

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

**IRRADIAÇÃO E QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO
CONGELADA E EMBALADA A VÁCUO**

Fábio Roberto Leonel

Orientadora: Profa. Dra. Hrasilva Borba Alves de Souza

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de
Jaboticabal, como parte das exigências para a
obtenção do título de Doutor em Zootecnia

**JABOTICABAL - SP
2008**

Leonel, Fábio Roberto
L583i Irradiação e qualidade da carne de frango congelada e embalada a vácuo/ Fábio Roberto Leonel. -- Jaboticabal, 2008
xiii, 74 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008
Orientador: Hirasilva Borba Alves de Souza
Banca examinadora: Vera Fernanda Martins H. de Lima, Maria Regina Barbieri de Carvalho, Alexandre Oba, Ariel Antonio Mendes

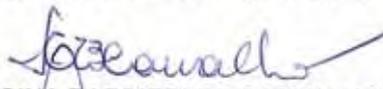
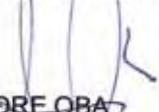
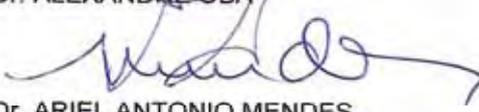
Bibliografia

1. Armazenamento. 2. Peito de frango. 3. Raios gama. 4. Vácuo. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

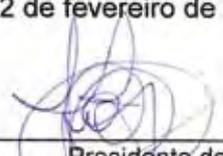
CDU 636.5:637.5.033

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação

—
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

unesp**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO****TÍTULO:** IRRADIAÇÃO E QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO CONGELADA
E EMBALADA A VÁCUO**AUTOR:** FÁBIO ROBERTO LEONEL**ORIENTADORA:** Dra. HIRASILVA BORBA ALVES DE SOUZAAprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em ZOOTECNIA pela
Comissão Examinadora:
Dra. HIRASILVA BORBA ALVES DE SOUZA
Dra. VERA FERNANDA MARTINS H. DE LIMA
Dra. MARIA REGINA BARBIERI DE CARVALHO
Dr. ALEXANDRE OBA
Dr. ARIEL ANTONIO MENDES

Data da realização: 22 de fevereiro de 2008.



Presidente da Comissão Examinadora
Dra. HIRASILVA BORBA ALVES DE SOUZA

Dados curriculares do autor

Fábio Roberto Leonel – nascido aos 6 dias do mês de fevereiro de 1976, em São José do Rio Preto, SP, é Zootecnista formado pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/ UNESP – Jaboticabal em julho de 2000, Mestre em Zootecnia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/ UNESP – Jaboticabal em fevereiro de 2004, desenvolvendo a dissertação sobre o tema “Efeito da vitamina e sobre parâmetros quantitativos e qualitativos da carne de frango submetida ou não a irradiação e armazenada por diferentes períodos”.

Aos meus pais João e Vera,
 Aos meus irmãos, Júnior e Douglas,
 Aos meus avós, João, Dolores, Jocelyn e Adelina (*in memoriam*).

Dedico

*SE ALGUM DIA EM SEU
 CAMINHO ENCONTRASTES
 UMA PEDRA E NELA TROPEÇAR
 LEMBRE-SE QUE NELA TROPEÇARAM
 MUITAS PESSOAS E NEM POR
 ISSO DEIXARAM DE CAMINHAR*

Aos sobrinhos, João Pedro, Bruna, Giovana, Ricardo, Vinícius, Isabela, Sofia, Dandara e Petrus, por serem a nova geração a que devemos ter como resposta à nossa existência.

Ofereço

A minha esposa Roselaine

*QUERO APENAS CINCO COISAS...
 PRIMEIRO É O AMOR SEM FIM
 A SEGUNDA É VER O OUTONO
 A TERCEIRA É O GRAVE INVERNO
 EM QUARTO LUGAR O VERÃO
 A QUINTA COISA SÃO TEUS OLHOS
 NÃO QUERO DORMIR SEM TEUS OLHOS.
 NÃO QUERO SER... SEM QUE ME OLHES.*

ABRO MÃO DA PRIMAVERA PARA QUE CONTINUES ME OLHANDO. Pablo Neruda

Ofereço

AGRADECIMENTO ESPECIAL

A Profa. Dra. Hirasilva Borba Alves de Souza por todas as dificuldades que enfrentamos desde o início e ao Prof. Dr. Pedro Alves de Souza, pela orientação neste e outros trabalhos, pela confiança, apoio e amizade.

Agradeço por terem depositado confiança e em terem me recebido com muita atenção desde o momento em que iniciei neste grupo de pesquisa, muito aprendi.

Muito obrigado

Agradecimentos

Ao CNPq e FAPESP pela bolsa de estudo e auxílio à pesquisa durante o doutorado.

A FCAV/UNESP – Jaboticabal pela oportunidade na realização deste curso;

Aos membros da Comissão Examinadora pela disponibilidade e sugestões na correção deste trabalho;

Aos meus amigos: Stavros, Roberto, Thiago, André, Carlinhos, Haroldo, Muralha, Aritana, Thiago Gama, Fabrício, Cidinha, Irlan, Érico, Kishi, Júlio, Simone;

A equipe do Laboratório de TPOA; Tânia, Marcel, Aline, pela colaboração e dedicação na condução deste e outros experimentos e por nossa amizade;

As secretárias do Departamento de Tecnologia, Bete e Renata pela ajuda e compreensão;

Aos funcionários do Setor de Transporte pela ajuda e paciência;

A Companhia Brasileira de Esterilização (CBE) pela irradiação das amostras e especialmente a Gilmara por tornarem possível este trabalho.

Ao Frango Sertanejo, por tornar possível a condução do trabalho.

A Dra. Maria Regina, Jane pelo acompanhamento e sugestões desde o projeto de pesquisa e a Dra. Vera Hossepian pela compreensão e ajuda na qualificação e defesa.

A Dra. Nélida Del Mastro pelas sugestões desde o princípio do trabalho.

A todos que de alguma forma participaram de minha vida acadêmica e tenha esquecido, me desculpem.

A todos que de alguma forma participaram de minha vida acadêmica e tenha esquecido, me desculpem.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

	página
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	iv
RESUMO.....	vi
SUMMARY.....	vii
1. Introdução.....	1
2. Revisão de Literatura.....	2
2.1 Segurança alimentar.....	2
2.2 Processo de irradiação.....	4
2.3 Microbiologia.....	10
2.4 Mudanças que podem ocorrer em amostras irradiadas.....	13
2.5 Irradiação e consorciação de processos.....	17
2.6 Vantagens e desvantagens do uso de irradiação em alimentos.....	19
2.7 Consumidor & irradiação de alimentos.....	20
3. Material e Métodos.....	23
3.1. Preparo das amostras.....	23
3.2. Irradiação.....	23
3.3. Transporte.....	24
3.4. Delineamento experimental e estatística.....	24
3.5. Parâmetros físico-químicos, sensoriais e microbiológicos avaliados....	24
3.5.1. Físico-químicos.....	24
3.5.1.1. Umidade.....	24
3.5.1.2. Perdas por gotejamento (Drip).....	25
3.5.1.3. Cor.....	25
3.5.1.4. Capacidade de retenção de água (CRA).....	25
3.5.1.5. Perdas por cocção.....	25
3.5.1.6. Força de cisalhamento.....	26
3.5.1.7. pH.....	26

3.5.1.8. Número de TBARS.....	26
3.5.1.9. Proteína do líquido exsudado.....	26
3.5.1.10. Bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT).....	27
3.5.2. Sensoriais.....	27
3.5.2.1. Análise sensorial.....	27
3.5.3. Microbiológicos.....	28
3.5.3.1. Preparo das amostras.....	28
3.5.3.2. Determinação do número mais provável (NMP) de coliformes totais/grama.....	28
3.5.3.2.1. Teste presuntivo.....	29
3.5.3.2.2. Teste confirmativo.....	29
3.5.3.3. Determinação do número mais provável (NMP) de coliformes fecais/grama.....	29
3.5.3.4. Isolamento de bactérias do gênero <i>Salmonella</i>	30
3.5.3.4.1. Pré-enriquecimento.....	30
3.5.3.4.2. Enriquecimento seletivo.....	30
3.5.3.4.3. Plaqueamento seletivo.....	30
3.5.3.4.4. Identificação presuntiva.....	30
3.5.3.4.5. Confirmação sorológica.....	31
4. Resultados e Discussão.....	31
5. Conclusões.....	56
6. Implicações.....	57
5. Referências.....	57

LISTA DE FIGURAS

	página
Figura 1. Símbolo da radura.....	5
Figura 2. Irradiador comercial.....	7
Figura 3. Modelo de ficha de análise sensorial.....	28

LISTA DE TABELAS

	página
Tabela 1. Alimentos permitidos para irradiação pela regulamentação do Food and Drug Administration (FDA).	8
Tabela 2. Valores D_{10} para alguns microrganismos encontrados em alimentos.....	12
Tabela 3. Médias para umidade e perdas por gotejamento (Drip) em filés de peito de frango irradiados em diferentes embalagens e armazenados durante 6 meses.....	33
Tabela 4. Médias para a interação entre irradiação, embalagem e armazenamento para os valores de perdas por gotejamento – Drip (mL) em filés de peito de frango armazenados durante 6 meses.....	34
Tabela 5. Médias para luminosidade (L), intensidade de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*) em filés de peito de frango irradiados em diferentes embalagens e armazenados durante 6 meses.....	35
Tabela 6. Médias para a interação entre irradiação, embalagem e armazenamento para os valores intensidade de vermelho (a^*) em filés de peito de frango armazenados durante 6 meses.....	37
Tabela 7. Médias para a interação entre irradiação, embalagem e armazenamento para os valores de intensidade de amarelo (b^*) em filés de peito de frango armazenados durante 6 meses.....	39
Tabela 8. Médias para capacidade de retenção de água (CRA), perdas por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC) em filés de peito de frango irradiados em diferentes embalagens e armazenados durante 6 meses.....	40
Tabela 9. Médias para a interação entre irradiação, embalagem e armazenamento para os valores de perdas de peso por cocção (%) em filés de peito de frango armazenados durante 6 meses.....	42
Tabela 10. Médias para a interação entre irradiação, embalagem e armazenamento para os valores de força de cisalhamento (kgf/cm^2) em filés de peito de frango armazenados durante 6 meses.....	43

Tabela 11. Médias para pH e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – NTBARS (mg MAL/kg) em filés de peito de frango irradiados em diferentes embalagens e armazenados durante 6 meses.....	45
Tabela 12. Médias para a interação entre irradiação, embalagem e armazenamento para os valores de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – NTBARS (mg MAL/kg) em filés de peito de frango armazenados durante 6 meses.....	46
Tabela 13. Médias para proteína do líquido exsudado e bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT) em filés de peito de frango irradiados em diferentes embalagens e armazenados durante 6 meses.....	48
Tabela 14. Médias para a interação entre irradiação, embalagem e armazenamento para os valores de proteína do líquido exsudado (mg/mL) em filés de peito de frango armazenados durante 6 meses.....	49
Tabela 15. Médias para a interação entre irradiação, embalagem e armazenamento para os valores de bases nitrogenadas voláteis totais – BVNT (mg/100g) em filés de peito de frango armazenados durante 6 meses...	51
Tabela 16. Médias obtidas para os atributos sensoriais: sabor, odor, textura, preferência e aspecto geral em filés de peito de frango irradiados em diferentes embalagens e armazenados durante 6 meses.....	53
Tabela 17. Médias para a interação entre embalagem e níveis de irradiação para textura em filés de peito de frango armazenados durante 6 meses.....	54
Tabela 18. Médias obtidas para coliformes Totais/Fecais e <i>Salmonella</i> em filés de peito de frango armazenados.....	55

IRRADIAÇÃO E QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO CONGELADA E EMBALADA A VÁCUO

RESUMO – A busca por alimentos seguros faz da irradiação umas das técnicas de tratamentos de alimentos mais promissoras nos dias atuais, porém, a falta de informações por parte dos consumidores tem sido algo a se destacar. O objetivo do trabalho de pesquisa foi avaliar o efeito da irradiação nas características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas da carne de peito (*Pectoralis major*) de frangos de corte congelada e armazenada. Foram utilizados 96 bandejas plásticas de polietileno expandido, com aproximadamente 650 gramas de filés por bandeja, das quais 48 bandejas foram recobertas por filme plástico (PVC) e a outra metade (48) foram recobertas por sacolas plásticas e submetidas a vácuo. As bandejas foram submetidas ao congelamento, em túnel por cerca de 9 horas a -36°C e mantidas sob congelamento (-20°C). A irradiação foi realizada em um irradiador comercial de grande porte, por meio de raios gama, provenientes do radioisótopo Cobalto-60 utilizado como fonte, a uma taxa de dose de 4 kGy/h. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições, 24 tratamentos de acordo com um esquema fatorial $2 \times 3 \times 4$, dois tipos de embalagens (filme e vácuo), três doses de radiação (0; 1,5 e 3,0 kGy) e quatro períodos de armazenamento (0, 2, 4 e 6 meses). Os resultados mostram que com a irradiação houve aumento significativo na oxidação do músculo (TBARS), alterações na cor com aumento na luminosidade e intensidade de vermelho e redução no amarelo. O vácuo promoveu redução nos valores de TBARS, força de cisalhamento, volume e proteína do líquido exsudado e perda de peso por cocção. Os atributos sensoriais foram depreciados com a irradiação, principalmente a 3,0 kGy. A utilização do vácuo foi positiva nas notas atribuídas pelos provadores. A irradiação foi efetiva na eliminação de coliformes fecais/totais independentemente do armazenamento.

Palavras-Chave: Armazenamento, peito de frango, raios gama.

IRRADIATION AND BROILER MEAT QUALITY FROZEN AND STORAGE VACUUM PACKAGE

SUMMARY – The search for safety foods makes the irradiation one of the most promising treatments of food, but a lack of information from consumers is something that has to be seen. The aim of this study was to evaluate the radiation effects on physics, chemicals, sensorial and microbiological characteristics of frozen and stored broiler breast meat (*Pectoralis major*). It was used 96 plastic trays of expanded polyethylene, with approximately 650 grams of filets (breast meat) per tray, 48 trays were covered with plastic film (PVC) and the other half (48 trays) were covered with plastic bags and submitted to vacuum. The trays with the samples were frozen in freezing tunnels for about 9 hours to -36°C and then maintained under freezing temperatures (-20°C). The radiation was accomplished in a commercial reactor, using high-energy gamma radiation, given off by a radioactive source (radioisotope Cobalt-60 - 4 kGy/h). A completely randomized experimental design was used, in a factorial arrangement $2 \times 3 \times 4$ - 2 packing types (plastic film and vacuum), 3 irradiation levels (0; 1,5 e 3,0 kGy) and 4 storage periods (0, 2, 4 e 6 months). The results showed that meat radiation process took to an oxidation increase (TBARS) and to a color alteration, increasing brightness and red values and decreasing the yellow intensity. Vacuum action reduced the TBARS values, shear force, volume and protein of exudates liquid and weight loss during cooking. Radiation reduced the sensorial characteristics, mainly when the radiation level used was 3,0 kGy. However, the use of vacuum was positive, increasing sensorial parameters. The radiation use was effective in the elimination of fecal/totals coliforms, independently of the storage.

Key words: Broiler meat , gamma-ray , storage.

1. Introdução

A produção da carne é uma atividade muito importante para economia brasileira, assumindo papel de destaque na alimentação humana. O Brasil, por ser um dos principais produtores e exportadores, com aumento de quase que 50% em relação ao ano de 2006 chegando a embarcar 1,544 milhão de toneladas (ABEF, 2007). A qualidade do produto é um fator que não pode ser deixado de lado, devido a alta competitividade existente entre os mercados.

O consumidor está cada vez mais preocupado com a qualidade de vida e segurança alimentar, e a procura por alimentos saudáveis são constantes. A qualidade de um produto tem definição complexa, pois varia com o consumidor e possui variáveis que vão desde sua composição nutricional à facilidade em sua utilização. A perda de qualidade é mais evidenciada em alimentos ricos em proteínas e ácidos graxos como as carnes e seus derivados. A deterioração pode ocorrer durante o armazenamento do produto, devido ao desenvolvimento de microrganismos deteriorantes que se multiplicam rapidamente e produzem metabólitos responsáveis pelos sabores e odores desagradáveis. Desta forma, qualquer tipo ou metodologia que auxilie na conservação

das características de um determinado produto, bem como garantindo ao consumidor um produto de boa qualidade são questões indispensáveis.

Com o passar dos séculos, as técnicas de preservação de alimentos foram se desenvolvendo com o aumento do conhecimento científico. Com o intuito de assegurar a qualidade de um alimento, tanto do ponto de vista de saúde pública, como para aumentar sua vida útil, vários são os métodos de conservação disponíveis para as indústrias de alimentos. O congelamento, a secagem, o enlatamento, o armazenamento em atmosfera controlada, a fumigação química e a aplicação de aditivos preservantes, tem sido os métodos comumente utilizados. Hoje em dia, a irradiação é promissora na conservação dos alimentos, como um processo eficaz para maioria dos problemas causados por microrganismos (ICGFI, 1995).

Desta forma, este estudo teve como objetivo avaliar a dose de radiação sobre as características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas de carne de frango congelada e embalada a vácuo durante o armazenamento.

2. Revisão de Literatura

2.1 Segurança Alimentar

Apesar dos avanços tecnológicos nas áreas de controle e produção, mesmo em países desenvolvidos nos quais a higiene dos alimentos é considerada adequada, a ocorrência de doenças de origem alimentar é um problema de saúde pública.

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação estima que de um quarto a um terço da produção mundial de alimentos se perde devido a pragas, insetos, bactérias, fungos e enzimas que consomem, estragam ou contaminam os alimentos depois da colheita e durante o armazenamento (FAO, 1993). A Organização Mundial da Saúde concluiu que 70% das 3,2 milhões (anuais) de mortes de crianças menores de cinco anos são decorrentes de doenças (que se manifestam na forma de diarreia) provocadas por agentes patogênicos, transmitidos por alimentos (OMS, 1995).

As enfermidades transmitidas por alimentos (ETA) constituem graves problemas na saúde pública, sendo sua transmissão aos humanos pelo contato direto com animais

ou indireto, através do consumo de água ou alimentos contaminados (VAN DEN BOGAARD, et al. 2000). Segundo o Comitê Misto de Especialistas em Segurança Alimentar da Organização Mundial das Nações Unidas para Agricultura e da Organização Mundial de Saúde (FAO/WHO), as doenças oriundas de alimentos contaminados, são talvez os maiores problemas de saúde do mundo contemporâneo e constituem um importante fator de redução da atividade econômica. Nos Estados Unidos, o CDC (Centro para Controle de Doenças) e a FDA (Administração de Drogas e Alimentos) estimam que anualmente, mais de 33 milhões de americanos adoecem, por contaminação microbiana. Estimam-se que ocorram anualmente no Canadá, mais de dois milhões de casos.

