sensoriais negativos da irradiação. Os autores consideraram o frango fervido aceitável e o frango frito muito bom após uma dose de 10kGy. O valor da acidez total aumentou 4,5% e o valor do índice de peróxido 136%, após uma dose de 2,5kGy a 10°C.

Peitos de frango com osso e pele foram embalados em bandejas com filmes de cloreto de polivinil e de poliestireno e irradiados com doses de 2,5, 3,0,

3,8 ou 4,5kGy em temperatura ambiente; segundo LESCANO et al. (1991), amostras que receberam 2,5kGy, apresentaram uma contagem bacteriana aeróbia total de  $10^6$  UFC/g com 19 dias de armazenamento a 2°C; os provadores consideraram que as propriedades sensoriais eram boas até o 22º dia, sendo que os níveis reduzidos de rancidez, de liberação de ácidos graxos e menor capacidade de retenção de água foram característicos das amostras irradiadas. As amostras controle atingiram  $10^6$  UFC/g em 8 dias. A carne de frango crua apresentou uma coloração levemente rósea e um desagradável odor de irradiação, que não foi perceptível após a carne ter sido assada em forno. As amostras de frango tratadas com doses maiores que 2,5kGy foram consideradas sensorialmente boas até o 22º dia, mas o sabor e a aceitabilidade foram menores.

SHAMSUZZAMAN et al. (apud THAYER, 1993) embalaram peitos de frango desossados e sem pele em sacos de polietileno, que foram irradiados com doses de 1,1, 2,2 ou 2,9kGy, sob gelo e armazenados a 2°C durante 0, 2, 4, 6 ou 8 semanas antes das análises microbiológicas, de vitaminas e sensoriais. As amostras irradiadas com 2,9kGy tiveram vida útil de pelo menos 8 semanas, apresentaram pouca alteração de odor e sabor e apenas uma pequena redução no conteúdo de tiamina.

Carcaças de frango irradiados com 1,5kGy de raios gama e armazenadas a +1°C tiveram vida útil de aproximadamente 11-16 dias, julgadas pela aceitabilidade do odor. A irradiação entre 2 a 4kGy reduziu a contagem total de bactérias aeróbias mesófilas por um fator de  $10^3$  a  $10^4$ . Durante o subsequente

armazenamento a +4°C, a contagem total aumentou gradativamente, chegando ao seu valor inicial após aproximadamente 30 dias. Porém, essa boa condição microbiológica foi bem distinta da aceitabilidade sensorial (RADOMYSKI et al, 1994).

Embora o uso da irradiação contribua para um aumento da vida útil, testes sensoriais realizados em alguns estudos mostraram uma inferioridade no sabor e do aroma das amostras de carnes de frango irradiadas em relação as amostras não irradiadas. Dessa forma, o sucesso da irradiação como agente descontaminante depende da aplicação de uma dose efetiva para intensificar a destruição dos microrganismos e minimizar as mudanças sensoriais do alimento.

## **4 - MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 - Matéria-prima e preparo das amostras.**

Cortes de peito de frango sem pele e ossos foram desossadas e embaladas em abatedouros avícolas de regiões próximas à Campinas. Foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido com aproximadamente 200 gramas por bandeja (240mm comprimento, 180mm largura, 30mm altura) e recobertas com filme esticável e termoencolhível, de alta permeabilidade ao ar. Cada conjunto de 10 bandejas foi colocado em caixas de papelão (60cm comprimento, 42cm largura, 10cm altura). Todo o lote foi encaminhado à unidade irradiadora em um caminhão frigorífico com temperatura controlada de  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .

### **4.2 - Irradiação das amostras e dosimetria.**

As amostras embaladas foram transportadas para a Empresa Brasileira de Radiações (EMBRARAD), sediada em São Paulo, para serem irradiadas em um irradiador de grande porte da marca Nordion JS 7500, com uma fonte de  $^{60}\text{Co}$ . Foram irradiadas seis caixas por tratamento, exceto as correspondentes ao controle, na modalidade de irradiação estática, a uma distância da fonte correspondente a uma taxa de dose de 4 kGy/h, durante tempos de irradiação adequados para se obter doses de 1,5; 3,0 e 7,0 kGy. Foram realizadas duas repetições de todo o processo indicadas como ensaio A e B no acompanhamento da dosimetria. As caixas foram irradiadas nas posições de  $0^\circ$  e  $180^\circ$ . A situação ideal de irradiação é aquela onde o produto todo recebe uma dose idêntica, e um critério para estabelecer a homogeneidade do processo, é a razão entre a dose máxima e mínima que deverá ser o mais próximo a 1 (FARRAR IV, 1995).

Os dosímetros de alanina, fabricados pelo Departamento de Física e Matemática da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (DFM-FFCLRP-USP), consistiram de uma mistura homogênea de DL-alanina (CAS Number: 302-72-7) e parafina (CAS Number: 8012-95-1), com massa nominal de 240mg, na proporção de 4:1. Para cada caixa foram colocados três dosímetros conforme esquema na FIGURA 1.

Um conjunto de dosímetros na faixa de 1-10 kGy foi irradiado separadamente para obtenção da curva de resposta. Cada dosímetro foi colocado dentro de um capuz de PVC com espessura de 5mm para proporcionar o equilíbrio eletrônico. As amostras foram retiradas do caminhão frigorífico a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  somente o período necessário para o processamento com irradiação.

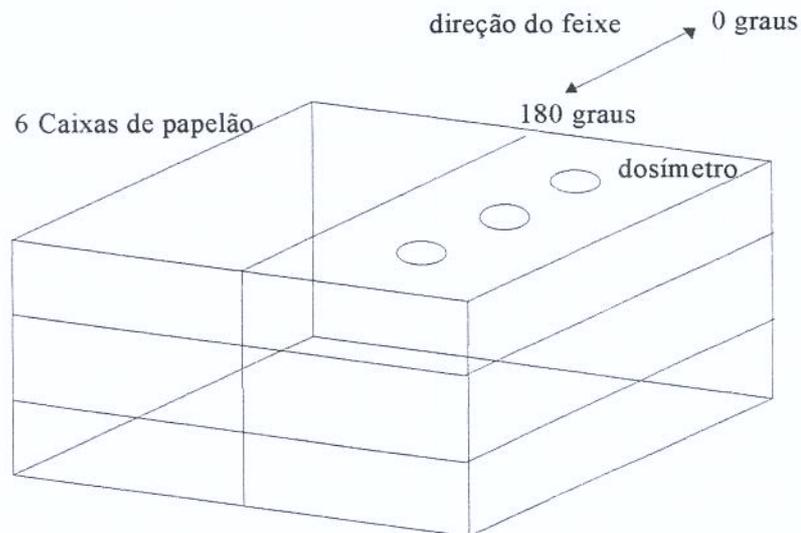


FIGURA 1 - Configuração das caixas com bandejas de peitos de frango submetidas ao processo de irradiação.

### **4.3 - Amostragem**

As amostras irradiadas e as amostras-controle (0 kGy) retornaram ao Centro de Tecnologia de Carnes (CTC), do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), onde foram armazenadas em câmara frigorífica a  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 39 dias. No dia da irradiação (primeiro período) foram separadas 04 bandejas da amostra-controle para a etapa de caracterização microbiológica e 03 bandejas para avaliação física, química e físico-química e sensorial. Para o acompanhamento da vida útil, as amostras foram avaliadas em dez períodos de armazenamento (1, 5, 8, 12, 15, 22, 26, 29, 32 e 39 dias), considerados a partir do tratamento por irradiação. Em cada período, foram separadas 02 bandejas por tratamento para análises microbiológicas, 02 bandejas para as avaliações físico-químicas e 03 bandejas para as avaliações sensoriais, físicas e químicas.

#### **4.3.1 - Avaliação microbiológica**

Os cortes de peito de frango foram amostrados pela técnica de enxágüe. Neste procedimento, 02 bandejas de cada tratamento foram avaliadas com amostragem composta, onde 02 peitos de frango, um de cada bandeja, foram colocados em sacos de plásticos estéreis, pesados, imersos em 500ml de solução salina peptonada tamponada (BPW, CM509, OXOID) e massageados durante 2 minutos. A solução de enxágüe foi recolhida em frasco estéril para o preparo de diluições decimais sucessivas por meio da transferência de 1ml da solução de enxágüe para tubos de ensaio com 9ml de solução salina peptonada (Água destilada adicionada de 0,1% peptona e 0,85% cloreto de sódio).

No primeiro período foi realizada uma caracterização microbiológica das amostras, com a pesquisa de *Salmonella* spp, *Listeria monocytogenes*, contagem de total de bactérias aeróbias mesófilas, *Staphylococcus aureus*, aeróbias psicrotróficas, bolores e leveduras, *Pseudomonas* spp, enterobacteriaceas totais, bactérias láticas e NMP coliformes totais e *E. coli*.

Ao longo do armazenamento, determinou-se as contagens de bactérias aeróbias psicrotróficas totais, bactérias mesófilas aeróbias, coliformes fecais, *Pseudomonas* spp, enterobacteriaceas, bolores e leveduras e bactérias láticas.

A pesquisa de salmonelas foi feita com pré-enriquecimento de porções de 500ml de BPW, coletada conforme descrição em 4.3.1 e incubada a 35°C/24 horas, objetivando a recuperação das células injuriadas. A seguir, foi feita a transferência de porções do meio de pré enriquecimento para tubos contendo caldo de enriquecimento seletivo. Empregou-se dois diferentes meios de enriquecimento, a saber, o Caldo Selenito Cistina (SC, CM699, OXOID) e o Caldo Rappaport-Vassiliadis com peptona de soja (RVS, CM866, OXOID), com transferência de 1ml e 0,1ml do inóculo, respectivamente, seguido da incubação dos caldos a 35°C e 42±1°C por 24 horas, respectivamente. Realizou-se o plaqueamento seletivo diferencial em Ágar Hectoen (HE, CM419, OXOID) e Ágar Xilose Lisina Desoxicolato (XLD, CM469, OXOID), com incubação a 35°C/24 horas. No desenvolvimento de colônias típicas fez-se a confirmação das mesmas por meio de testes bioquímicos e sorológicos, conforme VANDERZANT & SPLITTSTOESSER (1992).

A detecção de *Listeria monocytogenes* foi conduzida na amostra coletada conforme descrição em 4.3.1, porém com o enxágüe das amostras com porções de 500ml de caldo de pré-enriquecimento Universidade de Vermont (UVM, CM863, OXOID), adicionado de suplemento seletivo (UVM1, SR142, OXOID) com incubação a 30°C/24h. Transferiu-se 0,1ml do Caldo UVM para tubo contendo 10ml do Caldo Frazer (F, CM895, OXOID), adicionado de suplemento seletivo (SR156, OXOID), incubando-se a 35°C/24 horas. Foi feito o plaqueamento seletivo diferencial em Ágar Oxford Modificado (MOX, CM856, OXOID), adicionado de suplemento seletivo (SR157, OXOID). Como o escurecimento do Caldo Frazer não era detectado após 24 horas, o mesmo era reincubado até completar 40 horas, com isolamento posterior apenas dos tubos positivos. As placas de Ágar MOX foram incubadas a 35°C, observando-se a presença de colônias típicas após 24 e 48 horas. Pelo menos 5 colônias típicas de cada placa do ágar MOX foram estriadas para purificação em Ágar Trypticase Soja suplementado com 0,6% de extrato de levedura (TSA, CM131, OXOID + 0,6%YE), incubando-se a 30°C/24 horas. As colônias purificadas foram transferidas para Caldo TSA-YE inclinado e Caldo Trypticase de Soja suplementado com 0,6% de extrato de levedura (TSB, CM129, OXOID + 0,6%YE), com nova incubação a 30°C/24 horas. Essas culturas foram utilizadas para confirmar a identidade, mediante testes bioquímicos adicionais, segundo VANDERZANT & SPLITTSTOESSER (1992).

Partindo-se da mesma suspensão da amostra utilizada no pré-enriquecimento para a pesquisa de salmonela, foram preparadas diluições decimais adequadas da amostra, utilizadas nas contagens de NMP *E. coli* com

inoculação em tubos de ensaio contendo caldo Lauril Sulfato Triptose 4-metil- $\beta$ -D-Glucoronídeo (LST-MUG, 12588, MERCK), incubadas a 35°C/ 48h e leitura sob luz UV (fluorescência = teste positivo). A contagem de bactérias mesófilas e psicrotróficas aeróbias (PCA, CM235, OXOID), foram realizadas com a inoculação pelo método de plaqueamento em profundidade e incubadas, respectivamente a 36 $\pm$ 1°C/48h e 20°C/72h. Os bolores e leveduras (DRBC, CM727, OXOID) foram inoculados pelo método de plaqueamento em superfície e incubados não invertidos, a 25°C/5 dias. As bactérias lácticas (MRS, CM361, OXOID) foram inoculadas pelo método de plaqueamento em profundidade, e após a solidificação do ágar a superfície foi recoberta por uma sobrecamada do mesmo meio a fim de promover uma condição de microaerofilia para incubação invertida a 30°C/72h, segundo VANDERZANT & SPLITTSTOESSER (1992). A contagem de *Pseudomonas* ssp, (PA, CM559, OXOID), adicionado de suplemento seletivo (CFC, SR103, OXOID), com incubação a 25°C por 72 horas foi realizado conforme MEAD & ADAMS (1977) e para contagem de enterobacteriaceas foi utilizado o meio de cultura ágar vermelho neutro cristal violeta suplementado com glicose (VRBG, CM485, OXOID), incubado a 36 $\pm$ 1°C/24 horas, conforme recomendação da International Commission on Microbiological Specifications for Foods - ICMSF (1978).

## **4.3.2 - Avaliação Química, Física e Físico-Química**

### **4.3.2.1 - Composição centesimal**

A composição centesimal foi determinada no primeiro período de amostragem, envolvendo as determinações de umidade, gordura, proteína e cinzas conforme procedimentos da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1998).

#### **4.3.2.2 - Valor de substâncias reativas ao ácido 2-tio-barbitúrico**

O valor de TBARS foi determinado por destilação segundo TARLADGIS (1960) adicionando-se antioxidante BHT (Butilhidroxitolueno, CAS Number 128-37-0) antes da trituração em multiprocessador de alimentos. Foram transferidos para o copo de homogeneização (ONMI-MIXER, Sorvall®) 10 gramas da amostra, 1ml de BHT, 50ml de água destilada e 3 gotas de antiespumante. A mistura foi homogeneizada por 2 minutos à 4000rpm. O homogeneizado foi transferido quantitativamente para um balão de destilação de 500ml, com 46,5ml de água destilada aquecida a 40°C. Adicionou-se 2,5ml de ácido clorídrico 4N (HCl, CAS Number 7647-01-0) para situar o pH final da solução entre 1,5 e 2,0. A destilação foi realizada em aproximadamente 20 minutos.

Uma solução estoque foi preparada pela transferência de 0,2203g de 1,1',3,3' Tetraetoxipropano (TEP, CAS Number 122-31-6) para balão volumétrico de 100ml e o volume completo com água destilada. Uma solução de trabalho (2,203µg/ml) foi preparada a partir da solução estoque e a curva de resposta foi elaborada pela transferência de alíquotas de 1, 2, 3, 4 e 5ml da solução de trabalho para tubos de ensaios. O volume foi elevado para 5ml com água destilada

e nestes foram adicionados 5ml de solução de ácido 2-tiobatbitúrico 0,02M (TBA, CAS Number 504-17-6). Os tubos foram fechados, agitados e colocados em banho-maria fervente por 35 minutos para o desenvolvimento da cor. Após resfriamento em água corrente a absorbância foi lida em espectrofotômetro de feixe duplo UV-VIS (Cary 1E, Varian) em 532nm. Uma prova em branco contendo 5ml de água destilada e 5ml de TBA foi tratada da mesma forma que os demais tubos de ensaios. As absorbâncias foram multiplicadas pela constante de destilação ( $K_D$ ) e o valor expresso em mg de malonaldeído / kg amostra.

$$K_D = S/A * 72,063 * 10^7/C * 100/P \quad \text{onde,}$$

S = concentração de TEP (moles) de cada ponto da curva de resposta

A = leitura da absorbância à 532nm relativa a cada ponto da curva de resposta

72,062 = massa molecular do malonaldeído

C = massa da amostra em gramas

P = porcentagem de recuperação em %

#### **4.3.2.3 - Medidas do pH**

As leituras foram realizadas em 06 pontos da amostra utilizando um pHmetro portátil Ingold (modelo WTW 91) e eletrodo com sistema interno de referência ARGENTHAL polymer electrolyte XEROLITY da Mettler Toledo.

#### **4.3.2.4 - Colorimetria**

A reflectância foi determinada na faixa de 400 a 700nm utilizando-se espectrofotômetro MINOLTA Chroma Meter CM 508-d (Radiometric Instruments Operations Minolta Co, Ltda., Osaka, Japão) com iluminante D65 10°, geométrico

difuso/0, especular incluso. O espectrofotômetro foi calibrado com padrão branco (Radiometric Instruments Operations Minolta Co, Ltda., Osaka, Japão). As leituras de luminosidade ( $L^*$ ), vermelho ( $a^*$ ) e amarelo ( $b^*$ ) foram realizadas no sistema CIELAB.

#### **4.3.2.5 - Perda de líquido por exsudação**

A perda de líquido por exsudação foi determinada pela diferença das massas entre  $[(\text{bandeja+amostra}) - (\text{bandeja-amostra})]$ , conhecendo-se previamente a massa da bandeja vazia. O valor obtido (líquido exsudado) foi multiplicado por 100, dividido pela massa da amostra e expresso em g/100g.

#### **4.3.3 - Análise sensorial**

A identificação e a quantificação dos atributos da aparência, odor e textura das amostras irradiadas foram avaliadas sensorialmente, utilizando-se 07 provadores treinados. Os dados foram tratados estatisticamente por análise de variância para cada descritor sensorial (STONE, 1974).

##### **4.3.3.1 - Levantamento de descritores sensoriais**

Para o levantamento dos descritores, cada provador avaliou três pares de amostras em cabines individuais, utilizando luz branca. Foi solicitado aos provadores descrever as similaridades e diferenças entre as amostras com o auxílio da ficha de avaliação apresentada a seguir.

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Por favor compare as duas amostras quanto à aparência, odor e textura e indique em que são similares e em que são diferentes.

Amostras: \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_

	SIMILARIDADES	DIFERENÇAS
Aparência		
Aroma		
Textura		

FIGURA 2. Ficha utilizada para o levantamento dos descritores sensoriais.

Com os provadores reunidos, todos os termos levantados nas fichas foram listados e descritos. Moderados por um líder, o grupo discutiu o significado de cada termo, agrupando-os conforme a similaridade. Após as sessões de discussão, foi elaborada uma ficha de avaliação contendo os atributos, e os extremos das escalas de avaliação correspondentes. Também foi elaborada uma lista de definições e referências para cada descritor sensorial.

