

# AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E SENSORIAL DA VIDA-ÚTIL DE CORTES DE PEITO DE FRANGO IRRADIADOS<sup>1</sup>

L. MIYAGUSKU<sup>2</sup>, F. CHEN<sup>3,4,5</sup>, M.F.de F. LEITÃO<sup>6</sup>, O. BAFFA<sup>3</sup>

## RESUMO

Caixas de papelão contendo cortes de peito de frango sem pele e sem ossos, previamente acondicionadas em bandejas de polietileno expandido, com aproximadamente 200 gramas por bandeja e recobertas por filme de polietileno, foram submetidas à irradiação com <sup>60</sup>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° e 180° 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±1°C durante 39 dias, sendo submetidos a análises microbiológicas (contagem total de bactérias aeróbias psicrófilas, bactérias aeróbias mesófilas, bolores e leveduras, *Pseudomonas* spp, enterobactérias totais, bactérias lácticas e NMP de *E.coli*) 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 sensoriais perceptíveis.

**Palavras chave:** Peito de frango; irradiação; dosímetros; microbiologia; avaliação sensorial.

## SUMMARY

MICROBIOLOGICAL AND SENSORY EVALUATION OF THE SHELF-LIFE OF IRRADIATED CHICKEN BREAST MEAT. Kraft paper boxes containing 10 expanded polystyrene trays with 200g skinless deboned chicken breast each were irradiated with <sup>60</sup>Co source of a Nordion JS7500 irradiator. The trays were previously wrapped with polyethylene film. The samples were exposed to 1.5; 3.0 and 7.0 kGy doses in the static mode at 0° and 180° in relation to the irradiation beam. Set of 18 alanine+paraffin dosimeters per treatment were distributed inside the boxes for evaluation of irradiation dose 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±1°C for 39 days and were analysed microbiologically in total psychrotrophic aerobic bacteria, total mesophilic aerobic bacteria, molds and yeasts, *Pseudomonas* spp, Enterobacteriaceae, lactic bacteria counts and *E.coli* during the storage period. The results revealed a linear behaviour of the alanine+paraffin dosimeters in the range of 1 to 10kGy irradiation. In regard to the microbiological aspect, compared to the shelf-life of 5 days for the controls, there were a 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 aspect.

**Keywords:** chicken breast; irradiation; dosimeters; microbiology; sensory evaluation.

## 1- INTRODUÇÃO

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 [37], posicionaram o Brasil como terceiro maior produtor mundial (5,9 milhões de toneladas) e segundo maior exportador de carne de frango, no ano de 2000 (907 mil toneladas).

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 umidade, a composição de voláteis, e principalmente, os lipídeos podem ser alterados de acordo com o material utilizado na embalagem [3]. Da mesma forma, os agentes descontaminantes, associados ao efeito bactericida, devem manter a aparência e o sabor do alimento sem deixar resíduos prejudiciais à saúde [4].

O prolongamento da vida-útil de carcaças de frango é uma preocupação constante da indústria avícola. Nos abatedouros, as carcaças são geralmente resfriadas por imersão em água para minimizar o crescimento bacteriano. Apesar de reduzir o índice de crescimento, isso também pode gerar contaminação cruzada entre as carcaças. Ressalta-se que o crescimento de microrganismos durante o armazenamento refrigerado ocorre principalmente no tecido muscular lesado, sendo as contaminações dependentes do tipo de músculo e do pH. Estudos realizados por LAMUKA et al. [22] mostraram que o uso da irradiação em carnes de frango pode retardar a deterioração bacteriana e diminuir a incidência de microrganismos patogênicos e deteriorantes.

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 18/12/2000. Aceito para publicação em 10/07/2003 (000552).

<sup>2</sup> Centro de Tecnologia de Carnes, Instituto de Tecnologia de Alimentos. Av. Brasil, 2880. CEP 13074-001 Campinas – SP, Brasil. e-mail: lucianam@ital.org.br

<sup>3</sup> Departamento de Física e Matemática, FFCLRP, Universidade de São Paulo. Av. Bandeirantes 3900, CEP 14040-901, Ribeirão Preto-SP, Brasil. e-mail: chen@dfm.ffclrp.usp.br

<sup>4</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. Universidad de Panamá, Panamá.

<sup>5</sup> Departamento de Salud Radiológica, Caja de Seguro Social, Panamá.

<sup>6</sup> Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

\* A quem a correspondência deve ser enviada.

A prática da aplicação da irradiação não é nova; assim, em 1929, na França, foi lançada uma patente para a preservação de alimentos por meio de processamento com radiação de alta energia [36]. A irradiação representa uma tecnologia muito interessante, embora isoladamente não solucione todos os problemas, sendo um processo eficaz para a redução da maioria dos problemas causados, principalmente por deterioração microbiana, utilização de substâncias químicas potencialmente nocivas à saúde, assim como uma forma para minimizar os surtos de doenças de origem alimentar.

Vários anos de pesquisa chegaram a um consenso sobre a aplicação de doses diferentes de irradiação para finalidades diversas, principalmente a irradiação de alimentos. Doses elevadas (>10kGy) esterilizam basicamente alimentos; doses médias (1-10kGy) têm efeito de pasteurização, prolongando a vida-útil; doses baixas (<1kGy) são eficazes no controle de parasitas em carnes frescas, retardando o envelhecimento de frutas frescas ou o amadurecimento de vegetais e, ainda, destruindo insetos e parasitas de grãos e frutas.