Os programas de segurança alimentar têm por objetivos aumentar a segurança e a qualidade dos alimentos, aumentar a exportação, preparar o setor produtivo visando atender as exigências dos países importadores, aumentando assim, a competitividade das empresas. O termo alimento seguro significa a garantia do consumo alimentar seguro no âmbito da saúde coletiva, ou seja, produtos livres de contaminantes de natureza química, biológica, física ou de outras substâncias que possam colocar em risco sua saúde; o termo segurança alimentar é a garantia de acesso ao consumo de alimentos e abrange todo o conjunto de necessidades para obtenção de uma nutrição adequada a saúde (SILVA, 2006).

A não ser que tenha passado por algum processo de esterilização, nenhum alimento está totalmente isento de microrganismos. Produtos crus ou mal cozidos de origem animal apresentam naturalmente bactérias, algumas das quais são causadoras de doenças. A contaminação das aves, por exemplo, pode ocorrer nas granjas, ou nas etapas posteriores da produção, distribuição e comercialização, através da chamada contaminação (BAIRD-PARKER, 1990). Assim, as aves podem chegar ao abatedouro com alta carga bacteriana aderida a pele (LILLARD, 1990), espaço interdigital, trato digestório e, em menor grau, aparelho respiratório, sendo estas importantes fontes que podem afetar a contaminação nas etapas seguintes (ALMEIDA & SILVA, 1992).

Aliado ao fato do aumento do consumo de carne de frango, ou mesmo de cortes, seja pelo baixo custo, ou mesmo por opção na busca de um alimento de menor valor

calórico pelo consumidor, aumentam-se assim, os riscos de contaminações, pois, a contaminação das carcaças envolve adesão das bactérias por um filme líquido sobre a pele (SILVA, 1998).

SAKHARE et al. (1999) recomendam que haja um programa contínuo de redução na contagem bacteriana da carcaça, em cada etapa da linha de processamento. Se a contagem inicial for baixa, haverá menor número de bactérias presentes, conseqüentemente maior possibilidade de serem eliminadas ou inibidas nas etapas posteriores (LEISTNER, 2002).

A tecnologia da irradiação, tornou-se no cenário mundial, um potencial aliado no combate ao desperdício e a fome, constituindo um atraente método alternativo, seguro e eficiente. É capaz de prolongar a vida útil e melhorar a qualidade de vários produtos, além de apresentar-se como opção para reduzir perdas pós-colheita e aumentar a qualidade higiênica e a competitividade de muitos produtos alimentícios brasileiros no mercado internacional (FREITA, 2005). É importante salientar que somente alimentos saudáveis, portanto em boas condições para consumo, podem ser irradiados, como prevêm as normas de boas práticas (VITAL, 2002).

Assim, como outros processos de inativação microbiana como a pasteurização, a irradiação não reverte a deterioração do alimento. Portanto, faz-se necessário a adoção de boas práticas de manuseio em todas as etapas: antes, durante e após a irradiação, visando garantir a eficácia do tratamento e a qualidade higiênica dos alimentos irradiados (SANTIN, 2002).

2.2 Processo de Irradiação

A tecnologia de irradiação de alimentos tem recebido uma grande atenção em todo o mundo. Este processo consiste no tratamento dos alimentos por meio de energia eletromagnética, em que seu principal objetivo é conservar os alimentos, reduzindo, ou eliminando, a sua carga microbiana. Permite também uma melhor conservação de carnes (bovinas, suínas e aves), frutas e vegetais, além de eliminar os microrganismos prejudiciais à saúde.

Desde 1960, quando o Canadá adotou leis permitindo o emprego comercial da irradiação de alimentos, vários outros países também o fizeram, entre eles, a antiga União Soviética, Uruguai, França, Japão, Itália, Espanha, Bélgica, Holanda, Filipinas, China, Brasil, Dinamarca, Croácia e México. A comissão do *Codex Alimentarius* adotou, em 1983 um código geral padronizado para a irradiação de alimentos, bem como recomendou um código de práticas internacionais.

O Brasil entrou para o conjunto de nações que fazem uso da irradiação para conservação dos alimentos em 1985, porém, o primeiro decreto lei, abordando normas básicas para alimentos irradiados data de 1969 (WIENDL, 1988).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) publicou em 26 de janeiro de 2001 o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos (Resolução RDC 21 de 26/01/01), estabelecendo as diretrizes para aplicação do processo. Também através da RDC 21 ficou estabelecido que todo produto tratado por energia ionizante deve constar em seu rótulo a frase: “Alimento tratado por processo de Irradiação”. Caso apenas parte do produto ou um ingrediente, seja tratado por energia ionizante, ainda assim, na descrição de ingredientes, a frase deve constar com letras não inferior a um terço da letra de maior tamanho dos outros dizeres da rotulagem (ANVISA, 2001). O símbolo utilizado na embalagem para identificar o alimento submetido à irradiação é a radura (Figura 1).



Figura 1. Símbolo da radura (BRASIL, 2001).

Segundo definição da Anvisa, a irradiação de alimentos é um processo físico de tratamento que consiste em submeter o alimento, já embalado ou a granel, a doses controladas de radiação ionizante, com finalidade sanitária, fitossanitária e ou tecnológica. De acordo com *Codex Alimentarius* (1999), a dosagem a ser utilizada deve ser suficiente para prolongar a vida-de-prateleira (*shelf-life*) e eliminar os microrganismos patogênicos, principalmente *Salmonellas*.

A irradiação de alimentos é um processo básico de tratamento comparável à pasteurização térmica, ao congelamento ou enlatamento. Este processo envolve a exposição do alimento, embalado ou não, a um dos três tipos de energia ionizante: raios gama, raios - X ou feixe de elétrons.

As radiações ionizantes são assim chamadas porque a energia emitida é suficiente para desalojar os elétrons dos átomos e moléculas, convertendo assim em partículas carregadas eletricamente.

O processo de irradiação é feito em uma sala ou câmara especial por um tempo determinado. Só poderão ser utilizadas nos alimentos as radiações ionizantes, cuja energia seja inferior ao limiar das reações moleculares, o que poderia induzir radioatividade no material irradiado. Por essa razão, somente cinco fontes são permitidas: ^{60}Co , ^{137}Cs , Raios – X, Raios X com fótons de energia não superiores a 5 Mev (Mega elétron volt) e feixes de elétrons acelerados com energia máxima de 10 Mev. A fonte mais comum de raios gama, para processamento de alimentos, é o radioisótopo ^{60}Co . O nível de energia produzido pelo ^{60}Co e ^{137}Cs não é suficientemente alto para causar radioatividade (DIEHL, 1995). O alimento é tratado por raios gama, originados do cobalto (^{60}Co) em uma instalação conhecida como irradiador.

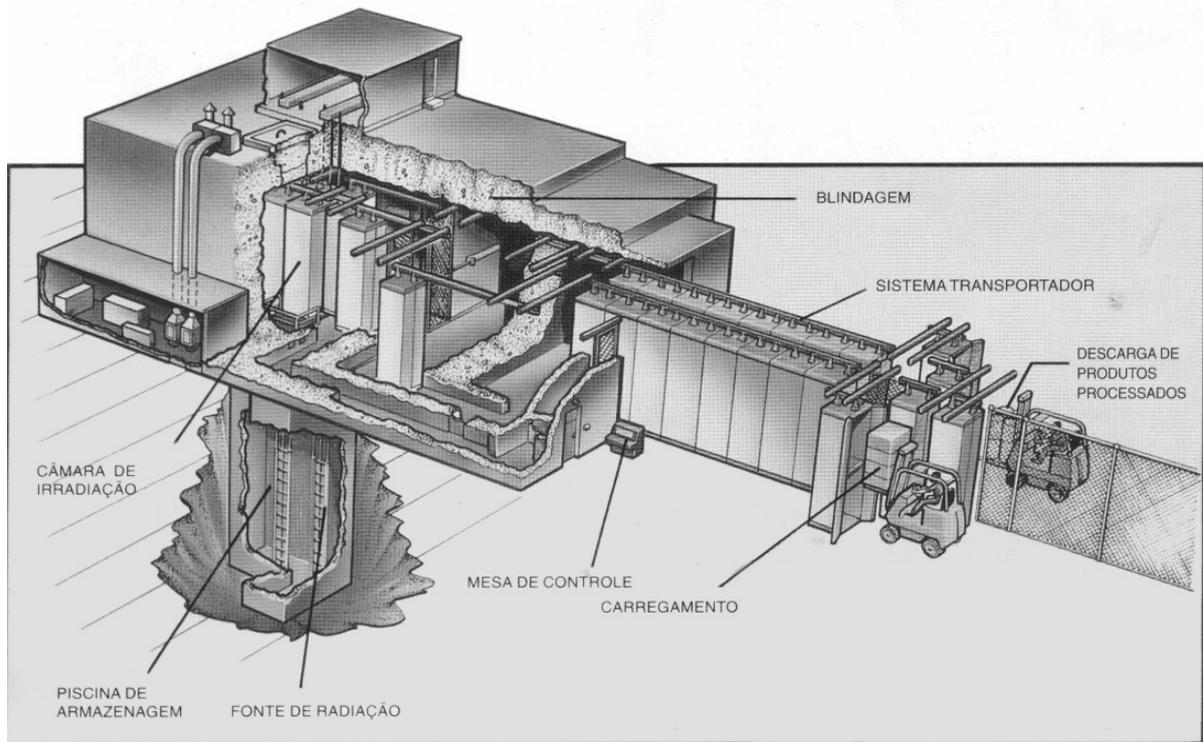


Figura 2. Irradiador comercial (DURANTE, 2002).

As vantagens do cobalto-60 como fonte de radiação são: alto poder de penetração e boa uniformidade de dose; está comercialmente disponível e com baixo risco ambiental (cobalto-60 decai para formar níquel não radioativo). Como desvantagem apresenta meia-vida de 5,3 anos, e por isso 12% da fonte deve ser reposta anualmente para manter o potencial original (JARRET, 1987).

Quando a radiação ionizante penetra nos alimentos, parte da energia é absorvida, a quantidade que passa pela massa do produto exposto é denominada “dose absorvida”. A unidade para dose de radiação é o Gray (Gy) que corresponde à absorção de 1 Joule de energia/kg de matéria (1 GY= 100 rad) (DIEHL, 1995).

De acordo com URBAIN (1978), as aplicações de doses consideradas baixas (inferior a 10 kGy) têm como objetivo prolongar a vida-útil do produto, reduzindo a população microbiana inicialmente presente no alimento, sendo úteis para carnes frescas, aves, frutos do mar, frutas, vegetais e produtos assados. Tratamentos com doses baixas em frangos ou carnes vermelhas podem ser utilizadas com eficiência no

controle de patógenos. Nos Estados Unidos o FDA (Food and Drug Administration) é o órgão regulador primário envolvido com a irradiação de alimentos, também é controlado pelo Departamento de Agricultura Americano (USDA), assim como os alimentos de origem animal são regulados pelo Serviço de Inspeção e Segurança Alimentar (FSIS), este mesmo órgão aprovou em 1992 o uso da irradiação em carne de ave fresca e congelada a fim de controlar os microrganismos patogênicos causadores de toxinfecções alimentares e outras bactérias (GREENBERG, 1996).

As doses recomendadas no processo de irradiação para carne de frango congelada são de 3 a 5 kGy, e 1,5 a 2,5 kGy para carne resfriada, estes tratamentos estão sendo efetivos na redução de *Salmonella* e *Campylobacter* (KAMPELMACHER, 1984). OLIVEIRA (2000) preconizou para carne de frango 7kGy de dose de radiação, com o propósito de promover a descontaminação e aumentar a vida-útil.

O FDA/FSIS estabeleceram as normatizações de dose para irradiação de carne vermelha, sendo 4,5 kGy para carne refrigerada e 7 kGy para carnes congeladas além destes, outros alimentos também estão submetidos a normatização pelo FDA, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Alimentos permitidos para irradiação pela regulamentação do Food and Drug Administration (FDA).

Tipo de Alimento	Propósito	Dose
Carne suína fresca	Controle de <i>Trichinella spiralis</i>	1kGy max.
Vegetais	Inibição de crescimento e maturação	1kGy max
Alimentos em geral	Desinfecção de artrópodes	1kGy max
Temperos secos	Desinfecção microbiológica	30kGy max
Frango	Controle de patógenos	3kGy max
Carne congelada (NASA)	Esterilização	44kGy max
Carne refrigerada	Controle de patógenos	4,5kGy max
Carne congelada	Controle de patógenos	7kGy max
Ovo Inteiro	Controle de patógenos	3 kGy max
Sementes	Controle de patógenos	8kGy max

Segundo as doses de radiação aplicada pode-se distinguir em três processos: radapertização ou esterilização comercial, que é a aplicação de doses de radiação suficientes para eliminar todos os microrganismos vivos de forma que não possam ser detectados por nenhum método microbiológico, usa-se doses elevadas (10 a 70 kGy); radicação ou radiopasteurização, processo de pasteurização que elimina apenas os microrganismos patogênicos, são usadas doses intermediárias de esterilização (1 a 10 kGy); e a radurização que é a aplicação de doses ionizantes que reduzem sensivelmente a carga microbiana sem que haja alteração do produto e as doses utilizadas são relativamente baixas (0,5 a 1,0 kGy) (JAY, 1994; FRANCO & LANDGRAF, 1986).

O processo de irradiação envolve a exposição de um alimento a uma dose específica de radiação, iniciando uma cadeia de eventos. Esses eventos levam a paralização das funções estruturais e metabólicas das células, afetando a sua reprodução e, conseqüentemente, os processos celulares que levam ao brotamento (ex. batata), amadurecimento (frutas), multiplicação de microrganismos e ao controle de parasitas (LAGUNAS-SOLAR, 1995).

A radiação ionizante pode agir diretamente sobre os componentes essenciais da célula ou, indiretamente proporcionando a formação de produtos radiolíticos, particularmente os radicais livres formados a partir da água e sua reatividade depende de sua capacidade de se difundir no meio, por exemplo, em alimentos secos ou congelados, a difusão é bem restrita (WORCMAN-BARNINKA & LANDGRAF, 2003). Os radicais livres são componentes altamente reativos e estas entidades químicas que contêm um ou mais elétrons não-pareados. São compostos instáveis, com considerados produtos naturais dos processos metabólicos e excretados por células especializadas do sistema imune para destruir patógenos invasores, os quais podem exercer efeitos deletérios às estruturas biológicas.

As temperaturas médias elevadas, típicas do clima tropical, favorecem uma degeneração mais rápida dos produtos alimentícios, quando comparadas às temperaturas médias da maioria dos países frios do hemisfério Norte, e mesmo assim observa-se que o processo de irradiação de alimentos é pouco divulgado,

compreendido e utilizado no Brasil, sendo ainda escassas as informações científicas. O conhecimento das possíveis alterações sensoriais e fisiológicas para diferentes alimentos e diferentes doses é especialmente relevante à aplicabilidade da irradiação de alimentos, em consonância com a legislação, para torná-los atraentes e saborosos (FREITA, 2005)

2.3 Microbiologia

Em carnes de frango, o crescimento de microrganismos e as atividades enzimáticas são os principais fatores limitantes da vida útil, sendo uma preocupação constante da indústria avícola. Para reduzir o crescimento bacteriano, as carcaças são resfriadas geralmente por imersão em água nos abatedouros, porém, isso pode gerar contaminações entre as carcaças. Atualmente, *Salmonella sp* é um dos microrganismos mais freqüentemente envolvido em casos de surtos de doenças de origem alimentar em diversos países, inclusive no Brasil.

Alguns fatores têm que ser levados em conta em relação aos microrganismos, por exemplo, o meio em que se encontra, a temperatura e a radioresistência microbiana.

No geral, a velocidade das reações químicas é menor em baixas temperaturas, tal como a formação de radicais livres causada pela interação da radiação ionizante com moléculas de água. No entanto, a formação desses radicais livres é inibida quando o alimento a ser irradiado encontra-se congelado (MURANO, 1995).

O meio líquido fornece condições ótimas para a irradiação, pois a composição do meio onde ocorrerá o processo de irradiação afeta sensivelmente os microrganismos, devido a alta atividade de água, além disso, não há competição de partículas sólidas pelos radicais livres liberados durante a irradiação (URBAIN, 1986).

Os microrganismos são mais sensíveis quando irradiados na presença de oxigênio com a formação de peróxidos. Mas como ocorre quando a irradiação é feita em altas temperaturas, a irradiação na presença de oxigênio também pode induzir a odor e sabor desagradáveis devido a oxidação da fração lipídica (MONK et al., 1995).

Portanto, a solução para minimizar as mudanças que ocorrem nas propriedades organolépticas e a formação de produtos radiolíticos é o uso da irradiação do alimento em estado congelado e mantido sob vácuo (LAGUNAS-SOLAR, 1995).

Apesar das carcaças de frangos apresentarem uma baixa contaminação no início do processamento, as *Salmonellas* disseminam-se no tanque de escaldagem devido à ação mecânica, evisceração e mais ainda no final do processamento onde há permanência do microrganismo e até mesmo um aumento no número destes por contaminação proveniente de outras carcaças (SHACKELFORD, 1988; LILLARD, 1990).

Não há um consenso sobre a dose de radiação para o controle de bactérias patogênicas em carne de frango. Isto porque, dentre outros fatores, a dose de radiação necessária para destruir estas bactérias está diretamente relacionada com sua população inicial presente no alimento. Doses de 3 a 5 kGy podem eliminar as potencialmente patogênicas não formadoras de esporos (FARKAS, 1987).

A relativa sensibilidade de diferentes microrganismos frente a radiação é dependente de seu valor D_{10} (dose suficiente para reduzir a população microbiana em 1 log, ou seja, 90%). Assim, cada microrganismo requer uma dose específica para sua eliminação (SMITH & PILLAI, 2004). A Tabela 2 indica a dose letal de radiação para alguns microrganismos.

Tabela 2. Valores D₁₀ para alguns microrganismos encontrados em alimentos.

Microrganismo	Meio	Temperatura na irradiação	D₁₀(Gy)
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	Peixe	Ambiente	30-60
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Carne magra	Ambiente	120
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Água	Ambiente	120-140
<i>Campylobacter jejuni</i>	Carne	Ambiente	140-160
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Carne	2 °C	140-190
<i>Yersinia enterocolytica</i>	Carne	Ambiente	100-210
<i>Shigella dysenteriae</i>	Camarão	Congelado	220
<i>Brucella abortus</i>	Carne	Ambiente	340
<i>Escherichia coli</i>	Carne magra	Ambiente	430
<i>Salmonella Enteritides</i>	Carne magra	Ambiente	700
<i>Salmonella Newport</i>	Ovo	0 °C	320
<i>Salmonella Paratyphi B</i>	Ostras	5 °C	850
<i>Salmonella Typhimurium</i>	Carne magra	Ambiente	550
<i>Staphylococcus aureus</i>	Carne magra	Ambiente	580
<i>Streptococcus faecalis</i>	Camarão	5 °C	750

DIEHL, 1990.