#### 4.3.3.2 - Avaliação das amostras

As amostras foram apresentadas nas próprias embalagens e codificadas com números de 3 dígitos. A equipe sensorial foi composta por estagiários e funcionários do Centro de Tecnologia de Carnes (ITAL). As avaliações foram conduzidas com a apresentação de 3 amostras, em 3 repetições, utilizando a ficha apresentada na FIGURA 3. A luz branca foi utilizada para avaliação da aparência e textura, e a luz vermelha para a avaliação de odor.

NOME:	DATA:	AMOSTRA:
Por favor, utilizando as escalas abaixo, avalie os seguintes descritores sensoriais de cada amostra de carne de peito de frango cru.		
<b>APARÊNCIA (antes da abertura da embalagem)</b>		
Cor rósea,	_____	
	nenhum	muito
Cor creme	_____	
	nenhum	muito
Cor cinza	_____	
	nenhum	muito
Presença de exsudado	_____	
	nenhum	muito
Crescimento microbiano visível	_____	
	nenhum	muito
<b>TEXTURA (antes da abertura da embalagem)</b>		
Sensação de limosidade	_____	
	nenhum	muito
<b>ODOR (após a abertura da embalagem)</b>		
Carne fresca de frango	_____	
	nenhum	muito
Ranço	_____	
	nenhum	muito
Fermentado	_____	
	nenhum	muito
Pútrido	_____	
	nenhum	muito
Queimado	_____	
	nenhum	muito

FIGURA 3 - Ficha de avaliação sensorial aplicada para amostra de peito de frango.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Dosimetria do processo de irradiação

A FIGURA 4 mostra um espectro de ressonância paramagnética eletrônica (RPE) da alanina irradiada com 10kGy e a respectiva curva de resposta para os dosímetros irradiados na faixa entre 1 a 10kGy.

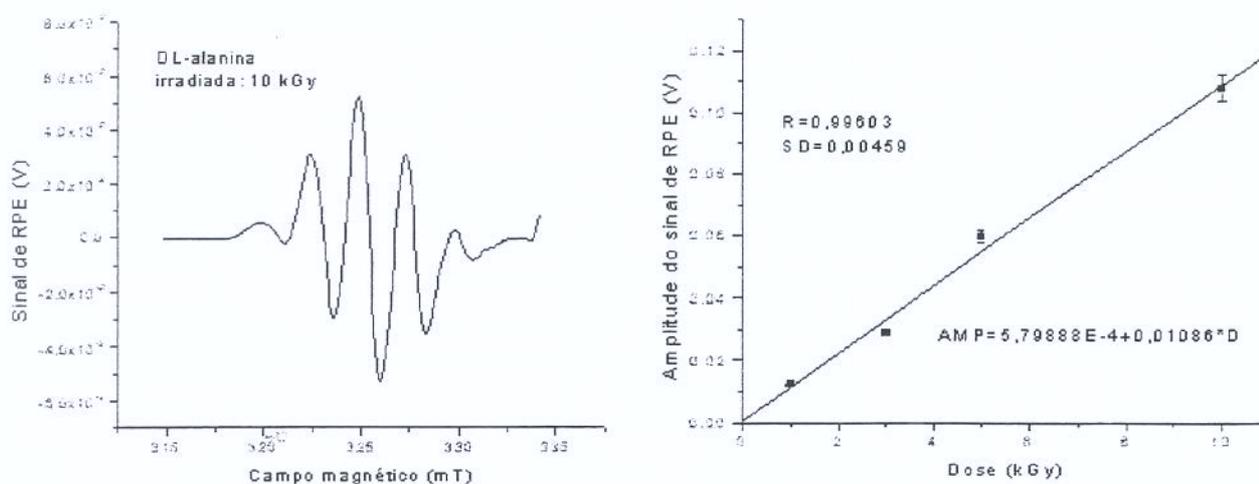


FIGURA 4. Espectro de RPE da alanina irradiada e a curva de resposta obtida para os dosímetros de alanina+parafina.

A dosimetria por RPE em dosímetros de alanina baseia-se na geração de radicais livres estáveis nesse aminoácido quando irradiado. A quantidade de radicais livres produzidos pode ser relacionada diretamente com a dose recebida, conforme mostrado acima (REGULLA, DEFFNER, 1982). No entanto, a exatidão

desta técnica de dosimetria dependerá do método de fabricação das pastilhas e dos parâmetros de operação do espectrômetro de RPE.

Constatou-se um comportamento bastante linear na faixa entre 1 a 10kGy, com um coeficiente de correlação igual a 0,996. Cada ponto da curva de resposta foi representado pela média das leituras de três dosímetros irradiados com uma mesma dose. Os resultados da leitura dos dosímetros irradiados com as doses nominais de 1,5, 3,0 e 7,0kGy para os ensaios A e B são mostrados na TABELA 2. Observa-se que os valores médios obtidos para os dois ensaios estão próximos da dose nominal, sendo que a variação entre a dose máxima e mínima foi menor do que 48%.

TABELA 2 - Doses de radiação gama recebidas pelos cortes de peito de frango nos ensaios realizados com medição por dosímetros de alanina.

Ensaio	Dose Nominal (kGy)	Dose Medida (kGy)	RSD (%)	Dose Mínima (kGy)	Dose Máxima (kGy)
<b>A</b>	1,5	1,7 ± 0,2	12	1,4	2,0
	3,0	3,6 ± 0,3	8	3,2	4,2
	7,0	6,7 ± 0,7	10	5,8	7,6
<b>B</b>	1,5	1,9 ± 0,2	10	1,7	2,1
	3,0	3,3 ± 0,4	12	2,7	4,0
	7,0	7,5 ± 1,0	13	4,9	8,9

RSD = Desvio padrão relativo

As variações nas doses aplicadas podem levar a duas considerações importantes: **(1)** alguns pontos dentro da caixa de papelão podem receber uma dose menor que a desejada, com efeitos indesejáveis na pasteurização; **(2)** doses maiores podem comprometer as propriedades sensoriais do alimento.

Como os ensaios A e B foram realizados nas mesmas condições, ou seja, irradiações paralelas opostas (0 e 180°) de uma única fonte, as variações geradas por esta disposição poderiam ser elevadas. Assim, para se obter um processo de irradiação mais homogêneo seria necessário testar diferentes geometrias, tais como irradiar os quatro lados da caixa e/ou modificar a disposição das bandejas dentro da caixa. Entretanto, os ensaios bacteriológicos mostraram que as variações encontradas nas doses não comprometeram a descontaminação desejada.

## 5.2 Avaliação microbiológica

A TABELA 3 mostra a caracterização microbiológica das amostras utilizadas no processamento, antes de serem submetidas aos tratamentos, para verificar se os requisitos de inocuidade e qualidade apresentavam-se dentro dos padrões legais exigidos (Portaria #451 de 19/09/1997 e RDC #12 de 02/01/2001),

TABELA 3 - Caracterização microbiológica de peito de frango sem pele e ossos.

<b>Microrganismos</b>	<b>Resultados <sup>(a)</sup></b>	<b>Padrões da legislação</b>
	<b>log UFC/g</b>	<b>log UFC/g</b>
Coliformes totais	3,0	n.c.
<i>Escherichia coli</i>	2,1	n.c.
Mesófilos aeróbios	3,7	6,5 <sup>(b)</sup>
<i>S.aureus</i>	<1,0	n.c.
<i>Salmonella spp</i>	Ausente	Ausência <sup>(c)</sup>
<i>Listeria monocytogenes</i>	Ausente	n.c.
Psicrotróficas aeróbias	3,9	n.c.
Bactérias láticas	5,4	n.c.
Enterobacteriaceas totais	3,4	n.c.
<i>Pseudomonas spp</i>	4,3	n.c.
Bolores e leveduras	4,2	n.c.

(a) Média de 03 repetições

(b) Código Sanitário – Secretaria de Vigilância Sanitária do Estado de São Paulo – Decreto n. 12.342 de 27/09/78.

(c) Código de Vigilância Sanitária – Ministério da Saúde – Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária - DNVS - Portaria n. 451 de 19/09/97.

n.c = nada consta

As FIGURAS 5 a 11 apresentam o desenvolvimento de *Pseudomonas* spp (FIGURA 5), enterobacteriaceas totais (FIGURA 6), *E.coli* (FIGURA 7), bactérias mesófilas aeróbias (FIGURA 8), bactérias lácticas (FIGURA 9), bolores e leveduras (FIGURA 10) e psicrotróficas aeróbias (FIGURA 11) nas amostras não irradiadas (controle) e irradiadas.

As amostras-controle apresentaram desenvolvimento acentuado de todos os grupos de microrganismos avaliados, chegando ao final da vida útil no 5º dia de armazenamento, com contagens microbiológicas elevadas e características sensoriais inaceitáveis. No segundo período de amostragem (5º dia de armazenamento) observou-se reduções na microbiota, comparando-se as amostras-controle e irradiadas em ciclos logarítmicos de 6,2 log UFC/g nas contagens de *Pseudomonas* spp; 5,0 log UFC/g nas contagens de enterobacteriaceas totais; 2,4 log UFC/g nas contagens de *E.coli*; 2,6 a 3,2 log UFC/g nas contagens de bactérias mesófilas aeróbias; 3,3 a 4,6 log UFC/g nas contagens de bactérias lácticas; 1,2 a 2,9 log UFC/g nas contagens de bolores e leveduras e 3,2 a 4,4 log UFC/g nas contagens de psicrotróficas aeróbias.

As *Pseudomonas* spp evidenciaram considerável redução nas amostras irradiadas a 1,5 e 3,0kGy com contagens de 6 log UFC/g abaixo das observadas para as amostras-controle. Nas amostras irradiadas com 7,0kGy as *Pseudomonas* spp foram praticamente eliminadas, não apresentando células viáveis ao longo dos dias de armazenamento (FIGURA 5), concordando com trabalhos relatados por MONK e colaboradores (1995).





FIGURA 5 - Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de *Pseudomonas* spp em cortes de peito de frango armazenados em condições aeróbias, sob refrigeração à 5°C.

Um comportamento similar ao das *Pseudomonas* spp foi observado para as contagens de enterobacteriaceas e *E.coli* (FIGURAS 6 e 7), pode se observar ainda que as *Pseudomonas* foram mais sensíveis à irradiação do que as enterobactérias. Nas amostras irradiadas com 1,5 e 3,0kGy, observou-se contagens de enterobacteriaceas somente no 12º dia e para as doses de 7,0kGy apenas no 32º dia de armazenagem. O NMP de *E. coli* foi detectado apenas nas amostras-controle e nenhuma contagem, ao longo do período de armazenamento, foi verificada nas amostras irradiadas.

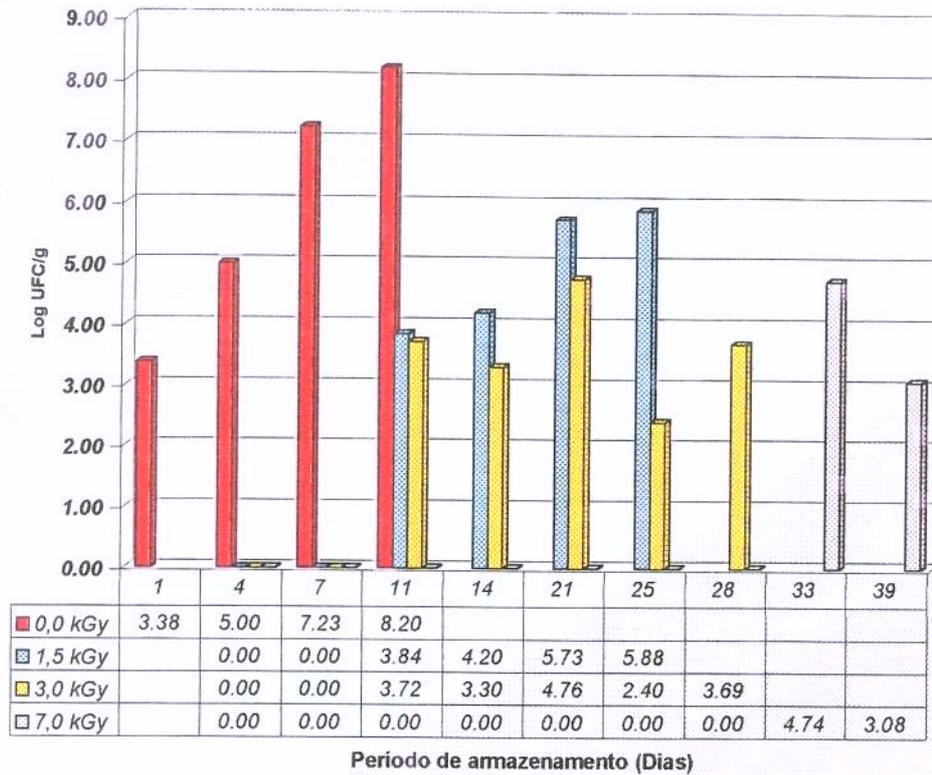


FIGURA 6 - Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de enterobacteriaceas totais em cortes de peito de frango armazenados em condições aeróbias, sob refrigeração à 5°C.

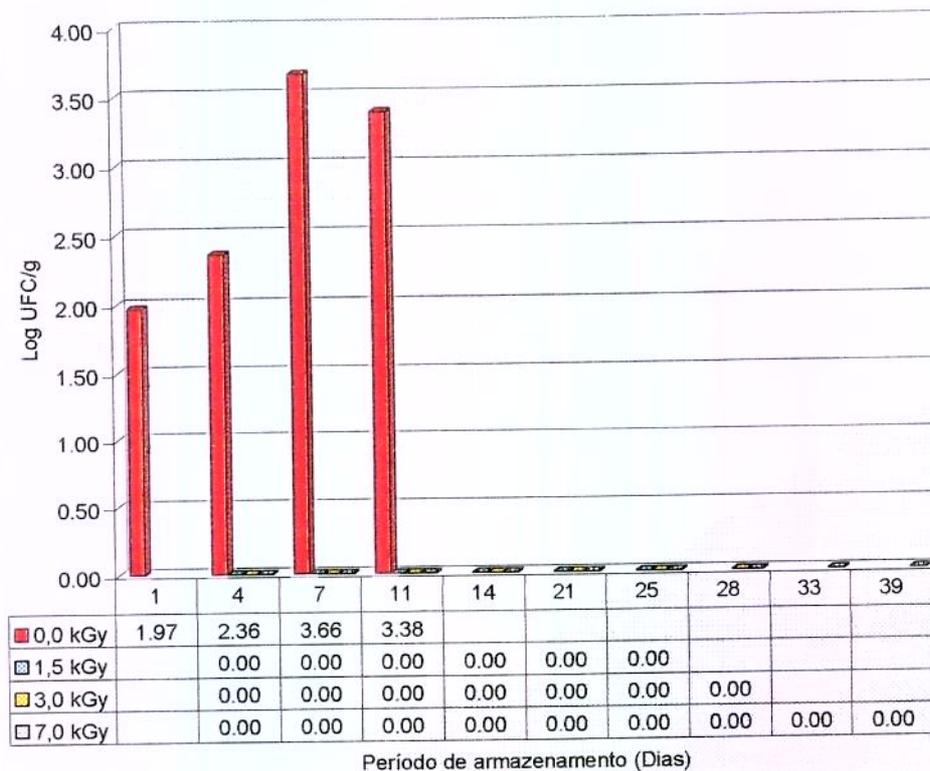


FIGURA 7 - Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de *E. coli* em cortes de peito de frango armazenados em condições aeróbias, sob refrigeração à 5°C.

Na caracterização da amostra, a contagem inicial de bactérias mesófilas aeróbias foi de 3,7 log UFC/g (TABELA 3). As amostras-controle apresentaram um desenvolvimento microbiano acentuado alcançando contagens de 7,6 log UFC/g no 8º dia de armazenamento. Todas as doses de irradiação (1,5; 3,0 e 7,0kGy) causaram uma redução na contagem bacteriana de aproximadamente 2,6 a 3,2 ciclos logarítmicos (log UFC/g), comparativamente com as amostras-controle no segundo período de amostragem (5ºdia de armazenamento). Uma extensão na fase lag de crescimento microbiano foi observado para as amostras irradiadas (FIGURA 8). As amostras tratadas com 1,5 e 3,0kGy atingiram valores próximos

aos encontrados nas amostras-contrôle somente no 22 e 29º dias, respectivamente. Esse dado discorda dos trabalhos publicados por ABU-TARBOUSH et al (1997) e KAZANAS et al. (1975), que relataram pouca influência no desenvolvimento da população microbiana com o aumento da dose de irradiação. Uma diminuição significativa das bactérias mesófilas aeróbias foi observado para amostras irradiadas com 7,0kGy, apresentando contagens inferiores a 7 log UFC/g mesmo após 39 dias de estocagem.

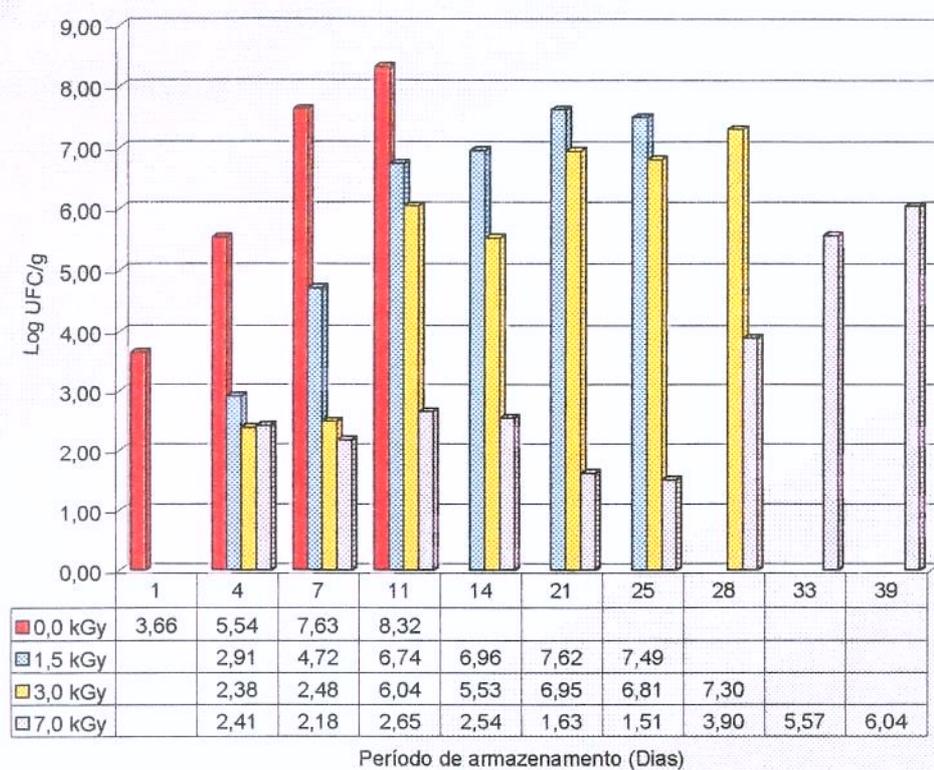


FIGURA 8 - Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de bactérias mesófilas aeróbias em cortes de peito de frango armazenados em condições aeróbias, sob refrigeração à 5°C.