As aplicações gerais da radiação submetendo o alimento a diferentes doses podem causar várias alterações físicas, químicas e sensoriais, devido a diferenças em estruturas específicas e composição dos alimentos, assim como devido a outros tratamentos feitos antes, durante ou depois da irradiação. As alterações organolépticas, após uma dose suficientemente elevada de radiação, são uma das principais diferenças, mas alguns alimentos são muito mais sensíveis do que outros [27].

A radiação pode, em alguns casos, aumentar a qualidade de produtos frescos prolongando a boa aparência, odor, sabor e a manutenção do valor nutritivo. É um tratamento eficaz contra insetos, por exemplo mosca de frutas, brocas de sementes que infestam as frutas tropicais e limitam o comércio internacional com países que possuem regulamentações rigorosas como Austrália, Japão e Estados Unidos [31], funcionando como uma barreira técnica para a livre exportação.

Nos últimos anos, a radiação tem se destacado como técnica promissora entre os recursos atuais disponíveis 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-de-prateleira de seus alimentos [16].

Os países membros da FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), WHO (World Health Organization) e IAEA (International Atomic Energy Agency) estabeleceram um novo órgão internacional em 1990, 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 interna-

cionais abordando aspectos da saúde pública, segurança microbiológica, transformações químicas, instalações e tecnologia de irradiadores, esclarecimentos aos consumidores e regulamentação de produtos e dosagens.

A Legislação Brasileira regulamentava a irradiação de 19 produtos vegetais e 2 de origem animal pelo Ministério da Saúde, através das Portarias n.09 de 08/03/1985 [5] e n.30 de 25/09/89 [6, 12]. A dose máxima de irradiação permitida para carnes de frango foi estabelecida em 7,0kGy, com o propósito de aumentar a vida-útil e promover a descontaminação [29]. Nos Estados Unidos, doses mínimas de 1,5kGy e máximas de 3,0kGy são estabelecidas para carnes de frango [11]. Atualmente, no Brasil, a resolução RDC nº 21 de 26/01/2001 [9] aprovou o “Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos”, revogando as Portarias nº 09 de 08/03/1985 e [6] nº 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.

Estudos envolvendo a irradiação de alimentos têm procurado estabelecer doses de radiação ionizante que reduzam significativamente a carga microbiana sem comprometer a qualidade sensorial e nutricional do produto. No entanto, a eficiência do processo de irradiação depende da aplicação da dose apropriada e de sua correta medição, a fim de se correlacionar com as análises laboratoriais e contribuir para otimizar o processo. No Brasil, são incipientes as informações referentes às condições e formas de processamento, bem como os aspectos tecnológicos envolvidos na aplicação da irradiação em alimentos. O objetivo do presente trabalho foi determinar um valor adequado de dose de radiação, visando aumentar a vida-útil (*shelf life*) de cortes de peito de frango sem pele e sem ossos, com base na avaliação das características microbiológicas e sensoriais.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 - Matéria-prima e preparo das amostras

As amostras de cortes de peito de frangos sem ossos e sem pele foram cedidas por abatedouros avícolas de regiões próximas a Campinas, São Paulo. Elas foram processadas e embaladas na própria empresa, sendo acondicionadas em bandejas plásticas de polietileno expandido, com aproximadamente 200 gramas/bandeja e recobertas por filme plástico de polietileno SFD 310 de 17mm (Crayovac®). As dimensões de cada bandeja foram: 240mm comprimento, 180mm largura, 30mm

altura. As bandejas foram colocadas em caixas de papelão (aproximadamente 10 bandejas/caixa) de dimensões: 60cm comprimento, 42cm largura, 10cm altura. Após o seu processamento, as amostras foram transportadas em caminhão frigorífico, com temperatura controlada de  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ , sendo descarregadas apenas no momento de execução do tratamento de irradiação e retornando ao caminhão imediatamente após o término do processo, sendo então transportadas ao laboratório do Centro de Tecnologia de Carnes (CTC) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL).

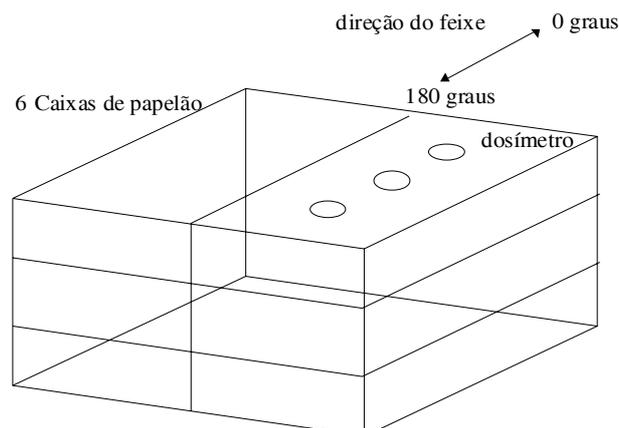
## 2.2 - Irradiação das amostras

As amostras embaladas foram transportadas para a Empresa Brasileira de Radiações (EMBRARAD), um centro especializado sediado 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 simultaneamente, na modalidade de estática, a uma distância da fonte correspondente a uma taxa de dose de 4kGy/h. O tempo de irradiação foi calculado para se obter doses de 1,5; 3,0 e 7,0kGy.