Estudos sobre os efeitos de radiação sobre as propriedades microbiológicas, físicas e sensoriais de carnes de frango irradiadas com doses de 1,0; 2,0 e 3,0 kGy constataram decréscimo na contagem total de bactérias com o aumento da dose de radiação empregada, sem alterações significativas nas características físicas e sensoriais do produto (KOLSARICI & KIRINKA, 1995). SANTOS (1997) estudando a dose de radiação gama para a destruição de *Salmonella* spp em carne de frango, recomendou a dose de 3,87 kGy, obtendo assim um produto adequado para consumo humano.

Avaliando a capacidade de irradiação (2,0; 4,0; 6,0 e 8 kGy) em reduzir a população das bactérias *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Salmonella*

Typhimurium em filé de peito de frangos armazenado sob refrigeração durante 1, 7, 14, 21 e 28 dias, SPOTO et al. (1999) verificaram que a dose de 4 kGy foi suficiente para manter os filés de peito de frangos dentro dos limites microbiológicos aceitáveis, estabelecidos pelos órgãos responsáveis. No entanto, em outro trabalho, quando os filés de peito foram moídos, a melhor dosagem de radiação foi a de 6 kGy (SPOTO et al., 2000).

Apesar do aparecimento de novos microrganismos no cenário das doenças transmitidas por alimentos, a *Salmonella* ainda ocupa lugar de destaque nas estatísticas epidemiológicas dessas doenças. De todos os microrganismos estudados por TODD (1989), *Salmonella* spp foi, nos Estados Unidos da América, o agente de doença bacteriana de origem alimentar que apresentou o maior custo.

MIYAGUSKU et al. (2003) avaliando a vida útil de filés de cortes de peito de frangos irradiados, observaram que em doses máximas de 7,0 kGy provocaram sensível redução nos microrganismos contaminantes, a vida-útil dos filés de peito mantidos sob refrigeração foi crescente, dependendo da dose de radiação aplicada. Enquanto nas amostras controle a vida-útil foi de 5 dias, nas irradiadas estendeu-se por 15, 22 e 32 dias, para doses de 1,5; 3,0 e 7,0 kGy, respectivamente.

2.4 Mudanças que podem ocorrer em amostras irradiadas

Algumas mudanças podem ocorrer no alimento com a irradiação, entre as quais podem-se citar: mudança na cor, sabor e a textura de certos alimentos, conferindo impacto na aceitação destes produtos por parte do consumidor, por esse motivo as indústrias encontram dificuldade em usar tal procedimento. Tanto as carnes vermelhas como as brancas podem sofrer alteração na cor. Quando irradiada com doses de esterilização, a carne de frango, algumas vezes, apresenta uma coloração rosa e as vermelhas colorações marrom ou cinza (URBAIN, 1986).

Mudanças na cor em carnes irradiadas diferem significativamente dependendo de vários fatores como, por exemplo, a dose de radiação, espécie animal, tipo de músculo e tipo de embalagem (SATTERLEE et al., 1971; SHAHIDI et al., 1991;

LUCHSINGER et al., 1996; NANKE et al., 1998). A cor é a primeira característica sensorial observada pelo consumidor, essa impressão óptica é relacionada de imediato com diversos aspectos ligados a qualidade e grau de frescor, portanto, o aspecto exterior pode ser associado a vida-útil, a dureza, a suculência e ao tempo de armazenamento, durante o qual ocorrem alterações na superfície do produto, influenciando a aceitação pelos consumidores (FELDHUSEN et al., 1995; ORDÓÑEZ et al., 2005). DU et al. (2002), utilizando 0 e 3 kGy em filés de peito de frango embalados convencionalmente em condições aeróbicas e a vácuo armazenados durante 7 dias, observaram que após cozimento, as amostras irradiadas apresentaram maiores valores de a^* (intensidade de vermelho) em relação as não irradiadas, da mesma maneira, mudanças nos valores de L^* (luminosidade) e b^* (intensidade de amarelo). A estocagem em embalagens aeróbicas alterou os valores de a^* induzidos pela irradiação. NAM & AHN (2002) atribuíram o aumento da intensidade de vermelho (a^*) em carnes de peru irradiada devido a formação do complexo carbono monóxido-mioglobina (CO-Mb).

A cor interfere em outros atributos sensoriais, como sabor e textura, portanto deve ser eliminada sua influência em uma análise sensorial relacionada às demais propriedades (FREITA, 2005; MILLAR et al., 2000). Com relação ao sabor e odor, podem ocorrer mudanças causadas pelo ranço desenvolvido pela reação dos radicais livres com os lipídios e também pela hidrólise das proteínas resultando em compostos sulfurados livres (DIEHL, 1995). LEONEL (2004), não constatou diferenças com relação aos atributos sensoriais, bem como aos valores de textura no músculo de peito de aves em diferentes doses de radiação.

As alterações do ponto de vista sensorial resultam, basicamente, em três tipos de reações químicas. Inicialmente a irradiação desencadeia um processo normal de auto-oxidação das gorduras insaturadas, dando origem ao sabor de ranço. A seguir, a irradiação das proteínas que contenham aminoácidos sulfurados causa uma quebra destes aminoácidos, resultando em um sabor desfavorável, sem contudo, gerar alterações no aspecto nutricional. Em um terceiro instante, a irradiação pode quebrar as moléculas de carboidratos de alto peso molecular em unidades menores, processo

responsável pela perda de consistência e rigidez das frutas e vegetais (KILCAST, 1994).

A irradiação tem efeitos sobre as características sensoriais dos alimentos na presença de algumas variantes. Por exemplo, na presença de água produz uma variedade de compostos químicos incluindo radicais livres e compostos ativos como H_2O_2 e H_2 , o que causa o desenvolvimento de odores e sabores desagradáveis, além da descoloração do produto em embalagens contendo oxigênio (SUDARMADJI & URBAIN, 1972). A irradiação de carne no estado congelado diminui os odores estranhos produzidos pelo processo, pois em temperaturas baixas a difusão dos radicais livres formados é limitada impedindo o movimento e a reatividade destes com os componentes dos alimentos (THAKUR, 1994).

O termo *off-odor* é empregado para caracterizar um grupo de substâncias voláteis relacionadas ao processo de irradiação em carnes. A produção desses voláteis aumenta em carnes bovina, suína e de peru com a irradiação, sendo proporcional à dose, devido a radiólise de proteínas e de lipídios, indicando para minimizar tal efeito, uma combinação de doses menores e embalagem a vácuo (KIM et al., 2002). Para MIYAGUSKU et al. (2003) o odor de irradiado em carne de frango, caracterizado como “semelhante à pena ou pelo queimado”, foi proporcional à dose utilizada, de 1,5 a 7,0 kGy em filés de peito mantidos sob resfriamento. ZHU et al. (2004) observaram aumento significativo nas substâncias voláteis responsáveis pelo *off-odor* em amostras de carne suína irradiada a 2,5 kGy, sendo insignificante nas não irradiadas. Porém, o efeito benéfico da irradiação foi detectado por LACROIX et al. (2002) que irradiando carne suína crua e embalada a vácuo com dose de 6 kGy, não observaram alteração no sabor e aroma aos 43 dias, enquanto que nas amostras controle, a avaliação sensorial teve que ser interrompida aos 28° dias de armazenamento devido o estado de deterioração dessas carnes.

Além da formação de compostos *off-flavor* (de sabor desagradável), por ocasião do processo de irradiação serem determinantes na qualidade da carne, outras reações podem afetar a segurança e a estabilidade do produto. Essas reações secundárias podem conduzir a formação de compostos potencialmente tóxicos como álcoois,

cetonas, peróxidos e aldeídos (GRAY et al., 1996), resultando em perdas de nutrientes e promovendo mais reações oxidativas (NAM et al., 1997). A oxidação lipídica pode ser influenciada por vários fatores, tais como o conteúdo e estágio dos pró-oxidantes (ferro e mioglobina), níveis de oxidante muscular, conteúdo de gordura, perfil de ácidos graxos, grau de processamento e condições de estocagem (tempo, temperatura e embalagem).

São inúmeras as conseqüências nutricionais da oxidação lipídica, dentre elas, podem ser citadas: destruição parcial dos ácidos graxos insaturados essenciais, como linoléico e linolênico; destruição parcial de vitaminas lipossolúveis como a vitamina A, carotenóides e tocoferóis; formação de compostos capazes de reagir, principalmente com proteínas diminuindo a absorção destas, irritação na mucosa intestinal por peróxidos, entre outras (FERRARI, 1998).

Assim, os hidroperóxidos formados são rapidamente quebrados, em oxidações secundárias, produzindo então aldeídos, cetonas, álcoois e ácidos carboxílicos que conferem às carnes odor característico e em alguns casos coloração amarelada (McCALL & FREI, 1999), assim continuando até que um radical seja removido por uma reação com outro radical ou com um antioxidante.

Mudanças na textura podem ocorrer devido a um desarranjo estrutural do músculo ocasionado pela irradiação. YOON (2003) observou através de microscopia eletrônica que músculos de peito de frangos irradiados com doses baixas (2,2 a 2,9 kGy) sofre um enrijecimento, bem como contração dos sarcômeros devido a um desarranjo nas unidades miofibrilares do músculo esquelético após o cozimento, com isto maiores valores de textura foram observados nos diferentes períodos de estocagem.

Assim, como em qualquer outro método de conservação de alimentos, a irradiação possui suas limitações, não se trata de um processo mágico, não regenera nem embeleza alimentos danificados, geralmente é necessária a utilização de outros métodos de conservação em conjunto (refrigeração, embalagem) sem se esquecer da qualidade e prática de manuseio do produto a ser irradiado, para que se possa ter um produto final seguro, saudável e aceito pelo consumidor.

2.5 Irradiação e consorciação de processos

O tratamento de irradiação é utilizado para reduzir ou eliminar microrganismos viáveis que possam estar presentes nos alimentos. Como os sistemas de embalagens representam um efeito geralmente bacteriostático e o tratamento com irradiação um efeito bactericida, a combinação desses dois tratamentos pode significar uma barreira eficiente para o crescimento de microrganismos (LEE et al., 1996).

No processo de irradiação, o oxigênio que se encontra ao redor e no próprio alimento é dissolvido e fica sujeito à ativação pela radiação ionizante, podendo dar origem a compostos que interagem com os grupos receptores de elétrons presentes nos alimentos. A irradiação é mais eficiente quando os produtos são embalados a vácuo (MONK et al., 1995; LEE et al., 1996). Segundo MAYER-MIEBACH (1993), com o oxigênio excluído, as alterações na qualidade sensorial dos alimentos só aparecerão quando forem empregadas altas doses de irradiação.

A embalagem a vácuo (considerada também como atmosfera modificada) é amplamente utilizada. Neste tipo de embalagem a pressão do ar é alterada por redução da quantidade de oxigênio disponível o que provoca uma diminuição da atividade respiratória normal do alimento e da população microbiana e, conseqüentemente, da velocidade de deterioração (YOUNG et al., 1988). Dependendo da dose de radiação gama utilizada, poderá ocorrer um aumento de compostos voláteis na carne devido a decomposição de ácidos graxos e causar problemas quanto à aceitabilidade do produto, devido aos odores originados. A exclusão do oxigênio durante o processo de irradiação pode inibir a formação de compostos voláteis, evitando, dessa forma, formação de odores desagradáveis (HANSEN et al., 1987).

LEONEL (2004), trabalhando com aves suplementadas com dietas com vitamina E, na tentativa de diminuir os processos de oxidação lipídica em amostras irradiadas de peito e pernas de aves irradiadas e embaladas a vácuo, resfriadas e congeladas, observou efeito positivo da vitamina E em relação ao número de TBARS (maneira indireta de medir o processo oxidativo) e negativo quanto à irradiação. No mesmo

sentido, DU et al. (2000) estudaram o efeito do ácido linoleico (0; 1,25; 2,5 ou 5,0 %) na qualidade da carne de frangos irradiada com dose de 3 kGy e armazenada por 7 dias a 4 °C, observaram que a dieta com ácido linoleico reduziu a oxidação lipídica na carne crua durante o armazenamento e em condições aeróbicas, a irradiação acelerou a oxidação lipídica nas carnes embaladas.

Em outro estudo, DU et al. (2002) trabalharam com diferentes antioxidantes, inclusive a utilização de vitamina E, em lingüiças preparadas a base de carnes de pernas de perus observaram que independente do antioxidante utilizado, os valores de TBARS foram significativamente reduzidos em relação às amostras controles.

Avaliando o efeito de diferentes doses de radiação (0,5 e 1,0 kGy), concentração de oxigênio (0, 10 e 20%) e temperatura de estocagem (5, 15 e 20°C), sobre as mudanças sensoriais e físico-químicas da carne suína, LAMBERT et al. (1992) observaram que a irradiação na ausência de O₂ aumentou a vida de prateleira do produto de 9 para 26 dias a 5°C. O O₂ no espaço livre combinado com o processo de irradiação teve efeito adverso sobre as propriedades físicas, químicas e sensoriais da carne suína.

AHN et al. (2001) analisando o efeito da irradiação (0 ou 4,5 kGy) e condições da embalagem (permeáveis e não permeáveis a oxigênio) sobre o conteúdo de produtos da oxidação de colesterol e oxidação dos lipídios de carne de perus, bovina e suína. Os autores verificaram que a composição dos ácidos graxos na carne é mais importante que as taxas de oxidação de lipídios e colesterol, e a embalagem é mais importante que a irradiação na formação de produtos provenientes das oxidações de colesterol e de lipídios.

LOAHARANU & MURREL (1994) concluiu que a atmosfera modificada, combinada ao tratamento de irradiação e refrigeração pode ser usada para aumentar a vida-de-prateleira e a segurança microbiológica dos alimentos. Além disso, a oxidação lipídica, que ocorre nos alimentos em consequência do processo de irradiação, pode ser retardada devido à eliminação do oxigênio presente (KILCAST, 1994).

Estudando o efeito da irradiação sobre microrganismos deteriorantes presentes na carne bovina armazenada em diferentes atmosferas (ar, vácuo e nitrogênio) e

temperaturas, GARCIA-MORENO (2001) concluiu que as amostras que foram embaladas a vácuo resultaram em uma maior redução desses deteriorantes, e que a embalagem com nitrogênio não implicava em efeitos positivos sobre as características sensoriais e microbiológicas das amostras irradiadas.

2.6 Vantagens e desvantagens do uso da irradiação em alimentos

Assim como outro tratamento qualquer, o uso de radiação apresenta vantagens e desvantagens;

Vantagens:

- A irradiação de alimentos é uma técnica segura e eficaz para promover a extensão da vida-de-prateleira de muitos alimentos (quando utilizada segundo as normas de segurança já estabelecidas).
- Pode eliminar ou reduzir substancialmente os níveis de microrganismos (*Salmonella*, *Listeria*, *Campylobacter*) nos alimentos.
- Pode esterilizar completamente um alimento (dependendo da dose utilizada), tornando-o apropriado para pacientes com baixa imunidade.
- A alteração do valor nutricional dos alimentos, no processo de irradiação, é comparável aquela que ocorre em outros processos de conservação de alimentos.

Desvantagens:

- Pode ser aplicada somente em alguns tipos de alimentos, sendo que alimentos com alto teor de óleo devem ser evitados nesse processo.
- Pode ocorrer reinfestação, caso não haja um controle adequado pós-irradiação.
- Na maioria dos casos, é difícil afirmar se um alimento foi ou não irradiado, possibilitando fraudes.
- Se não for bem conduzido, pode acarretar perdas de algumas vitaminas (A, B1, C, E). Essas perdas podem ser evitadas se forem observados alguns cuidados (irradiação sob baixas temperaturas, por exemplo).

- Nas doses mais freqüentemente usadas (em torno de 1 kGy), os alimentos não são esterilizados, assim é possível o crescimento de microrganismos que tenham sobrevivido ao processo.
- No processo de irradiação, também são gerados produtos radiolíticos, quimicamente semelhantes aos termolíticos produzidos pelo aquecimento e ou cocção de alimentos.

De acordo com MALISKA (2000) a irradiação de alimentos apresenta ainda outras vantagens, tais como; o produto é tratado em sua embalagem final, evitando recontaminações; não há elevação de temperatura durante o tratamento; não é danosa para o consumidor como os agrotóxicos, pesticidas e alguns aditivos; atende as exigências do mercado importador e tem menor custo que a maioria dos outros métodos de conservação de alimentos.

2.7 Consumidor & irradiação de alimentos

O conceito de qualidade dos alimentos, na visão do consumidor, reflete a satisfação de características como sabor, aroma, aparência, embalagem e disponibilidade. Fatores econômicos e sociais como o custo e hábitos alimentares têm, tradicionalmente influência sobre a escolha do produto. Atualmente, outros fatores como a legislação e emprego de novas tecnologias têm sido também, parâmetros de decisão. O conhecimento público sobre os métodos de processamento de alimentos e, em particular, sobre a irradiação é muito limitado.

A dificuldade de aceitação do alimento irradiado pelos consumidores vem do termo em questão, pois há associação com alimentos radioativos, o que difere e não passa de um tratamento como outro qualquer, cuja finalidade é de conservar o alimento. Da mesma forma que ocorre com a pasteurização do leite, a carne de frango irradiada se torna segura devido à destruição dos microrganismos nocivos a saúde.

A maioria dos consumidores deseja obter informações sobre os benefícios do processo de irradiação, a segurança dos alimentos, a segurança dos manipuladores durante o processo e a segurança do ambiente. Portanto, é necessário um investimento

em educação com a finalidade de que haja abertura no comércio de alimentos irradiados. Os consumidores preferirão alimentos irradiados caso percebam os benefícios (MARCOTTE, 1992; PSZCZOLA, 1992; PSZCZOLA, 1993) e, com informações com base científica, uma maior proporção de consumidores tenderá a adquirir e preferir os alimentos irradiados (BRUHN & SCHUTZ, 1989).

Testes de mercado realizados em 20 países, envolvendo 40 produtos alimentícios irradiados mostraram resultados favoráveis à irradiação, sendo que 58% dos entrevistados se mostraram mais interessados na qualidade dos produtos do que no tipo de tratamento utilizado (LOAHARANU & MURREL, 1994).

Em um estudo realizado na cidade de Atlanta (EUA), RESURRECCION et al. (1995) verificaram que 45% dos consumidores comprariam alimentos irradiados, caso estes apresentassem rótulos apropriados. Somente 19% dos consumidores não comprariam esses alimentos e os 36% restantes mostraram-se indecisos. Entre os consumidores que iriam adquirir os alimentos irradiados de 14 a 23% comprariam carne suína, de frango ou bovina; 38 a 42% pagariam de 1 a 5% mais pelo alimento irradiado e cerca de 10% pagariam até 10% a mais pelo alimento. Os consumidores que se mostraram indecisos e os que recusaram os alimentos irradiados o fizeram por incerteza sobre a segurança do processo.