Os grupos mais resistentes à irradiação foram os das bactérias lácticas e dos bolores e leveduras. Quando as contagens nas amostras-controle são comparadas com a das amostras tratadas, nota-se uma razão decrescente com o incremento das doses de irradiação nas amostras (FIGURAS 9 e 10).

No caso das bactérias lácticas, as amostras-controle atingiram contagens superiores a 6 log UFC/g no 8º dia de armazenamento, enquanto que as amostras irradiadas com 1,5 e 3,0kGy apresentaram resultados similares apenas no 22º dia. As amostras submetidas a 7,0kGy não atingiram essas contagens até o final do período de estocagem (FIGURA 9) e resultados próximos foram citados em outros relatos científicos (NIERMAND *et al.*, 1983; DEMPSTERSN, 1985; MATTISON *et al.*, 1986; OLSON, 1998).

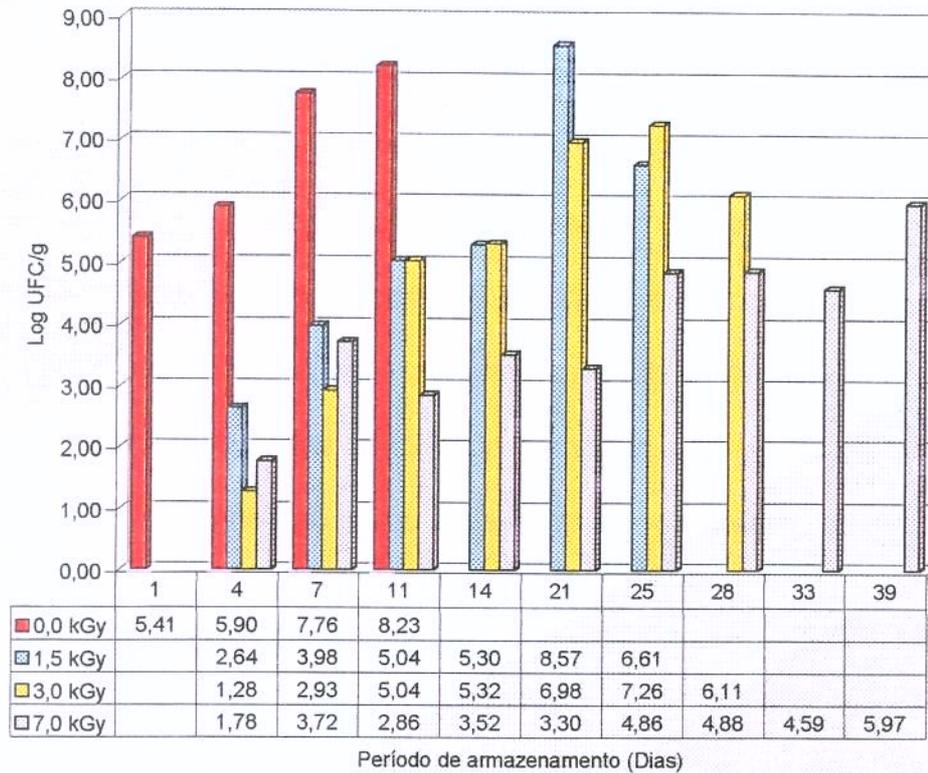


FIGURA 9 - Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de bactérias lácticas em cortes de peito de frango armazenados em condições aeróbias, sob refrigeração à 5°C.

A partir do 11º dia observou-se um crescimento visível de colônias de bolores e leveduras nas amostras irradiadas. Os bolores e leveduras são considerados menos importantes do que as bactérias na deterioração de carnes de frango, exceto quando são empregadas técnicas para suprimir o desenvolvimento de bactérias. Dessa forma, os bolores e leveduras assumem o importante papel como microrganismos responsáveis pela deterioração do produto, conforme observado na FIGURA 10, concordando com o trabalho de NJOKU-OBI et al, (1957).

INGRAM & THORNLEY (1959) e EKLUND (1966) indicaram que o grupo dos bolores e leveduras teve um desenvolvimento pronunciado em amostras embaladas em filme permeável a gases e irradiadas com doses de 2,0 e 4,0kG, mantidas sob refrigeração. Os resultados deste estudo concordam com essas observações, pois o desenvolvimento de bolores e leveduras predominou nas amostras irradiadas. Contudo, os resultados obtidos discordam dos encontrados por CHO et al (1985), que relataram que doses acima de 5,0kGy eliminavam o desenvolvimento de bolores e leveduras em carne de frango.

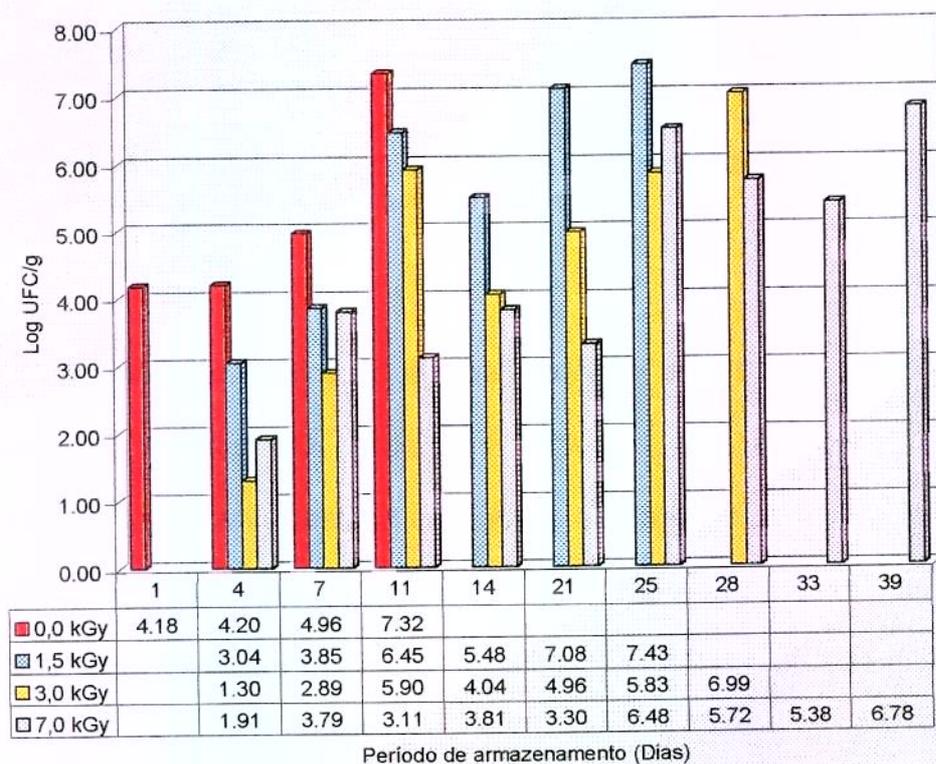


FIGURA 10 - Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de bolores e leveduras em cortes de peito de frango armazenados em condições aeróbias, sob refrigeração à 5°C.

As bactérias psicrotróficas aeróbias estão entre os microrganismos que apresentam bom desenvolvimento em temperaturas de refrigeração. Neste grupo estão incluídas espécies responsáveis pela deterioração do produto, razão pela qual têm importância na diminuição da vida útil de alimentos refrigerados. Nas amostras-controle, determinou-se o término da sua vida útil entre o 5º e 8º dias de armazenamento, quando as contagens situavam-se entre 6,6 a 8,4 log UFC/g, resultando na formação de limosidade superficial no produto (nota = 3,74) e odor repugnante (nota = 3,8 - pútrido).

Considerando-se estes valores como contagem limite para este grupo de bactérias, apenas as amostras irradiadas com doses de 1,5 e 3,0kGy atingiram níveis próximos aos das amostras-controle no 15º e 22º dias de armazenamento, respectivamente, com as contagens aproximadas a 7 log UFC/g, onde geralmente observa-se a presença de limosidade e odor desagradável.

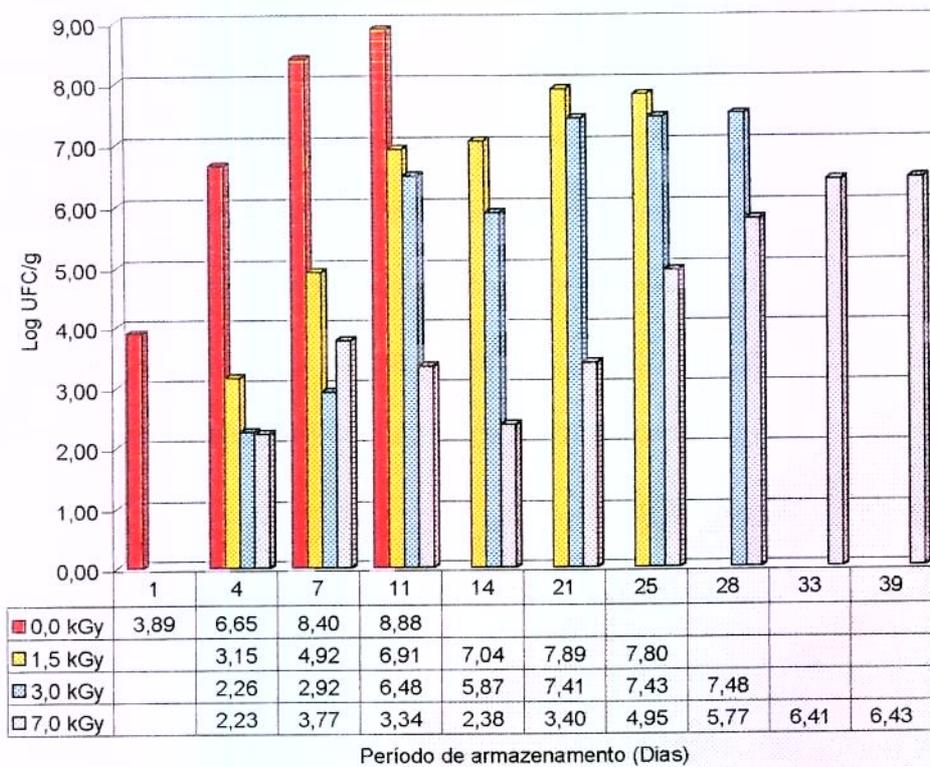


FIGURA 11 - Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de bactérias psicrotróficas aeróbias em cortes de peito de frango armazenados em condições aeróbias, sob refrigeração à 5°C.

### 5.3 - Avaliações físicas, químicas e físico-químicas da carne de peito de frango

#### 5.3.1 - Análises químicas e físico-químicas de carne de peito de frango não irradiada.

Na TABELA 4 encontra-se a caracterização química e físico-química de carne fresca de peito de frango, sem pele e ossos, realizada no período zero de amostragem, antes do processamento de irradiação. Observou-se que a composição básica da carne (umidade, proteína, gordura e cinzas) foi semelhante aos dados encontrados na literatura. Os valores de pH foram superiores aos observados normalmente para carne de peito de frango, podendo haver implicações microbiológicas, relacionadas com a conservação (NEWTON & GILL, 1978). Os valores de TBARS foram significativamente inferiores ao encontrados em carne de frango por PIKUL, LESZCZYNSKI & KUMMEROW (1989).

TABELA 4 - Composição centesimal, pH e valor de TBARS em carne de peito de frango sem pele e ossos.

Determinações analíticas	Média ± Desvio Padrão	
	Experimental	Literatura
Umidade (g/100g)	79,99 ± 0,06	74,76 ± 0,23 <sup>(a)</sup>
Proteína (g/100g)	23,70 ± 0,15	23,09 ± 0,19 <sup>(a)</sup>
Gordura (g/100g)	0,92 ± 0,04	1,24 ± 0,09 <sup>(a)</sup>
Cinzas (g/100g)	1,16 ± 0,01	1,02 ± 0,03 <sup>(a)</sup>
pH	6,20 ± 0,20	5,8 ± 0,1 <sup>(b)</sup>
Valor de TBARS (mg de malonaldeído / kg amostra)	0,08 ± 0,005	0,46 ± 0,18 <sup>(c)</sup>

(a) USDA Nutrient database for standard reference (1999)

(b) BARNES. & IMPEY (1968)

(c) PIKUL, LESZCZYNSKI & KUMMEROW (1989)

### 5.3.2 - Valor de TBARS

A TABELA 5 apresenta as concentrações de malonaldeído e as leituras de absorbâncias utilizadas na elaboração da curva de resposta (FIGURA 12). Uma curva de resposta da amostra fortificada com TEP foi obtida para avaliar a porcentagem de recuperação do malonaldeído.

Para carne de frango a recuperação média igual a 77,6% foi semelhante à obtida por SALIH, SMITH, PRICE & DAWSON (1987) e ROBLES-MARTINEZ, CERVALES & KE (1982), mas inferior à relatada por PIKUL, LESZCZYNSKI & KUMMEROW (1989).

Segundo TARLADGIS (1960), usualmente são encontrados valores entre 66 e 70% de recuperação, próximo ao encontrado no presente trabalho. O autor justificou que a etapa de destilação pode ser influenciada pelo tipo de amostra, capacidade de fervura do sistema de aquecimento, tempo e pH da solução. Desta forma a verificação da porcentagem de recuperação nas mesmas condições da amostra foi fundamental para a acuracidade das determinações.

TABELA 5 - Resultados dos ensaios de fortificação e recuperação de malonaldeído (MDA) obtidos por destilação.

Fortificação MDA (mg/ml)	Absorbâncias		mg MDA recuperado	% Recuperação
	(MDA+Amostra)	(MDA+Amostra) - (Amostra)		
0,2882	0,1570	0,1442	0,2156	74,82
0,7205	0,3585	0,3457	0,5433	75,41
1,1528	0,5865	0,5737	0,9141	79,30
1,4410	0,7300	0,7172	1,1475	79,46
1,7292	0,8620	0,8492	1,3622	78,77

Absorbância média da amostra de peito de frango não fortificada = 0,0128

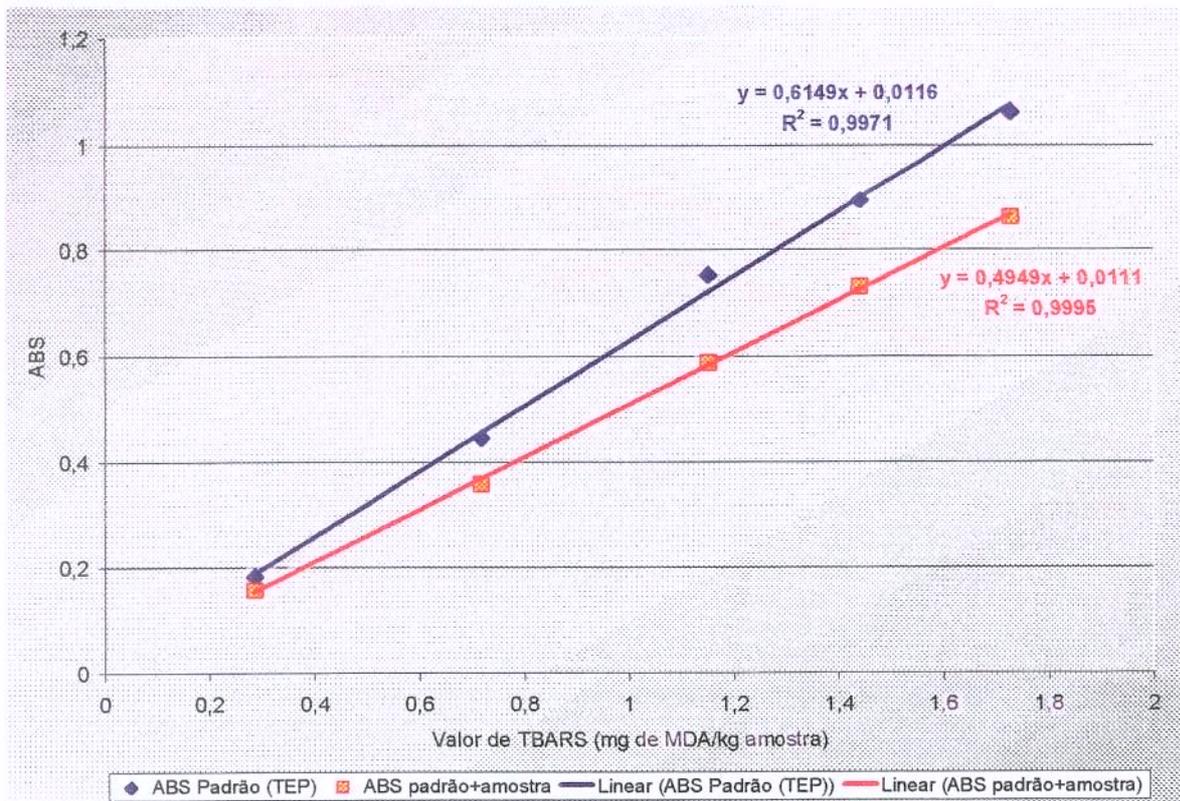
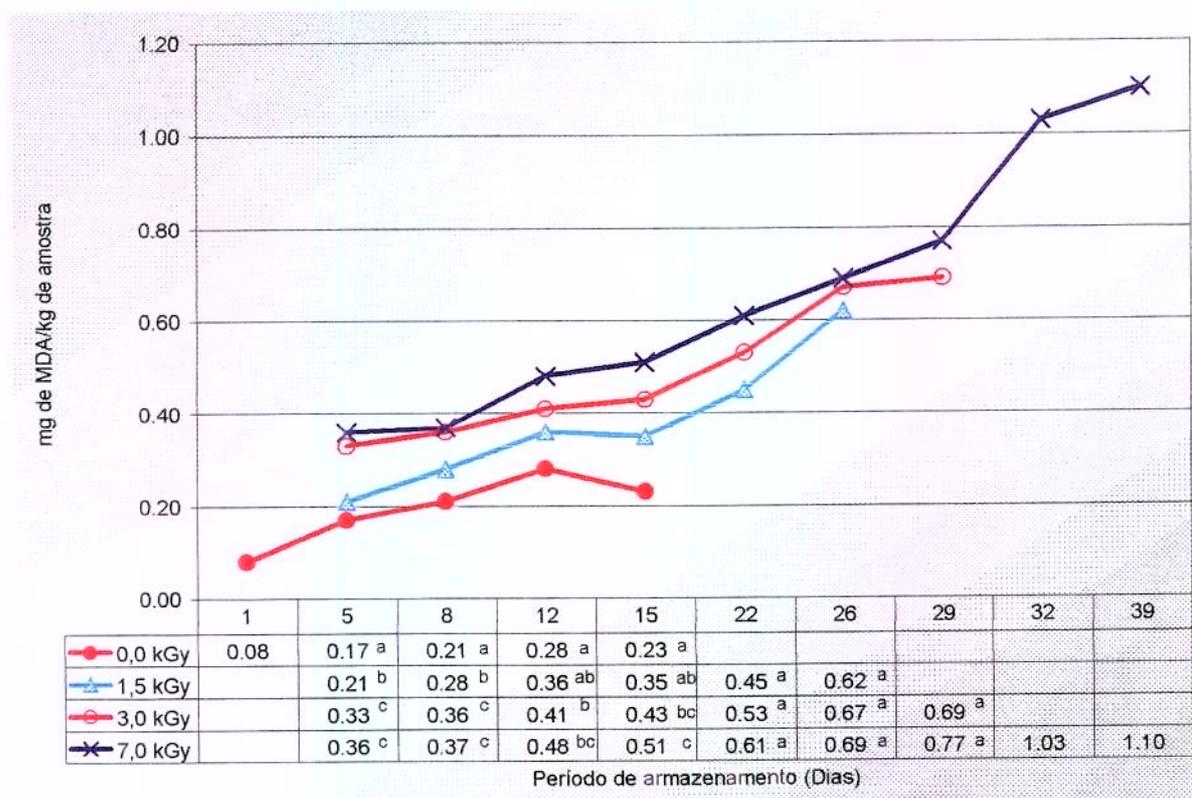


FIGURA 12 - Curvas de resposta para determinação do valor de TBARS.