Nas três diferentes doses, os ensaios foram efetuados com três repetições, indicadas como ensaios A, B e C, com acompanhamento da dosimetria apenas nos ensaios A e B. As caixas, contendo as bandejas com os cortes de peito de frango, foram irradiadas nas posições de  $0^\circ$  e  $180^\circ$ , sendo metade de uma dose aplicada numa posição e a outra metade na outra posição, procurando-se com esse procedimento, homogeneizar a dose aplicada. A situação ideal de irradiação é aquela onde o produto todo recebe uma dose idêntica e um critério para se estabelecer a homogeneidade do processo é baseado na razão entre a dose máxima e mínima que deverá ser o mais próximo de 1 [15]. Neste trabalho, acompanhou-se a dose de radiação por meio da técnica de Dosimetria Alanina/RPE (Ressonância Paramagnética Eletrônica), sugerida para dosimetria de altas doses [24], usando dosímetros de alanina + parafina e um espectrômetro de RPE operando em Banda-X ( $\sim 9.5\text{GHz}$ ). A técnica desenvolvida pelo Departamento de Física e Matemática da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (DFM-FFCLRP-USP), para a fabricação dos dosímetros, é capaz de detectar doses na faixa de 1Gy até 100kGy.

Os dosímetros de alanina foram colocados dentro das caixas, conforme esquematizado na *Figura 1*, sendo colocados três dosímetros por caixa. Estes dosímetros fabricados no DFM-FFCLRP-USP consistem de uma mistura homogênea de DL-alanina e parafina, com uma massa nominal de 240mg, na proporção de 80% de alanina e 20% de parafina.

Com o propósito de se obter uma curva de calibração, irradiou-se um conjunto de 15 dosímetros na faixa de 1 a 10kGy, sendo 03 dosímetros para 0kGy (valor de fundo) e 03 dosímetros para cada um dos pontos da curva (1,0; 3,0; 5,0 e 7,0kGy). Cada dosímetro foi colocado dentro de um capuz de PVC, com espessura de 5mm, para proporcionar o equilíbrio eletrônico.



**FIGURA 1.** Disposição dos dosímetros em 06 caixas de papelão, contendo 10 bandejas com peitos de frango em cada uma.

## 2.3 - Análises microbiológicas e sensoriais das amostras

Após irradiação, as amostras tratadas e a controle (0kGy) foram encaminhadas 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, período no qual foram realizadas as análises. As amostras foram separadas de acordo com a dose de radiação a que foram submetidas: 0; 1,5; 3,0 e 7,0kGy.

No dia do processamento (ponto zero), foram separadas 04 bandejas (controle) para a caracterização microbiológica da matéria-prima. No acompanhamento da vida-útil, as amostras foram avaliadas em dez períodos diferentes, nos dias 1, 5, 8, 12, 15, 22, 26, 29, 32 e 39 dias de armazenamento, considerados a partir do dia de tratamento por irradiação. Em cada período de amostragem, eram separadas 02 bandejas por tratamento, para análises microbiológicas, com amostragem composta e 03 bandejas para as avaliações sensoriais. Os experimentos, com idêntico planejamento, foram realizados com três repetições, totalizando aproximadamente 387 bandejas analisadas.

Na análise 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, eram colocados em sacos de plásticos estéreis com 500mL de solução salina peptonada tamponada (BPW) e massageados durante 2 minutos. A solução de enxágüe foi recolhida em frasco estéril que foi utilizado 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.

Inicialmente (tempo zero) foi feita uma caracterização microbiológica completa das amostras, com a pesquisa de *Salmonella* spp, *Listeria monocytogenes*, contagem total de bactérias aeróbias mesófilas, *Staphylococcus aureus*, aeróbias psicrotróficas, bolores e leveduras, *Pseudomonas* spp, enterobacteriáceas totais, bactérias lácticas, NMP de

coliformes totais e *E.coli*, sendo a metodologia utilizada a descrita pela APHA [38]. Na contagem de *Pseudomonas* spp foi utilizado o ágar para isolamento de *Pseudomonas*, com incubação a 25°C por 72 horas, conforme KING, WARD & RANEY [21] e para a contagem de enterobactérias foi utilizado o meio de cultura ágar vermelho neutro cristal violeta suplementado com glicose, incubado a 36±1°C/24 horas, conforme recomendação da ICMSF [17].

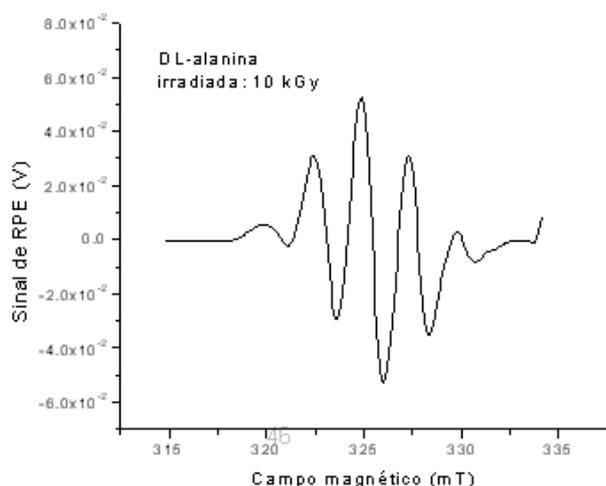
Ao longo do período de armazenamento, nos diferentes intervalos de tempo, foram realizadas apenas a contagem total de bactérias aeróbias psicrófilas, aeróbias mesófilas, *Pseudomonas* spp, contagem total de enterobactérias totais, bolores e leveduras, bactérias lácticas e o NMP de *E.coli*.