A associação de símbolos trazidos nos rótulos com processos ou tecnologias, assim como é feito com os produtos orgânicos ou mesmo nos alimentos certificados por empresas certificadoras, seria uma alternativa para divulgação dos alimentos que passam pela irradiação. ORNELLAS et al. (2006) verificaram em seu estudo que 45% dos entrevistados têm o hábito de observar os rótulos dos alimentos com frequência, e a maioria afirmou que o atributo qualidade é o que determina a compra. Do total, 92% não conhecem o símbolo da irradiação, sendo que 16% comprariam alimentos irradiados pela influência do símbolo, mesmo sem saber seu significado, informando que a radura transmite confiança, segurança e qualidade, pela imagem da flor de coloração verde. A etiqueta com o símbolo da irradiação bem como informações adicionais no rótulo foram indicadas como importante para 81% dos consumidores. Entretanto, o símbolo internacional e as declarações foram considerados, pela metade

dos entrevistados como insuficientes para informar sobre alimentos irradiados (RESURRECCION et al., 1995).

Segundo LOAHARANU & MURREL (1994), não há evidencia de que os consumidores não aceitem os alimentos irradiados quando bem informados.

No Brasil, as primeiras pesquisas com irradiação de alimentos foram feitas na década de 50, pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (Cena), em Piracicaba (SP). Mesmo com a permissão em 1985 do uso da irradiação para conservação de alimentos, os estudos se restringiram quase que exclusivamente as instituições de pesquisa, uma vez que o país contava com um número restrito de especialistas (SANZ, 1996).

Traçando o perfil do consumidor frente à irradiação de alimentos em Belo Horizonte (MG), ORNELLAS et al. (2006) descobriram que do total dos entrevistados, 59,6% não sabiam que a irradiação é um método de conservação de alimentos, e não souberam dizer se consumiriam produtos irradiados, para 16%, alimentos irradiados significam o mesmo que alimentos radioativos, e ainda, 62% disseram não saber se a irradiação de alimentos pode trazer danos à saúde do consumidor e/ou ao meio ambiente.

Tais atitudes evidenciam a falta de informação, bem como a necessidade de esclarecimento da população com relação ao processo, vantagens e desvantagens do uso da radiação em alimentos.

Estudos de atitudes e testes de compra demonstraram que, quando é oferecida a oportunidade, os consumidores aceitam os alimentos irradiados. A maioria não tem tido esta opção e seus conhecimentos são limitados sobre essa tecnologia (BRUHN, 1995).

Apesar da falta de conhecimento ou informação por parte dos consumidores, FRANCISCO et al. (2007), caracterizando o consumidor de carne de frango, observaram que os mesmos estão interessados em obter o máximo de informações a respeito do produto que estão consumindo, especialmente com relação à qualidade do produto, data de validade, registro de inspeção federal, certificação de qualidade e advertência quanto a riscos de intoxicação alimentar.

Antes se dizia que o consumidor “comprava os produtos com os olhos” e a cor dos alimentos seria um dos principais fatores na aquisição de produtos. Hoje, porém, os consumidores estão cada vez mais exigindo qualidade e informações, e demonstrado interesse em novas tecnologias, muitos estão propensos a comprar alimentos obtidos ou tratados por métodos alternativos e estão dispostos a pagar mais por isso, mostrando um nicho de mercado em gradativa expansão.

3. Material e Métodos

3.1. Preparo das Amostras

O experimento foi conduzido no Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP. As amostras de filés de peito de frangos (*Pectoralis major*) sem ossos e sem pele foram processadas e embaladas no abatedouro comercial Frango Sertanejo, situado em Guapiaçu, SP. Utilizaram-se 96 bandejas plásticas de polietileno expandido, com aproximadamente 650 gramas de filés por bandeja, das quais 48 bandejas foram recobertas por filme plástico de poli cloreto de vinila (PVC) de 17mm (Videplast®) e a outra metade (48) foram recobertas por sacolas plásticas Protervac® (0,1mm, $85 O^2 \text{ cc/m}^2/24\text{h}$ a 23°C) submetidas a vácuo. As dimensões de cada bandeja foram: 240mm comprimento, 180mm largura, 30mm altura. As bandejas foram colocadas em caixas de papelão (aproximadamente 10 bandejas/caixa) e submetidas ao congelamento em túnel por cerca de 9 horas a -36°C. Após o processamento, as amostras foram transportadas em caixas com gelo e isolamento térmico em caminhão frigorífico com temperatura de $0 \pm 2^\circ\text{C}$. Seguido o descarregamento foram pesadas e mantidas sob congelamento (-20°C).

3.2. Irradiação

No dia seguinte ao processamento, as amostras embaladas foram transportadas em caminhão frigorífico para o centro de irradiação, Companhia Brasileira de Esterilização (CBE), sediado em Jarinú, SP. A irradiação foi realizada em um irradiador

comercial de grande porte, por meio de raios gama, provenientes do radioisótopo Cobalto-60 utilizado como fonte, a uma taxa de dose de 4 kGy/h. A verificação da dose absorvida foi feita por dosimetria colorimétrica, monitorada por dosímetro do tipo amber Batch N da marca Harwell atestada pela prestadora. As amostras foram divididas de acordo com as doses pretendidas de 0, 1,5 e 3,0 KGy. As amostras que não sofreram irradiação foram descarregadas e acondicionadas da mesma forma que as demais, permaneceram congeladas durante o período. Ao término do processo, foram acondicionadas nas caixas térmicas e retornadas ao laboratório em caminhão frigorífico onde foram sub-divididas conforme a amostragem para as análises laboratoriais. O período de armazenamento foi de 0, 2, 4 e 6 meses.

3.3. Transporte

Todo transporte das amostras de peito foi realizado em caixas com gelo e isolamento térmico, em caminhão frigorífico com temperatura controlada de $0^{\circ}\text{C} \pm 2$ para a manutenção das mesmas congeladas.

3.4. Delineamento experimental e estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições, 24 tratamentos de acordo com um esquema fatorial $2 \times 3 \times 4$, dois tipos de embalagens (filme e vácuo), três doses de radiação (0; 1,5 e 3,0 kGy) e quatro períodos de armazenamento (0, 2, 4 e 6 meses). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e a homogeneidade das médias através do programa SAS 8.0 (SAS, 1999). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.5. Parâmetros Físico-Químicos, Sensoriais e Microbiológicos avaliados.

3.5.1. Físico-Químicos

3.5.1.1. Umidade

A determinação da umidade foi realizada nas amostras segundo o método descrito pela ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC (1995), expresso em porcentagem.

3.5.1.2. Perdas por Gotejamento (Drip)

A análise de perdas por gotejamento foi feita de acordo com metodologia descrita por HONIKEL (1998), a qual verifica o volume de líquido exsudado após descongelamento, expressos em ml.

3.5.1.3. Cor

A análise de cor foi realizada através de um colorímetro da marca Minolta Chromer Meter CR-300, o qual, utiliza o sistema CIELAB (L, a*, b*), onde L – luminosidade, a* - intensidade de vermelho e b* - intensidade de amarelo. A coloração do músculo *Pectoralis major* foi feita na parte interna do músculo, visando evitar efeitos do processo de abate.

3.5.1.4. Capacidade de Retenção de Água

A capacidade de retenção de água foi determinada de acordo com metodologia descrita por HAMM (1960), que consistiu em aplicar um peso de 10 kg durante 5 minutos em uma amostra de 2,0 g, e posteriormente pesada para quantificar a perda de água e o resultado expresso em porcentagem.

3.5.1.5. Perdas por Cocção

As amostras dos músculos foram embaladas em sacos (polietileno) e cozidas em banho-maria a 85°C por 30 minutos até atingirem temperatura interna final entre 75 a 80°C. Após liberação da água exsudada e resfriamento até alcançar a temperatura ambiente, essas foram novamente pesadas e comparadas ao peso inicial (CASON et al., 1997). Os valores foram expressos em porcentagem.

3.5.1.6. Força de Cisalhamento

A força de cisalhamento foi determinada nas mesmas amostras da análise de perdas por cozimento. Foram obtidos cubos padronizados (1,5 x 1,5 cm) e submetidos ao corte através da lâmina Warner-Bratzler Blade, acoplada ao aparelho Texture Analyser TA-XT2i Micro Systems, o qual foi operado com velocidade de deslocamento de 5,0 mm/s e distância percorrida de 30 mm, sendo anotado o pico de força para o corte da amostra. Os valores foram expressos em kgf/cm^2 .

3.5.1.7. pH

O pH do músculo foi medido utilizando-se um potenciômetro digital portátil, específico para carne, da marca TESTO, através da introdução direta do eletrodo ao músculo.

3.5.1.8. Número de TBARS

O número de TBARS foi determinado nas amostras de peito cru segundo método descrito por PIKUL et al. (1989) pela quantificação do malonaldeído, utilizando ácido tricloroacético e reagente de TBA (tiobarbitúrico), seguido de aquecimento para o desenvolvimento máximo de cor e mensuração espectrofotométrica a 538 nm. Os resultados foram expressos em mg de substâncias reativas ao TBA (TBARS) por Kg de amostra.

3.5.1.9. Proteína do Líquido Exsudado

O conteúdo de proteína do líquido exsudado foi determinado pelo método descrito por HARTREE (1972), que utiliza como padrão a soroalbumina bovina em diferentes dosagens: 25, 50, 75, 100, 125, 175 e 200 μL , e diluição do líquido exsudado na proporção 1:25. As leituras foram determinadas em espectrofotômetro em absorbância de 650 nm.

3.5.1.10. Bases Nitrogenadas Voláteis Totais (BNVT)

O nitrogênio volátil total foi determinado nas amostras de peito por meio de precipitação protéica em ácido tricloroacético, e destiladas com hidróxido de sódio, de acordo com metodologia descrita por EGAN et al. (1981), expressos em mg de nitrogênio/100g amostra.

3.5.2. Sensoriais

3.5.2.1. Análise Sensorial

Para a avaliação sensorial utilizou-se o teste de aceitação, realizado no Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal – FCAV/UNESP. As amostras dos filés de peito, foram assadas em forno TEDESCO até temperatura interna de 70°C e codificadas. Participaram do teste 30 provadores não treinados. As amostras foram oferecidas aos provadores, os quais compararam os filés quanto aos atributos de sabor, odor, textura, preferência e aspecto geral, nas amostras armazenadas por 0, 2, 4 e 6 meses.

A escala utilizada foi a hedônica de 9 pontos possuindo em seus extremos os termos: gostei muitíssimo (9) e desgostei muitíssimo (1), conforme modelo apresentado por DUTCOSKY (1996). Abaixo modelo da ficha de avaliação utilizada no teste (Figura 3).

Nome: _____ Data: _____

Avalie cada uma das amostras codificadas, da esquerda para a direita, e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra em relação ao sabor, odor, textura, preferência e aspecto geral.

1-Desgostei muitíssimo					
2-Desgostei muito					
3-Desgostei pouco	430				
4-Desgostei	315				
5-Não gostei nem desgostei	100				
6-Gostei	600				
7-Gostei pouco	830				
8-Gostei muito	715				
9-Gostei muitíssimo					

Comentários:

Figura 3. Modelo de ficha de análise sensorial.

3.5.3. Microbiológicos

As bandejas contendo os filés de peito foram encaminhadas ao Departamento de Medicina Veterinária Preventiva da FCAV/ UNESP – Jaboticabal/SP para verificar a presença de coliformes totais e fecais e bactérias do gênero *Salmonella sp.*

3.5.3.1. Preparo das amostras

De cada amostra foram pesados, assepticamente, 25 gramas e homogeneizados, em aparelho Stomacher, com 225 ml de água peptonada a 0,1 % esterilizada (APHA, 1992), obtendo-se, assim, uma diluição inicial de 10/1. A partir desta diluição, foram preparadas diluições decimais até 10/6, empregando-se o mesmo diluente.

3.5.3.2. Determinação do número mais provável (NMP) de coliformes totais/grama (APHA, 1992).

3.5.3.2.1. Teste presuntivo

A partir das diluições 10^{-1} a 10^{-5} , foram inoculados com 1 ml, respectivamente, três tubos de caldo lauril sulfato triptose com tubo de Durham invertido. Após a inoculação estes tubos foram incubados a 35 °C por 24 a 48 horas e considerados positivos aqueles que se mostraram com a presença de crescimento bacteriano (turvação do meio) e produção de gás.

3.5.3.2.2. Teste confirmativo

De cada tubo positivo, no teste presuntivo, foi transferida, com alça de níquel-cromo de 3 mm de diâmetro, uma alçada da cultura para tubos correspondentes contendo lactose-verde brilhante-Obile a 2 % com tubo de Durham invertido. A incubação foi realizada a 35 °C por 24 a 48 horas e foram considerados positivos os tubos que revelaram a presença de crescimento bacteriano e produção de gás.

Para efeito de interpretação de resultados, dentro das cinco séries inoculadas inicialmente, foram considerados três séries consecutivas, a partir da maior diluição que ainda apresentasse os três tubos positivos. De acordo com o número de tubos positivos e empregando a tabela de Hoskins foi determinado o NMP de coliformes totais por grama da amostra.

3.5.3.3. Determinação do número mais provável (NMP) de coliformes fecais/grama (APHA, 1992).

3.5.3.3.1. Coliformes fecais

A partir de cada tubo de caldo lauril sulfato triptose com resultado positivo no teste presuntivo, foram inoculados, com alça, tubos correspondentes contendo caldo EC e tubo de Durham invertido. A incubação foi realizada em banho - maria a $45,5 \pm 0,2$ °C por 14 ± 2 horas e considerados positivos os tubos que se revelaram com crescimento bacteriano e presença de gás. O resultado foi obtido comparando-se os números de tubos positivos com os dados da tabela de Hoskins, sempre considerando três diluições consecutivas a partir da maior diluição com três tubos positivos.

A determinação de coliformes fecais foi sempre realizada com controle positivo e negativo, utilizando-se cepas conhecidas de *Escherichia coli* e *Enterobacter aerogenes*.

3.5.3.4. Isolamento de bactérias do gênero *Salmonella* (ICMSF, 1978; APHA, 1992).

3.5.3.4.1 Pré-enriquecimento

De cada amostra foram retiradas assepticamente, 25 gramas e adicionados a 225 ml de água peptonada a 1 % tamponada. Após homogeneização em aparelho de Stomacher, o conjunto permaneceu em repouso por 6 horas à temperatura ambiente. A seguir, procedeu-se a incubação a 43 °C por 18 horas, após o que foi realizado o enriquecimento seletivo.

3.5.3.4.2. Enriquecimento seletivo

Nesta fase, duas alíquotas de 2 ml cada, da cultura de pré-enriquecimento, foram inoculadas, respectivamente, em 20 ml de caldo seletivo cistina e em 20 ml de caldo Peppoport-Vassiliadis, adicionados de 0,2 ml de uma solução de novobiocina a 0,4 %, dando uma concentração de 40 µg do princípio ativo por mililitro do meio. Em seguida, os caldos seletivos foram incubados a 37 °C por 24 horas.

3.5.3.4.3. Plaqueamento seletivo

Com auxílio de alça de níquel-cromo, cada cultura em caldo de enriquecimento foi semeada pela técnica de esgotamento, em agar verde-brilhante e agar MacConkey, seguido de incubação a 37 °C por 24 horas.

3.5.3.4.4. Identificação presuntiva

Das culturas obtidas no plaqueamento seletivo foram tomadas, com auxílio de uma agulha de níquel-cromo, previamente flambada, de cada uma das placas semeadas, 3 a 5 colônias com características sugestivas do gênero *Salmonella* e inoculadas em tubos contendo meio TSI e meio para a realização da prova da

descarboxilação da lisina. Confirmando-se a suspeita do gênero, o crescimento era replicado em agar triptose inclinado, para posterior comprovação sorológica.

3.5.3.4.5. Confirmação sorológica

A confirmação sorológica do gênero seria realizada através de testes sorológicos com soros polivalentes anti-salmonela somáticos e flagelares. Para tal, os cultivos que na identificação presuntiva apresentaram reações condizentes com o gênero seriam transferidos, com alça de níquel-cromo, para lâminas de vidro contendo gotas de solução fisiológica. Após a homogeneização de cada cultura, acrescentava-se uma gota de soro anti-salmonela polivalente somático-O, seguido de movimentação da lâmina e leitura. Ocorrendo aglutinação na mistura a prova foi considerada positiva. O mesmo procedimento foi realizado para o teste com soro polivalente flagelar-H. Foi considerado como do gênero *Salmonella* o cultivo que apresentou positividade em ambas as provas, que foram sempre acompanhadas com culturas padrões positivas e negativas.

4. Resultados e Discussão

Os resultados dos valores médios para umidade e perdas por gotejamento dos filés de peito estão apresentados na Tabela 3.

As doses de radiação não alteraram o teor de água dos filés, já o tipo de embalagem promoveu diferenças significativas, onde as amostras embaladas em filme de PVC apresentaram maiores valores em umidade com relação às amostras embaladas a vácuo. Semelhante ao observado por TOLEDO et al. (2001), que ao submeter peito, coxas e sobrecoxas de frangos frescos, refrigeradas (30 dias 4^o C) e congeladas (90 dias a -18^oC) irradiadas com diferentes doses (0, 2, 4, 6 e 8 kGy), verificaram que a umidade nas amostras de peito, coxas e sobrecoxas frescas diminuiu devido à irradiação, porém, nas amostras congeladas, nenhuma alteração foi observada com irradiação.

A embalagem deve oferecer barreira à água, para impedir a perda ou ganho de umidade nos alimentos, o filme de PVC possui alta permeabilidade à luz, moderada permeabilidade ao oxigênio e a vapores de água (SARANTÓPOULOS et al., 1998). Com relação ao armazenamento, observou-se redução significativa da umidade a partir do 4º mês. Isto provavelmente se deve pela desnaturação protéica da carne em baixas temperaturas de congelamento ou armazenamento, levando a perda de umidade SHENOUDA (1980).

As perdas por gotejamento foram maiores com o aumento da radiação ($p < 0,01$) e as perdas foram reduzidas significativamente quando os filés foram embalados na ausência de oxigênio (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados por LEONEL (2004) que trabalhando com irradiação (0, 3, 4 e 5 kGY) em carne de peito e pernas de aves suplementadas com vitamina E dietética, observou aumento significativo nas perdas por gotejamento com a irradiação, independentemente da dose utilizada. Segundo YOON (2003) através de observações por microscopia eletrônica observou que a irradiação causou endurecimento do músculo do peito de aves pela contração dos sarcômeros e ruptura nas unidades miofibrilares do músculo esquelético. Similar aos lipídios, o dano protéico desencadeado pela irradiação é catalisado por radicais livres formados pela radiólise da água (GIROUX & LACROIX, 1988).