Os valores de TBARS das amostras-controle (0kGy) diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) das amostras de 1,5kGy no 5º e 8º dias de armazenamento e das amostras de 3,0 e 7,0kGy, do 5º ao 15º dias. Observando a FIGURA 13, o aumento da quantidade de TBARS corresponde ao incremento nas doses de irradiação aplicada às amostras, com os valores sendo crescentes ao longo do armazenamento. Notou-se, que as amostras de 3,0 e 7,0kGy apresentaram um comportamento similar e sem diferenças significativas.



Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ )

FIGURA 13 - Efeito de diferentes doses de irradiação sobre o valor de TBARS em amostras de cortes de peito de frango, armazenados sob refrigeração à 5°C em condições aeróbias.

As análises de TBARS foram acompanhadas da avaliação sensorial do odor de ranço que também foi aumentando ao longo dos dias de armazenamento. Porém, mesmo no final da vida útil a percepção do odor de ranço (correspondente ao valor 1,10mg de MDA/kg de amostra), foi considerada baixa pelos provadores, não recebendo nota superior a 3,0. O coeficiente de correlação entre os valores de TBARS e avaliação sensorial de ranço em carne de peito de frango foram 0,41; 0,81; 0,83 e 0,83 (FIGURA 14 a 17), respectivamente para as amostras-controle (0,0kGy) e irradiadas com doses de 1,5; 3,0 e 7,0kGy.

A menor correlação ( $r = 0,41$ ) encontrada nas amostras-controle decorreu da predominância de uma microbiota diversificada e potencialmente deterioradora, que impossibilitou um acompanhamento maior das amostras, pois no 3º período de amostragem se encontravam em avançado estado de deterioração, onde predominava outros odores sensoriais, como o pútrido.

No entanto, boas correlações ( $r = 0,83$ ) foram verificadas para as amostras irradiadas (FIGURAS 15, 16 e 17) e a determinação do valor de TBARS apresentou-se como uma técnica objetiva e válida para acompanhar o desenvolvimento de ranço em carne de peito de frango. Os coeficientes de correlação geralmente encontrados na literatura situam-se entre 0,51 a 0,77 (PEARSON, JACOBSON & KOEHLER apud SALIH (1987)).

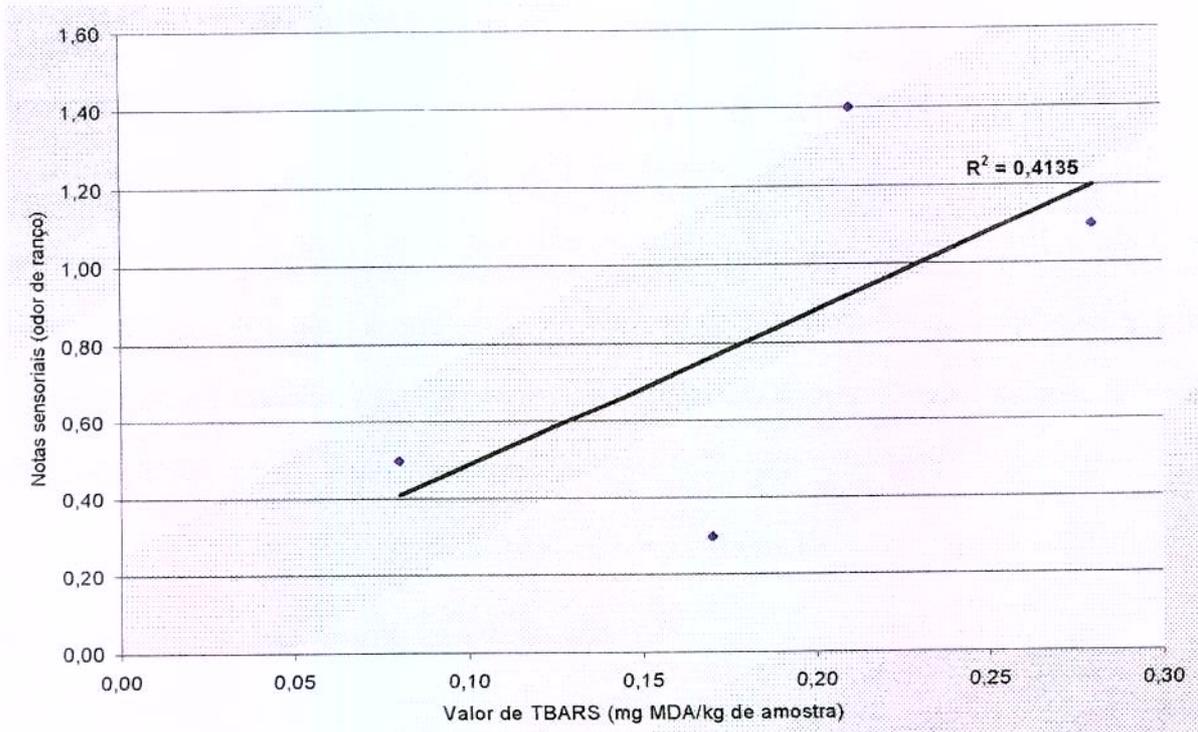


FIGURA 14 - Relação entre testes sensoriais de odor de ranço e valor de TBARS nas amostras-controlé.

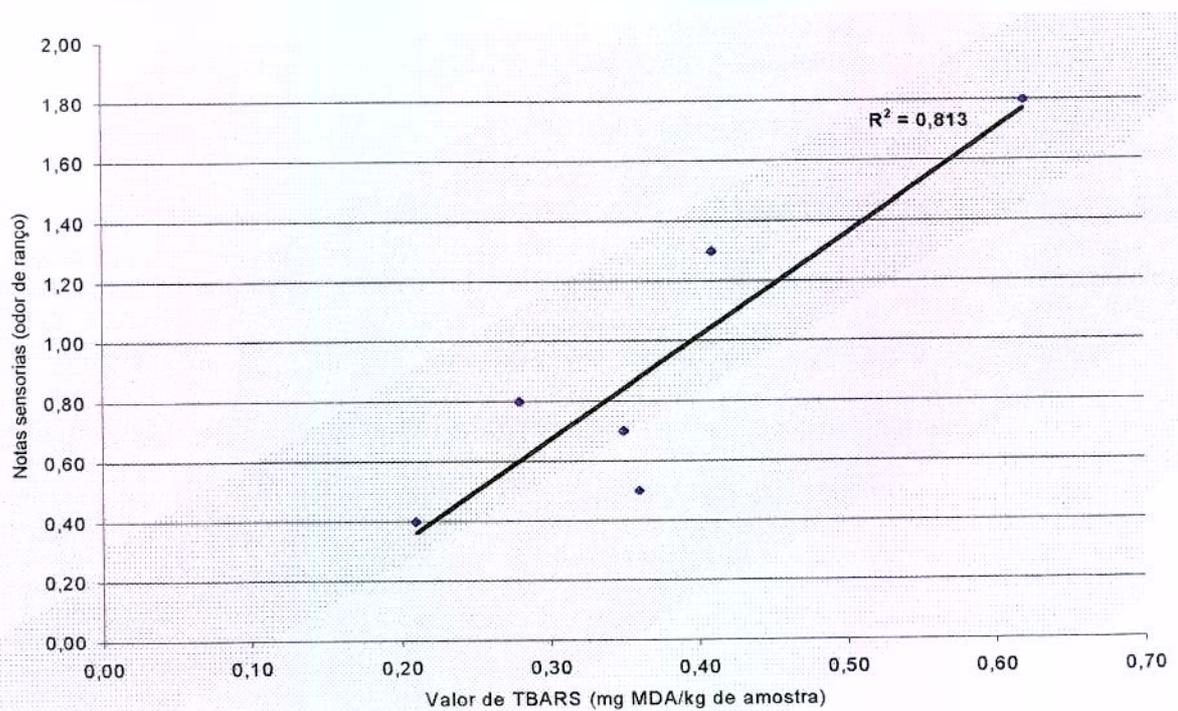


FIGURA 15 - Relação entre testes sensoriais de odor de ranço e valor de TBARS nas amostras irradiadas com 1,5kGy.

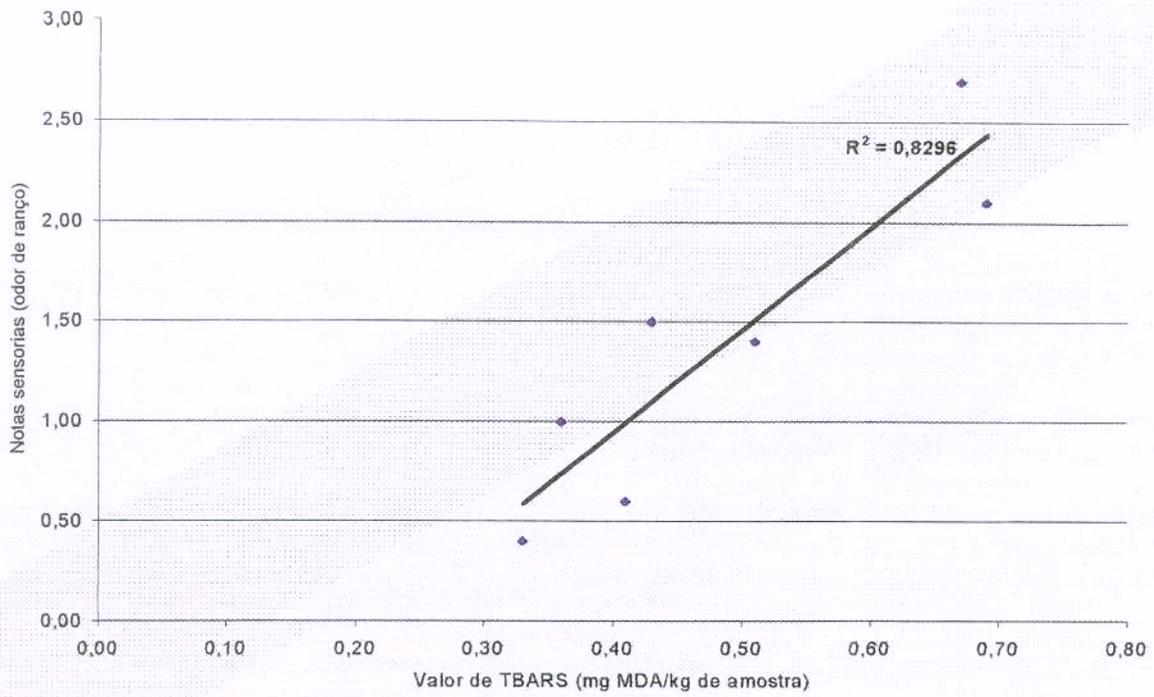


FIGURA 16 - Relação entre testes sensoriais de odor de ranço e valor de TBARS nas amostras irradiadas com 3,0kGy.

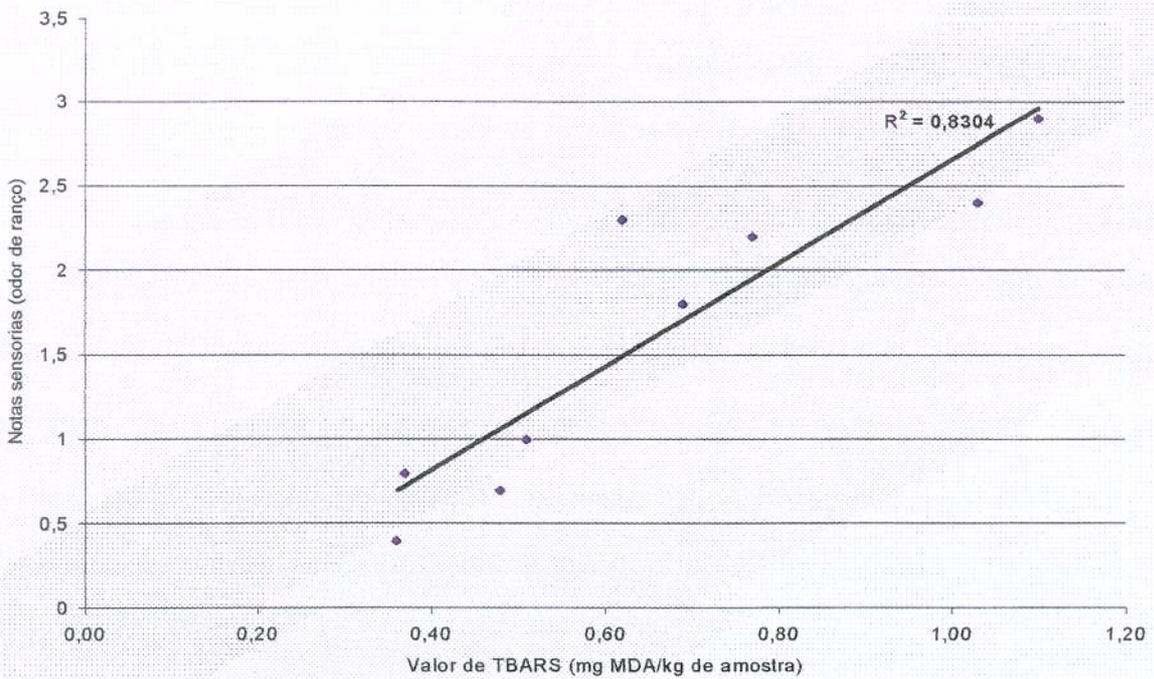


FIGURA 17 - Relação entre testes sensoriais de odor de ranço e valor de TBARS nas amostras irradiadas com 7,0kGy.

### 5.3.3 - Medidas de pH

Os valores de pH da amostra não irradiada medidos antes do processamento foram superiores aos encontrados normalmente para carne de peito de frango, possibilitando condições mais susceptíveis ao desenvolvimento de microrganismos deterioradores e influenciando na microbiota predominante (NEWTON & GILL, 1978).

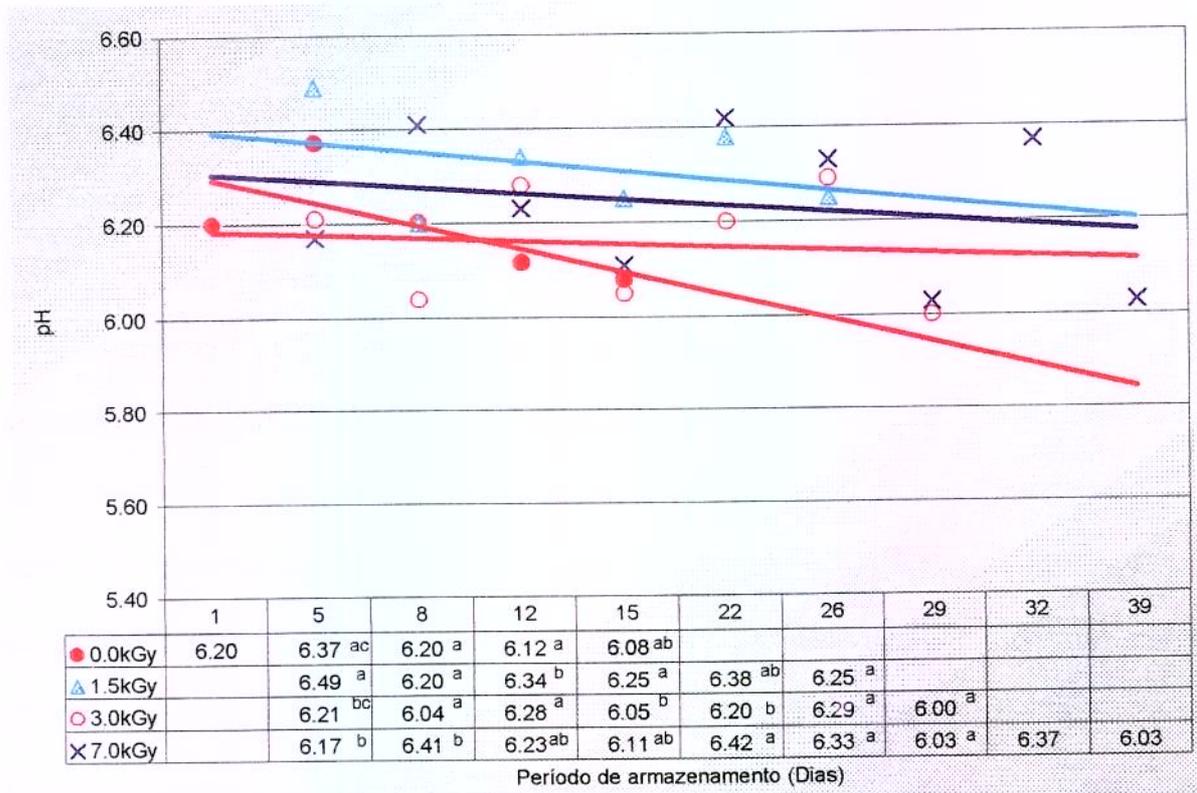
O valor de pH inicial de 6,20 nos cortes de peito de frango no período zero foi superior a valores encontrados na literatura e pode influenciar diretamente na microbiota do produto (BARNE & IMPEY, 1968). A determinação do pH nos cortes de peitos de frango, nos diferentes tratamentos foi realizada em todos os períodos de amostragem, conforme apresentado na FIGURA 18.

As amostras-controle apresentaram um ligeiro incremento de pH no 5º dia de armazenamento e posteriormente os valores decresceram até o 15º dia onde não foram mais avaliadas devido ao adiantado estado de deterioração. As amostras tratadas com 1,5 e 3,0kGy apresentaram valores de pH com flutuações menores, sendo que para estas amostras foi observado um perfil semelhante no desenvolvimento microbiano. Houve um predomínio do desenvolvimento de bactérias lácticas e bolores e leveduras e a recuperação de bactérias do grupo das *Pseudomonas* no 22º dia de armazenamento. Porém, um incremento da dose de irradiação, pareceu influenciar nos valores de pH, que decresceram sensivelmente nos últimos dias de armazenamento. De fato, as bactérias lácticas, produtoras de ácido, foram mais resistentes à irradiação, comparativamente às *Pseudomonas* spp, destruídas nas doses mais elevadas e que tenderiam a alcalinizar o alimento.

As flutuações nas leituras de pH foram igualmente observadas por DEMPSTER et al. (1985) e associadas ao metabolismo microbiano. Entre as bactérias psicrotrófilas, responsáveis pela deterioração de carnes refrigeradas em condição aeróbias, predominam as corineformes, e as dos gêneros *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Achromobacter*, *Moraxella*, *Alteromonas* e *Pseudomonas* sp.