Para a avaliação sensorial foi utilizado o método descritivo, baseado na técnica descrita por MEILGAARD CIVILLE & CARR [25] e STONE et al. [35], que possibilita avaliar as características e intensidade dos atributos sensoriais de um produto, utilizando escala não-estruturada de 0 a 9cm, com marcação simples apenas nos extremos, para determinar de que modo um ou mais atributos variam nas amostras. Para o delineamento experimental, optou-se pelo bloco completo balanceado, onde todos os provadores avaliavam todas as amostras.

Em cada período de análise foram empregados 07 provadores treinados e os cortes de peito de frango foram avaliados quanto aos atributos textura (presença de limosidade superficial), aspecto (crescimento microbiano visível) e odor (carne fresca, pútrido e irradiado). Cada provador recebeu uma ficha de avaliação em escala não estruturada de 0 a 9, com extremos de escala nenhum e muito, respectivamente. Os resultados foram analisados por análise de Variância (ANOVA) e teste de médias de Tukey, utilizando-se o programa STATISTICA [34].

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A *Figura 2* 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 2.** 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 [32]. 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 linear na faixa entre 1 e 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 1*. 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 1.** 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)
A	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	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.

A Tabela 2 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 [7, 8],

**TABELA 2.** Caracterização microbiológica de peito de frango sem pele e ossos.

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

(a) Média de 03 repetições

(b) ANVISA – RDC. 12. de 02/01/2001 [8].

(c) Código de Vigilância Sanitária – Ministério da Saúde – Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária - DNVSA - Portaria n. 451 de 19/09/97 [7].

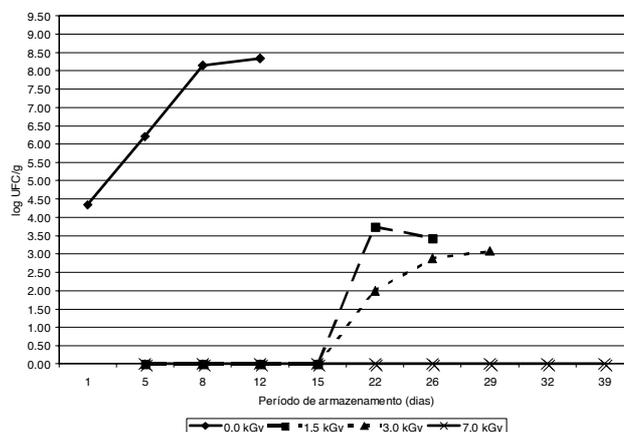
(d) Código Sanitário – Secretaria de Vigilância Sanitária do Estado de São Paulo – Decreto n. 12.342 de 27/09/78 [33].

n.c. = nada consta

As Figuras 3 a 9 apresentam o desenvolvimento de *Pseudomonas* spp (Figura 3), enterobacteriáceas totais (Figura 4), *E.coli* (Figura 5), bactérias mesófilas aeróbias (Figura 6), bactérias lácticas (Figura 7), bolores e leveduras (Figura 8) e psicrotróficas aeróbias (Figura 9) nas amostras não irradiadas (controle) e irradiadas.

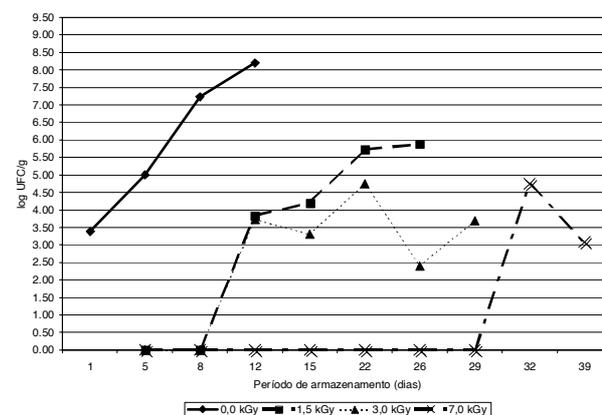
As amostras-controle apresentaram desenvolvimento acentuado de todos os grupos de microrganismos avaliados, chegando ao final da vida-útil no 5º dia de armazenamento, com contagens microbiológicas elevadas e características sensoriais inaceitáveis. No segundo período de amostragem (5º dia de armazenamento)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

*Pseudomonas* spp evidenciaram considerável redução nas amostras irradiadas com 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 essas bactérias foram praticamente eliminadas, não apresentando células viáveis ao longo dos dias de armazenamento (Figura 3), concordando com trabalhos relatados por MONK, BENCHAT & DOYLE [26]

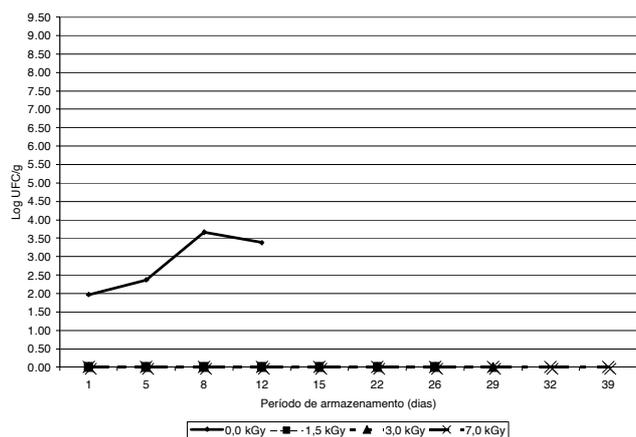


**FIGURA 3.** Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de *Pseudomonas* spp em cortes de peito de frango armazenados em condições aeróbias, sob refrigeração a 5°C.