Notou-se também perdas significativas do líquido exsudado com o armazenamento em relação ao período inicial de armazenamento (0 meses). O parâmetro temperatura de congelamento tem grande influência na qualidade do produto congelado, uma vez que com congelamento, a perda de líquido intracelular causada pelo fenômeno de osmose e/ou formação de grandes cristais de gelo que causam o rompimento das paredes celulares, resultando no descongelamento, excessivo gotejamento (FERNANDES de SÁ, 2004a).

Tabela 3. Médias para umidade e perdas por gotejamento (Drip) em filés de peito de frango irradiados em diferentes embalagens e armazenados durante 6 meses.

Causas de Variação	Umidade (%)	Drip (mL)
Irradiação (I)		
0	71,73	21,20c
1,5	71,71	36,45b
3,0	71,35	38,51a
Teste F	2,49 ^{NS}	809,35**
Embalagem (E)		
Vácuo	71,38b	29,13b
Filme PVC	71,81a	34,98a
Teste F	7,54**	231,81**
Armazenamento (meses) (A)		
0	72,44a	25,04d
2	72,13a	33,92b
4	70,35c	28,67c
6	71,47b	40,60a
Teste F	34,23**	310,49**
F interação IxE	1,25 ^{NS}	21,25**
F interação IxA	1,14 ^{NS}	8,40**
F interação ExA	1,97 ^{NS}	40,51**
CV(%)	1,08	5,86

Na mesma coluna, médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças estatísticas pelo teste de Tukey; **($p < 0,01$); ^{NS} - não significativo.

Na Tabela 4 encontram-se os desdobramentos das interações entre embalagens e doses de radiação; doses de radiação e armazenamento, bem como embalagens e armazenamento, para os valores de perdas por gotejamento nas amostras de filés de peito de frango.

Independente da embalagem utilizada as perdas por gotejamento foram maiores ($p < 0,01$) nas amostras irradiadas em relação as que não sofreram irradiação. O desarranjo estrutural no músculo observado por YOON (2003) pode ser um indicativo da desnaturação protéica e conseqüente impossibilidade de reabsorção total da água durante o descongelamento, ocorrendo assim, maior volume de exsudado nas amostras irradiadas. Quando se comparou as embalagens, observou-se que independentemente da irradiação, houve redução significativa nas perdas por gotejamento quando os filés foram embalados a vácuo (Tabela 4). A embalagem a

vácuo pode ser usada para evitar a exsudação em carnes, para tanto deve-se envolver firmemente o produto (SARANTÓPOULOS et al., 1991).

Tabela 4. Médias para a interação entre irradiação, embalagem e armazenamento para os valores de perdas por gotejamento – Drip (mL) em filés de peito de frango armazenados durante 6 meses.

Tratamentos	Embalagem		Doses de radiação (kGy)		
	Vácuo	Filme PVC	0	1,5	3,0
Armazenamento (meses)					
0	24,75Ba	25,33Ca	12,12Cc	27,75Cb	33,25Ca
2	32,42Aa	35,42Ba	23,00ABb	38,62Ba	40,12Ba
4	24,33Bb	33,00Ba	19,81BCb	31,94Ca	34,25Ca
6	35,05Ab	46,17Aa	27,87Ab	47,50Aa	46,44Aa
Embalagem					
Vácuo			16,72Bb	32,03Ab	35,66Ab
Filme PVC			25,69Ca	37,87Ba	41,37Aa

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Considerando o período de armazenamento e doses de radiação as amostras mantidas por seis meses e irradiadas (1,5 e 3,0 kGy), de maneira geral, foram as que apresentaram maiores ($p<0,01$) perdas por gotejamento. LOCKER (1985) cita que durante o descongelamento, mais de 47% do peso total pode ser exsudado sob forma de gotejamento, isso em função da severa contração que ocorre, durante o congelamento.

Observa-se, principalmente nos filés embalados em filme de PVC um aumento significativo nas perdas por gotejamento com o armazenamento e que a embalagem a vácuo foi efetiva na diminuição dessas perdas somente a partir do 4^o mês, em comparação as amostras embaladas em filme de PVC. Um fato deve ser levado em conta, o descongelamento das amostras foi feito em temperatura ambiente e este, segundo PIRES et al. (2002) pode determinar maiores perdas de exsudado, ocasionando menor rendimento de peso das porções de carne, sugerindo então períodos curtos de estocagem por congelamento e descongelamento sob resfriamento.

Os resultados referentes à coloração dos filés estão apresentados na Tabela 5 onde observou-se redução significativa da luminosidade (L) com a irradiação de 3,0 kGy e quando submetidas ao armazenamento.

Tabela 5. Médias para luminosidade (L), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*) em filés de peito de frango irradiados em diferentes embalagens e armazenados durante 6 meses.

Causas de Variação	Cor		
	L	a*	b*
Irradiação (I)			
0	48,15a	1,65c	5,20a
1,5	47,41ab	2,89b	3,97c
3,0	47,10b	3,17a	4,40b
Teste F	2,18**	383,27**	76,36**
Embalagem (E)			
Vácuo	47,58	2,69a	4,38b
Filme PVC	47,52	2,55b	4,66a
Teste F	0,03 ^{NS}	7,45**	11,51**
Armazenamento (meses) (A)			
0	48,71a	2,75ab	3,90c
2	47,18b	2,93a	5,36a
4	47,28b	2,59b	3,88c
6	47,03b	2,02c	4,95b
Teste F	5,03**	37,32**	81,53**
F interação IxE	0,31 ^{NS}	22,88**	33,14**
F interação IxA	2,06 ^{NS}	7,33**	10,98**
F interação ExA	0,16 ^{NS}	10,02**	30,89**
CV(%)	3,59	9,55	8,98

Na mesma coluna, médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças estatísticas pelo teste de Tukey; **($p < 0,01$); ^{NS} - não significativo.

Com relação à intensidade de vermelho (a*), verificou-se um aumento gradativo ($p < 0,01$) com a irradiação e para as amostras embaladas a vácuo os valores apresentaram-se significativamente maiores, enquanto que para o armazenamento observou-se uma diminuição da intensidade de vermelho a partir do 4º mês. A intensidade de amarelo (b*) também foi afetada pela irradiação, observando-se uma diminuição ($p < 0,01$) desses valores nas amostras irradiadas. Os filés embalados a vácuo apresentaram menores ($p < 0,01$) valores de b*, quando comparados aos

embalados em filme de PVC. Com relação ao armazenamento, as amostras apresentaram valores significativamente maiores de b^* no 2º e 6º mês.

Segundo MILTENBURG et al. (1992) quanto maiores os valores de L, mais pálida é a carne, e quanto maiores valores de a^* e b^* mais vermelha e amarela, respectivamente. Os resultados desta pesquisa são assemelham-se aos encontrados por DU et al. (2002) que observaram alterações significativas na luminosidade do peito de aves irradiada e armazenada em diferentes períodos. LACROIX et al. (2002), bem como DAVIS et al. (2004) e ZHU et al. (2004) verificaram alterações referentes a cor da carne suína devido à irradiação e ao tempo de armazenamento, tornando-as mais escuras quanto maior a dose e ao tempo de estocagem.

A redução na luminosidade dos filés com a irradiação pode estar associada com a maior perda de líquido observado no gotejamento (Tabela 3), sendo maior conforme a dose de radiação utilizada, ou seja, perde-se líquido, reduz-se o brilho ou L das amostras. O mesmo raciocínio para o armazenamento, onde observou-se maior perda de líquido ou menores valores de umidade e luminosidade.

A palidez da carne esta diretamente relacionada com a desnaturação protéica (OLIVO & OLIVO 2005), com perda de umidade em baixas temperaturas de congelamento ou armazenamento de alimentos congelados (SHENOUDA, 1980).

Os efeitos da radiação ionizante dependem da dose absorvida e das condições do meio em que se encontram os alimentos, como atmosfera, temperatura, etc., durante a irradiação (BREWER, 2004).

DU et al. (2002), utilizando 0 e 3kGy em filés de peito de frango embalados convencionalmente em condições aeróbicas e a vácuo e armazenados durante 7 dias, observaram, as amostras irradiadas, apresentaram maiores valores de a^* (intensidade de vermelho) em relação as não irradiadas, da mesma maneira, mudanças nos valores de b^* (intensidade de amarelo). A estocagem em embalagens aeróbicas reduziu os valores de a^* induzidos pela irradiação.

Os valores relativos à interação para o parâmetro a^* são apresentados nas Tabela 6, onde observa-se que a intensidade de vermelho foi maior ($p < 0,01$) nos filés embalados a vácuo e submetidos à irradiação, já nos embalados em filme de PVC

houve aumento significativo com o aumento da irradiação. Considerando-se os tipos de embalagens, observou-se que somente a 1,5 kGy as amostras embaladas em filme de PVC apresentaram uma redução ($p < 0,01$) nos valores de a^* .

Tabela 6. Médias para a interação entre irradiação, embalagem e armazenamento para os valores intensidade de vermelho (a^*) em filés de peito de frango armazenados durante 6 meses.

Tratamentos	Embalagem		Doses de radiação (kGy)		
	Vácuo	Filme PVC	0	1,5	3,0
Armazenamento (meses)					
0	2,76ABa	2,74Aa	1,51Ab	3,27Aa	3,48Aa
2	3,02Aa	2,84Aa	2,04Ac	2,95Ab	3,82Aa
4	2,48Ba	2,69Aa	1,60Ab	2,87Aa	3,30Ba
6	2,48Ba	1,92Bb	1,45Ab	2,48Aa	2,67Ba
Embalagem					
Vácuo			1,54Ba	3,20Aa	3,33Aa
Filme PVC			1,76Ca	2,59Bb	3,30Aa

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Mudanças na coloração em carnes cruas irradiadas ocorrem devido a susceptibilidade da molécula de mioglobina, especialmente do íon ferro, podendo gerar alterações químicas, dependendo da dose de radiação (BREWER, 2004). Segundo NAM & AHN (2002) atribuíram o aumento da intensidade de vermelho (a^*) em carnes de peru irradiada devido a formação do complexo carbono monóxido-mioglobina (CO-Mb). Estas mudanças podem ser atribuídas à redução do íon ferro da molécula de mioglobina (por conta de excitações dos elétrons desencadeados do processo de irradiação) combinando com o oxigênio ou água no interior da embalagem, tornando a mioglobina em oxi-mioglobina, resultando assim, a coloração avermelhada do músculo. Em contrapartida, TOLEDO et al. (2003), afirmaram que o tratamento de irradiação não interfere na biodisponibilidade do ferro em carnes de frango em doses de 2, 4, 6 e 8 kGy, logo não interferindo na coloração da carne.

Para a interação entre as doses de radiação e armazenamento para os valores de a^* observou-se, de maneira geral, aumento significativo quando se irradiou a

amostra. Uma redução ($p < 0,01$) na intensidade de vermelho foi notada no 4º e 6º mês de armazenamento, quando os filés foram irradiados em 3,0 kGy (Tabela 6).

Os dados de interação entre tipos de embalagens e armazenamento para os valores de a^* (Tabela 6), observou-se significativa redução para a^* no 6º mês de armazenamento, tanto nas amostras embaladas a vácuo, quanto nas embaladas em filme de PVC, da mesma forma se observou diminuição ($p < 0,01$) da intensidade de vermelho, quando se comparou o tipo de embalagens. NAM et al. (2001) reportaram que a irradiação diminui o potencial de oxido-redução em carne de aves, tanto em embalagens a vácuo como em ambiente aeróbico, a redução acentuada do meio quando embaladas em vácuo seria responsável pelo aumento da intensidade de vermelho pela redução do ferro, embora essa redução não fosse mantida no armazenamento. O potencial de oxido-redução em peito de frangos pode ser devido a absorção de elétrons durante a irradiação e que em embalagens aeróbicas ocorre dano na membrana dos tecidos, pela maior disponibilidade de oxigênio no interior das embalagens (DU et al., 2002).

Os resultados para a interação entre irradiação, embalagem e armazenamento para os valores de intensidade de amarelo (b^*) estão apresentados na Tabela 7. Pelos resultados pode-se observar uma redução significativa na intensidade de amarelo nos filés embalados a vácuo submetidos à irradiação, o mesmo só ocorreu nos filés embalados em filme de PVC no nível de 1,5 kGy de irradiação. Quando se compara a embalagem, notou-se um decréscimo ($p < 0,05$) nos valores de b^* somente a 3,0 kGy nas amostras embaladas à vácuo.

Tabela 7. Médias para a interação entre irradiação, embalagem e armazenamento para os valores de intensidade de amarelo (b^*) em filés de peito de frango armazenados durante 6 meses.

Tratamentos	Embalagem		Doses de radiação (kGy)		
	Vácuo	Filme PVC	0	1,5	3,0
Armazenamento (meses)					
0	4,20Ba	3,61Ca	4,42Ba	3,49Ba	3,80Ba
2	4,74ABb	5,98Aa	6,51Aa	4,53Ab	5,04Ab
4	3,43Cb	4,33BCa	3,86Ba	3,70ABa	4,07ABa
6	5,16Aa	4,74Ba	6,02Aa	4,15ABb	4,68ABb
Embalagem					
Vácuo			5,21Aa	4,15Ba	3,79Bb
Filme PVC			5,20Aa	3,79Ba	5,00Aa

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Estes resultados podem ser comparados aos encontrados por LIU et al. (2003) que observaram variações nos valores de b^* em músculos de peito de frangos depois de irradiados. Pelo contrário NAM & AHN (2002) não observaram alterações nos valores de b^* com a irradiação, mas notaram aumento dos valores durante o armazenamento em filés de peito de perus com a irradiação, tanto embalados a vácuo quanto em ambiente aeróbico.

Referente a interação entre doses de radiação e armazenamento nos valores de b^* (Tabela 7), observou-se diminuição significativa nos filés irradiados no 2º e 6º mês de armazenamento, quando comparados às amostras que não sofreram irradiação.

A interação entre embalagem e armazenamento, para os valores de b^* notou-se significativa redução dos valores no 4º mês de armazenamento nos filés embalados a vácuo (Tabela 7). Em carnes irradiadas a presença de oxigênio durante o armazenamento permite as carnes sofrerem alterações de cor através de reações e transferência de elétrons (BREWER, 2004). Nas embalagens a vácuo, a taxa de permeabilidade ao oxigênio do material influi diretamente na vida-util do produto, pois a entrada de pequena quantidade de oxigênio na embalagem gera uma baixa pressão parcial deste gás, suficiente para oxidação do pigmento de carnes frescas (OLIVEIRA et al., 2006)

Os dados para capacidade de retenção de água (CRA), perdas por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC), estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Médias para capacidade de retenção de água (CRA), perdas por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC) em filés de peito de frango irradiados em diferentes embalagens e armazenados durante 6 meses.

Causas de Variação	CRA (%)	PPC (%)	FC(kgf/cm ²)
Irradiação (I)			
0	68,35	18,92	1,55c
1,5	68,54	18,93	2,71b
3,0	67,73	19,50	3,04a
Teste F	1,90 ^{NS}	2,65 ^{NS}	244,46**
Embalagem (E)			
Vácuo	68,64a	18,04b	2,17b
Filme PVC	67,77b	20,19a	2,69a
Teste F	5,90*	114,16**	83,91**
Armazenamento (meses) (A)			
0	69,33a	27,77a	2,59a
2	70,47a	17,35c	2,26b
4	65,29c	11,61d	2,47ab
6	67,73b	19,74b	2,42ab
Teste F	39,98**	1109,75**	5,65**
F interação IxE	0,02 ^{NS}	12,88**	9,97**
F interação IxA	2,05 ^{NS}	8,23**	8,79**
F interação ExA	1,90 ^{NS}	2,96*	7,19**
CV(%)	2,55	5,16	11,60

Na mesma coluna, médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças estatísticas pelo teste de Tukey; **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); ^{NS}- não significativo.

Pela análise dos dados observou-se que os filés de frango se apresentaram de forma semelhante quanto à capacidade de retenção de água e perdas por cocção com relação aos níveis de irradiação. A irradiação não alterou de forma significativa a CRA, nem a PPC, mas quando se compara embalagem, observou-se haver maior capacidade de retenção de água e menor ($p < 0,01$) perda por cocção nas amostras embaladas a vácuo. Durante o armazenamento, pode-se observar que no 4^o e 6^o mês redução significativa na CRA, e diminuição significativa dos valores de PPC destas amostras, durante o período.

Estes resultados podem ser comparados aos encontrados por LEONEL (2004) que também não observou diferenças significativas quanto a perdas por cocção em filés de peito irradiados a 3,0; 4,0 e 5,0 kGy. Contudo, segundo LAWRIE (1977) as proteínas são afetadas com a irradiação e desta forma, a capacidade de retenção de água é acentuadamente comprometida. A capacidade de retenção de água corresponde à capacidade do músculo em manter a água ligada, sendo que a mesma apresenta relação com o aspecto da carne na cocção (BRESSAN 1998). Para BARBUT (1993) carnes de aves com baixa CRA tem sido associadas com maiores perdas por cocção (PPC), porém, para WARRISS (2003) a associação existente entre PPC e CRA é muito baixa.

O fato das amostras embaladas em filme de PVC apresentarem menor capacidade de retenção de água e maior perda de peso por cocção pode em parte ser explicado por terem tido maior teor de umidade e perda de exsudado (Tabela 3) em relação às amostras de peito embaladas a vácuo. No mesmo sentido, com relação ao armazenamento, a capacidade de retenção de água do tecido muscular tem efeito direto durante o armazenamento, quando as carnes apresentam pouca CRA, a perda de umidade, e conseqüentemente, de peso é grande (FERNANDES de SÀ 2004b), como observado também na Tabela 3.

A força de cisalhamento dos filés foi influenciada negativamente ($p < 0,01$) com o aumento da irradiação e nas amostras embaladas em filme de PVC. A dureza da carne se deve em parte a perda de água durante o cozimento, evidenciado pelo aumento da força requerida para cortar o músculo (FERNANDES de SÀ 2004b). Já no armazenamento, observou-se uma ligeira queda durante o período, porém somente observada de forma significativa entre o período 0 e 2 meses (Tabela 8).

O desdobramento das interações entre doses de radiação, tipos de embalagem e tempo de armazenamento nos filés de frango para PPC estão apresentados na Tabela 9.

Quando se comparou tipo de embalagem nos diferentes doses de radiação para as perdas por cocção, observou-se redução significativa para as amostras embaladas a

vácuo em relação às embaladas em filme de PVC, com exceção na dose de 3,0 kGy de radiação (Tabela 9).

Tabela 9. Médias para a interação entre irradiação, embalagem e armazenamento para os valores de perdas de peso por cocção (%) em filés de peito de frango armazenados durante 6 meses.

Tratamentos	Embalagem		Doses de radiação (kGy)		
	Vácuo	Filme PVC	0	1,5	3,0
Armazenamento (meses)					
0	26,96Ab	28,58Aa	28,44Aa	27,98Aa	26,90Aa
2	15,78Cb	18,92Ca	16,40Cb	16,79Cab	18,84Ba
4	10,55Dd	12,66Da	10,91Da	11,13Da	12,79Ca
6	18,87Bb	20,61Ba	19,93Ba	19,83Ba	19,48Ba
Embalagem					
Vácuo			17,91Ab	17,20Bb	19,02Aa
Filme PVC			19,93Aa	20,66Aa	19,98Aa

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

A cocção é um processo que compreende todas as trocas químicas, físico-químicas e estruturais dos componentes dos alimentos provocados pelo calor, desagregando as estruturas (ROSA et al., 2006). Concomitantemente a isso, associado ao congelamento pode ocorrer migração da água ao exterior das células musculares, facilitando sua perda (FERNANDES de SÀ 2004c). Observou-se assim, o efeito positivo da embalagem a vácuo com relação a possíveis perdas evaporativas durante o armazenamento.

Com relação à interação entre doses de radiação e tempo de armazenamento, notou-se menores ($p < 0,01$) perdas ao decorrer do armazenamento em relação ao período inicial de armazenamento (0 meses) independentemente da irradiação empregada (Tabela 9). Resultados semelhantes foram encontrados por LEONEL et al. (2005) que observaram redução nas perdas por cocção no armazenamento em comparação ao período inicial na carne do peito irradiada. As maiores perdas ocorreram inicialmente, (0 dias de armazenamento) evidenciando que no armazenamento ocorreram perdas evaporativas e redução da umidade das amostras

ou ainda através das perdas de exsudado, que foram maiores conforme o armazenamento (Tabela 3).

As interações entre irradiação, embalagem e armazenamento para força de cisalhamento nas amostras de filés estão apresentados nas Tabelas 10.

Na força de cisalhamento observou-se um aumento significativo com a irradiação e quando se comparou as embalagens, efeito positivo ($p < 0,01$) da embalagem a vácuo em relação à de filme de PVC em 0 e 1,5 kGy de irradiação (Tabela 10).

Apesar de PARDI et al. (1993) relatar que um dos efeitos imediatos produzidos pela irradiação é o abrandamento da textura na carne, para YOON (2003) através de observações por microscopia eletrônica observou que a irradiação causou endurecimento do músculo do peito de aves pela contração dos sarcômeros e ruptura nas unidades miofibrilares do músculo.

Nas análises de força de cisalhamento deste estudo as amostras de peito utilizadas foram as mesmas para as análises de perdas por cocção, sendo assim, outro fato que chama a atenção para o enrijecimento destas amostras foi o aquecimento empregado as mesmas para a condução das análises, pois segundo HAMM (1986), o processo de aquecimento desnatura as proteínas e desfaz a membrana separando a água intracelular e extracelular, conseqüentemente contribuindo para maiores valores de força de cisalhamento nos filés de peito.

Tabela 10. Médias para a interação entre irradiação, embalagem e armazenamento para os valores de força de cisalhamento (kgf/cm^2) em filés de peito de frango armazenados durante 6 meses.

Tratamentos	Embalagem		radiação (kGy)		
	Vácuo	Filme PVC	0	1,5	3,0
Armazenamento (meses)					
0	2,42Aa	2,76Aa	1,85Ab	3,17Aa	2,75Aa
2	1,77Ab	2,75Aa	1,26Ab	2,58Aa	2,95Aa
4	2,23Aa	2,70Aa	1,55Ac	2,46Ab	3,39Aa
6	2,25Aa	2,58Aa	1,54Ab	2,63Aa	3,07Aa
Embalagem					
Vácuo			1,14Cb	2,42Bb	2,94Aa
Filme PVC			1,96Ba	2,99Aa	3,13Aa

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Com relação ao tempo de armazenamento e doses de radiação (Tabela 10) para os valores de força de cisalhamento, notou-se não haver diferenças significativas dos valores com o armazenamento, porém, com o aumento da dose de irradiação, observou-se aumento ($p < 0,01$) na força de cisalhamento nos filés, principalmente no 4^o e 6^o mês de armazenamento. Em altas doses, algumas conexões podem ocorrer com a formação de novas proteínas induzidas pelo contato com aminoácidos livres e agregação das proteínas (BRAULT et al., 1997; LACROIX et al., 1998; MEZGHENI et al., 1998; RESSOUANY et al., 1998).

Quando se compara embalagens e armazenamento para força de cisalhamento, somente se observou efeito positivo da embalagem a vácuo no 2^o mês de armazenamento, quando comparado ao filme de PVC (Tabela 10). Resultados semelhantes foram observados por LACROIX et al. (2002) que irradiando amostras de carne suína armazenada durante dois meses observaram que a textura do músculo mensurada através da força de cisalhamento foi preservada nas amostras embaladas á vácuo em relação às embaladas em atmosfera com ar.

Os valores referentes ao pH e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) nas amostras de filés de frango estão apresentados na Tabela 11. Observou-se não haver interferência significativa sobre os valores do pH, ou seja, da irradiação, embalagem e tempo de armazenamento.

Estes resultados mostram que os músculos já apresentavam em estado do *rigor mortis*, visto que os valores de pH não diferiram entre os tratamentos empregados. Com a instalação do *rigor mortis*, ocorre a transformação do músculo em carne e o valor do pH é resultado da quebra de glicogênio a ácido láctico durante a glicólise pós-morte, tendo-se acúmulo de ácido láctico como produto final no músculo (OLIVO & OLIVO, 2005).

Tabela 11. Médias para pH e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico –NTBARS (mg MAL/kg) em filés de peito de frango irradiados em diferentes embalagens e armazenados durante 6 meses.

Causas de Variação	pH	TBARS (mg MAL/kg)
Irradiação (I)		
0	5,88	0,29c
1,5	5,90	0,36b
3,0	5,90	0,41a
Teste F	0,48 ^{NS}	90,50**
Embalagem (E)		
Vácuo	5,88	0,34b
Filme PVC	5,91	0,37a
Teste F	2,60 ^{NS}	17,45**
Armazenamento (meses) (A)		
0	5,88	0,15d
2	5,89	0,28b
4	5,95	0,24c
6	5,85	0,74a
Teste F	2,42 ^{NS}	1231,50**
F interação IxE	2,28 ^{NS}	5,48**
F interação IxA	0,36 ^{NS}	12,62**
F interação ExA	0,18 ^{NS}	2,25 ^{NS}
CV(%)	3,44	10,41

Na mesma coluna, médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças estatísticas pelo teste de Tukey; **($p < 0,01$); ^{NS} - não significativo.

Os valores de pH deste estudo são similares aos encontrados por LEONEL (2004) que não observou diferenças estatísticas para as carnes de peito e pernas irradiadas, nem para o armazenamento. Estes valores estão na faixa de pH normal de 5,8 ($\pm 0,5$) para o músculo do peito de acordo com SCHNEIDER (2004) que associou os diferentes valores de pH e luminosidade (L) para classificação do peito quanto a PSE (*Pale, Soft e Exudative*), Normal e DFD (*Dry, Firm e Dark*).

De acordo com ALLEN et al. (1997) há uma correlação positiva entre pH e armazenamento indicando um aumento do pH nos filés de peito de frangos com o armazenamento, o mesmo foi relatado por YANG & CHEN (1993).

SANTOS (2006) trabalhando na caracterização da carne de avestruz irradiada (0; 1,0 e 3 kGy), congelada e armazenada durante um ano observou haver diminuição do pH com a irradiação e armazenamento, principalmente dos animais controle,

atribuindo esse aumento ao desenvolvimento microbiano que através de seu metabolismo acidificam o meio, porém sem que houvesse comprometimento da qualidade da carne impossibilitando seu consumo (BRASIL, 1999).

Já para os valores de TBARS, notou-se que com o aumento da irradiação houve um aumento significativo para este parâmetro, e que a embalagem a vácuo foi efetiva na redução da oxidação, comparado aos filés embalados em filme de PVC. Segundo KANATT et al. (2005) o aumento nos valores de TBARS em produtos elaborados com carne de frango e suíno são dependentes da dose de radiação. De acordo com HAMPSON et al., 1996; LUCHSINGER et al., 1996; NAM & AHN, 2003 o processo de oxidação lipídica é acelerado pela processo de irradiação. A presença de oxigênio é o fator crítico que influencia a oxidação lipídica durante o armazenamento em carnes irradiadas (KATUSIN-RAZEM et al., 1992). Resultados semelhantes aos deste experimento foram verificados por DU et al. (2001) que compararam os valores de TBARS em filés de peito de frangos irradiados a 3,0 kGy e não irradiados, armazenados em embalagens na presença de oxigênio e a vácuo. Observaram significativo aumento deste parâmetro com a irradiação e maior estabilidade oxidativa nas amostras embaladas em vácuo após estocagem. Com relação ao armazenamento, observou-se um aumento de quase cinco vezes nos valores de TBARS ao 6º mês, comparados aos valores iniciais (Tabela 11).

Os dados referentes às interações entre embalagem e doses de radiação, bem como para os doses de radiação e armazenamento nos valores de TBARS dos filés, estão presentes na Tabela 12.

Tabela 12. Médias para a interação entre irradiação, embalagem e armazenamento para os valores de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – TBARS (mg MAL/kg) em filés de peito de frango armazenados durante 6 meses.

Tratamentos	Embalagem		Armazenamento (meses)			
	Vácuo	Filme PVC	0	2	4	6
Irradiação (kGy)						
0	0,29Ba	0,29Ba	0,14Ab	0,21Bb	0,20Cb	0,61Ba
1,5	0,34Ab	0,39Aa	0,16Ac	0,29Ab	0,23Bb	0,78ABa
3,0	0,39Ab	0,44Aa	0,16Ac	0,35Ab	0,30Ab	0,83Aa

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Pela análise da Tabela 12, observou-se aumento significativo do TBARS nos filés com a irradiação, e o efeito positivo ($p < 0,01$) das amostras embaladas a vácuo na redução da oxidação, quando comparado aos filés embalados em filme de PVC. O oxigênio atua como catalisador induzindo a oxidação lipídica na irradiação (LAMBERT et al., 1992; THAYER et al., 1993).

Com relação as doses de radiação e armazenamento (Tabela 12), notou-se que, de maneira geral, o TBARS foi significativamente maior com o armazenamento, desde o 2º mês. Quando se comparou as doses de radiação nos períodos de armazenamento, observou-se as maiores oxidações no final do período com valores mais elevados de TBARS com 3,0 kGy em relação ao tempo inicial.

Relacionando a irradiação com a temperatura de estocagem, JAVANMARD et al. (2006) ao analisarem carne de frango submetida a 0,75; 3,0 e 5,0 kGy, observaram a eficiência desse processo para a redução de cargas microbianas, quando associado a temperatura de congelamento. Além de não comprometer a estabilidade lipídica e atributos sensoriais, nessas condições a carne de frango apresentou extensão do prazo de vida comercial de até nove meses referente a maior dose.

Os dados referentes ao teor de proteína do líquido exsudado e bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT) estão apresentados na Tabela 13. Observou-se que a irradiação proporcionou aumentos significativos nos valores de proteína, como os de BNVT. Já os filés embalados a vácuo apresentaram uma redução significativa no teor de proteína do líquido exsudado e o contrario com relação ao BNVT. As mudanças químicas com danos estruturais causados as proteínas da carne dependem da dose de radiação, taxa ou velocidade do processo, temperatura e presença de oxigênio (GIROUX & LACROIX, 1998). A embalagem influencia a qualidade da carne irradiada, sob vácuo, por exemplo, os compostos voláteis ficam retidos as carnes, enquanto sob condições aeróbicas, estes compostos são dispersos (AHN et al., 2001; NAM et al., 2002)

Tabela 13. Médias para proteína do líquido exsudado e bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT) em filés de peito de frango irradiados em diferentes embalagens e armazenados durante 6 meses.

Causas de Variação	Proteína (mg/mL)	BNVT (mg N/100g)
Irradiação (I)		
0	53,47b	6,76b
1,5	58,88a	7,70a
3,0	57,25a	7,57a
Teste F	18,41**	100,08**
Embalagem (E)		
Vácuo	55,64b	8,70a
Filme PVC	57,42a	5,99b
Teste F	5,72*	2129,63**
Armazenamento (meses) (A)		
0	115,78a	6,41c
2	54,46b	5,40d
4	30,95c	7,99b
6	24,94d	9,59a
Teste F	3094,81**	983,31**
F interação IxE	17,13**	179,64**
F interação IxA	20,43**	70,84**
F interação ExA	28,74**	537,97**
CV(%)	6,46	3,91

Na mesma coluna, médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças estatísticas pelo teste de Tukey; **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); ^{NS}- não significativo.

No armazenamento, notou-se que com o passar dos meses os teores de proteína no líquido exsudado foram diminuindo significativamente, e os maiores valores de BNVT foram observados no 4^o e 6^o mês de armazenamento (Tabela 13). Os resultados obtidos para o teor de proteína podem estar associados a quantidade do líquido exsudado, que foram significativamente maiores com o armazenamento (Tabela 3), pois segundo CHEFTEL et al. (1989), com o armazenamento, as carnes perdem expressivas quantidades de exsudado, que podem carrear nutrientes hidrossolúveis podendo inclusive resultar na redução de massa nas carnes. Com relação aos valores de BNVT, segundo ARAÚJO, et al. (2000), essas bases em carne de pescado aumentam progressivamente na estocagem e associam esse aumento aos processos enzimáticos e microbianos.

Os resultados dos desdobramentos das interações entre irradiação, embalagem e armazenamento nos filés de frango para os teores de proteína do líquido exsudado estão apresentados nas Tabelas 14.

Na interação entre doses de radiação e tipos de embalagens observou-se aumento significativo nos valores de proteína do líquido exsudado dos filés irradiados para os dois tipos de embalagem (Tabela 14). Maiores valores de proteína do líquido exsudado pode ser devido ao dano protéico desencadeado pela irradiação, catalisado por radicais livres formados pela radiólise da água (GIROUX & LACROIX, 1998), conseqüentemente, aumento do volume exsudado.

Tabela 14. Médias para a interação entre irradiação, embalagem e armazenamento para os valores de proteína do líquido exsudado (mg/mL) em filés de peito de frango armazenados durante 6 meses.

Tratamentos	Embalagem		Doses de radiação (kGy)		
	Vácuo	Filme PVC	0	1,5	3,0
Armazenamento (meses)					
0	118,99Ab	122,56Aa	105,56Ab	117,95Aa	123,82Aa
2	54,86Ba	54,07Ba	44,57Bb	48,01Bb	60,97Ba
4	33,07Ca	28,83Ca	31,38Ca	30,35Ca	31,12Ca
6	25,65Da	24,23Ca	22,37Da	26,40Ca	26,04Ca
Embalagem					
Vácuo			53,04Ba	55,14Aa	56,74Aa
Filme PVC			51,90Ba	58,61Aa	57,75Aa

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Para os resultados da interação entre doses de radiação e armazenamento, notou-se redução significativa nos valores de proteína, independentemente da dosagem empregada com o armazenamento. Quanto a irradiação nos períodos de armazenamento, observou-se que apesar das amostras irradiadas apresentarem maiores perdas de proteína exsudada em 0 e no 2º mês, essa diferença não foi significativa entre o 4º e 6º mês de armazenamento (Tabela 14). Essa redução pode estar associada com os menores teores de umidade dos filés com o armazenamento (Tabela 3) ou ainda, a irradiação pode ter promovido conexões com a formação de novas proteínas induzidas pelo contato com aminoácidos livres ou agregação das proteínas

(BRAULT et al., 1997; LACROIX et al., 1998; MEZGHENI et al., 1998; RESSOUANY et al., 1998).

Já com relação à interação entre embalagem e armazenamento sobre os teores de proteína (Tabela 14), observou-se também uma redução ($p < 0,01$) nos valores com o passar dos meses. Quando se comparou os tipos de embalagens, observou-se somente redução significativa deste parâmetro nas amostras de filés embalados a vácuo no início do armazenamento. Apesar de ter sido observadas perdas, estas foram minimizadas provavelmente por conta do estado de congelamento em que se encontravam as amostras, pois segundo GIROUX & LACROIX (1998), estudos sobre a irradiação de carnes demonstraram que a perda por alterações da composição de ácidos graxos ou aminoácidos não é suficiente para que possa ser considerado um problema nutricional.

Na Tabela 15 apresentam-se os desdobramentos das interações entre doses de radiação, tipos de embalagens e tempo de armazenamento para os valores de bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT).

Para a interação entre embalagem e irradiação, observou-se redução ($p < 0,01$) para os teores de BNVT dos filés de frango embalados em filme de PVC em comparação aos embalados a vácuo, e para as doses de radiação notou-se valores significativamente maiores nas amostras irradiadas em comparação aos filés não irradiados (Tabela 15). Resultados semelhantes foram obtidos por DU et al. (2001) que irradiando filés de peito de frangos, observaram um aumento significativo nos voláteis totais nas amostras embaladas a vácuo e irradiadas a 3,0 kGy em relação as embaladas em atmosfera aeróbica. Segundo HANSEN et al. (1987) há um aumento nos compostos voláteis em carne de frango com a irradiação.

Tabela 15. Médias para a interação entre irradiação, embalagem e armazenamento para os valores de bases nitrogenadas voláteis totais – BVNT (mg/100g) em filés de peito de frango armazenados durante 6 meses.

Tratamentos	Embalagem		Doses de radiação (kGy)		
	Vácuo	Filme PVC	0	1,5	3,0
Armazenamento (meses)					
0	6,93Ca	5,88Ba	6,05Ba	6,20Ba	6,97Ba
2	7,28BCa	3,51Cb	4,45Bb	5,03Ba	4,71Ca
4	12,60Aa	6,58Bb	9,38Ab	8,52Ab	10,87Aa
6	7,99Ba	6,19Ab	6,94Bb	7,31Ab	7,73Ba
Embalagem					
Vácuo			7,55Ba	8,86Aa	9,70Aa
Filme PVC			5,86Bb	6,67Ab	6,44Ab

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Com relação à interação entre irradiação e armazenamento, para BVNT (Tabela 15), notou-se significativo aumento no 4º mês, independente da dose de radiação utilizada. Já quando se comparou as doses de irradiação nos períodos de armazenamento, observou-se que no 2º mês as amostras com 0 kGy apresentaram menores ($p < 0,01$) valores de BVNT e no 4º e 6º mês de armazenamento foi observado aumento nos teores para as amostras que receberam 3,0 kGy de radiação. NAM & AHN (2003) relatam haver uma aumento nos compostos voláteis nas amostras de peito de peru irradiados a 3,0 kGy, acondicionados a vácuo sobre armazenamento, apesar de observar reduções oxidativas com o uso das embalagens a vácuo.

Ainda na Tabela 15 encontram-se os resultados de interação entre embalagem e armazenamento para os valores de BVNT. Observou-se que os filés embalados a vácuo apresentaram valores significativamente maiores com o armazenamento. Alguns autores relacionam os compostos voláteis em carnes com as alterações oxidativas observadas através das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) (DU et al., 2001). Observa-se na Tabela 12 que tanto a irradiação, quanto o armazenamento podem ter contribuído para o aumento das substâncias voláteis nesse estudo. KILCAST (1994) relata que em carnes irradiadas, em um primeiro estágio ocorre autoxidação das gorduras, desenvolvendo assim sabor de ranço as amostras, outra alteração importante a ser ressaltada diz respeito aos aminoácidos, que podem sofrer

pequenas quebras e liberação de odor desagradável, porém, deve-se lembrar que isso acontece em pequenas proporções, não acarretando problemas no valor nutricional das carnes. Quando utilizadas em baixas doses, a irradiação na ausência de oxigênio, os processos oxidativos são minimizados (PIGOTT & TUCKER, 1991).

O Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) do Ministério da Agricultura preconiza níveis de Bases Voláteis Totais inferiores a 30 mg N/100 g em carnes para atestar frescor ao produto (BRASIL, 1980).

Na Tabela 16 encontram-se os resultados referentes aos atributos sensoriais: cor, odor, textura, preferência e aspecto geral dos filés de frango. Observou-se que, de maneira geral, e apesar dos provadores não serem treinados houve uma depreciação significativa das notas aos atributos com a irradiação.

As diferenças para os atributos sabor e odor foram mais acentuadas entre as amostras controle e as irradiadas a 3,0 kGy . Estas mudanças podem ser atribuídas ao ranço ocorrido pela interação de radicais livres (gerados pela irradiação) com os lipídios ou ainda pela hidrólise das proteínas, desencadeando compostos sulfurados livres (DIEHL, 1995). MERRIT (1966), sugeriu que a irradiação atua nas moléculas de lipídios e proteínas causando odores desagradáveis. ZHU et al. (2004) observaram haver diferenças significativas com relação aos atributos odor e sabor nas amostras irradiadas, e atribuíram aos compostos sulfúricos como responsáveis na depreciação destes atributos. Sob condições aeróbicas de armazenamento, aproximadamente todos os compostos voláteis que conferem odores e sabores desagradáveis às carnes são dispersos (KATUSIN-RAZEM et al., 1992; AHN et al., 2000).

Tabela 16. Médias obtidas para os atributos sensoriais: sabor, odor, textura, preferência e aspecto geral em filés de peito de frango irradiados em diferentes embalagens e armazenados durante 6 meses.

Atributos	Sabor	Odor	Textura	Preferência	Asp. Geral
Irradiação (I)					
0	6,94a	6,60a	7,07a	7,01a	7,02a
1,5	6,60ab	6,50a	6,50b	6,55b	6,68b
3,0	6,33b	6,14b	6,02c	6,05c	6,21c
Teste F	8,78**	6,08**	25,71**	23,42**	19,27**
Embalagem (E)					
Vácuo	6,79a	6,55a	6,77a	6,75a	6,76a
Filme PVC	6,46b	6,28b	6,30b	6,33b	6,51b
Teste F	7,83**	6,10*	15,42**	12,88**	5,40*
Armazenamento (meses) (A)					
0	6,57	6,48	6,53	6,57	6,81
2	6,56	6,29	6,64	6,50	6,62
4	6,60	6,39	6,49	6,39	6,45
6	6,77	6,400	6,49	6,70	6,67
Teste F	0,67 ^{NS}	2,15 ^{NS}	0,37 ^{NS}	1,30 ^{NS}	1,98 ^{NS}
F interação IxE	0,51 ^{NS}	0,19 ^{NS}	3,13*	1,13 ^{NS}	1,25 ^{NS}
F interação IxA	1,37 ^{NS}	2,01 ^{NS}	0,95 ^{NS}	0,78 ^{NS}	1,06 ^{NS}
F interação ExA	0,64 ^{NS}	0,37 ^{NS}	1,63 ^{NS}	0,82 ^{NS}	0,28 ^{NS}
CV(%)	22,03	21,38	22,43	21,56	19,85

Na mesma coluna, médias seguidas de letras diferentes, indicam diferenças estatísticas pelo teste de Tukey; **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); ^{NS} - não significativo.

Com relação ao tipo de embalagem utilizada, observou-se que as amostras embaladas a vácuo receberam as melhores ($p < 0,01$) notas em todos os atributos sensoriais avaliados. No processo de irradiação, o oxigênio do alimento, bem como o que se encontra ao redor é dissolvido e fica sujeito à ativação pela irradiação, este processo é eficiente neste aspecto quando os produtos são embalados a vácuo (MONK et al., 1995; LEE et al., 1996). Já quanto ao tempo de armazenamento não foi verificada diferença estatística para os atributos sensoriais, independente do tempo de armazenamento. O fato das amostras terem sido congeladas e embaladas a vácuo podem ter minimizado as alterações sensoriais frente à irradiação, não sendo detectadas com o armazenamento.

A Tabela 17 apresenta os dados do desdobramento da interação entre tipo de embalagem e doses de radiação nas amostras de filés de frango para o parâmetro textura. Observou-se que os provadores atribuíram as piores ($p < 0,05$) notas para a textura nas amostras embaladas a vácuo somente quando empregado 3,0 kGy, enquanto nas embaladas em filme de PVC essa diferença foi observada desde 1,5 kGy de radiação.

Tabela 17. Médias para a interação entre embalagem e níveis de irradiação para textura em filés de peito armazenados durante 6 meses.

Embalagem	Irradiação (kGy)		
	0	1,5	3,0
Vácuo	7,10Aa	6,81Aab	6,33Ab
Filme PVC	6,93Aa	6,30Ab	5,77Ab

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

DU et al. (2002) relataram que a exposição aeróbica de amostras crua de frango e irradiada sugere um método de prevenção de algumas características sensoriais após cozimento.

Os dados referentes às análises microbiologia são apresentados na Tabela 18. Pela análise dos resultados observa-se a presença de coliformes totais/fecais somente nas amostras que não sofreram irradiação, independentemente da embalagem utilizada e do tempo de armazenamento. As doses propostas (1,5 e 3,0 kGy) foram suficientes para eliminar os microrganismos dos filés de frango.

MIYAGUSKU et al. (2003) não observaram contagem destas bactérias nas amostras irradiadas (1,5; 3,0 e 7,0 kGy) ao longo do armazenamento nos filés de frango refrigerados, porém, segundo ABU-TARBOUSH et al. (1997) relataram haver pouca influência no desenvolvimento microbiano com o aumento da dose de radiação.

Com relação aos dados de *Salmonella*, observou-se ausência (em 25 g) em todos os tratamentos, ou seja, nas amostras embaladas a vácuo ou filme de PVC, bem como nas irradiadas ou não e também no armazenamento de até seis meses (Tabela 18).

Tabela 18. Médias obtidas para coliformes Totais/Fecais e *Salmonella* em filés de peito armazenados.

Tratamentos ¹	Coliformes (NMP/g)		<i>Salmonella</i> (25g)
	Totais	Fecais	
0 (meses)			
V 0	7,6	7,6	ausência
V1,5	-----	-----	ausência
V3,0	-----	-----	ausência
F 0	0,8	0,8	ausência
F1,5	-----	-----	ausência
F3,0	-----	-----	ausência
2 (meses)			
V 0	18,5	6,2	ausência
V1,5	-----	-----	ausência
V3,0	-----	-----	ausência
F 0	4,1	4,1	ausência
F1,5	-----	-----	ausência
F3,0	-----	-----	ausência
4 (meses)			
V 0	3,2	3,2	ausência
V1,5	-----	-----	ausência
V3,0	-----	-----	ausência
F 0	7,6	7,6	ausência
F1,5	-----	-----	ausência
F3,0	-----	-----	ausência
6 (meses)			
V 0	210	195	ausência
V1,5	-----	-----	ausência
V3,0	-----	-----	ausência
F 0	190	190	ausência
F1,5	-----	-----	ausência
F3,0	-----	-----	ausência

¹- V- Embalagens a vácuo; F- Embalagens em filme de PVC. Doses de radiação (kGy) - 0; 1,5; 3,0.

Para que ocorra o desenvolvimento e multiplicação de microrganismos, é necessário que no meio se encontrem elementos nutritivos e condições favoráveis como: oxigênio, valor de pH ótimo (para a maioria das bactérias está entre 5 e 8),

umidade (os microrganismos somente se desenvolvem em um meio com atividade de água ideal) e temperatura, este último de grande importância, pois a medida que se reduz a temperatura, o desenvolvimento destes microrganismos torna-se cada vez mais lento (PEREIRA, 1997).

Segundo DICKSON, 1995; MORETTI, 1993 doses entre 1,5 e 3,0 kGy são suficientes para inativar *Salmonella* em carne de frango. No entanto, para sugerir uma dose de radiação para o tratamento de um produto a fim de torná-lo microbiologicamente adequado ao consumo humano, deve ser considerado, juntamente com o valor D_{10} do microrganismo, o nível de contaminação do produto e para quanto este nível deve ser reduzido (SANTOS et al., 2003).

O índice de coliformes totais avalia condições higiênicas e o de coliformes fecais é empregado como indicador de contaminação fecal, já o gênero *Salmonella*, indica presença das mais importantes bactérias que causam intoxicações alimentares e são transmitidas através de alimentos contaminados. As amostras de filés estão de acordo com o ministério da saúde que estabelece ausência de *Salmonella* em 25 g do produto (BRASIL, 2001), evidenciando a crescente preocupação com segurança alimentar, contribuindo para melhorias na qualidade do produto final.

5. Conclusões

A irradiação afetou os parâmetros físico-químicos alterando a qualidade tecnológica dos filés congelados.

Devido ao processo oxidativo envolver oxigênio, a utilização de embalagem a vácuo aliada às amostras serem irradiadas em seu estado congelado parece ser uma alternativa para minimizar os efeitos deste processo.

Os atributos sensoriais foram depreciados com a irradiação, mas não ocorreu rejeição do produto com o armazenamento. A melhor aceitação foi dos filés de peito de frango embalados a vácuo.

Nos resultados microbiológicos a irradiação foi efetiva na eliminação dos coliformes fecais/totais, em ambas embalagens, mesmo quanto ao armazenamento.

6. Implicações

A falta de divulgação, bem como informações de esclarecimento ao consumidor ainda é um entrave quando se fala em irradiação. O conhecimento e divulgação de novas tecnologias por parte da comunidade científica restringe essas informações, sua aplicabilidade pela indústria e posterior divulgação, seja ela através de propagandas ou ainda em seus rótulos de produtos ajudariam a divulgar essas tecnologias. No presente estudo podemos observar que tanto para os consumidores bem como para a indústria os dados são de interesse, pois podemos notar que através de testes sensoriais não houve rejeição quando os produtos foram submetidos ao processo de irradiação, e sua segurança na eliminação de coliformes.

Já para a indústria tanto os dados sensoriais, bem como os físico-químicos podem revelar pequenas alterações quando se trabalha com baixas dosagens de irradiação (1,5 kGy), aliado ao fato do congelamento e embalagem sob vácuo.

7. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES E EXPORTADORES DE FRANGO (ABEF), 2007, Disponível em www.abef.com.br/agronegocios, acesso dezembro 2007.

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. *J. Food. Prot.*, Ames, v.60, n.7, p.761-770, 1997.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. ANVISA - *Regulamento técnico para irradiação de alimentos*: RDC N.21 de 26 de Janeiro de 2001. Brasília, BRASIL, 2001.

AHN, D. U.; JO, C.; DU, M.; OLSON, D. G.; NAM, K. C. Quality characteristics of pork patties and storage in different packaging and storage conditions. *Meat Sci.*, v.56, p.203-209, 2000.

AHN, D. U.; NAM, K. C.; DU, M.; JO, C. Volatile production in irradiated normal, pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) pork under different packaging and storage conditions. *Meat Sci.*,v.57, p.419-426, 2001.

ALLEN, C. D.; RUSSELL, S. M.; FLETCHER, D. L. The relationship of broiler breast meat color and pH to shelf-life and odor development. *Poult. Sci.*, v. 76, p.1042-1046, 1997.

ALMEIDA, P. F.; SILVA, E. N. Estudos sobre o controle e disseminação bacteriana em carcaças de frangos de abatedouros industriais. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.44, n.2, p.105-120, 1992.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. APHA - Committee on Microbiological Methods for Foods. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 3.ed. Washington, 1992. 1219 p.

ARAÚJO, M. G.; GASPAR, A.; MONTENEGRO, M. Tempo de prateleira de pescadinha (*Cynoscion* spp.) resfriada. Avaliação quanto aos aspectos físico-químicos e sensoriais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17, 2000 Fortaleza. Resumos: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.1, p.187.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. AOAC - *Official methods of analysis*.16. ed. Arlington, 1995, 1094 p.

BAIRD-PARKER, A.C. The Staphylococci: an introduction. *J. Applied Bacteriol.*, Oxford, v.19, p. 15-85, 1990.

BARBUT, S. Colour measurements for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey meats. *Food Res. Int.*, v.26, p.39-43, 1993.

BRASIL. RDC N.12 de 02 de Janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Brasília, DF: ANVISA.2001.

BRASIL, Métodos analíticos físico-químicos para controle de produtos cárneos e seus ingredientes – sal e salmoura – SDA. Instrução normativa nº 20 de 21/07/1999, publicada no Diário Oficial da União, de 09/09/99. Brasília : Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Brasília, 1980. 165 p.

BRAULT, D.; D'APRANO, G.; LACROIX, M. Formation of free-standing edible films from irradiated caseinates. *J. Agric. Food Chem.*,v. 45,p.2964-2969, 1997.

BRESSAN, M. C. *Efeito dos fatores pré-abate sobre a qualidade do peito de frango*. 1998. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, 179 p.

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

BRUHN, C. M. Strategies for communicating the facts on food irradiation to consumers. *J. Food Prot.*, v.58, n.1, p.213-216, 1995.

BRUHN, C. M.; SHUTZ, H. G. Consumer awareness and outlook for acceptance of food irradiation. *Food Technol.*, Chicago, v.43, n.7, p.93-94,97, 1989.

CASON, J.A.; LYON, C.E.; PAPA, C.M. Effect of muscle opposition during rigor on development of broiler breast meat tenderness. *Poult. Sci.*,v. 76,p.725-787, 1997.

CHEFTEL, J. C.; CUQ, J. L.; LORIENT, D. Proteínas alimentares. Zaragoza: Acribia, 1989.

CODEX ALIMENTARIUS. General requirements, 2nd. Rome: FAO/WHO, 1999, 390p.

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

DICKSON, J.S. Radurization – The pasteurization of foods by ionizing radiation. *J. Food Prot.*, v.58, supl.n.58, p1-70, 1995.

DIEHL, J. F. Safety of irradiated foods, 2. ed. New York, Marcel Dekker, 1990, 345 p.

DIEHL, J. F. Safety of irradiated foods, 2. ed. New York, Marcel Dekker, 1995, 454 p.

DU, M.; AHN, D.U.; NAM, K.C.; SHELL, J.L. Influence of dietary conjugated acid on volatile profiles, color and lipid oxidation of irradiated raw chicken meat. *Meat Sci.*,v. 56,p.387-395, 2000.

DU, M.; HUR, S. J.; NAM, K. C.; ISMAIL, H.; AHN, D. U. Volatiles, color, and lipid oxidation of broiler breast fillets irradiated before and after cooking. *Poult. Sci.*, v.80,p.1748-1753, 2001.

DU, M.; HUR, S. J.; AHN, D. U. Raw-meat packaging and storage affect the color and odor of irradiated broiler breast fillets after cooking. *Meat Sci.*, v.61, p.49-54, 2002.

DURANTE, R. W. Food processors requirements met by radiation processing. *Radiation Phys. Chem.*, v.63, p.289-294, 2002.

DUTCOSKY, S. D. *Análise sensorial de alimentos*. Curitiba: Champagnat, 1996, 123 p.

EGAN, H.; KIRK, R. S.; SAWYER, R. S. *Pearson's chemical analysis of foods*. 8. ed. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1981, 591p.

FAO. Food and Agricultural Organization. *Production Yearbook*, Roma, v.47, 254p, 1993.

FARKAS, J. Decontamination, including parasite control, of dried, chilled and frozen foods by irradiation. *Acta Aliment.*, v.16, n.4, p.351-384, 1987.

FELDHUSEN, F.; WARNATZ, A.; ERDMANN, R.; WENZEL. Influence of storage time on parameters of colour stability of beef. *Meat Sci.*, v.40, p.234-243, 1995.

FERNANDES de SÁ, E. M. Influência da água nas propriedades da carne - 1. *Revista da Carne*, Ed.325, 2004. Disponível em <http://www.suino.com>, acesso Dezembro, 2007a.

FERNANDES de SÁ, E. M. Influência da água nas propriedades da carne - 2. *Revista da Carne*, Ed.325, 2004. Disponível em <http://www.suino.com>, acesso Dezembro, 2007b.

FERNANDES de SÁ, E. M. Proteção das propriedades da carne fresca pela embalagem - 5. *Revista da Carne*, Ed.325, 2004. Disponível em <http://www.suino.com>, acesso Dezembro, 2007c.

FERRARI, C. K. B. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicos. *Revista de Nutrição*, v.11, n.1, p.3-14, 1998.

FRANCISCO, D. C.; NASCIMENTO, V. P.; LOGUERCIO, A. P.; CAMARGO, L. Caracterização do consumidor de carne de frango da cidade de Porto Alegre. *Ciênc. Rur.*, Santa Maria, v.37, n. 1, p.253-258, 2007.

FRANCO, B. G. D. M.; LANDGRAF, M. Microbiologia dos alimentos. São Paulo. Atheneu, 1986, 182 p.

FREITA, R. M. Preservação de alimentos por irradiação em baixas doses. Dissertação. Rio de Janeiro, 2003. 118p. (Mestrado em Ciência de Engenharia Nuclear). 118p. Secretaria de Ciência e Tecnologia, Instituto Militar de Engenharia,, Rio de Janeiro, 2005.

GARCIA-MORENO, M. L. Estudo do efeito combinado do processo de irradiação, temperatura e atmosfera sobre a conservação da carne bovina. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

GIROUX, M.; LACROIX, M. Nutritional adequacy of irradiated meat – a review. *Food Res. Int.*,v. 31,p.257-264, 1998.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meat. *Meat Sci.*, v.43, p.S111- S123, 1996.

GREENBERG, R. A. Irradiated foods. 4.ed. New York: American Council on Science and Health, 1996, 32 p.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food Res*, v.10, p.355-463, 1960.

HAMM, R. Functional properties of myofibrillar system and their measurements. In: *Muscle as Food*. New York: Academic Press, p.135-200, 1986.

HAMPSON, J. W.; FOX, J. B.; LAKRITZ, L.; THAYER, D. W. Effect of low dose gamma radiation on lipids in five different meats. *Meat Sci*. v.42,p.271-176, 1996.

HANSEN, T. J; CHEN, G. C; SHIEH, J. J. Volatiles in skin of low dose irradiated fresh chicken. *J. Food Sci.*, Chicago, v. 52, p. 1180-1182, 1987.

HARTREE, E.F. Determination of protein a modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. *Anal. Biochem.*, Orlando, v.48, p.422-427, 1972.

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.*,v. 49.n.4,p.447-457, 1998.

INTERNATIONAL COMMITTEE ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATION FOR FOOD - ICMSF. *Microorganisms in food*. I - Their significance and methods of enumeration. 2ed., Toronto: University Press, 1978, 434 p.

INTERNATIONAL CONSULTATIVE GROUP ON FOOD IRRADIATION (ICGFI). Code of good irradiation practice for the control of pathogenic microorganisms in poultry feed. Vienna, 1995.

JARRET, R. D. Isotope (gama) radiation sources. In: JOSEPHSON, E. S.; PETERSON, M. S. Preservation of food by ionizing radiation. Boca Raton: CRC Press. V.1, p.137-163, 1987.

JAVANMARD, M.; ROKNI, N.; BOKAIE, S.; SHAHHOSSEINI, G. Effect of gamma irradiation and frozen storage on microbial, chemical and sensory quality of chicken meat in Iran. *Food Control*, v.3, n.2, p113-118, 2006.

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

KAMPELMACHER, E. H. irradiation of food: a new techonology for preserving and ensuring the hygiene of foods. *Fleischwirtschaft*, v.64, p.322-327, 1984.

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

KATUSIN-RAZEM, B.; MIHALJEVIC, K. W.; RAZEM, D. Time-dependent post irradiation oxidative chemical changes in dehydrated egg products. *J. Agric. Food Chem.*, v.40, p.1948-1952, 1992.

KILCAST, D. Effect of irradiation on vitamins. *Food Chem*, England, v.49, p.157-164, 1994.

KIM, Y. H.; NAM, K. C.; AHN, D. U. Volatile profiles, lipid oxidation and sensory characteristics of irradiated meat from different animal species. *Meat Sci.*, v.61, n.3, p.257-265, 2002.

KOLSARICI, N.; KIRINKA, G. Effect of radurization on microbiological, chemical and sensorial proprieties of chiken meats. *Gida*, v.20, n.2, p.67-73, 1995.

LACROIX, M. L.; SMORAGIEWICZ, W.; JOBIN, M.; LATTREILLE, B.; KRZYSTYNIAK, K. The effect of irradiation of fresh pork loins on protein quality and microbiological changes in aerobically or vacuum-packaged. *Rad. Phys. Chem.*, v.63, n.317-322, 2002.

LACROIX, M.; JOBIN, M.; MEZGHENI, E.; SROUR, M.; BOILEAU, S. Polymerization of calcium caseinates solutions induced by gamma irradiation. *Radiat. Phys. Chem.*, v. 52, p.1-6, 1998.

LAGUNAS-SOLAR, M. C. Radiation processing of foods: an overview of scientific principles and current status. *J. Food Prot.*, v.58, n.2, p.186-192, 1995.

LAMBERT, A. D; SMITH, J. P; DOODS, K. L. Physical, chemical and sensory changes in irradiated fresh pork packaged in modified atmosphere. *J. Food Sci.*, Chicago, v. 57, n.6, p. 1294-1299, 1992.

LAWRIE, R. A. *Ciencia de la Carne*: Zaragoza, Acribia, 1977, 455 p.

LEE, S. K.; MEI, L.; DECKER, E. A. Lipid oxidation in cooked turkey as affected by added antioxidant enzymes. *J. Food Sci.*, v. 61, p.726-728, 1996.

LEISTENER, L. Hurdle technology. In: JUNEJA, V. K.; SOFOS, J. N. *Control of foodborne microorganisms*. New York: Marcel Dekker, p. 493-508, 2002.

LEONEL, F. R. *Efeito da vitamina E sobre parâmetros quantitativos e qualitativos da carne de frango submetida ou não a irradiação e armazenada por diferentes períodos*. Jaboticabal, SP, 2004. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

LEONEL, F. R.; SOUZA, H. B. A. ; SOUZA, P. A.; SCATOLINI, A. M.; BOIAGO, M. M.; LIMA, T. M. A. Irradiação, vitamina E e armazenamento nas características físicas da carne de frango. *Brazilian J. Poult. Sci.*, Supl. 7, p.167, 2005.

LILLARD, H. S. The impact of commercial processing procedures on the bacterial contamination and cross-contamination of broiler carcasses. *J. Food Prot.*, Ames, v.48, n.3, p.202-204, 1990.

LOAHARANU, P.; MURREL, D. A. A role for irradiation in the control of foodborne parasites. *Trends Food Sci. Technol.*, Cambridge, v.5 p.190-195, 1994.

LOCKER, R. H. Cold induced toughness of meat. In: Pearson, A.M.; Dutson, T. R. *Advances in Meat Research*. Westport: AVI, v.1, 1985.

LUCHSINGER, S. E.; KROPF, D. H.; GARCIA-ZEPEDA, C. M.; HUNT, M.C.; MARSDEN, J. L.; RUBIO-CNAS, E.J.; KSTNER, C. L.; KUECHER, W.G.; MATA, T. Color and oxidative rancidity of gamma and eletron-bean irradiated boneless pork chops. *J. Food Sci.*,v.61,p.1000-1005, 1996.

MALISKA, C. Conservação de alimentos por irradiação. *Rev. Hig. Alim.*, v. 14, p.16-17, 2000.

MARCOTTE, M. Irradiated strawberries enter the U.S. market. *Food Technol.*, Chicago, v.46, n.5, p.80-86, 1992.

MAYER-MIEBACH, E. Food irradiation – a means of controlling pathogenic microorganisms in food. *Food Sci. Technol.*, v.26, p.493-497, 1993.

McCALL, M.R.; FREI, B. Can antioxidant vitamins materially reduce oxidative damage in humans? *Free Radic. Biol. & Med.*, v.26, n.7/8, p.1034-1053, 1999.

MERRIT, C. J. Chemical changes induced by irradiation in meats and meats components. *Food Irrad.*, Saclay, v.7, 1966.

MEZGHENI, E.; D'APRANO, G.; LACROIX, M. Formation of sterilized edible-films base don caseinates. *J. Agric. Food Chem.*,v. 46,p.318-324, 1998.

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

MILTENBURG, G. A. J.; WENSING, T. H.; SMULDEIS, F. J. M.; BREUKINK, H. J. Relationship between blood hemoglobin, plasma tissue iron, muscle heme pigment, and carcass color of veal. *J. Anim. Sci.*, Champaign,v. 70.n.9,p.2766-2772, 1992.

MIYAGUSKU, L.; CHEN, F.; LEITÃO, M. F. F.; BAFFA, O. Avaliação microbiológica e sensorial da vida-útil de cortes de peito de frango irradiados. *Ciênc. Tecnol. Alim.*, v.23, p.7-19, 2003.

MONK, J. D.; CLAVERO, M. R. S.; BEUCHAT, L. R.; DOYLE, M. P.; BRACKETT, R.E. Irradiation inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in low and high fat, frozen and refrigerated ground beef. *J. Food Protect.*,v. 57,p.969-974, 1995.

MORETTI, R. H. Cost-Benefit of poultry irradiation in Brazil. In: *Cost-benefit aspects of food irradiation processing*. Vienna: IAEA, 1993.

MURANO, E. A. Irradiation of fresh meats. *Food Technol.*, Chicago, p.52-54, 1995.

NAM, K. C.; AHN, D. U. Mechanisms of pink color formation in irradiated precooked turkey breast. *J. Food Sci.*,v. 67.n.2,p.600-607, 2002.

NAM, K. C.; AHN, D.U. Combination of aerobic and vacuum packaging to control lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated raw turkey breast. *Meat Sci.*, v.63,p. 389-395, 2003.

NAM, K. C.; LEE, H. A.; MIN, B.S.; KANG, C. W. Influence of dietary supplementation with linseed and vitamin E on fatty acids, α -tocopherol and lipid peroxidation in muscles of broiler chicks. *Anim. Feed Sci. Technol.*,v. 66,p.149-158, 1997.

NAM, K. C.; AHN, D. U.; DU, M.; JO, C. Lipidi oxidation, color, volatiles, and sensory characteristics of aerobically packaged and irradiated pork with different ultimate pH. *J. Food Sci.*, v.66,p.1220-1225, 2001.

NANKE, K. E.; SEBRANEK, J. G.; OLSON, D. G. Color characteristics of irradiated vacuum-packaged pork, beef, and turkey. *J. Food Sci.*, v.63, p.1001-1006, 1998.

OLIVEIRA, L.C. Present situation of food irradiation in South America and the regulatory perspectives for Brazil. *Radiation Phys. Chem.*, Oxford, v.57,p.249-252, 2000.

OLIVEIRA, L. M.; SARANTÓPOULOS, C, I. G. L.; CUNHA, D, G.; LEMOS, A. B. Embalagens termoformadas e termoprocessáveis para produtos cárneos processados. *Polímeros: Ciênc. Technol.*, v.16, n.3, p.202-210, 2006.

OLIVO, R.; OLIVO, N. O mundo das carnes: ciência, tecnologia & mercado. Criciúma: 2005, 214p.

OMS (Organización Mundial de la Salud). Inocuidad e Idoneidad Nutricional de los Alimentos Irradiados. Ginebra, 172p, 1995.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, L. M. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L.; CORTECERO, M. D. S. *Alimentos de origem animal*. Porto Alegre-RS: Artmed. v.2, 2005, 279 p.

ORNELLAS, C. B. D.; GONÇALVES, M. P. J.; SILVA, P. R.; MARTINS, R. T. Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos. *Ciên. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v.26, n.1, p.211-213, 2006.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. Ciência, higiene e tecnologia da carne. Goiânia; CECRAF-UFG, 1993, 586 p.

PEREIRA, K. C. *Estudo tecnológico de conservação e processamento de tilápia (*Oreochromis niloticus*)*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 1997, 53p. Florianópolis,.

PIGOTT, G. M.; TUCKER, B. W. Seafood: effects of technology on nutrition. New York.: Marcel Dekker, cap.7, 1991, p.32-84,176-205.

PIRES, I. S. C.; ROSADO, G. P.; AZEREDO, R. M. C. Proximate analysis, weight losses and tenderness of pork loin (longissimus dorsi) submitted to different freezing and thawing treatments. *Rev. Nutr.*, v.15, n.2, p.163-172, 2002.

PIKUL, J.; LESZCZYNSKI, D. E.; KUMMEROW, F. A. Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. *J. Agric. Food Chem.*,v. 37,p.1309-1313, 1989.

PSZCZOLA, D. E. Irradiated produce reaches midwest market. *Food Technol.*, Chicago, v.46, n. 5, p.89-92, 1992.

PSZCZOLA, D. E. Irradiated poultry makes U.S. debut in Midwest and Florida markets. *Food Technol.*, Chicago, v.47, n.11, p.89-92,94,96, 1993.

RESSOUANY, M.; VACHON, C.; LACROIX, M. Irradiation dose and calcium effect on the mechanical properties of cross-linked caseinate films. *J. Agric. Food Chem.*,v. 46,p.1618-1623, 1998.

RESURRECCION, A. V. A.; GALVEZ, F. C. F.; FLETCHER, S. M.; MISRA, S. K. Consumer attitudes toward irradiated food: Results of a new study. *J. Food Prot.*, Ames, v.58, n.2, p.193-196, 1995.

ROSA, F.C.; BRESSAN, M. C, BERTECHINI, A. G.; FASSANI, E. J.; VIEIRA, J. O.; FARIA, P. B.; SAVIAN, T. V. Efeito de métodos de cocção sobre a composição química e colesterol em peito e coxa de frangos de corte. *Ciênc. Agrotec.*, v.30, n.4, p.707-714, 2006.

SAKHARE, P. Z.; SACHINDRA, N. M.; YASHODA, K. P; NARASIMHA RAO, D. Efficacy of intermittent decontamination treatments during processing in reducing the microbial load on broiler chicken carcass. *Food Control*, Surrey, v.10, p.189-194, 1999.

SANTIN, M. Use of irradiation for microbial decontamination of meat: situation and perspectives. *Meat Sci.*, v.62, p.277-283, 2002.

SANTOS, A. F. Determinação da dose de radiação gama para a destruição de *Salmonella spp* em carne de frango. São Paulo, SP, 1997. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo (USP).

SANTOS, A.F.; VIZEU, D. M.; DESTRO, M. T.; FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. Determinação da dose de radiação gama para reduzir a população de *Salmonella spp* em carne de frango. *Cienc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v.23, n.2, p.200-205, 2003.

SANTOS, E. R. *Caracterização do processo de rigor mortis, da maciez dos músculos gastrocnemius internus e fibularis longus e efeito da radiação gama na vida comercial da carne de avestruz (**Struthio camelus**)*, 2006, Rio de Janeiro, Tese de Doutorado – Universidade Federal Fluminense.

SANZ, E. Irradiação de alimentos pode aumentar exportações de frutas brasileiras. Disponível em: http://radiobras.gov.br/ct/1996/materia_270996_12.htm Acesso:02 nov.2004.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; ANJOS, V. D. A.; ALVES, R. M. V.; ARDITO, E. F. G. *Embalagens para produtos cárneos*. Campinas: CETEA/ITAL, 1991, 92 p.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; ANJOS, V. D. A.; ALVES, R. M. V.; ARDITO, E. F. G. *Embalagens com atmosfera modificada*. 2 ed., Campinas: CETEA/ITAL, 1998, p.19-25.

SAS. *Statistical Analysis System - SAS*. User's Guide Version 8. Cary: 1999. 295 p.

SATTERLEE, L. D.; WILHELM, M. S.; BARNHART, H. M. Low dose gamma irradiation of bovine metmyoglobin. *J. Food Sci.*, v.36, p. 549-551, 1971.

SCHNEIDER, J. P. Carne DFD em frangos. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004, 61p.

SHACKELFORD, A. D. Modifications of processing methods to control *Salmonella* in poultry. *Poult. Sci.*, Champain, v.67, p.933-935, 1988.

SHAHIDI, F.; PEGG, R. B.; SHAMSUZZAMAN, K. Color and oxidative stability of nitrite-free cured meat after gamma irradiation. *J. Food Sci.*, v.56, p.1450-1452, 1991.

- SHENOUDA, S. Y. K. theories of protein denaturation during frozen storage of fish flesh. *Adv. Food Res.*, New York, v.26, n.1, p.275-311, 1980.
- SILVA, P. L. *Segurança alimentar e legislação na Produção*. In: VII SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA – Chapecó/SC, 2006.
- SILVA, J. A. Microrganismos patogênicos em carne de frangos. *Hig. Aliment.*, São Paulo, v.12,n.58, p.9-14, 1998.
- SMITH, J. S., PILLAI, S. Irradiation and food safety. *Food Technol.*, v.58, n.11, p.48-55, 2004.
- SPOTO, M. H. F.; GALLO, C. R.; DOMARCO, R. E.; ALCARDE, A. R.; GURGEL, M. S. A.; BLUMER, L.; WALDER, J. M. M.; DOMARCO, R. E. Gamma irradiation in the control of pathogenic bacteria in refrigerated ground chicken meat. *Sci. Agric.*,v. 57, n.3,p.389-394, 2000.
- SPOTO, M. H. F., GALLO, C. R., DOMARCO, R. E., ALCARDE, A. R., WALDER, J. M. M., BLUMER, L. Radiação gama na redução da carga microbiana de filés de frango. *Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas*.v.19,n.3,p.397-400, 1999.
- SUDARMADJI, S.; URBAIN, W.M. Flavor sensitivity of selected raw animal protein foods to gamma radiation. *J. Food Sci.*,v. 37,p.671-672, 1972.
- TAYER, D. w.; FOS, JR, J. B.; LAKRITZ, L. Effect of ionizing radiation treatments on the microbiological, nutritional, and structural quality of meats. *Am. Chem. Soc. Symp. Ser.* 528, p.293. Am. Chem. Soc. Washington, DC, 1993.
- THAKUR, B.R., SINGH, R.K. Food irradiation-chemistry and applications. *Food Rev. Int.*,v. 10.n.4,p.437-473, 1994.

TODD, E. C. D. Preliminary estimates of costs of foodborne disease in the United States. *J. Food Prot.*, v.52, n.8, p.595-601, 1989.

TOLEDO, T. C. F.; SPOTO, M. H. F.; ARTHUR, V.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Avaliação Nutricional da Carne de Frango Irradiada. In; 9° SIICUSP, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, CD Rom, 2001.

TOLEDO, T. C. F.; CANNIATTI-BRAZAKA, S. G.; ARTHUR, V. Effect of gamma irradiation in heme and nonheme iron of poultry meat. 49th International Congress of Meat Science of Technology. 2nd Brazilian Congress of Meat Science and Technology. ICoMST,; Piracicaba-Brasil, p.287-288, 2003.

URBAIN, W. M. Food irradiation. *Adv. Food Res.* New York, v. 24, p.115-227,1978.

URBAIN, W. M. *Food irradiation*. Orlando: Academic Press, 1986, 351p.

VAN DEN BOGAARD, A. E.; BRUINSMA, N.; STOBBERINGH, E. E. The effect of banning avoparcin on VRE carriage in the Netherlands. *J. Antimicrob. Chemother.*, v.46, p.146-147, 2000.

VITAL, H. C. *Mapeamento dosimétrico do irradiador gama do Ipê*. Nota Técnica Interna do IPE, 2000. Notas do Curso de Irradiação de Alimentos, IPE, 2002.

WARRISS, P. D. *Ciência de la carne*. Zaragoza, Editorial Acribia, 2003, 309 p.

WIENDL, F. M. *Legislação Brasileira sobre irradiação de alimentos*. Public. USP – CENA. Piracicaba, 1988.

WORCMAN-BARNINKA, D.; LANDGRAF, M. Irradiação de carnes. *Soc. Bras. Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v.37, n.1, p.22-27, 2003.

YANG, C. C.; CHEN, T. C. Effects of refrigerated storage, pH adjustment, and marinade on color raw and microwave cooked chicken meat. *Poult. Sci.*,v.72, n.355-362, 1993.

YOON, K. S. Effect of gamma irradiation on the texture and microstructure of chicken breast meat. *Meat Sci.*,v. 63,p.273-277, 2003.

YOUNG, L. L.; REVIERE, R. D.; COLE, B. Fresh meats: a place to apply modified atmospheres. *Food Technol.*, v.42, p. 65-69, 1988.

ZHU, M. J.; MENDONÇA, A.; AHN, D. U. Temperature abuse affects the quality of irradiated pork loins. *Meat Sci*, v.67, n.4, p.643-649, 2004.