As bactérias Gram negativas do gênero *Pseudomonas* são predominantemente proteolíticas, freqüentemente encontradas em carnes frescas e relacionadas com a deterioração dos produtos. Devido ao seu crescimento rápido e a produção de odores indesejáveis, as *Pseudomonas* spp são particularmente importantes indicadoras do processo de deterioração e se desenvolvem igualmente em cortes de peito e coxa (BARNES & IMPEY, 1968). Esse grupo de bactérias durante o processo de deterioração produz amônia e aminas provenientes de uréia e aminoácidos, acarretando o aumento dos valores de pH.

As bactérias Gram positivas, a exemplo das bactérias lácticas, possuem um metabolismo oposto, pois produzem ácidos orgânicos durante o crescimento, estando relacionadas, geralmente, com a diminuição dos valores de pH. As bactérias Gram negativas geralmente são mais sensíveis ao processo de irradiação do que as bactérias Gram positivas (MAXCY, 1983; NIERMAND, 1983; DEMPSTER, 1985; MATTISON, 1986; OLSON, 1998). Dessa forma os representantes do primeiro grupo seriam um dos principais limitantes da vida útil dos produtos irradiados, acompanhado do grupo dos bolores e leveduras (NJOKU-OBI, 1957).



Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativa ( $p < 0,05$ )

FIGURA 18 - Efeito de diferentes doses de irradiação sobre o valor de pH em amostras de cortes de peito de frango, armazenados sob refrigeração à 5°C em condições aeróbias.

### 5.3.4 - Colorimetria

A cor é um dos principais atributos na determinação da escolha de um alimento pelo consumidor. As avaliações foram realizadas com o objetivo de se verificar se as doses de irradiação utilizadas no processamento provocariam alterações que tornariam o produto não característico.

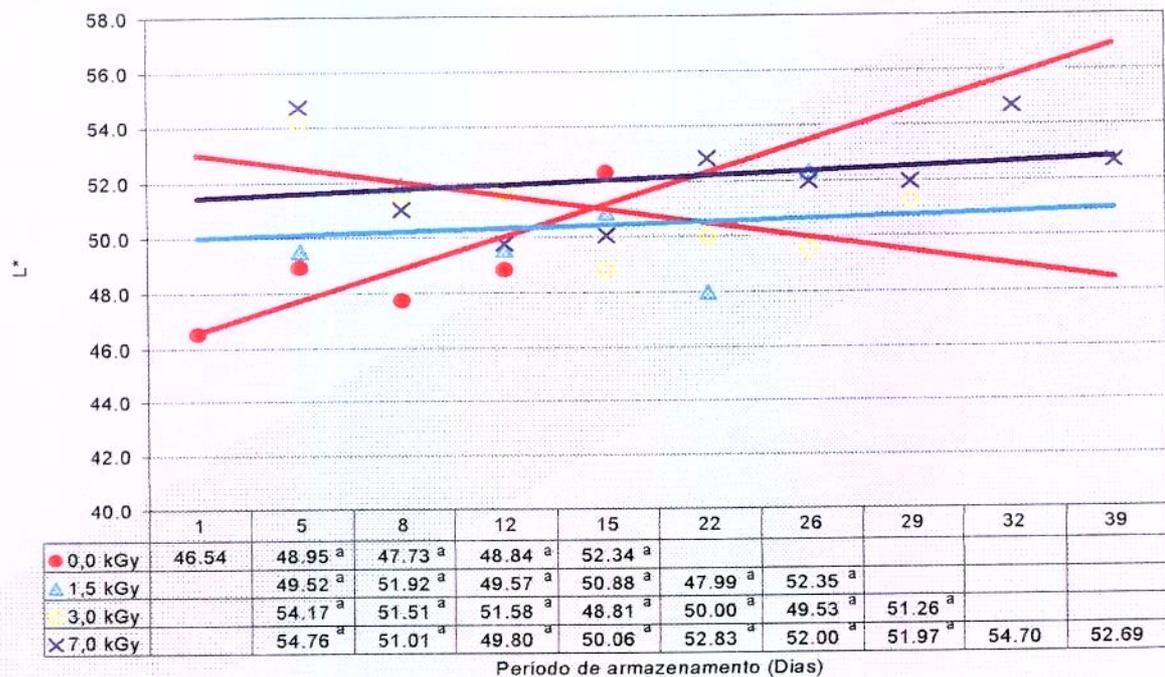
Pesquisas apresentadas por ABU-TARBOUSHI et al (1997) e MILLAR, MOSS & STEVENSON (2000) associaram o processo de irradiação com a oxidação do pigmento da carne, tornando-a mais avermelhada. Nesse sentido,

avaliou-se objetivamente a luminosidade ( $L^*$ ), a intensidade da cor vermelha ( $a^*$ ) e a intensidade da cor amarela ( $b^*$ ).

No período zero as bandejas de peito de frango apresentaram valores para  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  respectivamente iguais a 46,54; -0,19 e 1,09. As mudanças em  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  durante a estocagem são mostradas nas FIGURAS 19, 20 e 21.

#### **5.3.4.1 - Luminosidade ( $L^*$ )**

As amostras irradiadas, principalmente nos primeiros dias de avaliação, apresentaram uma tendência de luminosidade maior nas amostras-controle, que se manteve ao longo dos dias de armazenamento, embora a análise da variância não tenha revelado alterações significativas do processo de irradiação, corroborando com resultados obtidos por MILLAR, MOSS E STEVENSON (2000).



Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativa ( $p < 0,05$ )

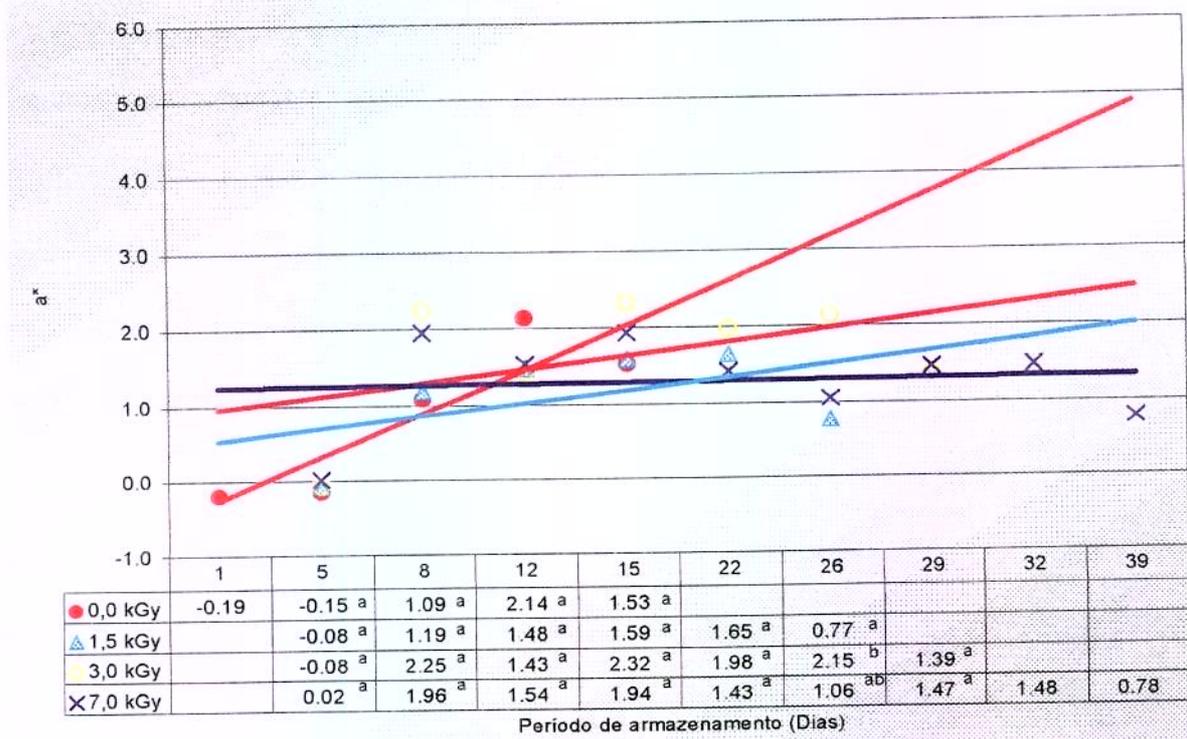
FIGURA 19 - Efeito de diferentes doses de irradiação sobre luminosidade ( $L^*$ ) em amostras de cortes de peito de frango, armazenados sob refrigeração à 5°C em condições aeróbias.

#### 5.3.4.2 - Intensidade de vermelho ( $a^*$ )

O processo de irradiação poderia acarretar um aumento na intensidade da cor avermelhada da carne de peito de frango, alterando a aparência característica do produto. De modo geral a análise de variância dos dados experimentais não revelou efeito significativo do processo de irradiação ao longo do período de armazenamento, com exceção do 26º dia onde os valores obtidos das amostras diferiram estatisticamente, a qual foi considerada irrelevante devido ao baixo valor de F obtido (4,54).

Embora a análise estatística não tenha detectado diferença significativa, percebe-se na FIGURA 20 que as amostras irradiadas apresentaram valores levemente superiores aos da amostra-controle, principalmente nos primeiros dias de armazenamento. Esses valores foram diminuindo no decorrer do período de armazenamento, relacionando-se com a avaliação sensorial da intensidade da coloração avermelhada e concordando com o trabalho realizado por ABU-TARBOUSHI (1997).

SIMIC, 1983; GRANT & PETERSON, 1991, afirmaram que a carne irradiada apresenta uma intensidade vermelha maior quando comparada com amostras não irradiadas. Os autores atribuíram essa alteração à redução da metamioglobina (marron) para mioglobina (vermelho) por radicais formados durante o processo de irradiação.

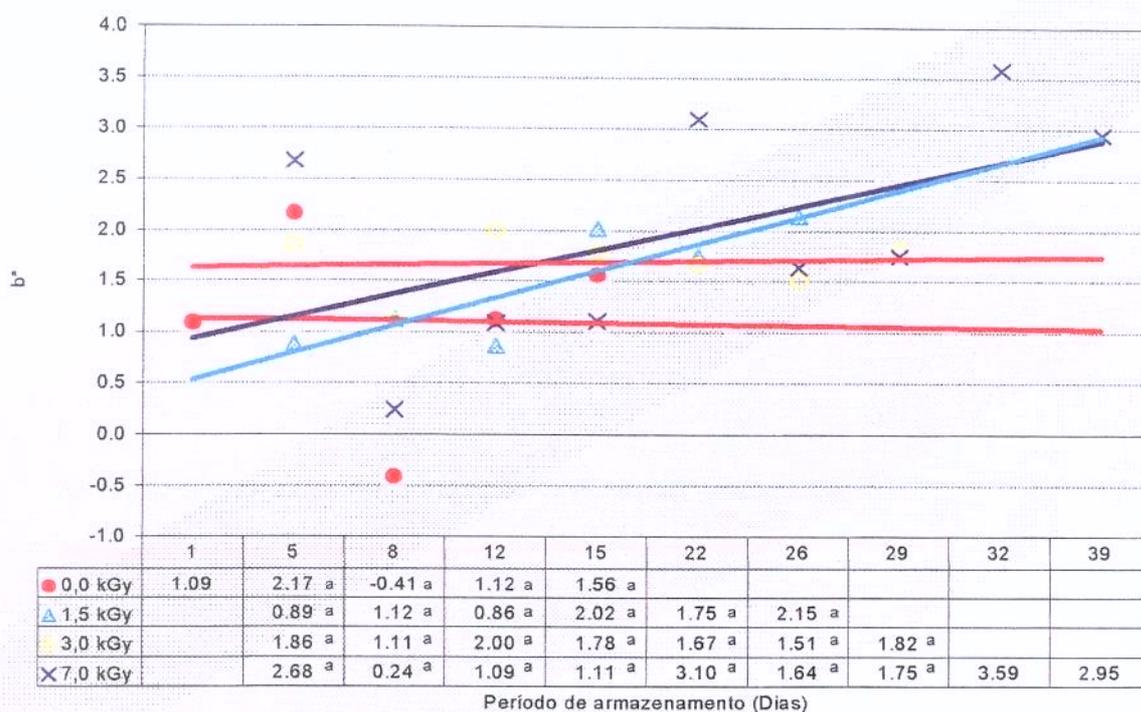


Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativa ( $p < 0,05$ )

FIGURA 20 - Efeito de diferentes doses de irradiação sobre Intensidade de vermelho ( $a^*$ ) em amostras de cortes de peito de frango, armazenados sob refrigeração à 5°C em condições aeróbias.

### 5.3.4.3 - Intensidade de amarelo ( $b^*$ )

Os resultados obtidos neste estudo não mostraram diferença significativa e apesar de divergirem dos valores apresentados por MILLAR, MOSS & STEVENSON (2000), mostram que o processo de irradiação não acarreta modificações na intensidade de amarelo da carne de peito de frango.



Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativas ( $p < 0,05$ )

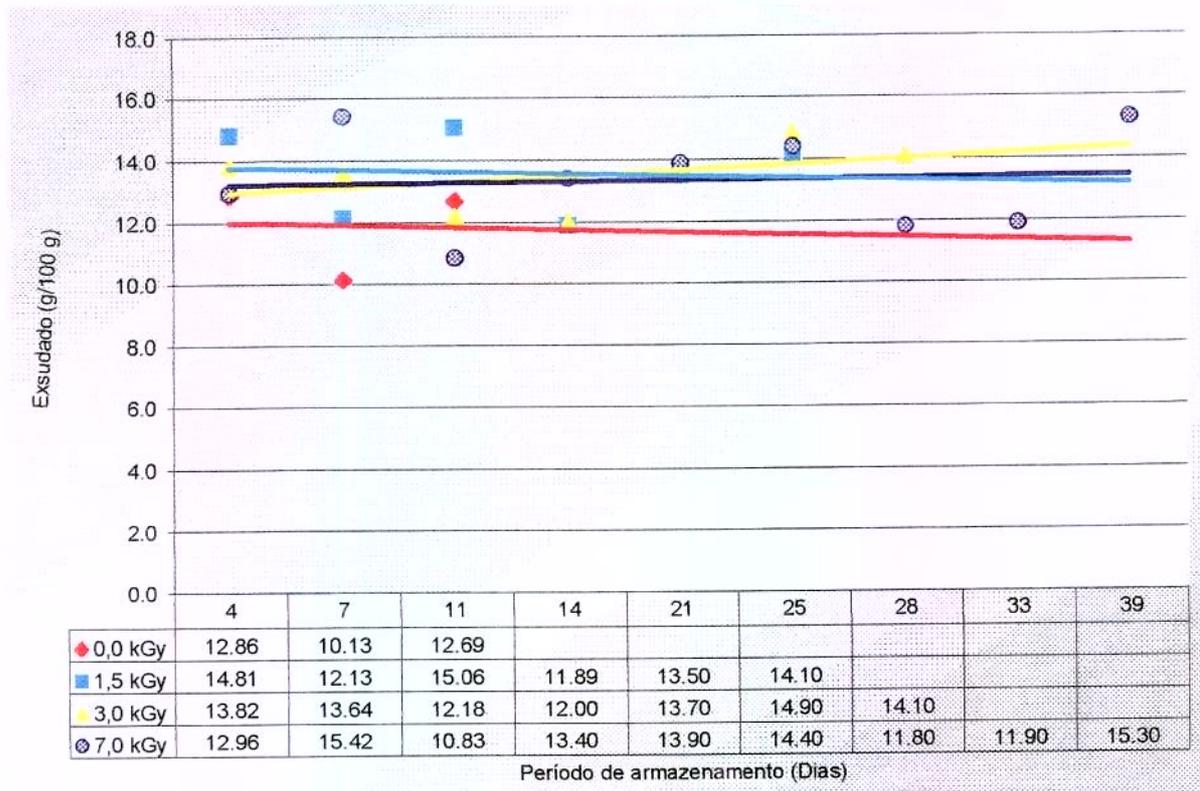
FIGURA 21 - Efeito de diferentes doses de irradiação sobre Intensidade amarelo ( $b^*$ ) em amostras de cortes de peito de frango, armazenados sob refrigeração à 5°C em condições aeróbias.

### 5.3.5 - Perda de líquido por exsudação

Os resultados mostrados na FIGURA 22 não indicaram diferença significativa entre amostras-controle e amostras irradiadas, fato considerado bastante positivo, pois a liberação excessiva de líquidos é indesejável do ponto de vista econômico, da vida útil do alimento e comercial.

O fluido liberado torna-se um excelente meio de cultivo para diversos microrganismos e prejudica a aparência do produto ocasionando perda de peso e

de suculência. Dados de perda de líquido por exsudação em cortes de frango não são relatados, mas em carcaças de frango permiti-se uma perda de líquido em torno de 6%.



Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativa ( $p < 0,05$ )

Figura 22 - Efeito de diferentes doses de irradiação sobre a liberação de exsudado em cortes de peito de frango mantidos à 5°C em condições aeróbias.

## 5.4 - Avaliação sensorial

### 5.4.1 - Pré-seleção de provadores

Vinte provadores foram submetidos a uma sessão de 3 testes triangulares. Destes, dez foram selecionados para participarem do processo de desenvolvimento de terminologia descritiva, pois obtiveram um mínimo de 50% de acerto no total de respostas.

### 5.4.2 - Levantamento de descritores sensoriais

Os descritores sensoriais inicialmente levantados pelos provadores estão apresentados na tabela a seguir.

TABELA 6 - Termos sensoriais descritivos de carne de peito de frango obtidos pelo método rede.

DESCRITORES SENSORIAIS PARA					
APARÊNCIA	N	AROMA	N	TEXTURA	N
Cor rósea	10	Fermentado	10	Limosidade	8
Exsudado	10	Pútrido	10	Firme	3
Cor creme	9	Queimado	10	Característica	3
Cor cinza	8	Característica	9	Mole	2
Crescimento microbiano	7	Carne fresca	7	Consistente	1
Opaco	5	Ranço	6		
Brilho	4	Ovo	4		
Acumulo de água	4	Geladeira	4		
Cor intensa	4	Adocicado	4		
Cor homogênea	3	Azedo	3		
Úmida	3	Frutal	3		
Desuniformidade	3	Limo	3		
Cor esverdeada	2	Ricota passada	2		
Pontos pretos	2	Parmesão	2		
Cor gelo	1	Ovo podre	2		
Presença de líquido	1	Suave	1		
		Granja	1		
		Lodo	1		
		Amônia	1		
		Odor gás	1		

N = Número de vezes que o descritor sensorial foi citado.

Após as sessões de discussão foram eliminados os descritores sensoriais da TABELA 6 baseados em (1) julgamentos inexistentes ou de difícil percepção; (2) aparecimento devido à etapa de preparação das amostras; (3) número de citações. Dessa forma, foi estabelecido um conjunto de 12 descritores sensoriais e suas respectivas definições e referências de extremos de escalas.

TABELA 7 - Terminologia descritiva e materiais de referências para avaliação sensorial de carne de peito de frango.