Um comportamento similar ao de *Pseudomonas* spp foi observado para as contagens de enterobacteriáceas e *E.coli* (Figuras 4 e 5); pode se observar ainda que *Pseudomonas* foram mais sensíveis à irradiação do que as enterobactérias. Nas amostras irradiadas com 1,5 e 3,0kGy, observou-se contagens de enterobacteriáceas 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 armazenagem, foi verificada nas amostras irradiadas.

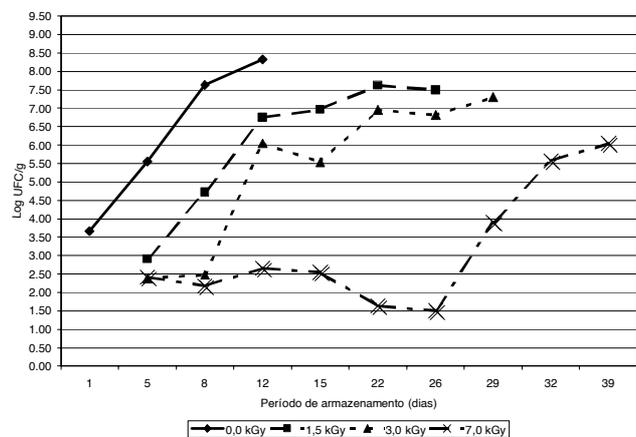


**FIGURA 4.** Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de enterobacteriáceas totais em cortes de peito de frango armazenados em condições aeróbias, sob refrigeração a 5°C.



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

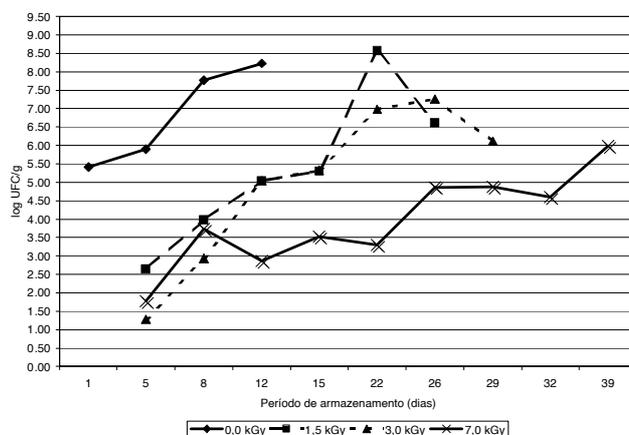
Na caracterização da amostra, a contagem inicial de bactérias mesófilas aeróbias foi de 3,7log UFC/g (Tabela 2). As amostras-controle apresentaram um desenvolvimento microbiano acentuado alcançando contagens de 7,6log UFC/g no 8º dia de armazenamento. Todas as doses de irradiação (1,5; 3,0 e 7,0kGy) 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 (5º dia de armazenamento). Uma extensão na fase lag de crescimento microbiano foi observado para as amostras irradiadas (Figura 6). As amostras tratadas com 1,5 e 3,0kGy atingiram valores próximos aos encontrados nas amostras-controle somente no 22 e 29º dias, respectivamente. Esse dado discorda dos trabalhos publicados por ABU-TARBOUSH et al. [1] e KAZANAS et al. [20] 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 7log UFC/g mesmo após 39 dias de estocagem.



**FIGURA 6.** Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de bactérias mesófilas aeróbias em cortes de peito de frango armazenados em condições aeróbias, sob refrigeração a 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 as das amostras tratadas, nota-se uma razão decrescente com o incremento das doses de irradiação nas amostras (Figuras 7 e 8).

No caso das bactérias lácticas, as amostras-controle atingiram contagens superiores a 6log 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 7). Resultados próximos foram citados em outros relatos científicos [13, 23, 28, 30].

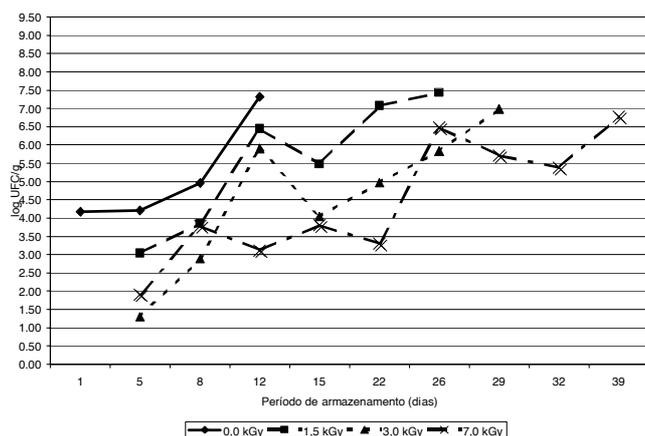


**FIGURA 7.** Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de bactérias lácticas em cortes de peito de frango armazenados em condições aeróbias, sob refrigeração a 5°C.

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 8, concordando com o trabalho de IYOKU-OBI et al. [18].