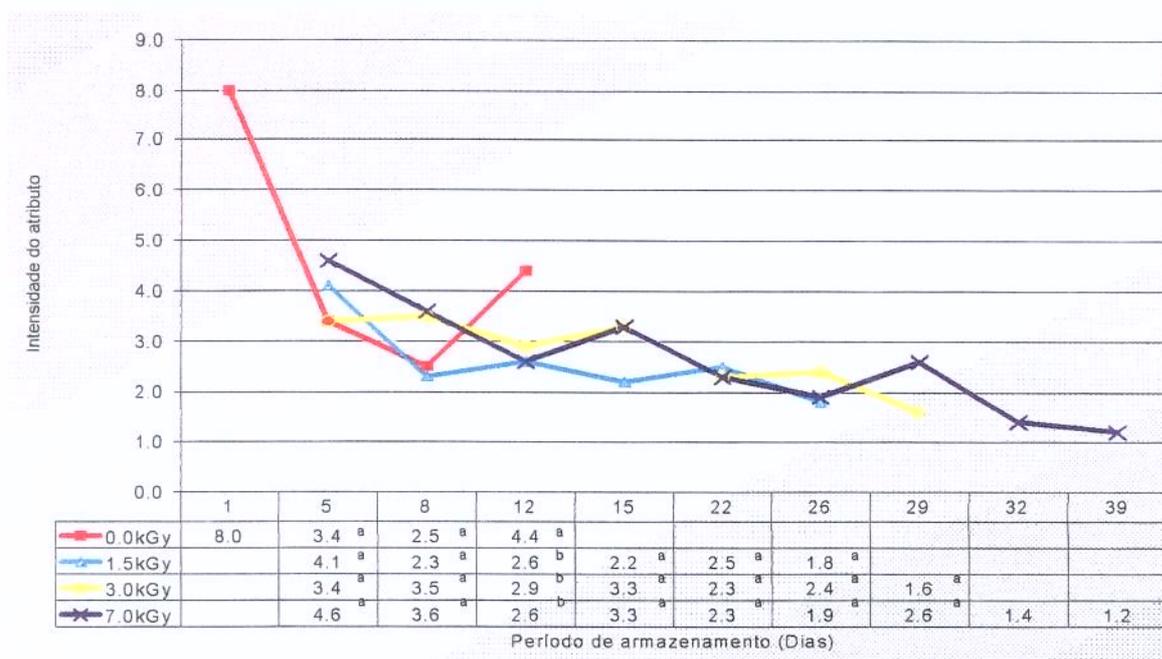
DESCRITOR	DEFINIÇÃO	REFERÊNCIA DE EXTREMO DE ESCALA
<u>Aparência</u>		
Cor rosa	intensidade de cor rósea	<b>0=Nenhum:</b> peito de frango com sete dias de armazenamento a 4°C <b>9=Muito:</b> peito de frango com um dia de abate no máximo
Cor creme	intensidade da cor creme	<b>0=Nenhum:</b> peito de frango com um dia de abate no máximo <b>9=Muito:</b> peito de frango com sete dias de armazenamento a 4°C
Cor cinza	manchas acinzentadas sobre o peito	<b>0=Nenhum:</b> peito de frango abatido em condições normais <b>9=Muito:</b> peito de frango escaldado em água fervente
Crescimento de microrganismos	visualização de colônias de microrganismos	<b>0=Nenhum:</b> placa de PCA sem crescimento microbiano <b>9=Muito:</b> placa de PCA com crescimento de microrganismos em superfície
Presença de exsudado	presença de líquido livre na bandeja	<b>0=Nenhum:</b> bandeja com peito de recém processado e congelado rapidamente <b>9=Muito:</b> bandeja com peito de frango congelado em freezer doméstico e descongelado
<u>Aroma</u>		
Carne fresca	odor característico de carne de frango	<b>0=Nenhum:</b> peito de frango com cinco dias de armazenamento a 6°C <b>9=Muito:</b> peito de frango com um dia de abate no máximo
Ranço	odor de gordura rançosa	<b>0=Nenhum:</b> peito de frango com um dia de abate no máximo <b>9=Muito:</b> CMS de frango envelhecido
Fermentado	odor associado à fermento biológico	<b>0=Nenhum:</b> peito de frango com um dia de abate no máximo <b>9=Muito:</b> fermento biológico para pão
Pútrido	odor de carne estragada	<b>0=Nenhum:</b> peito de frango com um dia de abate no máximo <b>9=Muito:</b> peito de frango com cinco dias de armazenamento a 10°C
Queimado	odor característico de irradiação	<b>0=Nenhum:</b> peito de frango com um dia de abate no máximo <b>9=Muito:</b> peito de frango irradiado com 10kGy com uma dia no máximo
<u>Textura</u>		
Limosidade	sensação de superfície pegajosa	<b>0=Nenhum:</b> peito de frango com um dia de abate no máximo <b>9=Muito:</b> peito de frango com cinco dias de armazenamento a 10°C

### 5.4.3 - Atributo sensorial de aparência - cor (rósea, creme e cinza),

#### líquido exsudado e crescimento microbiano visível

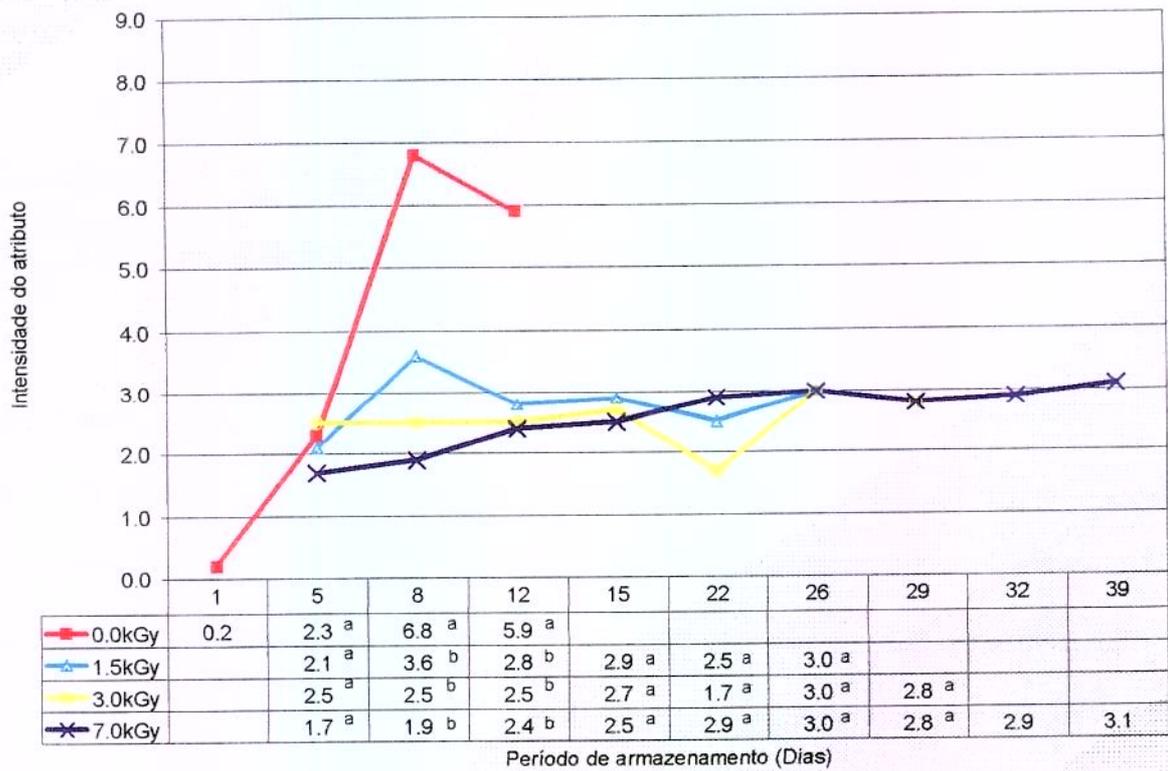
Nas FIGURAS 23 até 33 são apresentados os resultados da análise sensorial. O eixo da abscissa corresponde a intensidade relativa de cada atributo sensorial, obtido por meio de notas dos provadores.

Uma interação entre a intensidade de cor rósea e creme ao longo do armazenamento pode ser observado quando comparamos as FIGURAS 23 e 24. Há uma diminuição na intensidade de cor rósea do peito, enquanto que a cor creme aumenta. Diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) foram encontradas entre as amostras-controle e amostras irradiadas no 8º e 12º dias de armazenamento.



Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativa ( $p < 0,05$ )

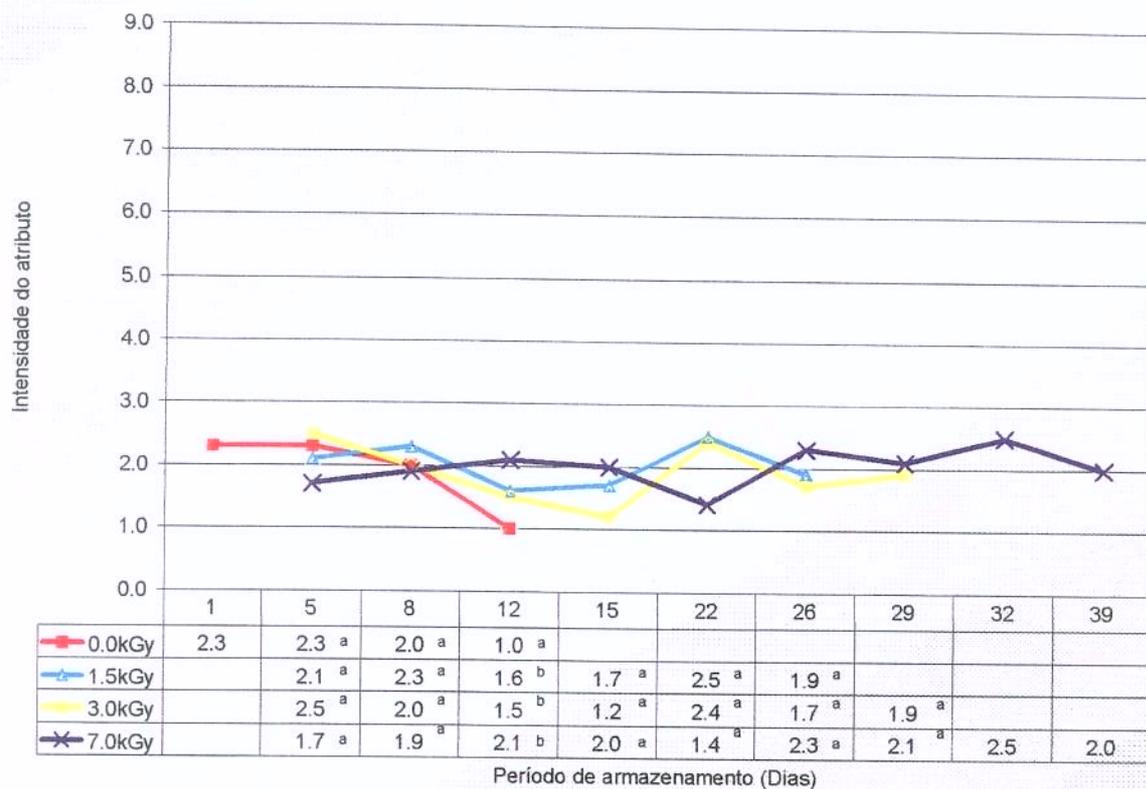
FIGURA 23 - Avaliação sensorial da cor rosa em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados a 5°C.



Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativa ( $p < 0,05$ )

FIGURA 24 - Avaliação sensorial da cor creme, em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados a 5°C.

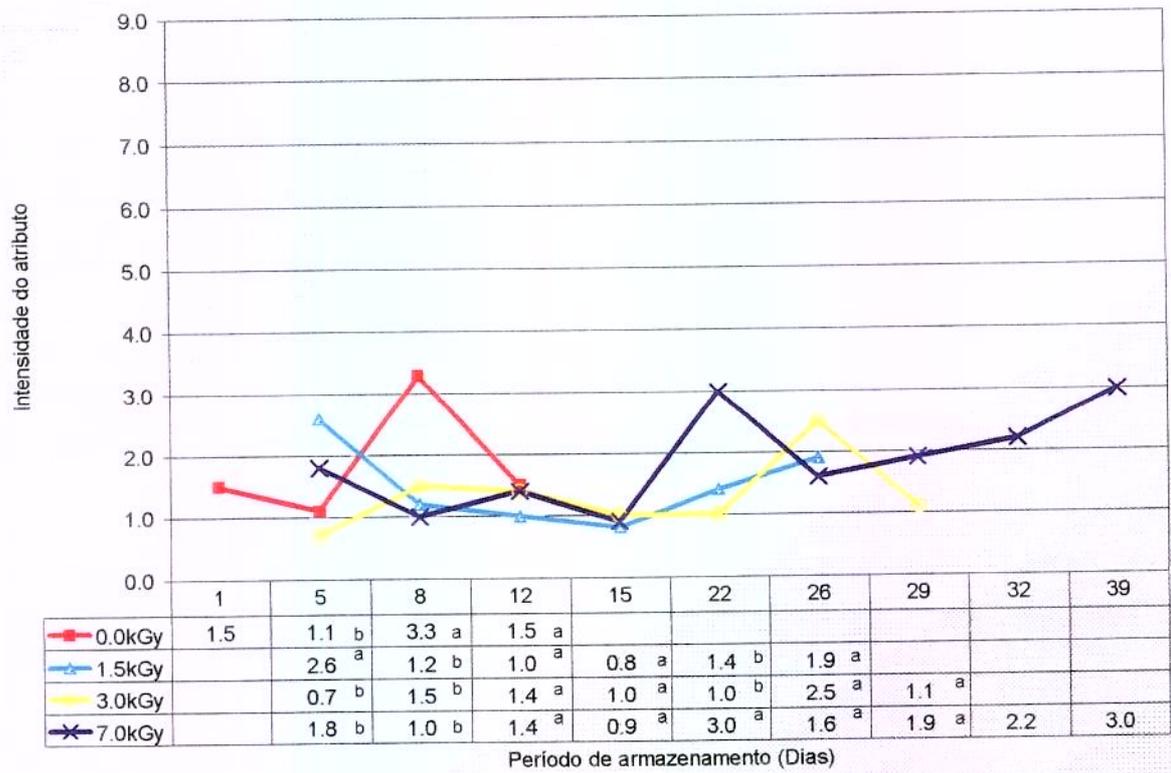
A intensidade de cor cinza foi utilizada para avaliar o possível aumento das regiões esbranquiçadas que geralmente surgem com as altas temperaturas de escaldagem. A análise estatística não mostrou diferença significativa entre as amostras-controle e irradiadas, com exceção do 12º dia, cuja diferença foi associada ao elevado estágio de desenvolvimento microbiano, presença de limosidade superficial e elevada coloração creme na amostra-controle.



Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativa ( $p < 0,05$ )

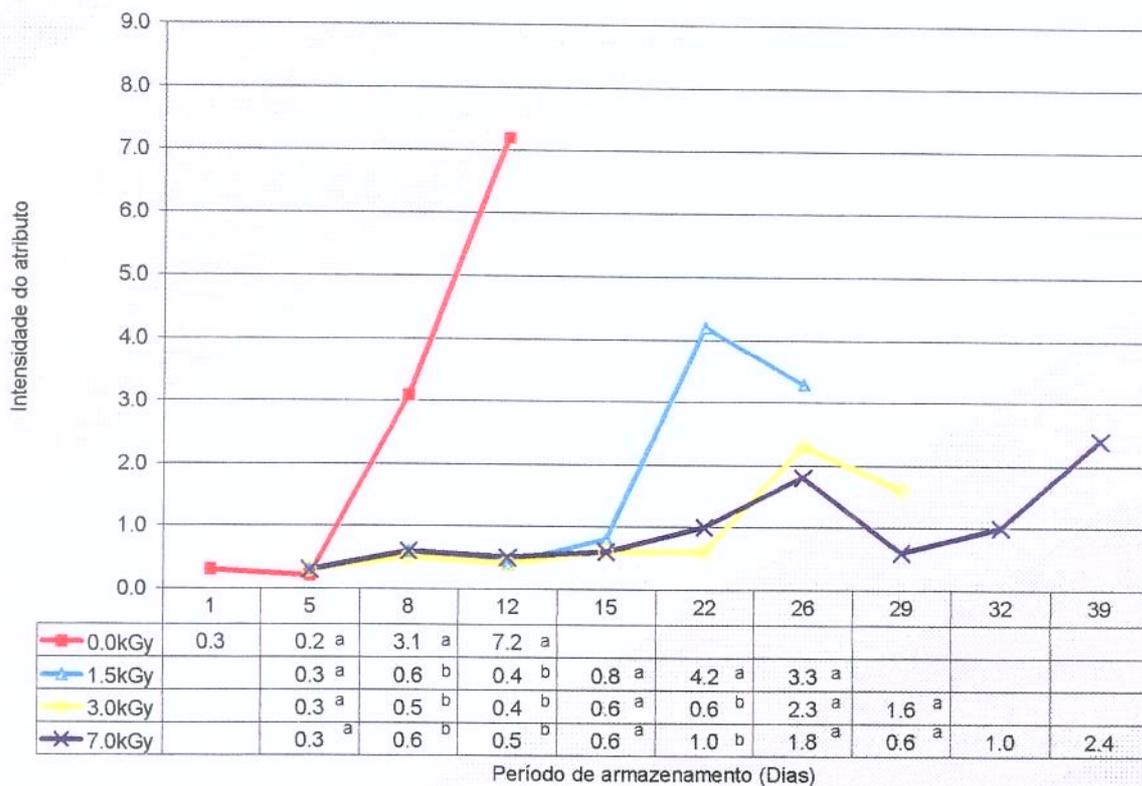
FIGURA 25 - Avaliação sensorial da cor cinza, em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados a 5°C.

Observou-se que a presença de exsudado na bandeja das amostras, apresentaram-se aleatórias, sem tendências para determinado tratamento ou relação com a massa do líquido. Concluiu-se que os dados obtidos nesses experimentos não permitiram relacionar o efeito da irradiação com o líquido exsudado.



Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativas ( $p < 0,05$ )

FIGURA 26 - Avaliação sensorial do atributo aspecto (exsudado), em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados a 5°C.



Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativa ( $p < 0,05$ )

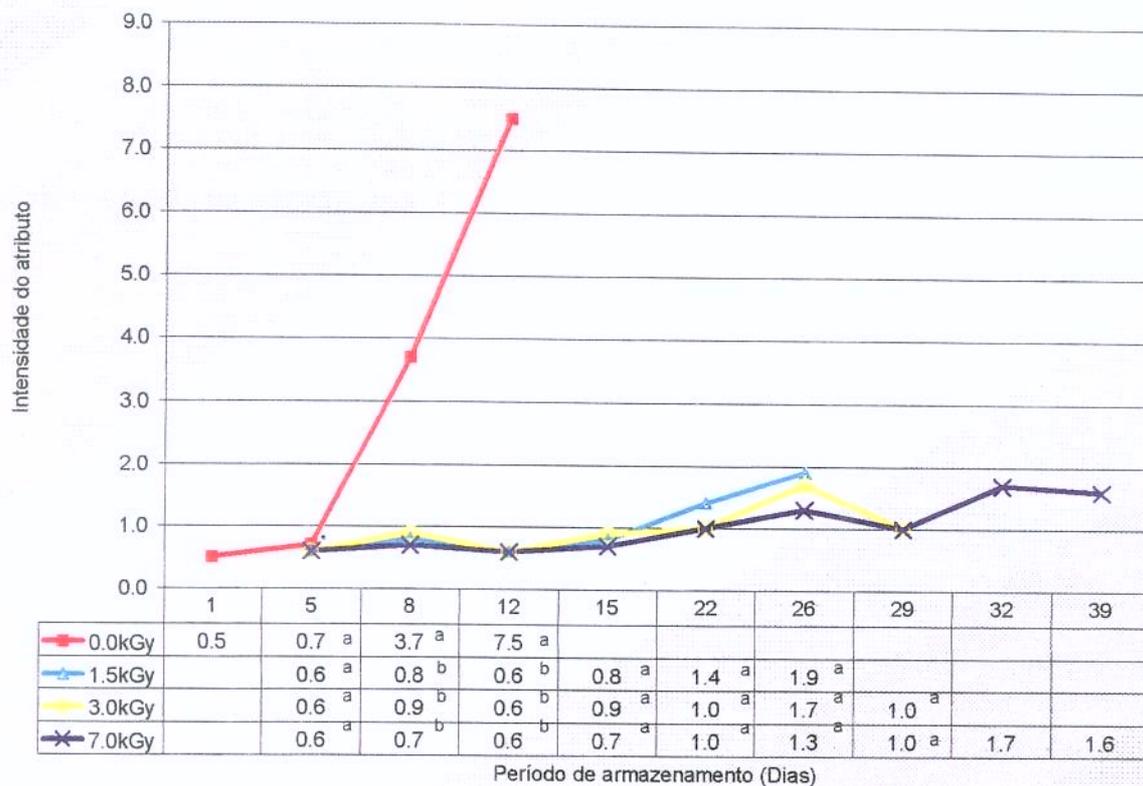
FIGURA 27 - Avaliação sensorial do atributo aspecto (crescimento microbiano visível), em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados a 5°C.

#### 5.4.4 - Atributo sensorial de textura - sensação de limosidade

A limosidade parece ser um bom indicador da deterioração do produto, principalmente quando relacionada com o desenvolvimento de colônias de bactérias e de bolores e leveduras na superfície das amostras, fato também detectado pelos provadores no levantamento de descritores sensoriais. A percepção do crescimento microbiano visível e o aumento da limosidade foram atributos importantes para indicar o limite máximo de vida útil. No caso das

amostras-controle a vida útil situou-se entre o 5º e 8º dia, e para as amostras irradiadas com 1,5kGy entre o 15º e 22º. Nestes intervalos os valores para limosidade e crescimento microbiano foram maiores ou iguais a 3,7 e 3,1, respectivamente.

Alterações pronunciadas não foram evidentes nas amostras irradiadas com 3,0 e 7,0kGy, não sendo detectada a presença de limosidade que condenasse as amostras durante o período de amostragem. Observou-se ainda o predomínio do crescimento visível de bolores, sendo conferidas as notas 1,7 no 26º dia e 2,4 no 39º dia de armazenamento. Porém, as mesmas não apresentaram um crescimento microbianos como nas amostras irradiadas com 1,5kGy, fato observado também na contagem microbiológica de bolores e leveduras.



Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativa ( $p < 0,05$ )

FIGURA 28 - Avaliação sensorial do atributo textura (limosidade), em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados a 5°C.

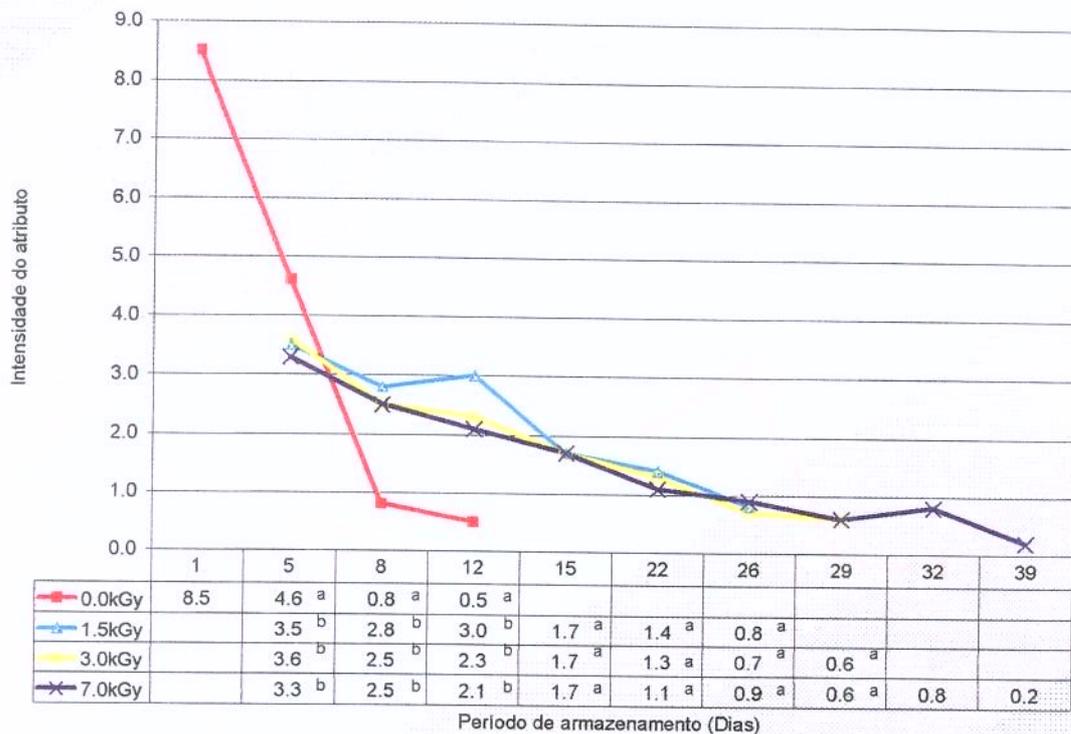
#### 5.4.5 - Atributo sensorial de odor - carne fresca, ranço, fermentado, pútrido e queimado

De acordo com as avaliações do atributo odor (FIGURA 29 até 33), no 8º dia a amostra-controle já estava condenada, pois a percepção de odores indesejáveis (pútrido) foi muito acentuada, reforçado pela evidência de altas contagens microbianas, particularmente de *Pseudomonas* spp.

As amostras irradiadas com 1,5; 3,0 e 7,0kGy apresentaram odor de carne fresca durante um período mais prolongado (FIGURA 29), que foi diminuindo ao longo da vida útil do produto, com o surgimento de outros odores, entre eles o de ranço, de fermentado e de pútrido.

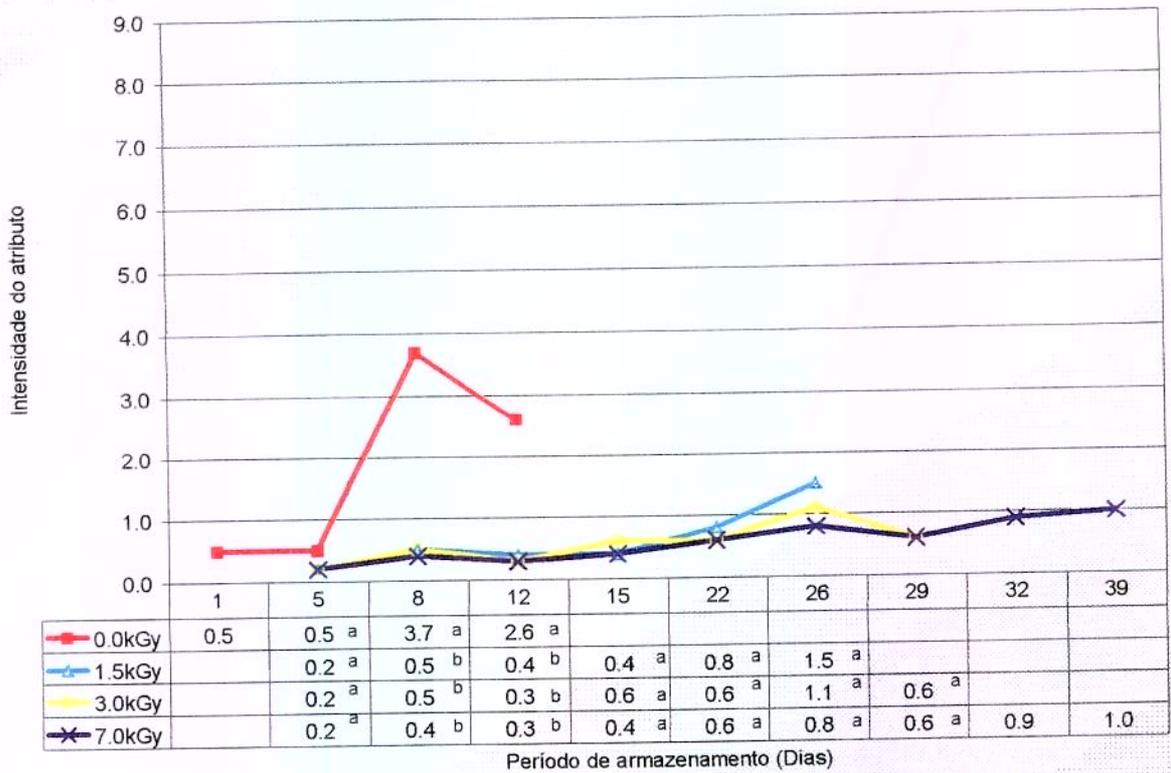
No entanto, o odor pútrido (FIGURA 31) não foi tão perceptível nas amostras irradiadas, comparativamente às amostras-controle, o que pode ser explicado pelas menores contagens microbiológicas, particularmente em relação às bactérias do gênero *Pseudomonas*. Uma resposta similar foi encontrada para o atributo odor de fermentado (FIGURA 30), provavelmente relacionado com o desenvolvimento de bactérias lácticas.

O odor de ranço (FIGURA 32) percebido pelos provadores foi aumentando ao longo da vida útil, uma vez que a irradiação ionizante é capaz de acelerar o processo de oxidação dos ácidos graxos, aliado à embalagem com alta permeabilidade ao oxigênio utilizada no processamento. Estes resultados foram relacionados com os valores de TBARS, conforme discutido no item 5.3.2.



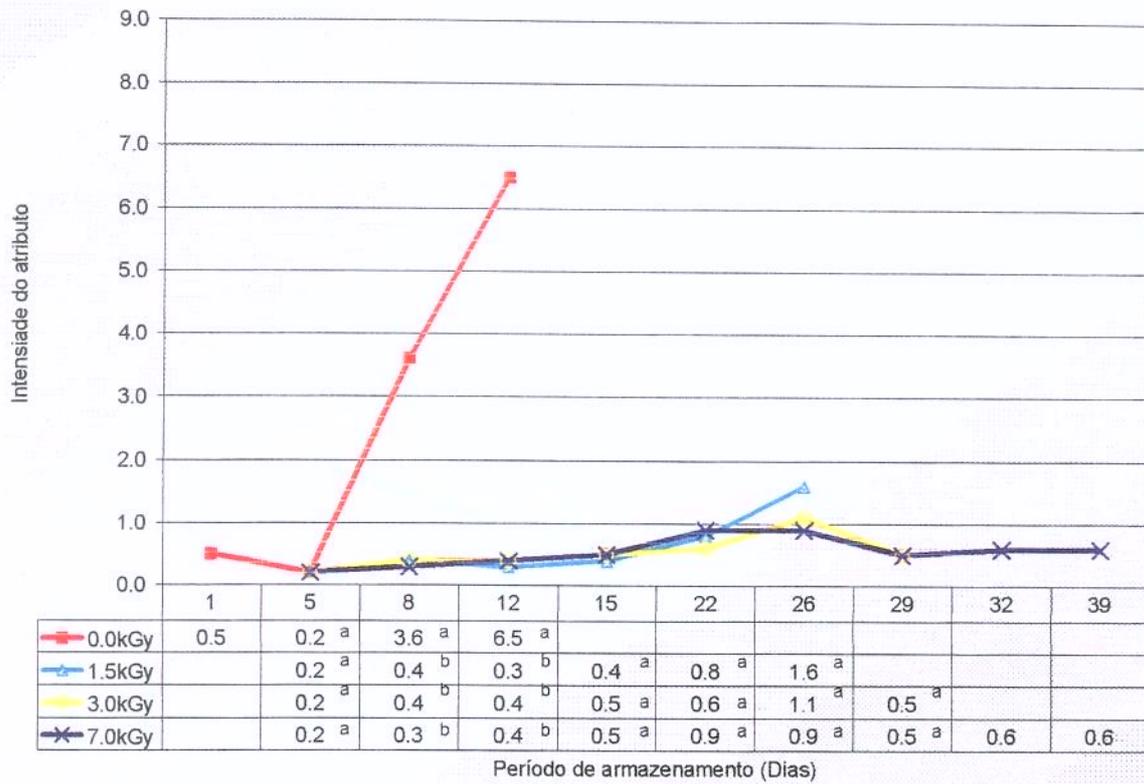
Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativa ( $p < 0,05$ )

FIGURA 29 - Avaliação sensorial do odor de carne fresca em cortes de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados a 5°C.



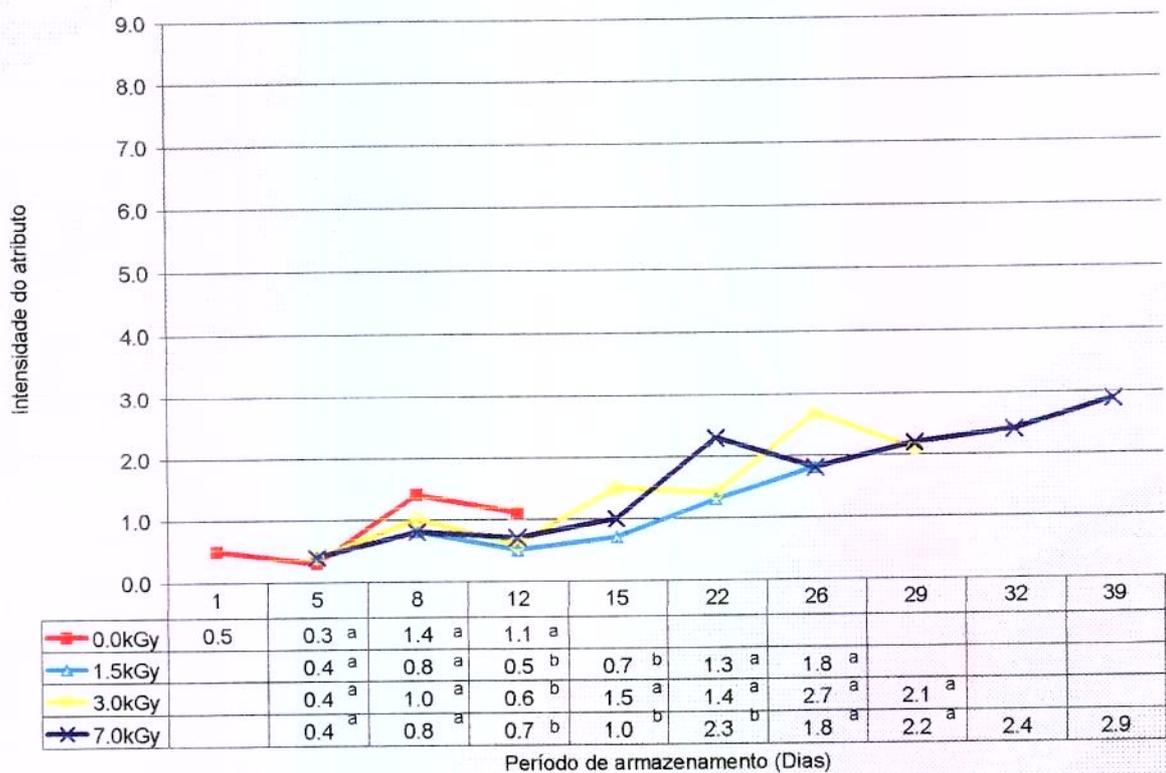
Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativa ( $p < 0,05$ )

FIGURA 30 - Avaliação sensorial de odor fermentado em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados a 5°C.



Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativa ( $p < 0,05$ )

FIGURA 31 - Avaliação sensorial de odor pútrido em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados a 5°C.



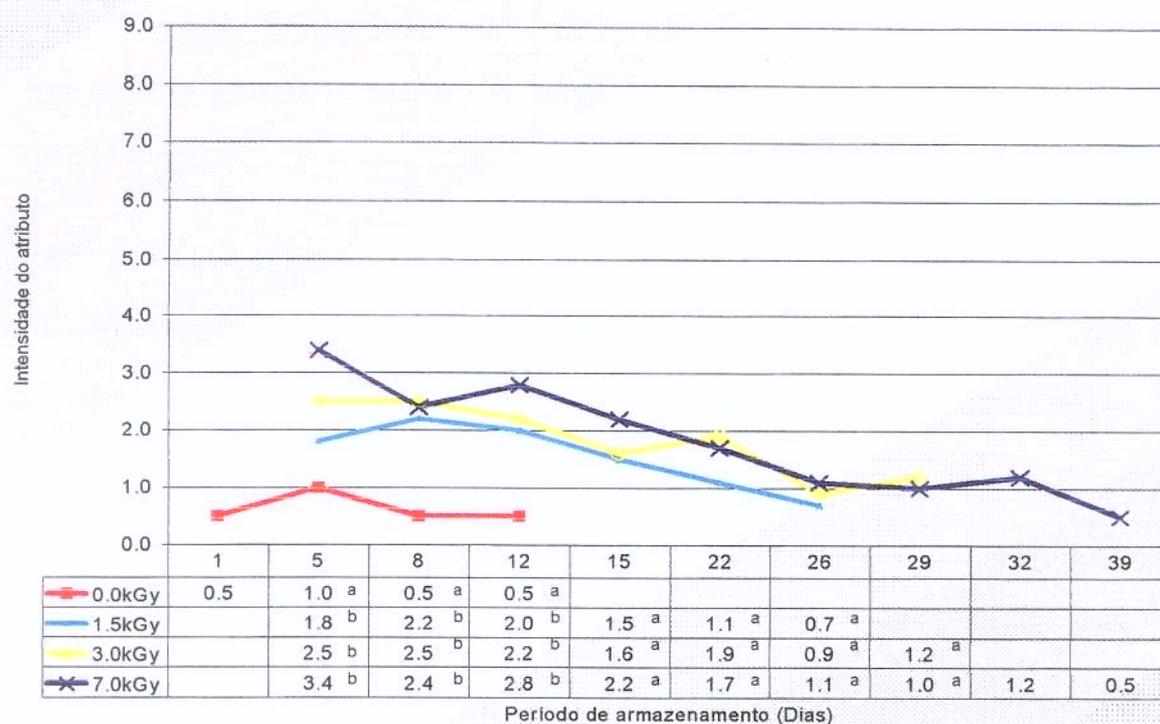
Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativa ( $p < 0,05$ )

FIGURA 32 - Avaliação sensorial de odor de ranço em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados a 5°C.