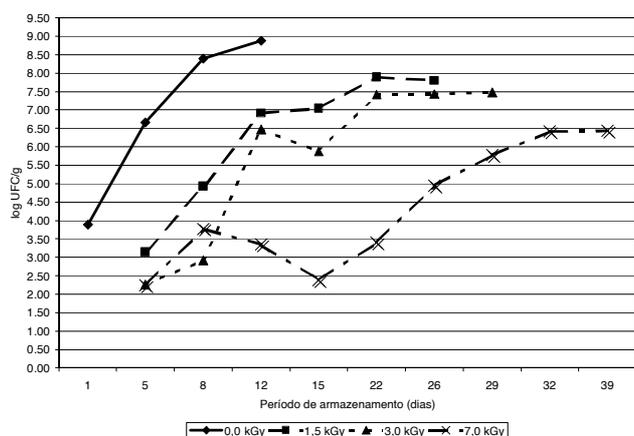
INGRAM, THORNLEY [19] e EKLUND et al. [14] indicaram que o grupo dos bolores e leveduras teve um desenvolvimento pronunciado em amostras embaladas em filme permeável a gases e irradiadas com doses de 2,0 e 4,0kG, mantidas sob refrigeração. Os resultados deste estudo concordam com essas observações, pois o desenvolvimento de bolores e leveduras predominou nas amostras irradiadas. Contudo, os resultados obtidos discordam dos encontrados por CHO et al. [10], que relataram que doses acima de 5,0kGy eliminavam o desenvolvimento de bolores e leveduras em carne de frango.

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 e 8,4log UFC/g, resultando na formação de limosidade superficial no produto (nota = 3,74) e odor repugnante (nota = 3,8 - pútrido).



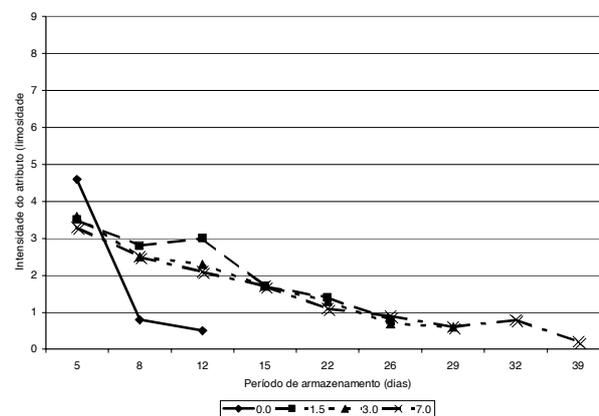
**FIGURA 8.** Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de bolores e leveduras em cortes de peito de frango armazenados em condições aeróbias, sob refrigeração a 5°C.

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 próximas a 7log UFC/g, onde geralmente observa-se a presença de limosidade e odor desagradável.

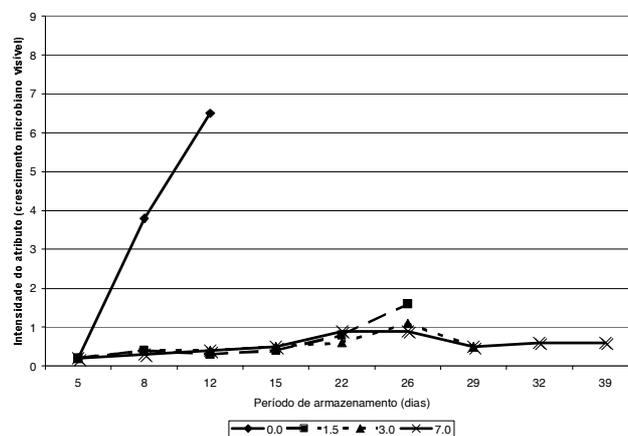


**FIGURA 9.** Efeito de diferentes doses de irradiação no desenvolvimento de bactérias psicrotróficas aeróbias em cortes de peito de frango armazenados em condições aeróbias, sob refrigeração a 5°C.

Nas Figuras 10 a 14 são relatados os resultados da análise sensorial, sendo que as respectivas áreas indicam a intensidade relativa de cada atributo sensorial.



**FIGURA 10.** Avaliação sensorial do atributo limosidade, em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados a 5°C.

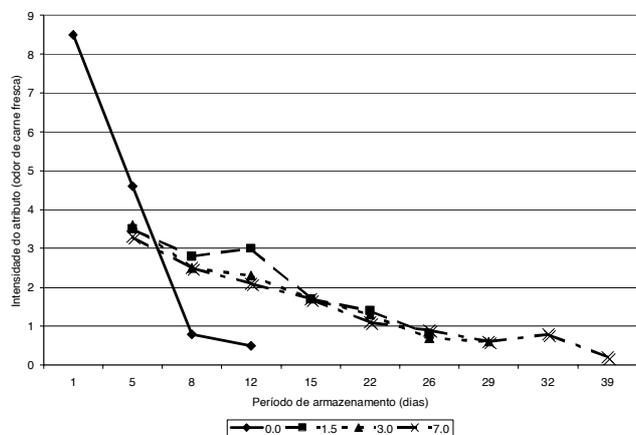


**FIGURA 11.** Avaliação sensorial do atributo crescimento microbiano, em amostras de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados a 5°C.

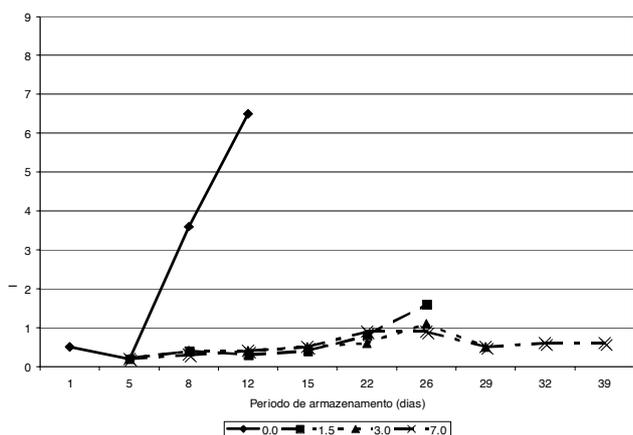
A limosidade parece ser um bom indicador da deterioração do produto, principalmente quando acompanhada da observação do desenvolvimento de colônias de bactérias e bolores e leveduras na superfície das amostras, fato observado pelos provadores do painel sensorial (Figuras 10 e 11). A este respeito, a percepção do aumento da limosidade e crescimento microbiano visível foram atributos importantes para indicar o limite máximo de vida-útil, que no caso das amostras-controle situou-se entre o 5º e 8º dias e entre o 15º e 22º dias nas amostras irradiadas com 1,5kGy. Nestes intervalos, os valores para limosidade e crescimento microbiano foram  $\geq 33,74$  e 3,10, respectivamente.

Alterações pronunciadas não foram tão evidentes nas amostras irradiadas com 3,0 e 7,0kGy, não sendo detectada a presença de limosidade que condensasse as amostras durante o período de amostragem. Observou-se ainda o predomínio do crescimento visível de bolores, sendo conferidas as notas: 1,70 no 26º dia e 2,4 no 39º dia de armazenamento, respectivamente.

Porém, as mesmas não apresentaram um crescimento tão pronunciado como nas amostras irradiadas com 1,5kGy, fato observado também na contagem microbiológica de bolores e leveduras.

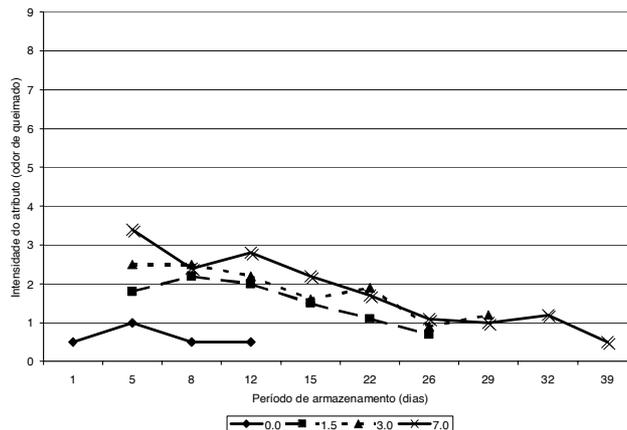


**FIGURA 12.** Avaliação sensorial de odor (carne fresca) em cortes de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados a 5°C.



**FIGURA 13.** Avaliação sensorial de odor (pútrido) em cortes de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados a 5°C.

De acordo com as observações realizadas no aspecto sensorial do atributo odor (Figuras 12, 13 e 14), no 8º dia de amostragem a amostra controle já estava condenada, pois a percepção do desenvolvimento de odores indesejáveis (pútrido) foi muito acentuada, reforçado pela evidência das altas contagens microbianas, particularmente de *Pseudomonas* spp. As amostras irradiadas com 1,5; 3,0 e 7,0kGy apresentaram durante um período mais prolongado odor de carne fresca, que foi diminuindo ao longo da vida-útil do produto com o surgimento de outros odores, entre eles o pútrido. Observou-se, no entanto, que esse odor não era tão acentuado, comparativamente às amostras-controle, o que poderia ser explicado pelas menores contagens nas análises microbiológicas, particularmente em relação às bactérias do gênero *Pseudomonas*.



**FIGURA 14.** Avaliação sensorial de odor (queimado) em cortes de peito de frango pré-embalados em condições aeróbias, armazenados a 5°C.

Nas Figuras 12, 13 e 14 pode-se observar, também, que o odor de irradiado (lembra pena ou pelo queimado) foi mais intenso quanto maior a dose de irradiação, com a peculiaridade de que ele diminuiu 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 de 0,7 a 3,4, não houve rejeição por parte dos provadores, embora seja tecnologicamente indesejável. Vários estudos relatam a mesma preocupação em minimizar os efeitos da produção de odores estranhos [2, 27]. As amostras tratadas com doses de 1,5kGy obtiveram notas médias para odor de queimado entre 2,5 a 0,8; comportamento semelhante foi observado para as amostras tratadas com doses de 3,0kGy. Apenas as amostras submetidas a doses de 7,0kGy apresentaram um odor mais pronunciado (notas de 3,4 a 0,5). Nestas condições, os resultados obtidos sugerem que a irradiação com doses de 3,0kGy seria a melhor opção tecnológica, possibilitando a sensível extensão da vida-útil dos filés de peito de frango (até 4,4 vezes superior ao controle) sem afetar, de forma pronunciada, as características sensoriais do alimento.

#### 4 – CONCLUSÕES

Os resultados experimentais obtidos permitiram as seguintes conclusões:

- A irradiação dos filés de peito de frango com doses máximas de 7,0kGy provocou a sensível redução na microbiota contaminante, sendo que entre os grupos microbianos avaliados, as bactérias lácticas e os bolores e leveduras evidenciaram maior resistência.
- Os critérios de evidência de crescimento microbiano (contagens, crescimento superficial visível e limosidade), acompanhados de alterações no odor, parecem ser adequados na definição da vida-útil do alimento.

- A vida-útil dos filês de peito mantidos sob refrigeração foi crescente, dependendo da dose de irradiação aplicada. 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.
- O aumento da intensidade de irradiação provocou alterações sensoriais perceptíveis nos filês de peito - odor de irradiado (odor semelhante ao de pena ou pelo queimado). Embora tendo diminuído ao longo do período de armazenamento, continuou sendo detectado pelos provadores, vindo a constituir uma característica indesejável.
- As doses máximas de 3,0kGy foram consideradas as ideais com o objetivo de aumentar a vida-útil dos filês de frango refrigerados (de 5 dias para 22 dias) sem comprometer de forma acentuada as características sensoriais do alimento.

## 5 - 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] BASKER, D.; KLINGER, I.; LAPIDOT, M & EISENBERG, E. Effect of chilled storage of radiation-pasteurized chicken carcasses on the eating quality of the resultant cooked meat. **Journal of Food Technology**, Chicago, v.21, p.437-441, 1986.
- [3] BLUMENTHAL, M.M. How food packaging affects food flavor. **Food Technonology**, Chicago, v. 1, n.1, p.71-74, 1997.
- [4] BOLDER, N.M. Descontamination of meat and poultry carcasses. **Food Science & Technology**, Shiffield, v.8, n.7, p.221-227, 1997.
- [5] BRASIL. Portaria n. 9 de 08 de março de 1985. **Normas gerais para irradiação de alimentos**. Ministério da Saúde. 1985. Anexo I.
- [6] 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.
- [7] BRASIL. Portaria n. 451 de 19 de setembro de 1997. **Padrões microbiológicos de alimentos**. Brasília, DF: DINAL. 1985.
- [8] BRASIL. RDC N.12 de 02 de janeiro de 2001. **Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos de alimentos**. Brasília, DF: ANVISA. 2001.
- [9] BRASIL. RDC N.11 de 26 de janeiro de 2001. **Regulamento técnico para irradiação de alimentos**. Brasília, DF: ANVISA. 2001.
- [10] 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.
- [11] CRAWFORD, L.M. & REHE, S.G. Assuring the safety of irradiated food. **Food Control**, Surreg, p. 207-210, 1990.
- [12] DEL MASTRO, N.L. Development of food irradiation in Brazil. **Progress in Nuclear Energy**, Oxford, v. 35, n. 3-4, p. 229-248, 1999.
- [13] DEMPSTER, J.F. Radiation preservation of meat and meat products: A review. **Meat Science**, Barking, v.12, p.61-89, 1985.
- [14] EKLUND, 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.
- [15] FARRAR IV, H. Placement of dosimeters and radiation-sensitive indicators. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v.46, n. 4-6, p.1353-1357, 1995.
- [16] ICGFI. INTERNATIONAL CONSULTIVE GROUP ON FOOD IRRADIATION. **Code of good irradiation practice for the control of pathogenic microorganisms in poultry feed**. Vienna, Austria, ICGFI, 1995.
- [17] ICMSF. INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS: **Microorganisms in foods**.: Their significance and methods of enumeration. Second edition, Toronto: University of Toronto Press, 1978. v.1.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] KAZANAS, N.; EMERSON, J. A; SEAGRAN, H. L.; KEMPE, L. L. Effect of g-irradiation on the microflora of freshwater fish. **Applied Microbiology**, Washington, v. 14, p. 261-266, 1966.
- [21] KING, E. O; WARD, M. K. and RANE, D. E. **Journal Lab. & Clin. Med.**, [S.I.], v.44, p.301. 1954.
- [22] 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.
- [23] 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, p.284-287, 1986.
- [24] McLAUGHLIN, W.L. & DESROSIERS, M.F. Dosimetry systems for radiation processing. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 46, n. 4-6, p.1163-1174. 1995.
- [25] MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V. & CARR, B.T. Sensory Evaluation Techniques, CRC Press, Inc. 1987.
- [26] MONK, J.D.; BEUCHAT, L.R. & DOYLE, M.P. Irradiation inactivation of food-borne microorganisms. **Journal Food Protection**, Ames, v. 58, p.197-208, 1995.
- [27] MOSELY, B. Irradiation of food. **Food Control**, London, p.205-207, 1990.
- [28] NIERMAND, J.G., VAN DER LINDE, H.J. & HOTZAPFEL, W.H. (1983). Shelf-life extension of minced beef though combined treatments involving radurization. **Journal Food Protection**, Ames, v. 46, p.791-796, 1993.
- [29] 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.

- [30] OLSON, D.G. Irradiation of food. **Food Technology**, Chicago, v.52, n.1, p.56-62, 1998.
- [31] RADOMYSKI, 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.
- [32] REGULLA, D.F. & DEFFNER, U. Dosimetry by ESR Spectroscopy of Alanine. **Int. J. Appl. Radiat. Isot.**, Oxford, v.33, p.1101-1114, 1982.
- [33] São Paulo. Decreto n. 12.342 de 27 de setembro de 1978, Código Sanitário. São Paulo, SP: Secretaria de Vigilância Sanitária de São Paulo. 1978
- [34] 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.
- [35] 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.
- [36] 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, 1993.
- [37] UBA. UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. **Relatório anual 2000**: Relatório de atividades. Brasília. DF. 2001.
- [38] VANDERZANT, C. & SPLITTSTOESSER, D.F. 1992. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3ed, Washignton, American Public Health Association (APHA).

## 6 – AGRADECIMENTOS

Os autores desejam expressar sua gratidão ao Dr. Dirceu Vizeu e ao físico Ary de Araujo Rodrigues Jr., da empresa EMBRARAD, por possibilitarem a irradiação das amostras e a calibração dos dosímetros e o auxílio técnico-científico do Dr. Paulo Relá e toda equipe da Companhia Brasileira de Esterilização (CBE) que viabilizaram a realização de testes complementares para conclusão destes experimentos e continuação de trabalhos futuros. Assim como à empresa Matadouro Avícola Flamboiã pela concessão do uso de suas dependências e doação das amostras e à Crayovac do Brasil pela doação das embalagens. Nosso agradecimento às agências financiadoras do Brasil: FAPESP, CNPq e CAPES.