Na FIGURA 33 pode-se observar, que o odor de irradiado (queimado) foi mais intenso quanto maior a dose de irradiação, diminuindo de intensidade ao longo do armazenamento. Nas amostras irradiadas com 1,5; 3,0 e 7,0kGy, apesar da evidência do odor de queimado, registrada ao longo do período de avaliação, com notas que variavam entre 0,7 a 3,4, não houve rejeição por parte dos provadores. Vários estudos relatam a mesma preocupação em minimizar os efeitos da produção de odores estranhos (MOSELEY 1990, BASKER, 1985). As

amostras tratadas com doses de 1,5kGy obtiveram notas médias para odor de queimado entre 0,8 a 2,5, comportamento semelhante observado nas amostras tratadas com doses de 3,0kGy. As amostras submetidas a doses de 7,0kGy apresentaram um odor de queimado mais intenso, com notas entre 3,4 a 0,5.

Nas condições avaliadas, os resultados obtidos sugerem que a irradiação com doses de 3,0kGy seria uma opção tecnológica, por possibilitar uma sensível extensão da vida útil do peito de frango (até 4,4 vezes superior ao controle) sem afetar de forma pronunciada as características sensoriais do alimento.



Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes apresentam diferenças significativas ( $p < 0,05$ )

FIGURA 33 - Avaliação sensorial do odor de irradiado (queimado) em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados a 5°C.

## 6 - CONCLUSÕES

Os resultados experimentais obtidos nesta pesquisa permitiram as seguintes conclusões:

- A irradiação dos filés de peito de frango com doses máximas de 7,0kGy promoveu uma sensível redução na microbiota contaminante, sendo que, entre os grupos microbianos avaliados, as bactérias lácticas e os bolores e leveduras mostraram maior resistência.
- As evidências de crescimento microbiano (contagens, crescimento superficial visível e limosidade) somado às alterações sensoriais (odor) promovidas pelo processo de irradiação foram relevantes na determinação da estabilidade e vida útil da carne de frango.
- A vida útil dos filés de peito de frango mantidos sob refrigeração foi crescente, conforme o aumento da dose de irradiação. Enquanto nas amostras-controle ela foi de 5 dias, nas irradiadas estendeu-se por 15, 22 e 32 dias, para doses de 1,5; 3,0 e 7,0kGy, respectivamente. A vida útil foi determinada considerando-se os menores desenvolvimentos microbiológicos, as menores alterações físico-químicas e sensoriais, quando as amostras-tratamento eram contrastadas com as características que as amostras-controle apresentavam no primeiro período de amostragem.
- As amostras-controle não diferiram significativamente das amostras irradiadas quanto ao valor de TBARS. No entanto, observou-se uma tendência crescente dos valores de TBARS conforme o incremento da dose de irradiação gama.

- No final da vida útil as amostras irradiadas com 7,0kGy apresentaram uma concentração de TBARS em torno de 0,8mg de MDA por kg de amostra. A avaliação sensorial correspondente ao atributo odor de ranço, foi considerada baixa, pelos provadores, não recebendo nota superior a 3,0. Estes parâmetros estão relacionados ao grau de oxidação de gorduras presentes na amostras, que por suposição de fato seria baixa, pois a amostra era composta de carne com baixos teores de gordura (0,92g/100g).
- A irradiação não apresentou influência significativa nas medidas de pH e no líquido exsudado das amostras.
- As medidas de cor objetiva não diferiram quando as amostras-controle foram comparadas com as amostras irradiadas. Porém, amostras irradiadas com doses acima de 3,0kGy mostraram intensidade de vermelho superiores as das amostras-controle, principalmente nos primeiros dias de armazenamento.
- Com o aumento da dose de irradiação maior foi a intensidade do odor de queimado percebido pelos provadores. Mesmo com uma diminuição da intensidade ao longo do armazenamento, o odor de queimado foi detectado pela equipe sensorial, constituindo-se numa característica tecnológica indesejável.
- As doses máximas de radiação gama de 3,0kGy foram consideradas apropriadas para aumentar a vida útil dos filés de peito de frango refrigerados (de 5 dias para 22 dias) sem comprometer acentuadamente as características sensoriais do alimento.

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABU-TARBOUSHI, H. M.; AL-KAHTANI, H. A.; ATIA, M.; ABOU-ARAB, A. A.; BAJANER, A. ; EL-MOJADDIDI, M. A. Sensory and microbial quality of chicken as effected by irradiation and postirradiation storage at 4.0°C. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 60, n. 7, p. 761-770, 1997.
2. ANELLIS, A.; SHAHUCK, E.; MORIN, M.; SRISARA, B.'QUALE, S.; ROWLEY, P. B.; ROSS, E. W. Cryogenic gamma irradiation of prototype pork and chicken and antagonic effect between *clostridium botulinum* types A and B. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 34, n.6, p. 823-831, 1977.
3. ANUÁRIO DA AVICULTURA INDUSTRIAL. São Paulo: **ABEF** (Associação Brasileira de Esportadores de Frango), 1997. 82 p.
4. AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16ªed. Maryland: AOAC, 1998. 2v.
5. BARNES, E. M.; IMPEY, C. S. Psycrophilic spoilage bacteria of poultry. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v. 31, p. 97-107, 1968.
6. BASKER, D. KLINGER, E. LAPIDOT, M. ; EINSENBURG, E. Effect of chilled storage radiation-pasteurized chicken carcasses on the eating quality of the resultant cooked meat. **Journal of Food Technology**, Chicago, v. 21, n.4, p. 437-441, 1986.
7. BEGLEY, S.; BUENO, M. A high-energy food fight. **Newsweek**, New York, v. 51, n. 13, p. 72, 1983.
8. BLUMENTHAL, M.M. How food packaging affectss food flavor. **Food Technology**, Chicago, v. 51, n.1, p. 71-74, 1997.

9. BOLDER, N.M. Descontamination of meat and poultry carcasses. **Food Science and Technology**, Sheffield, v. 8, n. 7, p. 221-227, 1997.
10. BRAKE, R. J.; MURRELL, K. D.; RAY, E. E., THOMAS, J. D.; MUGGENBURG, B. A; SIVINSKI, J. S. Destruction of *Trichinella spiralis* by low-dose irradiation of infected pork. **Journal of Food Safety**, Westport, v. 7, p. 127-143, 1985.
11. BRASIL. Portaria n. 9 de 08 de março de 1985. **Normas gerais para irradiação de alimentos**. Ministério da Saúde. 1985. Anexo I.
12. BRASIL. Portaria n. 9 de 08 de março de 1985. **Regulamentação de procedimentos e doses de irradiação para produtos destinados à alimentação humana**. Brasília, DF: DINAL. 1985.
13. CHO, H. O.; LEE, M. K.; BYUN, M. W.; KWON, J. G. Radurization of the microorganisms contaminating chicken. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 1, n. 3, p. 170, 1985.
14. CRAWFORD, L. M.; REHE, S. G. Assuring the Safety of irradiated food. **Food Control**, Surrey, v.1, n.4, p. 207-210, 1990.
15. DEL MASTRO, N.L. Development of food irradiation in Brazil. **Progress in Nuclear Energy**, Oxford, v. 35, n. 3-4, p. 229-248, 1999.
16. DEMPSTER, J.F. Radiation preservation of meat and meat products: A review. **Meat Science**, Barking, v. 12, n.2, p. 61-89, 1985.
17. EKUND, M. W.; SPINELLI, J.; MIYAUCHI, D.; DASSOW, J. Development of yeast on irradiated pacific crab meat. **Journal of Food Science**, Chicago, v.31, n.3, p. 424-431, 1966.

18. FARRARIV, H. Placement of dosimeters and radiation-sensitive indicators. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 46, n. 4-6, p. 1353-1357, 1995.
19. FELDMANN, P. R. **Tecnologia como forma de incrementar a competitividade das empresas**. Seminário sobre Competitividade na Indústria de Alimentos, ITAL, Campinas, 1998.
20. FIRSTENBERG-EDEN, R. et al. Competitive growth of chicken skin microflora and *Clostridium* type E after an irradiation dose of 0,3 Mrad. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 46, n.1, p. 12-15, 1983.
21. GRANT, I. R.; PETERSON, M. F. Effect of irradiation and modified atmosphere packaging on the microbiological and sensory quality of pork stored at refrigeration temperatures. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.26, n.5, p. 507-519, 1991.
22. HANIS, T.; JELEN, P. ; KLÍR, P. ; MŇUKOVÁ, J.; PÉREZ, B.; PESEK, M. Poultry meat irradiation – Effect of temperature on chemical changes and inactivation of microorganisms. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 52, n.1, p. 26-29. 1989.
23. HANSEN, T.J. Volatiles in skin of low dose irradiated fresh chicken. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n.5, p. 1180, 1987.
24. HEATH, J. L.; OWENS, S. L.; TESCH, S. ; HANNAH, K. W. Effects of high-energy electron irradiation of chicken meat on *Salmonella* and aerobic plate count. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n.1, p. 150-156, 1990.
25. HUNTANEN, C. N.; JENKINS, R. K.; THAYER. Gamma radiation sensitivity of *Listeria monocytogenes*. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 52, n.9, p. 610-613, 1989.

26. ICGFI. INTERNATIONAL CONSULTATIVE GROUP ON FOOD IRRADIATION. **Code of good irradiation practice for the control of pathogenic microorganisms in poultry feed**, Vienna, 1995. 20p.
27. ICMSF. INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS. **Microorganisms in foods: Their significance and methods of enumeration**. 2 ed. Toronto: University of Toronto Press, 1978. v.1.
28. IDZIAK, E.; INCZEK, S. Radiation treatment of foods. I Radurization of fresh eviscerated poultry. **Applied Microbiology**, Washington, v. 16, p. 1061-1066, 1968.
29. INGRAM, M.; THORNLEY, M. J. changes on spoilage pattern of chicken meat as a result of irradiation. **International Journal of Applied Radiation and Isotopes**, Oxford, v. 6, p. 122, 1959.
30. IYOKU-OBI, A. N.; SPENCER, J. V. ; SAUTER, E. A.; EKLUND, M. W. A study of the fungal flora of spoiled chlortetracycline treated chicken meat. **Applied Microbiology**, Washington, v. 5, p. 319-321, 1957/1983.
31. KAHAN, R. S.; HOWKER, J. J. Low-dose irradiation of fresh, non-frozen chicken and other preservation and for improving its public-health qualitys. Vol.II. **International Atomic Energy Agency**, Vienna, p. 221-242, 1978.
32. KAMPELMACHER, E. H. Irradiation for control of *Salmonella* and other pathogens in poultry and fresh meats. **Food Technology**, Chicago, v.37, n.4, p. 117-119, 1993.
33. KATTA, S.R.; RAO, D. R.; SUNKI, G. R.; CHAWAN, C. B. Effect of gamma irradiation of whole chicken carcasses on bacterial loads and fatty acids. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n.2, p. 371, 1991.

34. KAZANAS, N.; EMERSON, J. A.; SEAGRAN, H. L.; KEMPE, L. L. Effect of  $\gamma$ -irradiation on the microflora of freshwater fish. **Applied Microbiology**, Washigton, v. 14, p. 261-266, 1966.
35. LAMUKA, P. O. et al Bacteriological quality of freshly processed broiler chickens as affected by carcass pretreatment and gamma irradiation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n.2, p. 330-332. 1992.
36. LESCOANO, G. P. ; KAIRIYAMA, E. & KAUPERT, N. Effect of chicken breast irradiation on microbiological, chemical and organoleptic quality. **Lebensmittel, Wissenschaft und Technologie**, v. 24, n.2, p. 130-134, 1991.
37. LILLARD, H.S. Improved chilling systems for poultry. **Food Technology**, Chicago, v. 36, n.2, p. 58, 1982.
38. MATTISON, M.L.; KRAFT, A.A., OLSON, D.G., WALKER, H.W., RUST, R. E.; JAMES, D.B. Effect of low dose irradiation of pork loins on the microflora, sensory characteristics and fat stability. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 51, n.2, p. 284-287, 1986.
39. MAXCY, R. B. **Journal of Food Safety**, Westport, v. 5, p. 203, 1983.
40. MC-LAUGHLIN, W. L.; DESROSIERS M.F. Dosimetry systems for radiation processing. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 46, n. 4-6, p. 1163-1174, 1995.
41. MEAD, G. C.; HUDSON, W. & ORIFFIN, R. Survival and growth of *Listeria monocytogenes* on irradiated poultry carcasses. **Lancet**. p. 1036, 1990.
42. MEAD, G.C; ADAMS, B.W. **British Poultry Science**, London, v. 18, n.6, p. 661-667, 1977.

43. MILLAR, S. J.; MOSS, B. W.; STEVENSEN, M. H. The effect of ionising radiation on the colour of leg and breast of poultry meat. **Meat Science**, Barking, v. 55, n.3, p. 361-370, 2000.
44. MINNAR, A.; TAYLOR, J. R. N.; MCGILL, A. E. J. Heat-irradiation combination processing as an effective method of producing high quality shelf-stable, low-acid food products. **Food Control**, Surrey, v. 6, n.3, p. 165-170, 1995.
45. MONK, J.D.; BEUCHAT, L.R.; DOYLO, M.P. Irradiation inactivation of food-borne microorganisms. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 58, n.2, p. 197-208, 1995.
46. MOSELY, B. Irradiation of food. **Food Control**, Surrey, v.1, n.4, p. 205-207, 1990.
47. NEWTON, K.G.; GILL, C.O. Storage quality of dark, firm, dry meat. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 3, p. 375-376, 1978.
48. NIELL, M. A. *E. coli* O157:H7 current concepts and future prospects. **Journal of Food Safety**, Westport, v. 10, p. 99-106, 1989.
49. NIERMAND, J.G., VAN DER LINDE, H.J.; HOTZAPFEL, W.H. Shelf-life extension of minced beef through combined treatments involving radurization. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 46, n. 9, p. 791-796, 1983.
50. OLIVEIRA, L.C de. Present situation of food irradiation in South America and the regulatory perspectives for Brazil. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 57, p. 249-252, 2000.

51. OLSON, D.G. Irradiation of food. **Food Technology**, Chicago, v. 52, n. 1, p. 56-62, 1998.
52. PATTERSON, M. Sensitivity of bacteria to irradiation on poultry meat under various atmospheres. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v. 7, n.3, p. 55-58, 1988.
53. PATTERSON, M. F. Sensitivity of *Listeria monocytogenes* to irradiation on poultry meat and in phosphate-buffered saline. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v. 8, n.5, p. 181-184, 1989.
54. PIKUL, J.; LESZCZYNSKI, D. E.; KUMMEROW, F.A. Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. **Journal of Agriculture Food Chemistry**, Easton, v. 37, n.5, p. 1309-1313, 1989.
55. PROCTOR, B. E.; NIKERSON, J. T. R.; LICCIARDELLO, J. J. Cathode ray irradiation of chicken meat for the extension of shelf life. **Food Research**, Stanford, v. 21, p. 11-20, 1956.
56. RADOMISKI, T. et al Elimination of pathogens of significance in food by low-dose irradiation. A review. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 57, n.1, p. 73-86, 1994.
57. REGULLA D.F.; DEFFNER U. Dosimetry by ESR Spectroscopy of Alanine. **International Journal Applied Radiation Isotopes**, Oxford, v. 33, p. 1101-1114, 1982.
58. RELATÓRIO ANUAL 2000. São Paulo: **UBA** (UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA), 2000. 35p.

59. SALIH, A.M.; SMITH, D.M. ; PRICE, J.F.; DAWSON, L.E. Modified extraction 2-thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry. **Poultry Science**, Champaign, v. 66, n.9, p. 1483-1488, 1987.
60. SCOTT, V. N. Interaction of factors to control microbial spoilage of refrigerated foods. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 52, n.5, p. 431-435, 1989.
61. SIMIC, M. G. Radiation chemistry of water-soluble food components. *In* JOSEPHSON, E. S. & PETERSON, M. S. (Ed.). **Preservation of food by ionizing radiation**. CRC Press, Inc. Boca Raton, 1983. p.1-73.
62. SINGH, R.P. .IN: MAN, C.M.D.; JONES, A.A. (Ed). *Shelf life evaluation of foods*. **Blackie Academic & Professional**, London, p. 3-6, 1996.
63. StatSoft, Inc. **STATISTICA** for Windows [Computer program manual]. Tulsa, OK: StatSoft, Inc., 2325 East 13th Street, Tulsa, OK, 74104, (918) 583-4149, fax: (918) 583-4376. 1995.
64. STONE, H.; SIDEL, J.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R.C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, Chicago, v. 28, n.11, p. 24-34, 1974.
65. TARKOWSKI, J.A.; STOFER, S. C.; BEUMER, R. R.; KAMPELMACHER, E. H. Low dose gamma irradiation of raw meat. 1. Bacteriological and sensory quality effects in artificially contaminated samples. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 1, n.1, p. 13, 1984.
66. TARLADGIS, B. G.; WATTS, B. M.; YOUNATHAN, M. T. A distillation for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **The Journal of the American Oil Chemist's Society**, Chicago, v. 37, p. 44-48, 1960.

67. TEIXEIRA, C. G. Aplicação da irradiação na preservação de alimentos. **Boletim do Centro Tropical de Pesquisas e Tecnologia de alimentos**, Campinas, v. 10, p. 55-76, 1967.
68. THAYER, D. W.; BOYD, G.; HUNTANEN, C. N. Effects of ionizing radiation and anaerobic refrigerated storage on indigenous microflora, *Salmonella* and *Clostridium botulinum* types A and B in vacuum-canned, mechanically deboned chicken meat. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 58, n.7, p. 752-757, July, 1995.
69. THAYER, D. W.; BOYD, G.; MULLER, W. S.; LIPSON, C. A.; HAYNE, W. C.; BAER, S. H. Radiation resistance of *Salmonella*. **Journal of Industrial Microbiology**, Amsterdam, v. 5, p. 383-390, 1990.
70. THAYER, D.W.; BOYD, G. Elimination of *Escherichia coli* O157:H7 in meats by gamma irradiation. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 59, n.4, p. 1030-1034, Apr., 1993.
71. THAYER, D. W. et al Destruction of *Salmonella typhimurium* on chicken wings by gamma radiation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n.3, p. 586-589, 1992.
72. THAYER, D.W. Extending shelf life of poultry and red meat by irradiation processing. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 56, n.10, p. 831-846, Oct., 1993.
73. THAYER, D.W.; LACHICA, R. V. HUNTANEN, C. N.; WIERBICKI, E. Use of irradiation to ensure the microbiological safety of processed meats. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n.4, p. 159-162, 1986.

74. TODD, E. C. D. Preliminary estimates of costs of foodborne disease in the United States. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 52, n.8, p. 595-601, 1989.
75. VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D.F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3ed. Washington: American Public Health Association (APHA), 1992.
76. VARABIOFF, F.F. Effects of irradiation on bacterial load and *Listeria monocytogenes* in raw chicken. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 55, n.5, p. 389-391, 1992.

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE