

PEDRO HENRIQUE SALGADO BUENO

**EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA E DO TIPO DE EMBALAGEM SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E
SENSORIAIS DE PEITO DE FRANGO REFRIGERADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal.

Área de Concentração: Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal.

Orientador: Afonso de Liguori Oliveira, EV-UFMG

Belo Horizonte
UFMG – EV
2008

B928e Bueno, Pedro Henrique Salgado, 1982-

Efeito da radiação gama e do tipo de embalagem sobre as características microbiológicas, físico-químicas e sensoriais de peito de frango refrigerado / Pedro Henrique Salgado Bueno. – 2008.

59p. : il.

Orientador: Afonso de Liguori Oliveira

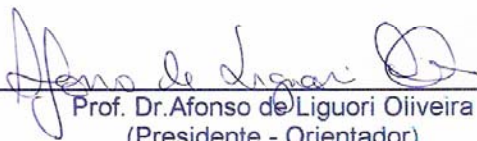
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária

Inclui bibliografia

1. Carne de frango – Análise – Teses. 2. Carne de frango – Qualidade – Teses. 3. Carne de frango – Embalagens – Teses. 4. Microbiologia – Teses. I. Oliveira, Afonso de Liguori. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 664.07

Dissertação defendida e aprovada em 24 de janeiro de 2008 pela Comissão Examinadora constituída por:



Prof. Dr. Afonso de Liguori Oliveira
(Presidente - Orientador)



Pesquisador Dr. Márcio Tadeu Pereira
(Membro)



Prof. Dr. Renaldo Travassos Martins
(Membro)

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Ao professor Afonso de Liguori Oliveira, pela orientação, mas principalmente por sempre acreditar em mim e nesse trabalho. Pelo companheirismo e amizade.

À minha família pelo apoio em todos os momentos dessa trajetória.

À Fernanda, por sempre estar ao meu lado, mesmo quando fisicamente distante.

Aos técnicos de laboratório do Departamento de Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal: Marco Antônio, Maura e Valéria. Obrigado pela ajuda imprescindível nesse projeto.

Ao Miltoninho, por estar sempre disponível para ajudar a qualquer momento.

À Michelle, pela presteza em toda a parte experimental desse projeto.

Aos amigos do CDTN/CNEN, Márcio Tadeu e Ricardo Ferracini, pela disponibilidade e auxílio durante a irradiação de amostras e revisão final desse trabalho.

Aos colegas de departamento: Tadeu e Roane. Obrigado pela força.

Aos professores Renaldo Travassos Martins e Ronaldo Manuel Pimenta Ribeiro pelo companheirismo.

Aos demais professores do DTIPOA.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro durante a execução desse projeto.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
2.	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.2.	MICROBIOLOGIA DA CARNE DE FRANGO	15
2.2.1.	<i>Patogênicos</i>	15
2.2.2.	<i>Microbiota Deterioradora</i>	17
2.3.	IRRADIAÇÃO	17
2.3.1.	<i>Histórico</i>	18
2.3.2.	<i>Raios Gama</i>	18
2.3.3.	<i>Dosagem</i>	18
2.3.4.	<i>Segurança de Aplicação</i>	19
2.4.	ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS DA IRRADIAÇÃO	20
2.4.1.	<i>Irradiação para Conservação de Carne de Frango</i>	21
2.5.	EFEITOS DA IRRADIAÇÃO NA CARNE DE FRANGO	21
2.5.1.	<i>Oxidação de Lipídios</i>	21
2.5.2.	<i>Formação de Odor e Sabor não Característico</i>	22
2.5.3.	<i>Alteração de Cor</i>	22
2.5.4.	<i>Alteração na Textura</i>	23
2.6.	LEGISLAÇÃO.....	23
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1.	PREPARO DE AMOSTRAS.....	24
3.2.	IRRADIAÇÃO DE AMOSTRAS	25
3.3.	ESTOCAGEM REFRIGERADA.....	25
3.4.	MICROBIOLOGIA.....	25
3.4.1.	<i>Contagem Padrão de Microorganismos Aeróbios Estritos e Facultativos Viáveis</i>	26
3.4.2.	<i>Número mais Provável de Coliformes Totais e Termotolerantes</i>	26
3.4.3.	<i>Contagem de Bolores e Leveduras</i>	27
3.4.4.	<i>Determinação da Presença de Salmonella</i>	28
3.5.	CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSIÇÃO.....	28
3.5.1.	<i>Lipídios</i>	28
3.5.2.	<i>Nitrogênio Total e Protédeos</i>	29
3.5.3.	<i>Umidade e Voláteis</i>	30
3.5.4.	<i>Resíduo Mineral Fixo</i>	30
3.6.	AVALIAÇÃO OBJETIVA DE QUALIDADE DE CARNE	30
3.6.1.	<i>Perda de Peso à Cocção</i>	31
3.6.2.	<i>Força Máxima de Cisalhamento</i>	31
3.6.3.	<i>Perda de Sucos na Embalagem</i>	32
3.6.4.	<i>pH</i>	32
3.7.	OXIDAÇÃO LIPÍDICA.....	32
3.8.	AVALIAÇÃO SENSORIAL	33

3.9.	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	34
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1.	MICROBIOLOGIA.....	34
4.1.1.	<i>Presença de Salmonella</i>	35
4.1.2.	<i>Mesófilos Aeróbios Estritos e Facultativos Viáveis</i>	36
4.1.3.	<i>Coliformes Totais e Termotolerantes</i>	38
4.1.4.	<i>Bolores e Leveduras</i>	40
4.2.	QUALIDADE DE CARNE.....	41
4.2.1.	<i>Perda de Peso ao Cozimento e Força Máxima de Cisalhamento</i>	41
4.2.2.	<i>Composição Centesimal</i>	42
4.2.3.	<i>Perda de Sucos e pH</i>	43
4.3.	OXIDAÇÃO LIPÍDICA.....	44
4.4.	AVALIAÇÃO SENSORIAL	45
5.	CONCLUSÕES.....	46
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

LISTA TABELAS

Tabela 1 - Dose letal aproximada (kGy) para alguns organismos.....	19
Tabela 2 - Caracterização microbiológica inicial.....	35
Tabela 3 - Evolução do número de unidades formadoras de colônias de microorganismos mesófilos aeróbios estritos ou facultativos viáveis (Log UFC/g) durante a estocagem refrigerada.....	36
Tabela 4- Evolução do número mais provável de coliformes totais (Log NMP/g) durante a estocagem refrigerada.....	38
Tabela 5 - Evolução do número mais provável de coliformes termotolerantes (Log NMP/g) durante a estocagem refrigerada.....	38
Tabela 6 - Evolução do número de unidades formadoras de colônias de bolores e leveduras (Log UFC/g) durante a estocagem refrigerada.....	40
Tabela 7 - Avaliação de perda de peso total, perda de peso por gotejamento, perda de peso por evaporação e força máxima de cisalhamento de carne submetida ou não a irradiação em duas doses (1,5kGy e 3,0kGy).....	42
Tabela 8 - Avaliação da composição centesimal submetidas ou não a irradiação em duas doses (1,5kGy e 3,0kGy) em embalagem convencional ou à vácuo.	42
Tabela 9 - Evolução do pH durante a estocagem refrigerada.....	43
Tabela 10 - Evolução da perda de sucos durante a estocagem refrigerada.	43
Tabela 11 - Evolução de concentração de malonaldeído na carne de frango (MDA mg/100kg) durante a estocagem refrigerada.	44
Tabela 12- Porcentagem de acertos nos testes sensoriais triangulares de escolha forçada	45

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Evolução da produção, exportação e consumo de carne de frango brasileira.
..... 15
- Gráfico 2 - Curva padrão de 1,1,3,3 Tetrametoxipropano utilizada na quantificação de malonaldeído. 33
- Gráfico 3 - Variação das contagens (log UFC/g) de microrganismos mesófilos aeróbios ou facultativos viáveis durante a estocagem refrigerada de peito de frango, em embalagem convencional e a vácuo, submetidas ou não a irradiação em duas doses (1,5kGy e 3,0kGy). 37
- Gráfico 4- Variação do número mais provável (log NMP/g) de coliformes totais (barras) e termotolerantes (linhas) durante a estocagem refrigerada de peito de frango, em embalagem convencional e a vácuo, submetidas ou não a irradiação em duas doses (1,5kGy e 3,0kGy) 39
- Gráfico 5 - Variação das contagens (log UFC/g) de bolores e leveduras durante a estocagem refrigerada de peito de frango, em embalagem convencional e a vácuo, submetidas ou não a irradiação em duas doses (1,5kGy e 3,0kGy) 41
- Gráfico 6- Variação da concentração de malonaldeído na carne de frango (MDA mg/10Kg) durante a estocagem refrigerada (0, 5, 10, 15 e 30 dias) de peito de frango, em embalagem convencional e a vácuo, submetidas ou não a irradiação em duas doses (1,5kGy e 3,0kGy) 45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Formação de compostos oxidativos.....	20
Figura 2 - Radura, símbolo internacional do uso de radiação ionizante.....	23
Figura 3 - Fluxograma de distribuição de tratamentos e amostras.....	24
Figura 4 - Representação esquemática de amostra utilizada para determinação de força máxima de ruptura. Setas indicam a direção de fibras musculares.	31
Figura 5 - Posição de onde as amostras foram retiradas. Setas indicam a direção de fibras musculares.	31
Figura 6 - Formação do TBA-MDA.....	32
Figura 7 - Crescimento de colônias de mesófilos aeróbios de carne de frango irradiada (3,0kgy) em placas contendo ágar de contagem padrão (PCA)	37

LISTA DE ANEXOS

Anexo 01 – Ficha de Resposta para Análise Sensorial Triangular – Primeira Análise

Anexo 02 – Ficha de Resposta para Análise Sensorial Triangular – Segunda Análise

Anexo 03 – Instruções para Realização de Análise Sensorial

RESUMO

Carnes de frango são transmissores constantes de toxicoinfecções alimentares, podendo causar danos à saúde do consumidor, assim como prejuízos à cadeia produtiva. O objetivo desse experimento foi analisar os efeitos da radiação gama em duas doses (1,5 e 3,0kGy) em peitos de frango embalados sob atmosfera convencional e à vácuo. As amostras, depois de embaladas e tratadas, foram estocadas sob refrigeração a 4°C pelo prazo máximo de 30 dias. Foram realizadas análises microbiológicas, físico-químicas e sensoriais. A irradiação em ambas as doses, mostrou-se eficiente na eliminação de *Salmonella* spp., reduziu em aproximadamente 3,0 ciclos logarítmicos as contagens de mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis, coliformes totais e coliformes termotolerantes. Bolores e leveduras mostraram-se bastante resistentes à radiação. Não houve diferença estatística para os parâmetros de perda de peso por gotejamento e evaporação durante a cocção, assim como para força máxima de ruptura e composição centesimal. A oxidação lipídica foi maior nas amostras irradiadas com 3,0kGy.

Palavras Chave: irradiação, carne de frango, embalagem,. Microbiologia, físico-químico, TBA, qualidade de carne

ABSTRACT

Poultry meat is a frequent vehicle for food borne pathogens, which cause danger to its consumers and losses to the meat productive chain. The main objective of this study is to evaluate the effects of gamma irradiation (1.5 and 3.0kGy) in conventional-packed and vacuum-packed broiler breast. The samples were stored under refrigeration (4°C) for 30 days and different microbiological, physic-chemical and sensorial analyses were conducted. Gamma radiation was efficient in both dosages (1.5 and 3.0kGy) in eliminating *Salmonella* spp., reducing 3 logarithmic cycles of mesophilic aerobic bacteria, total and thermotolerant coliforms. Moulds and yeasts were very resistant to the radiation doses applied. There were no significant changes in meat quality and composition. Lipid oxidation was higher in samples irradiated with 3.0kGy.

Keywords: radiation, poultry meat, packaging atmosphere, microbiology, physical-chemistry, TBARS, meat quality

1. INTRODUÇÃO

A produção brasileira de carne de frango em 2006 atingiu 9,3 milhões de toneladas, sendo 2,76 milhões de toneladas destinadas à exportação (Relatório, 2006). Esses números demonstram que a carne de frango vem assumindo um papel cada vez mais importante na alimentação humana e na geração de divisas para o país.

Produtos de origem animal, principalmente avícolas, têm recebido por parte do consumidor grande dose de atenção e preocupação por serem veículos frequentes de transmissão de patógenos responsáveis por surtos de doenças alimentares. Em muitos países produtos a base de carne de frango são considerados a principal causa de enterite humana (Nascimento, et al., 1996; Mead, et al., 1999). Aliado a isso o surto de gripe aviária ocorrido em países da Ásia e Europa, afetou drasticamente e demonstrou a fragilidade do mercado internacional de carne de frango.

A carne de frango é um produto com grande potencial para o emprego da radiação. Doses relativamente baixas de radiação são eficazes no controle de parasitas, fungos, microorganismos patógenos e deterioradores de carne de frango.

A eficácia da irradiação para eliminação de patógenos bacterianos e aumento da vida de prateleira de carnes já foi bastante estudada. Além da segurança, o valor nutritivo de alimentos irradiados é reconhecido pela comunidade científica e organismos internacionais (Diehl, 1995; WHO, 1999).

O emprego da irradiação na conservação de alimentos tem sido objeto de estudo e normatização de vários órgãos e centros de pesquisa nacionais e internacionais. Nesses estudos, a irradiação de alimentos tem se mostrado adequada, proporcionando aos alimentos estabilidade química e

microbiológica, prolongando a vida útil desses.

O objetivo desse trabalho foi estudar os efeitos da radiação gama e do tipo de embalagem sobre a qualidade microbiológica, físico-química e sensorial da carne de frango.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Avicultura Brasileira

O crescimento da avicultura mundial, em comparação ao crescimento da bovinocultura e suinocultura, foi enorme. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO/ONU), nos últimos anos, a produção de carne de frango cresceu 146%, enquanto a produção de suínos e bovinos cresceu apenas 22% e 56%, respectivamente.

A produção de frango de corte no Brasil, especialmente nos últimos 20 anos, tem evoluído rapidamente. Essa evolução é resultado de constantes ganhos de produtividade, sobretudo através da melhora dos índices de conversão alimentar e genética, maior automação dos aviários, diminuição dos custos e, principalmente, da diminuição do ciclo de produção para 37 a 42 dias. A implantação do modelo de integração vertical de produtores, foi outro fator de vital importância para a avicultura brasileira, pois produz e dissemina novas tecnologias que provocam o aumento da produtividade nacional.

De acordo com dados do *United States Department of Agriculture – Foreign Agricultural Services* a produção de carne de frango no mundo cresceu 4,3% no ano de 2005, enquanto a produção brasileira, no mesmo período, cresceu 9,5%. Atualmente, o Brasil é o maior exportador e segundo maior produtor de carne de frango do mundo (USDA, 2006). A produção brasileira foi de

9.336 mil toneladas e nossas exportações atingiram 2.713 mil toneladas no ano de 2006 (gráfico 01). Atualmente, a carne mais exportada pelo Brasil em receita (42,8%) e volume (55,3%), é a carne de frango. Apesar de ser o maior exportador do mundo, 70%

da produção avícola brasileira é consumida no próprio país (Relatório, 2006b). Nossas exportações seriam ainda mais expressivas se não existissem barreiras e cotas sobre nossos produtos.

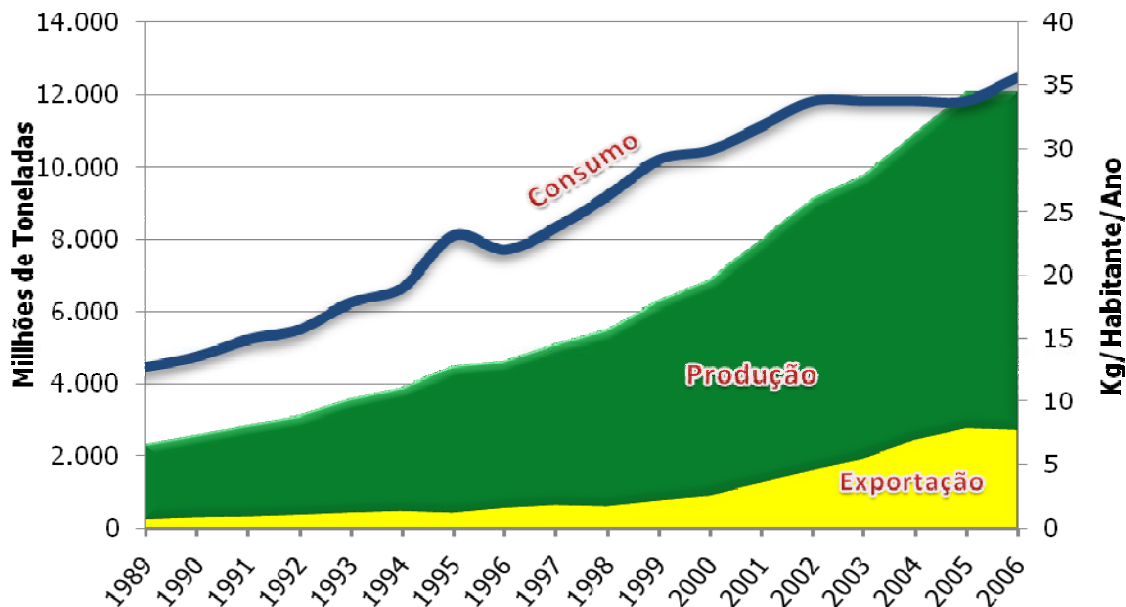


Gráfico 1 - Evolução da produção, exportação e consumo de carne de frango brasileira.

A carne de frango é um alimento de extrema importância para o brasileiro por oferecer proteína de alto valor, em quantidade e a baixo custo. De acordo com dados divulgados pelo PROCON/DIEESE (Relatório, 2006a) o preço médio no varejo brasileiro, para carne de frango congelada, em 2005, foi de US\$1,13/Kg.

2.2. Microbiologia da Carne de Frango

É de vital importância o conhecimento da qualidade microbiológica dos alimentos. Os microorganismos normalmente encontrados em carnes de frango podem ser divididos em

dois grandes grupos: os patogênicos e os deterioradores.

2.2.1. Patogênicos

Os patógenos mais importantes encontrados em carnes de frango são: *Salmonella spp.*, *Campylobacter spp.*, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli* e *Listeria monocytogenes*.

Segundo Henson (1997), os alimentos mais importantes na transmissão de *Salmonella spp.* são aqueles de origem avícola. Bactérias dos gêneros *Salmonella* e

Campylobacter são os patógenos mais importantes encontrados na carne de frango (Mead, 2004). Foi encontrada prevalência de 9,9% de *Salmonella spp.* em frangos comercializados na Itália. Já no País de Gales, encontrou-se a presença de bactérias do gênero *Campylobacter* em 73,1% e de *Salmonella spp.* em 5,7% das 736 análises realizadas (Busani *et al.*, 2005; Meldrum *et al.*, 2005). A maior presença de *Campylobacter spp.* quando comparada a *Salmonella spp.* é explicada pela prevalência desses microorganismos no trato gastro-intestinal das aves no momento do abate (Mead, 2004).

Países com grandes e complexos sistemas de produção avícola encontram maior dificuldade no controle de *Salmonella spp.* (Mead, 2004). O Brasil, sendo o segundo maior produtor de carne de frango do mundo (Relatório, 2005), está sujeito a alta prevalência desses patógenos na carne de frango exportada e comercializada no país.

Os principais sintomas da salmonelose humana são diarreias, dores abdominais, náuseas e febre.

Outra bactéria patogênica encontrada em carne de frango é o *Clostridium perfringens*. O *C. perfringens* é uma bactéria Gram-positivo, anaeróbia e formadora de esporos (Ecologia, 1980). Os esporos produzidos pelas bactérias desse gênero não são totalmente destruídos pelos processos térmicos de preparo culinário, podendo germinar no alimento já preparado, caso esse não seja bem estocado (Mead, 2004).

Escherichia coli é um microorganismo Gram-negativo, aeróbio, fermentador de lactose. Esse microorganismo está presente no trato gastro-intestinal de diversos animais, inclusive do homem.

A presença de coliformes totais em carnes é indício de contaminação durante a evisceração e processamento da carcaça. Já a presença de coliformes termotolerantes

indica contaminação de origem fecal, portanto, provavelmente, o alimento foi processado em condições sanitárias insatisfatórias.

Algumas cepas, principalmente as produtoras de verotoxina, podem ser causadoras de graves diarreias e enterites hemorrágicas. A cepa patogênica mais importante é a O157. Apesar de mais prevalente em ruminantes, esta cepa também está associada a outros produtos de origem avícola (Mead, 2004). Utilizando técnica específica para detecção de O157:H7, Read *et al.* (1990) não encontraram nenhuma *E. coli* O157:H7 em carne de frango. Por outro lado Pilipcinec *et al.*, (1999) isolaram *E. coli* O157:H7 de 9,2% das aves abatidas em um frigorífico eslovaco. Samadpour *et al.* (1994) não encontraram *E. coli* O157:H7, porém encontram a prevalência de 12% de outras *E. coli* produtoras de verotoxina em carnes de frango vendidas em Seattle, Estados Unidos.

A *Listeria monocytogenes* é um microorganismo Gram-positivo, não formador de esporos. Esses microorganismos podem ser encontrados no solo, em fezes de animais, silagens e água (Jay, 2000). Microorganismos desse gênero são capazes de sobreviver e se reproduzir em baixas concentrações de oxigênio e a baixas temperaturas (Blom *et al.*, 1997; Huss *et al.*, 2000; Gibbons *et al.*, 2006).

A listeriose afeta principalmente neonatos, imunodeprimidos e idosos, causando alta mortalidade nesses grupos. Os sintomas mais comuns são: aborto, septicemia e infecções do sistema nervoso central (Gillespie *et al.*, 2006).

Apesar da presença de *L. monocytogenes* em grande variedade de alimentos, a listeriose humana é relativamente rara. Isso pode ser parcialmente explicado pela alta concentração de patógenos - aproximadamente 10^9 - necessária para

infecção e aparecimento de sintomas (Mead, 2004).

Kosek-Paszowska *et al.* (2005) encontraram bactérias do gênero *Listeria* em 43 das 70 amostras de carne de frango utilizadas em seu experimento, sendo que 6 foram identificadas como *Listeria monocytogenes*. Praakle-Amin *et al.* (2006) encontraram prevalência média de 70% para *L. monocytogenes* em carnes de frango comercializadas na Estônia.

2.2.2. Microbiota Deterioradora

Foram descritos para carnes frescas de ave, mais de 25 gêneros bacterianos deterioradores, porém, quando estocados sob refrigeração, sob condições aeróbicas, as principais deterioradoras encontradas são bactérias do gênero *Pseudomonas* (Jay, 2000; Mead, 2004). Barnes e Thornley (1966) encontraram predominância do gênero *Pseudomonas* em frangos refrigerados a 1°C, entretanto nas temperaturas de 10 a 15°C, os coliformes e bactérias de outros gêneros tornaram-se prevalentes. Além das *Pseudomonas*, outros psicotróficos responsáveis pela deterioração da carne de frango são dos gêneros *Acinetobacter* e *Shewanella* (Barnes *et al.*, 1968; Mead, 1982; 2004)

A presença, em grandes quantidades, de bolores e leveduras não é comum em carnes de frango, exceto quando antimicrobianos são utilizados para suprimir o crescimento bacteriano (Jay, 2000). A superfície das carnes não é um ambiente favorável ao crescimento de bolores, pois esses microorganismos geralmente encontram dificuldade para fixar-se em compostos nitrogenados, além de apresentar limitada ação proteolítica e lipolítica (Diriye *et al.*, 1993). Todavia, segundo Mead (2004) as leveduras podem ser um fator importante na deterioração dessas carnes.

Durante a deterioração da carne de frango, o aparecimento de odores oriundos de proteólise por degradação geralmente acontece antes do aparecimento de limo superficial. Segundo Jay (2000), esses odores são notados quando as contagens de mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis atingem Log 7,2.

É importante lembrar que grande parte da microbiota presente em carnes está localizada na superfície ou a poucos milímetros de profundidade, já que não ocorre o aparecimento de microorganismos, no músculo vivo em condições normais. Devido a esse fato, quanto menos retalhado, picado ou moída essa carne for, menor será a contaminação esperada.

2.3. Irradiação

A irradiação é a exposição de um material a um feixe de radiação ionizante, feita de modo natural ou artificial. Radiação são ondas ou raios no espectro eletromagnético. O que diferencia as radiações mais comuns, tais como ondas de rádio, televisão, etc... das radiações ionizantes é o nível de energia, sendo que as ionizantes são capazes de transmitir muito mais energia.

Partículas atômicas são unidas por energia. Qualquer mudança nas forças ou número de partículas nucleares (prótons e nêutrons) geram átomos “instáveis” ou radioativos. A ionização ocorre quando uma partícula carregada, normalmente um elétron atinge níveis de energia suficientes para deixar o átomo, gerando um desequilíbrio entre os prótons e elétrons (Brewer, 2004) Para irradiação de alimentos, normalmente são utilizadas as radiações ionizantes. Outros processos, como, por exemplo, o aquecimento, podem provocar essa mesma modificação nos átomos dos alimentos (Satin, 1996).

Os alimentos são irradiados em uma planta de irradiação. Em uma planta comercial

básica, o alimento depois de embalado, é levado por uma esteira de transporte, passa pela área de irradiação, próximo à fonte por tempo e distância determinados. Isso produz a dose de irradiação absorvida desejada. Existem diversos modelos de irradiadores comerciais, porém todos seguem o mesmo processo básico acima descrito.

2.3.1. Histórico

Os raios X foram descobertos por Röntgen em 1885. Becquerel descobriu a radioatividade no ano seguinte. Nesse mesmo ano foi sugerido, em um periódico alemão, que a radiação ionizante poderia ser usada para eliminar microorganismos de alimentos.

No início do século passado já existiam patentes registradas nos Estados Unidos e Reino Unido descrevendo o uso de radiação ionizante para conservação e destruição de microorganismos em alimentos (Del Mastro, 1999). Porém a utilização de fontes de rádio inviabilizou o processo nesse período, devido a grande dificuldade de obtenção desse composto (Satin, 1996). Somente em 1921 foi possível o uso prático da irradiação para eliminação de *Trichinella spiralis* em carnes, utilizando Raios X. (Hackwood, 1991).

Após a segunda guerra mundial, impulsionada pelo exército dos Estados Unidos, pelo início da era nuclear e pela guerra fria, iniciaram-se pesquisas com o uso da irradiação para extensão da vida de prateleira de produtos alimentícios para alimentação de tropas.

Os primeiros artigos sobre irradiação de alimentos publicados no Brasil datam da década de 1960.

2.3.2. Raios Gama

A radiação gama é uma radiação eletromagnética ionizante produzida por certos radioisótopos, como, por exemplo, o cobalto⁶⁰ ou césio¹³⁷.

O Cobalto⁶⁰ é o isótopo mais comumente usado para irradiação de alimentos, sendo conseguido pela irradiação do cobalto em um reator nuclear. Segundo Satin (2002) o Co⁶⁰ foi escolhido devido a sua alta eficiência na produção de raios gama, produção de raios mais penetrantes, maior segurança ambiental quando comparada à outros radioisótopos e por ser completamente insolúvel em água. A alta penetrabilidade dos raios gama permite seu uso em embalagens secundárias, caixas e containeres, o que facilita a alimentação dos irradiadores e evita contaminações secundárias.

O cobalto foi descoberto por George Brandt em 1735 e foi primeiramente utilizado como corante para vidros. O cobalto⁶⁰ (radioativo) foi descoberto na década de 1930 por Glenn T. Seaborg e John Livingood, pesquisadores da Universidade da Califórnia.

Um grama de cobalto⁶⁰ contém cerca de 50 Curie de radioatividade e sua meia vida é de 5,27 anos.

2.3.3. Dosagem

Como qualquer forma de energia, a radiação é medida em “joule”. A quantidade de energia absorvida é medida em “Gray” que equivale a um joule por quilograma de alimento ou 6200 bilhões de mega elétron-volt por quilograma de alimento. Um Gray equivale a 100 Rads -0,01 caloria/libra de alimento- (Brewer, 2004).

Para medir a redução bacteriana é usado o valor de D10, que é a dose necessária para

reduzir em 10 vezes a população microbiana de um certo alimento. Não existe consenso sobre a dose de radiação necessária para a eliminação de microrganismos patogênicos em carnes, pois essa dose está intimamente ligada à carga bacteriana inicial (Kolsarici e Kirimca, 1995).

Tabela 1 - Dose letal aproximada (kGy) para alguns organismos.

Organismos	Dose Letal Aproximada (kGy)
Insetos	0,22 a 0,93
Vírus	10 a 40
Bactérias:	
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	1,4
<i>Staphylococcus aureus</i>	1,4 a 7,0
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	4,2
<i>Salmonella</i> spp.	3,7 a 4,8
Bactérias (Saprotófitas)	
Gram-Negativas:	
<i>Escherichia coli</i>	1,0 a 2,3
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1,6 a 2,3
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1,2 a 2,3
<i>Enterobacter aerogenes</i>	1,4 a 1,8
Gram-Positivas	
<i>Lactobacillus</i> spp.	0,23 a 0,38
<i>Streptococcus faecalis</i>	1,7 a 8,8
<i>Leuconostoc dextranicum</i>	0,9
<i>Sarcina lutea</i>	3,7
Esporos Bacterianos:	
<i>Bacillus subtilis</i>	12 a 18
<i>Bacillus coagulans</i>	10
<i>Clostridium botulinum</i> (A)	19 a 37
<i>Clostridium botulinum</i> (E)	15 a 18
<i>Clostridium perfringens</i>	3,1
<i>Putrefactive anaerobe</i> 3679	23 a 50
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	10 a 17

Fonte: Adaptado de Frazier e Westhoff (1988).

A dose a ser utilizada depende do objetivo do processo. Baixas doses, também conhecidas como doses de radurização, são utilizadas para evitar brotamentos de vegetais e eliminar insetos. Doses intermediárias, doses de radicação ou radiopasteurização (1 a 10 kGy), são usadas para aumento de vida de prateleira, eliminação de microrganismos patogênicos e deterioradores não formadores de esporos, bolores e leveduras, aumentando assim a segurança alimentar do produto. Com o uso

de doses maiores, chamadas de doses de radapertização, acima de 10 kGy, pode-se obter esterilização comercial do produto, inativando todas as bactérias e vírus presentes, aumentando desde que propriamente embalados, quase infinitamente a vida de prateleira.

2.3.4. Segurança de Aplicação

Devido à associação do público com a energia nuclear, a segurança na utilização de radiação para conservação de produtos alimentícios foi melhor estudada quando comparada a outros processos utilizados para a conservação de alimentos (Satin, 1996).

A FDA avaliou a aplicação de energia ionizante em alimentos e constatou a segurança no uso dessa tecnologia, sendo apoiado também pela Organização Mundial da Saúde, Associação Médica Americana e pelo Codex Alimentarius. Essa segurança é demonstrada pela liberação da irradiação de alimentos em 38 países, atingindo a marca de 300 mil toneladas de alimentos irradiados mensalmente no mundo (Pereira, 2004).

É importante lembrar que o alimento irradiado não se torna radioativo. Os raios gama não têm energia suficiente para afetar os nêutrons dos átomos, portanto não são capazes de induzir a radioatividade. A irradiação tem maior efeito sobre células em crescimento exponencial, como as de bactérias e de artrópodes, exercendo pouco efeito no alimento em si. Isso ocorre pois, na grande maioria dos casos, as células do alimento não estão mais se multiplicando (Thayer, 1990).

Estudos em múltiplas gerações de animais têm demonstrado que a ingestão de alimento irradiado é completamente segura e que o valor nutritivo desses alimentos pouco se altera (Thayer, 1990).

Como o processo de irradiação pode causar mutações, é pertinente a preocupação com produtos microbianos mutantes, que podem ser mais resistentes ou mais patogênicos. Porém, esses casos são extremamente raros e só ocorrem em condições laboratoriais muito especiais (Hackwood, 1991).

Os equipamentos utilizados para irradiação de alimentos são os mesmos utilizados para esterilização de materiais hospitalares. Esses equipamentos são bastante seguros. Quando a fonte não está em uso, essa fica armazenada sob uma camada de água ou atrás de diversos escudos de proteção. Quando em uso, são retiradas da água ou os escudos são elevados, expondo a fonte. Os materiais a serem irradiados passam pelo campo de irradiação até atingirem a dose desejada. Grossas paredes de concreto, várias trancas interligadas, rigoroso treinamento de funcionários e procedimentos operacionais rígidos tornam a utilização da irradiação de alimentos uma prática segura (Thayer, 1990).

Apesar de extensivamente estudado, não foi encontrada nenhuma indicação que o consumo de alimentos irradiados com até 10 kGy possam causar qualquer risco para humanos. Acima dessa dose também não há evidência de risco, porém mais estudos ainda são necessários.

2.4. Aspectos Microbiológicos da Irradiação

Quando a matéria é atravessada por qualquer forma de radiação ionizante, pares de íons são produzidos, átomos e moléculas são excitados, havendo absorção de parte dessa energia transferida. Esses pares de íons podem ter energia suficiente para produzir novas excitações e ionizações. Estas ionizações em cascata são as maiores responsáveis pelos efeitos biológicos das radiações (Pereira, 2004).

O principal efeito da radiação sobre os microorganismos é a paralisação da multiplicação de microorganismos através da quebra do ácido desoxirribonucléico (DNA) causada pela interação com as partículas energéticas (Hackwood, 1991).

Outro meio de interação com os microorganismos presentes nos alimentos é realizada por radicais livres altamente oxidativos gerados como produtos na radiólise da água (Pereira, 2004), conforme mostrado na figura 1. Esses mesmos produtos oxidativos são causadores dos problemas abordados a frente nesse trabalho (figura 01).

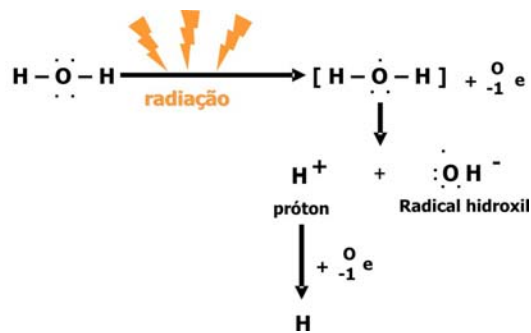


Figura 1 - Formação de compostos oxidativos.

A irradiação tem como objetivo a destruição dos organismos presentes nos alimentos, porém ela tem pouco efeito nas toxinas deixadas. Dessa forma, a irradiação não deve ser considerada como meio de recuperação de alimentos já deteriorados. Os subprodutos do crescimento bacteriano causam deterioração dos alimentos, além de mudanças organolépticas.

A irradiação também pode ser usada em combinação com outras técnicas como embalagens à vácuo, que evitam a recontaminação.

2.4.1. Irradiação para Conservação de Carne de Frango

Segundo Spoto *et al* (1999) a irradiação é um processo eficiente para a redução da carga microbiana de carne de frango moída, pois a dose de 6kGy foi suficiente para manter essa carne, por até 28 dias, sob refrigeração, dentro dos padrões estabelecidos pela legislação sanitária brasileira.

Javanmard *et al.* (2006) concluiu que doses de 5kGy, quando combinadas a estocagem a -18°C são eficientes para a extensão da vida de prateleira de carne de frango por até 9 meses sem mudanças sensoriais significativas.

Miyagusku *et al.* (2003) encontrou relação entre as doses aplicadas (1,5; 3,0 e 7,0kGy) e a vida de prateleira de filés de peito de frango refrigerados. As doses de 1,5 e 3,0kGy proporcionaram vidas de prateleira de 15 e 22 dias respectivamente. As bactérias lácticas, bolores e leveduras, evidenciaram maior resistência à irradiação. Nesse mesmo artigo a autora recomenda doses de 3,0kGy, pois promovem razoável aumento da vida de prateleira sem comprometer, de forma acentuada, as características organolépticas.

Outros experimentos realizados sugerem que doses de 3,0-6,0kGy podem ser utilizadas para o controle da microbiota, sendo portando uma alternativa para o aumento da vida de prateleira e segurança do peito de frango armazenado sob refrigeração por até 60 dias (Oliveira *et al.*, 2005).

2.5. Efeitos da Irradiação na Carne de Frango

2.5.1. Oxidação de Lipídios

A oxidação lipídica tem sido considerada uma das maiores causas de deterioração química em carnes, determinando, na

maioria dos casos, a vida útil de produtos cárneos congelados (Osawa *et al.*, 2005). Grande parte dos processamentos de carnes promove a oxidação lipídica, seja por cominuição, agregação de oxigênio à mistura ou aumento de temperatura da carne.

Quando os radicais oxidativos, formados pela irradiação, entram em contato com a membrana lipídica das células e outras gorduras, ocorre a oxidação desses lipídios. Essa oxidação pode causar mudanças no odor e gosto (Ahn *et al.*, 1998b). É por esse motivo que alimentos muito gordurosos normalmente não atingem a mesma qualidade pós-irradiação encontrada nos produtos mais magros. Outros métodos de conservação, como o cozimento e enlatamento, também promovem aumento da oxidação lipídica.

A carne fresca é menos sensível à oxidação de lipídios. Isso ocorre devido ao fato que as membranas lipídicas mais íntegras são menos expostas ao ambiente oxidativo, quando comparadas àquelas que sofreram processamento (Ahn *et al.*, 1998b).

Os produtos cárneos, independentemente do método de embalagem, quando irradiados, apresentam maior concentração de compostos oxidativos se comparados a aqueles não irradiados (Ahn *et al.*, 1998b).

Além de dependente da dose, a presença de oxigênio (Katusin-Razem *et al.*, 1992a; b; Ahn, *et al.*, 1998b; Ahn, *et al.*, 2001; Ahn, 2003), temperaturas acima do ponto de congelamento durante o processo de irradiação, podem aumentar o grau de oxidação lipídica dos produtos irradiados (Du *et al.*, 2001).

Diversos métodos são usados para determinar o grau de oxidação lipídica em carnes, como o índice de Peróxidos, Ácidos Graxos Livres, Anisidina, Kreis, valor Totox e o teste de Substancias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS). Apesar de todas suas limitações, o método mais usual para

determinação de oxidação lipídica é o método TBARS (Osawa *et al.*, 2005).

2.5.2. Formação de Odor e Sabor não Característico

Um grande entrave à irradiação de alimentos é a formação de sabores ou odores não característicos no produto, conhecidos como *off-flavor*.

Além de acelerar a formação de radicais livres que induzem oxidação lipídica, a irradiação também produz compostos radiolíticos que influenciam no sabor e odor das carnes (Ahn, 2003).

Segundo Ahn (2003) o odor não característico, descrito como de penas queimadas ou cachorro molhado, em carnes irradiadas são causados por compostos voláteis formados durante a desaminação de aminoácidos sulfurados, metionina, cistina e cisteína. Esses compostos são, principalmente, o metanotiol, dimetil sulfito, dimetil dissulfito e dimetil trissulfito, ou como resultado direto da oxidação lipídica.

Segundo Jo e Ahn (2000), a degradação radiolítica dos aminoácidos sulfurados é a principal responsável pela formação de odor e sabor não característico em carnes irradiadas. Patterson e Stevenson, (1995) indicam o dimetil sulfito como principal causador de odores não característicos em carnes irradiadas. Heath *et al.* (1990) demonstraram que filés de frango irradiados com 2-3kGy apresentavam odores de penas queimadas, óleo quente ou queimado, mesmo após preparados para o consumo. Já Hashim, *et al.* (1995) sustentam que a carne de frango irradiada com essas doses apresentam cheiro adocicado lembrando cheiro de sangue que não permanece após o preparo culinário dessas carnes.

Carnes embaladas à vácuo e irradiadas possuem maior concentração de compostos sulfurados voláteis devido ao

enclausuramento desses compostos na embalagem. Já carnes embaladas sob atmosfera convencional e irradiadas apresentam menores concentrações, pois esses compostos são extremamente voláteis em condições aeróbicas. Independentemente da embalagem, carnes irradiadas apresentam maiores concentrações de compostos sulfurados voláteis que carnes não irradiadas (Ahn *et al.*, 2000b; Ahn *et al.* 2000a; Ahn *et al.*, 2001).

Ahn *et al.* (2000a) demonstraram que apesar das mudanças sensoriais ocorridas na carne suína irradiadas com doses menores que 10kGy, essas carnes se mostraram com características aceitáveis e não foi encontrada nenhuma restrição de consumo pelo painel sensorial utilizado.

2.5.3. Alteração de Cor

As mudanças de cor provocadas pela irradiação normalmente ocorrem devido a susceptibilidade da molécula de hemoglobina a alterações químicas e energéticas (Brewer, 2004). A concentração de hemoglobina em peito de frango é baixa quando comparada às carnes vermelhas e a outras partes do frango. Por esse motivo espera-se que as mudanças de cor sejam discretas em carnes de frango.

O processo de irradiação pode provocar coloração avermelhada na carne de frango, porém, quando embaladas sob atmosfera convencional essas mudanças são menos intensas (Millar *et al.*, 1995).

Lee *et al.* (2003) testaram a aceitação e preferência do consumidor em relação a cor de peitos de peru irradiados, crus ou cozidos. Os consumidores entrevistados demonstraram maior aceitação e preferiram aqueles peitos irradiados, devido à cor mais vermelha e atraente.

2.5.4. Alteração na Textura

Apesar da irradiação para conservação de produtos avícolas ser extensivamente estudada, a avaliação de textura e outros parâmetros objetivos de qualidade ainda necessitam de maiores pesquisas.

Yoon (2003) não observou diferenças importantes na perda de peso ao cozimento entre as amostras de peito de frango irradiadas e as controle. Entretanto, na avaliação de força máxima por cisalhamento, encontrou diferenças significativas ($P < 0,0001$), indicando claramente que as amostras irradiadas são mais firmes que as controle. Os resultados encontrados por Yoon (2003) contradizem Heath *et al.* (1990) Hashim *et al.* (1995) e Abu-Tarboush *et al.* (1997).

Abu-Tarboush *et al.* (1997) não encontraram diferenças significativas durante a avaliação subjetiva na textura de carnes de frango utilizando 2,5 – 10,0kGy de radiação gama. Hashim *et al.* (1995) também não encontraram diferenças em textura e maciez na análise sensorial descritiva por eles realizada.

Heath *et al.* (1990) utilizando avaliações objetivas de força máxima de cisalhamento em carne de frango tratada por radiação de feixe de elétrons também não encontraram diferenças.

2.6. Legislação

No Brasil, o Decreto nº. 72.718 de 29 de agosto de 1973 estabeleceu as normas gerais sobre irradiação de alimentos e, na seqüência, as Portarias nº. 09 (1985) e nº. 30 (1989) da Divisão Nacional de Alimentos (DINAL) estabeleceram dose máxima de irradiação permitida para carnes de frango em 7,0 kGy, com o propósito de aumentar a vida-útil e promover a descontaminação. Mais recentemente, essas portarias foram revogadas pela Resolução RDC nº. 21

(Brasil, 2001b) de 26/01/2001 que aprovou o “Regulamento Técnico para a Irradiação de Alimentos”.

Esse regulamento permite a irradiação de qualquer alimento, desde que a dose mínima absorvida seja suficiente para alcançar a finalidade pretendida e que a dose máxima absorvida seja inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e ou os atributos sensoriais do alimento. A RDC 21 estabeleceu também que todo produto irradiado, mesmo que apenas um dos ingredientes seja tratado por radiação ionizante, deve ser devidamente rotulado indicando esse processo (figura 02).



Figura 2 - Radura, símbolo internacional do uso de radiação ionizante.

Nos Estados Unidos, a radiação em carnes de frango, resfriadas ou congeladas, é permitida até a dose de 3,0kGy (Irradiation, 1990) . O *Food Safety and Inspection Service* (FSIS), órgão do *United States Department of Agriculture* (USDA, 1992), aprovou as regras para irradiação de carnes em 1992. Em 1999, o FSIS aprovou o regulamento final definindo doses de 3,0kGy para carne de aves refrigeradas ou congeladas e de 4,5 ou 7,0 kGy para outras

carnes, refrigeradas e congeladas, respectivamente.

Outros 37 países já aprovam a irradiação para conservação de mais de 40 tipos de produtos (Pereira, 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Preparo de Amostras

Foram adquiridas em abatedouro, sob Inspeção Federal, na região de Barbacena, 40Kg de peito de frango (músculo peitoral torácico) *in natura*, sem pele e sem ossos. Após o abate e resfriamento, esses peitos foram embalados em caixas de papelão revestidas por filme plástico, acondicionados em caixas de isopor contendo gelo em escamas e levadas para o Laboratório de Ciência e Tecnologia de Carnes da Escola de Veterinária da UFMG, onde foram preparadas para a irradiação.

Utilizando-se de monoblocos, facas e tábuas de cortes previamente sanitizados com água hipoclorada e enxaguados com água destilada, os peitos foram divididos em dois meio-peitos, tendo como referência a calha do externo. O peso médio desses cortes foi de 158 gramas. Esses meio-peitos foram colocados em monoblocos de polietileno de

alta densidade onde foi realizado o processo de homogeneização da contaminação inicial, sendo cada peito esfregado sobre os demais.

Um grupo de 96 amostras foi embalado em atmosfera convencional utilizando sacos plásticos tipo “zip lock” da marca *Ziploc*, com fechamento hermético, aprovado para irradiação de alimentos (polietileno) e permeáveis ao oxigênio, medindo 17,8 cm x 20,3 cm. As demais 96 amostras foram embaladas a vácuo em sacos plásticos especiais, medindo 13,0 cm por 22,0 cm, aprovados pelo FDA para irradiação de alimentos; o ar residual foi retirado e as embalagens foram seladas pelo calor em seladora Selovac CV18.

As 96 amostras embaladas em atmosfera convencional foram divididas em três grupos de 32 amostras. O primeiro grupo foi utilizado com controle ($C_{convencional}$) e outros dois grupos foram enviados ao Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear para receberem doses de 1,5kGy ($T1,5_{convencional}$) e 3,0kGy ($T3,0_{convencional}$). O mesmo aconteceu com as amostras embaladas a vácuo, seguindo os tratamentos $C_{vácuo}$, $T1,5_{vácuo}$ e $T3,0_{vácuo}$.

A divisão de amostras está ilustrada na figura 03.

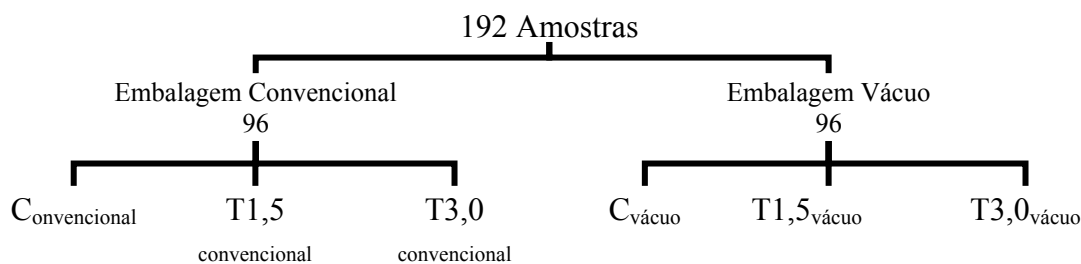


Figura 3 - Fluxograma de distribuição de tratamentos e amostras.

3.2. Irradiação de Amostras

As amostras foram enviadas ao Laboratório de Irradiação Gama localizado no Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN), já embaladas e acondicionadas em caixas de isopor lacradas contendo gelo reciclável com o objetivo de manter a temperatura estável (4°C) durante todo o processo de irradiação.

Foi utilizado um irradiador piloto de pequeno porte *Gamabeam 127 (GB127)* fabricado pela empresa canadense *MDS Nordion*. O GMB127 é classificado como Irradiador Panorâmico com fonte estocada a seco e utiliza uma fonte de Cobalto⁶⁰.

As amostras foram colocadas a uma distância da fonte que resultou na taxa de dose de 1,0kGy/h, em mesas rotatórias, o que permitiu uniformidade de dose em todas as amostras. Os grupos T1,5_{convencional} e T1,5_{vácuo} permaneceram durante 90 minutos no irradiador, enquanto os grupos T3,0_{convencional} e T3,0_{vácuo} foram irradiadas por 180 minutos.

3.3. Estocagem Refrigerada

Após serem irradiadas as amostras foram levadas novamente ao Laboratório de Ciência e Tecnologia de Carnes da Escola de Veterinária da UFMG, onde foram estocadas em câmara de incubação B.O.D. Fanem Modelo 347D à temperatura de 04 ± 2 °C. A temperatura em cada uma das câmaras foi registrada diariamente por termo-higrômetro em 2 posições (primeira e última prateleira) e a variação de temperatura, em nenhum momento, ultrapassou 2°C. Semanalmente, a temperatura foi conferida utilizando-se termômetros de bulbo úmido.

A disposição das amostras foi feita de maneira que o ar frio atingisse por igual todas as amostras e a retirada para análise foi realizada aleatoriamente entre prateleiras e câmaras.

3.4. Microbiologia

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Ciência e Tecnologia de Carnes da UFMG. Como indicadores de qualidade microbiológica, foram realizadas as análises de Contagem Padrão de Mesófilos Aeróbios Estritos e Facultativos Viáveis, Contagem de Bolores e Leveduras, Número Mais provável de Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes e Determinação de Presença de *Salmonella*.

Foram analisadas quatro repetições, em duplicata, de cada um dos seis tratamentos nos dias 0, 5, 10, 15 e 30 dias de experimento.

As análises microbiológicas foram realizadas conforme metodologia recomendada pela Instrução Normativa Nº 62 (Brasil, 2003) que normaliza os métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água.

Os procedimentos de pesagem e preparo da amostra, descritos por Brasil (2003), foram aplicados a todas as amostras em todos os períodos de armazenagem. Para assepsia da embalagem foi utilizado etanol 70%, seguido de abertura lateral com pinças e tesouras previamente esterilizadas.

De uma maneira genérica foram retirados $25 \pm 0,2$ g de amostra de diferentes pontos e profundidades e em seguida o material pesado foi colocado em sacos para homogeneizador (Stomacher) de amostras. Foram adicionados 225 mL de salina peptonada 0,1% e levados ao homogeneizador de amostras Seward Stomacher 400, por 60 segundos, em velocidade média. Foram realizadas diluições decimais seriadas necessárias às diferentes determinações microbiológicas.

3.4.1. Contagem Padrão de Microorganismos Aeróbios Estritos e Facultativos Viáveis

Foi seguido o procedimento descrito por Brasil (2003), com o objetivo de determinar o número de unidades formadoras de colônia de mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis por grama de amostra.

O método se baseia na semeadura das diluições em ágar padrão de contagem, seguida de incubação em temperatura de $36 \pm 1^\circ\text{C}$ por 48 horas. Foram feitas três ou quatro diluições sequenciais em duplicata.

A partir da diluição inicial (10^{-1}), foram feitas as demais diluições decimais desejadas em solução salina peptonada 0,1%. Foram então semeados 1 mL de cada diluição em 2 placas estéreis descartáveis JProLab de 90 mm de diâmetro.

Foram adicionados 15 - 20 mL de ágar PCA (Plate Count Agar) Difco à temperatura de 45°C . O ágar e o inoculo foram homogeneizados com movimentos circulares e as placas levadas para incubação invertida a $36 \pm 1^\circ\text{C}$ por 48 horas em câmara de incubação BOD Modelo 327 CD (Fanem).

Foram realizadas duas leituras, uma às 24 horas e outra às 48 horas de incubação, em contador de colônias, sendo contadas as placas que continham entre 25 e 250 colônias. O resultado foi calculado baseando-se na média das contagens das duas placas da diluição e foi expresso em Unidade Formadora de Colônia por grama de Amostra (UFC/g).

3.4.2. Número mais Provável de Coliformes Totais e Termotolerantes

Foi seguido o procedimento descrito por Brasil (2003), com o objetivo de determinar o número mais provável de coliformes totais e termotolerantes.

A técnica se baseia em uma sequência de 3 provas, a prova presuntiva, seguida de prova confirmativa para coliformes totais e para termotolerantes.

A prova presuntiva se baseia na inoculação da amostra em caldo lauril sulfato de sódio, em que a presença de coliformes é evidenciada pela formação de gás nos tubos de Durham, produzido pela fermentação da lactose contida no meio. O caldo lauril sulfato de sódio apresenta, em sua composição, uma mistura de fosfatos que lhe confere um poder tamponante, impedindo a sua acidificação. A seletividade do meio se deve à presença do lauril sulfato de sódio, um agente surfactante aniônico que atua na membrana citoplasmática de microrganismos Gram positivos, inibindo o seu crescimento (Brasil, 2003).

A confirmação da presença de coliformes totais é feita por meio da inoculação dos tubos positivos para a fermentação de lactose em caldo verde brilhante bile lactose 2% e posterior incubação a $36 \pm 1^\circ\text{C}$. A presença de gás nos tubos de Durham em caldo verde brilhante evidencia a fermentação da lactose presente no meio. O caldo verde brilhante bile lactose 2% apresenta bile bovina e um corante derivado do trifenilmetano (verde brilhante), responsáveis pela inibição dos microrganismos Gram positivos (Brasil, 2003).

A confirmação da presença de coliformes termotolerantes é feita por meio da inoculação em caldo EC, com incubação em temperatura seletiva de $45 \pm 0,2^\circ\text{C}$ a partir dos tubos positivos obtidos na prova presuntiva. A presença de gás nos tubos de Durham evidencia a fermentação da lactose presente no meio. O caldo EC apresenta em sua composição uma mistura de fosfatos que lhe confere um poder tamponante, impedindo a sua acidificação. A seletividade do meio se deve à presença de sais biliares, responsáveis pela inibição dos microrganismos Gram positivos (Brasil,

2003).

A partir da diluição inicial (10^{-1}), foram feitas as demais diluições decimais desejadas em solução salina peptonada 0,1%.

Para a prova presuntiva foram selecionadas três diluições seqüenciais sendo cada uma delas inoculadas (1mL) em três tubos contendo caldo lauril sulfato de sódio (Difco) e tubo de Durhan invertido.

Os tubos foram incubados a $36 \pm 1^\circ\text{C}$. A leitura dos resultados ocorreu após 48 horas de incubação. Os tubos que mostraram formação de gás em pelo menos 1/10 do tubo de Durhan ou que apresentaram efervescência quando agitados gentilmente foram considerados suspeitos e seguiram para as provas confirmativas.

A prova confirmativa para Coliformes Totais foi realizada com o repique de cada tubo positivo na prova presuntiva em caldo lauril sulfato de sódio, em tubos contendo caldo verde bile brilhante 2% lactose (Difco) e tubos de Durhan invertidos. A presença de coliformes totais foi confirmada pela formação de gás (mínimo 1/10 do volume total do tubo de Durhan) ou efervescência quando agitado gentilmente após 48 horas de incubação a $36 \pm 1^\circ\text{C}$.

A prova confirmativa para Coliformes Termotolerantes foi realizada com o repique de cada tubo positivo na prova presuntiva em caldo lauril sulfato de sódio, em tubos contendo caldo EC (Difco). A presença de coliformes totais foi confirmada pela formação de gás (mínimo 1/10 do volume total do tubo de Durhan) ou efervescência quando agitado gentilmente após 48 horas de incubação a $45 \pm 1^\circ\text{C}$.

A partir da combinação de testes confirmativos (coliformes totais e coliformes termotolerantes), o número mais provável foi calculado utilizando-se de tabelas (Brasil, 2003). O valor obtido foi expresso em Número Mais Provável por

Gramas de Amostra (MNP/g).

3.4.3. Contagem de Bolores e Leveduras

O procedimento utilizado para determinação de bolores e leveduras está descrito nos Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água (Brasil, 2003). Essa análise se fundamenta na capacidade de bolores e leveduras se desenvolverem em meio seletivo com pH próximo a 3,5 e temperatura de incubação de $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

A utilização de meios acidificados com ácido tartárico a pH $3,5 \pm 0,1$ promove o crescimento de bolores e leveduras, inibindo a maioria das bactérias presentes no alimento (Brasil, 2003).

Agar batata dextrose (Acumedia) fundido foi acrescido de 1,5mL/100mL de ácido tartárico previamente esterilizado por filtração, então vertido em placas descartáveis estéreis de 90 mm. Quinze mililitros foram vertidos em cada placa, permanecendo em fluxo laminar até completa solidificação, sendo então fechadas e lacradas para utilização posterior.

A partir da diluição inicial (10^{-1}), foram feitas as demais diluições decimais desejadas em solução salina peptonada 0,1%. Foram então semeados 0,1 mL de cada uma das três diluições escolhidas na superfície das placas previamente preparadas de agar batata dextrose. Com o auxílio de alça de Drigalski o inóculo foi espalhado até completa absorção pelo meio.

As placas foram então fechadas para evitar seu ressecamento e incubadas, sem inverter, a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, por 5 dias, em câmara de incubação B.O.D. Fanem modelo 347D. A leitura foi feita nas placas que apresentaram entre 15 e 150 colônias.

O resultado, depois de corrigido para 1,0mL, foi expresso em UFC/g de amostra.

3.4.4. Determinação da Presença de *Salmonella*

Foi pesquisada a presença de *Salmonella* nas amostras avaliadas nos dias 01 e 15 de experimento. As análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Leite da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

Vinte e cinco gramas de amostras foram assepticamente transferidas para um saco de homogenizador de amostras e diluídos em 225 mL de água peptonada 1% previamente esterilizada. Os sacos contendo as amostras e a água peptonada foram levados ao homogenizador de amostras Seward Stomacher 400 por 60 segundos, em velocidade média e em seguida as amostras foram incubadas por 37°C por 24 horas.

Após a incubação, 1 mL da água peptonada foi retirada e transferida para tubo contendo 10 mL de caldo selenito-cistina e 0,1 mL foi transferido para tubo contendo caldo Rappaport-Vassiliads. Os tubos foram incubados a 43°C em banho com agitação por 24 horas.

A partir de cada tubo de selenito-cistina e Rappaport-Vassiliads incubados, uma alçada foi estriada em placas descartáveis de 90 mm de diâmetro contendo ágar *Salmonella-Shigella* e Hecktoen Entérico. As placas foram encubadas invertidas a 37°C em estufa por 24 horas.

Após a observação das características morfológicas das colônias típicas nos meios *Salmonella-Shigella* e Hecktoen Entérico, duas ou mais colônias típicas de cada placa foram escolhidas e semeadas, com auxílio de alça de níquel-cromo, em meio Rugai e Araújo modificado por Pessoa & Silva (Pessoa e Silva, 1972).

A identificação presuntiva foi feita observando as mudanças características do meio Rugai e Araújo modificado por Pessoa & Silva (1972) após 24 horas de incubação em estufa a temperatura de 37°C. Amostras

suspeitas foram semeadas em tubo contendo ágar nutriente e incubadas a 37° em estufa por 24 horas.

Após a incubação, a prova sorológica foi realizada para confirmação da presença de *Salmonella*.

3.5. Caracterização de Composição

Imediatamente após a quarta amostragem microbiológica (dia 15 de experimento), foram coletadas amostras para avaliações físico-químicas, conforme as metodologias propostas na Instrução Normativa nº 20 (Brasil, 1999), que define os métodos físico-químicos para controle de produtos cárneos e seus ingredientes – sal e salmoura. As amostras foram coletadas em sacos plásticos especiais para vácuo, aonde o ar residual foi retirado e em seguida foram selados com calor. As amostras foram mantidas congeladas (-18°C) até o início das análises, que ocorreu 20 dias após a coleta.

As análises, realizadas em duplicata, foram: determinação de umidade e voláteis; lipídeos; nitrogênio total e protéidos; resíduo mineral fixo.

O preparo de amostras foi feito com moagem em processador de alimentos previamente limpo, enxaguado em água destilada e seco em estufa. Entre cada amostra o copo do processador e a sua lâmina, foram lavados, enxaguados com água destilada e secos. Imediatamente depois de moídos, deram-se início as análises de composição centesimal.

3.5.1. Lipídios

O método utilizado para a determinação de lipídios na amostra é uma modificação do método descrito em Brasil (1999), e se baseia na capacidade do ácido sulfúrico de digerir a matéria orgânica, com exceção dos

lipídios, que são separados por centrifugação com auxílio do álcool isoamílico, composto que modifica sua tensão superficial.

Foram pesados $1,5 \pm 0,5$ g de amostra, previamente triturada e homogeneizada, em balança analítica Sartorius BP 210S. Em seguida, a quantidade pesada foi colocada em butirômetro de Gerber para leite. Foi adicionado ao butirômetro 8 mL de água fervente, seguido da lenta adição de 10 mL de ácido sulfúrico densidade 1,820 (Cinética). Após a adição de ácido sulfúrico, dois mililitros de álcool isoamílico (Synth) foram acrescentados.

A boca do butirômetro foi seca com papel toalha e a rolha foi colocada firmemente. Após breve homogeneização por inversão, o butirômetro foi levado ao banho-maria a 65°C por 15 minutos. Decorrido os 15 minutos, o butirômetro foi novamente homogeneizado por inversão e colocado em centrífuga de Gerber por 5 minutos a 1500 rpm, sendo, então, sem inverter, levado novamente ao banho-maria a 65°C por 15 minutos.

Foi feita a leitura na escala do butirômetro e a correção, utilizou a fórmula abaixo, para determinação da porcentagem de lipídios.

$$\% \text{ lipídios} = \frac{\text{leitura no butirômetro} \times 11,33}{\text{Peso da Amostra}}$$

3.5.2. Nitrogênio Total e Protídeos

O método utilizado foi descrito em Brasil (1999) e tem como fundamento a transformação do nitrogênio da amostra em sulfato de amônio através da digestão com ácido sulfúrico e posterior destilação com liberação da amônia, que é então fixada em solução de ácido bórico 4% e titulada com ácido clorídrico 0,1 N.

Foi pesada em balança analítica Sartorius BP 210S $0,3 \pm 0,1$ g de amostra e transferida

para um tubo de Kjeldahl. Foi então adicionado 2,5 g de mistura catalítica composta de sulfato de sódio anidro (Na_2SO_4) e sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) na proporção de 10 para 1. Em seguida, foi adicionado 7 mL de ácido sulfúrico p.a. (Cinética) e a amostra foi levada para bloco digestor Tecnal. A temperatura do bloco foi aumentada em 50°C a cada hora até atingir 400°C . Quando a amostra se tornou verde translúcida e límpida, o tubo foi retirado e esfriado até temperatura ambiente.

Antes da destilação foi adicionado à mistura digerida aproximadamente 10mL de água destilada com o objetivo de promover a desagregação dos cristais eventualmente formados e leve diluição da amostra.

O tubo contendo a amostra foi acoplado a um destilador Tecnal e um erlenmeyer contendo 20 mL de solução de ácido bórico a 4% (Orquimisa) com 5 gotas de solução de indicador misto (0,132 g de vermelho de metila e 0,06 g de verde de bromocresol em 200 mL de álcool etílico a 70% - v/v) foi acoplado à extremidade do condensador. Foi necessário acrescentar 20 mL de hidróxido de sódio 50% (Synth) à amostra para ocorrer a neutralização da acidez. Depois de destilada, a solução de ácido bórico foi titulada com solução de ácido clorídrico 0,1 N, previamente padronizada até a viragem do indicador.

A cada 20 análises foi realizada a digestão, destilação e titulação de uma amostra branca e uma solução padrão de sulfato de amônio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) p.a. para verificação de acuidade do processo.

O cálculo da % de nitrogênio total e de protídeos está descrito abaixo:

$$\% \text{ nitrogênio total} = \frac{V \times N \times f \times 0,014 \times 100}{\text{Peso amostrado}}$$

$$\% \text{ protídeos} = \% \text{ nitrogênio total} \times 6,25$$

Onde:

V = mililitros de solução de ácido clorídrico 0,1 N gastos na titulação, após a correção do branco;

N = normalidade teórica da solução de ácido clorídrico 0,1 N;

f = fator de correção da solução de ácido clorídrico 0,1 N;

3.5.3. Umidade e Voláteis

A técnica para determinação de água e substâncias voláteis consiste em pesagens seqüenciais em tempo e temperaturas determinadas. A técnica utilizada foi baseada no protocolo descrito na Instrução Normativa nº 20 de 1999 (Brasil, 1999).

Béqueres de 50 mL foram colocados em estufa de secagem Fanem 315SE a 105°C por 1 hora, sendo posteriormente retirados e colocados em dessecador. Depois de frios, foram pesados em balança analítica Sartorius BP 210S tendo seu peso/tara anotados. Foram pesados 5,0 ± 0,5g de amostra nos béqueres, sendo, em seguida, colocados em estufa a 105°C por seis horas até a primeira pesagem.

A partir da sexta hora as amostras foram pesadas a cada hora até atingirem peso constante. Para cálculo de umidade foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\% \text{ umidade e voláteis} = \frac{100 \times P. \text{ Massa (g)}}{\text{Peso da amostra (g)}}$$

3.5.4. Resíduo Mineral Fixo

O protocolo utilizado para determinação de resíduo mineral fixo foi o descrito nos métodos físico-químicos para controle de produtos cárneos e seus ingredientes – sal e salmoura, definidos na Instrução Normativa nº 20 de 1999 (Brasil, 1999). A técnica consiste da eliminação da matéria orgânica e

inorgânica volátil à temperatura de 550°C, restando apenas o resíduo mineral fixo.

Cadinhos de porcelana de 50 mL foram previamente aquecidos em mufla Heraeus Precision Scientific até à temperatura de 550°C onde permaneceram por 30 minutos, em seguida foram resfriados em dessecador. Depois de frios os cadinhos foram tarados e seus pesos anotados. Foram pesados em balança analítica Sartorius BP 210S, 3,0 ± 1g de amostra previamente triturada e homogeneizada.

Os cadinhos com as amostras foram colocados em placas aquecedoras até a completa carbonização das cinzas, indicada pelo encerramento de liberação de fumaça negra. Em seguida, os cadinhos foram colocados em mufla a 550°C, até o clareamento completo das cinzas, sendo em seguida resfriados em dessecador e pesados para cálculo do resíduo mineral fixo.

$$\% \text{ rmf} = \frac{100 \times \text{Cinzas (g)}}{\text{Massa da Amostra (g)}}$$

3.6. Avaliação objetiva de qualidade de carne

Para a avaliação objetiva de qualidade da carne foram realizadas as análises de perda de peso à cocção, força máxima de cisalhamento, pH e perda de sucos na embalagem.

Para as avaliações de perda de peso a cocção e força máxima de cisalhamento, foram analisadas sete amostras de cada dose de radiação (controle, 1,5kGy e 3,0kGy). As variáveis embalagem e tempo não foram consideradas nessas medições, pois experimentos anteriores não demonstraram diferenças significativas (Yoon, 2003). Todas as amostras foram estocadas em embalagens convencionais com fechamento hermético e as análises foram realizadas no dia 08 de experimento.

As avaliações de perda de sucos na embalagem e pH foram realizadas nas amostras anteriormente utilizadas nas determinações de microbiologia, sendo 4 repetições de cada um dos seis tratamentos nos cinco tempos de amostragens.

3.6.1. Perda de Peso à Cocção

Grelhas vazadas de 30cm de comprimento, por 25cm de largura foram colocadas sobre assadeiras de alumínio de 25cm de comprimento por 20cm de largura e 4,5cm de profundidade revestidas por Teflon. O conjunto, composto por grelha e assadeira, foram pesados e seus pesos anotados. As amostras de peito de frango foram retiradas de sua embalagem original e colocados sobre os conjuntos, sendo novamente pesados. Em seguida termopares tipo K foram inseridos longitudinalmente até a região central do peito de frango e acoplados a um termômetro Instrutherm TH-090 tipo K/J. As amostras foram levadas ao forno (Makel), previamente aquecido e estabilizado a 180°C. A temperatura interna foi mantida a 75°C por 20 minutos, sendo então retirados e resfriados até temperatura ambiente (Yoon, 2003).

Os termopares foram retirados e as amostras foram pesadas sobre os conjuntos. As amostras foram retiradas e os conjuntos vazios foram novamente pesados.

As perdas de peso por gotejamento, evaporação e total foram calculadas e expressas em porcentagem do peso da amostra original.

3.6.2. Força Máxima de Cisalhamento

As amostras de peito de frango, resfriadas e pesadas para determinação de perda de peso ao cozimento, tiveram suas arestas laterais aparadas.

Paralelogramos de um centímetro de altura, um centímetro de largura e quatro centímetros de comprimento (figura 04), foram cortados seguindo a orientação paralela às fibras musculares, conforme adaptação da técnica descrita por Lyon e Lyon (1998).

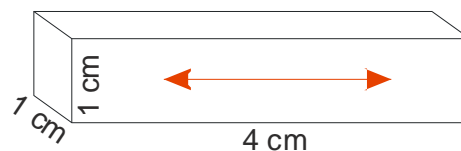


Figura 4 - Representação esquemática de amostra utilizada para determinação de força máxima de ruptura. Setas indicam a direção de fibras musculares.

Cada amostra de peito de frango originou, no mínimo, cinco amostras para determinação de força máxima de ruptura.

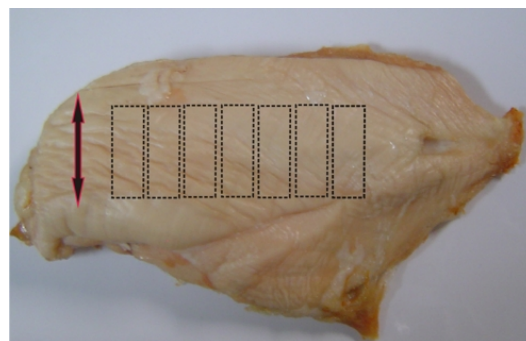


Figura 5 - Posição de onde as amostras foram retiradas. Setas indicam a direção de fibras musculares.

As determinações foram realizadas em Texturômetro TA-XT2 (Stable Micro Systems) conectado a um microcomputador para interpretação de dados pelo software Texture Expert®. Foi acoplado ao texturômetro uma célula Warner-Bratzler HDP/BS (Stable Micro Systems). Os testes foram realizados utilizando a velocidade de 10 mm/s no pré-teste e 5 mm/s durante o corte das amostras e tendo como carga

máxima de célula 25 kg (Barbanti e Pasquini, 2005).

Os resultados foram calculados pelas médias de amostras originadas do mesmo peito e foram expressos em gramas (g).

3.6.3. Perda de Sucos na Embalagem

As embalagens contendo as amostras foram secas com papel toalha e pesadas (PI). Foi realizada a amostragem para determinações de microbiologia. O peso das amostras retiradas para microbiologia (PAM) foram anotados.

Então os filés de peito de frango (PF) foram retirados, levemente secos em papel toalha, e pesados em balança semi-analítica (Marte). As embalagens vazias foram lavadas com água e sabão. O resíduo de água foi escorrido e as embalagens foram levadas à estufa de secagem (Fanem 315 SE) a 45 °C por 24 horas. Após completa secagem das embalagens (PES), estas foram pesadas.

A perda de sucos foi calculada a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Peso do Suco} = \text{PI} - (\text{PAM} + \text{PF} + \text{PES})$$

$$\% \text{ de Sucos} = \frac{(\text{Peso do Suco}/(\text{PI}-\text{PES})) * 100}{100}$$

3.6.4. pH

A análise se fundamenta na medida da concentração de íons hidrogênio na amostra. Foi utilizado um eletrodo de penetração (Digimed) acoplado a um pHgâmetro digital Orion Analyser modelo 420A. O pHgâmetro foi calibrado utilizando-se soluções tampão 6,86 e 4,01 (Digimed).

Foram feitas duas medidas em cada amostra em locais diferentes. Para expressão dos resultados, foi utilizado a média das duas mensurações.

3.7. Oxidação Lipídica

A técnica de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico foi utilizada para determinação de oxidação lipídica. A técnica utilizada para essa quantificação é uma modificação daquela descrita por Rosmini *et al.* (1996).

A técnica se baseia na formação de um composto cromogênio avermelhado que ocorre quando o ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) reage com o malanoaldeído (MDA). O malanoaldeído é formado durante o processo de oxidação lipídica. O composto cromogênio é lido espectrofotometricamente em comprimento de onda de 532 nm (Osawa *et al.*, 2005)

Foi necessário traçar uma curva padrão de 1,1,3,3- tetrametoxipropano $3,33 \times 10^{-3}$ (Synth), formada de 15 diluições decimais sequenciais para quantificação de malonaldeído nas amostras.

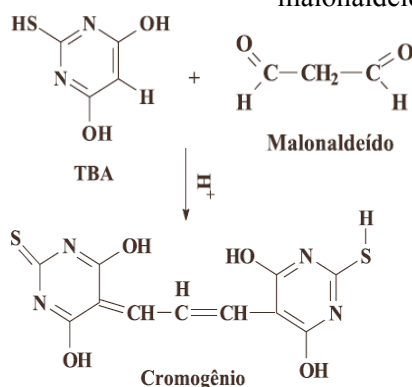


Figura 6 - Formação do TBA-MDA

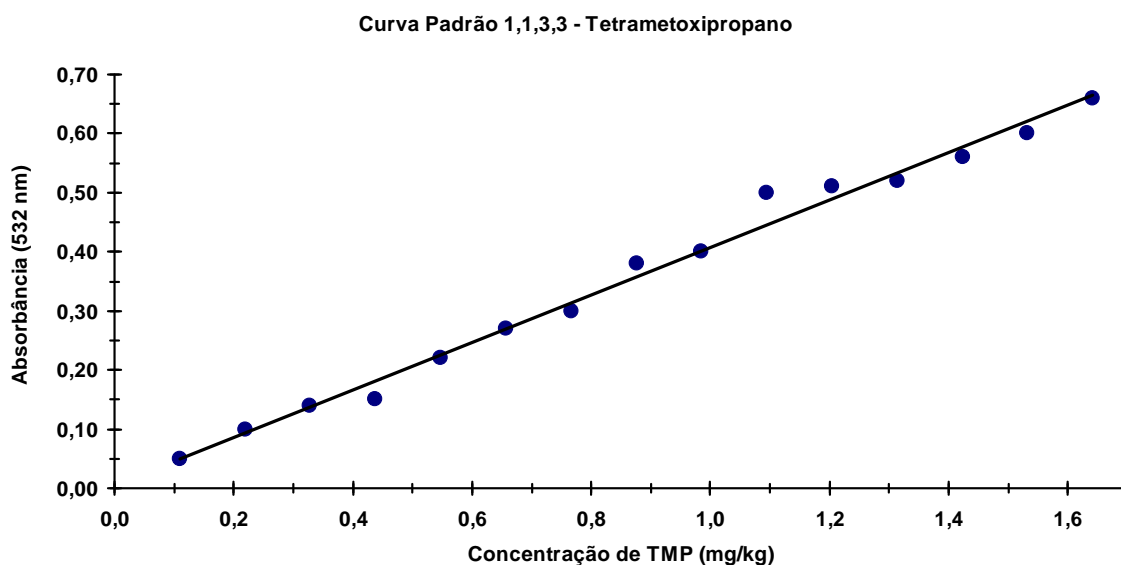


Gráfico 2 - Curva padrão de 1,1,3,3 Tetrametoxipropano utilizada na quantificação de malonaldeído.

Amostras de $2,0 \pm 0,5g$ foram colocadas em tubos de ensaio. 2,5 mL de água destilada foi adicionada, seguida de 5 mL de ácido tricloroacético (Synth), utilizado para extração. Os tubos passaram por agitação em vortex por 2 minutos. Em seguida, 2,5 mL de ácido 2-tiobarbitúrico foi acrescentado e o tubo foi novamente colocado em vortex (Certomat MV – B. Braun Biotech International) por um minuto.

Os tubos, foram centrifugados (Precision Clinical Centricone) por 5 minutos a 1550 rpm e em seguida foram filtrados em papel filtro qualitativo em tubos com tampa rosqueada. Os tubos foram levados à água em franca ebulição por 35 minutos. Depois de resfriados em banho de gelo por 3 minutos, destampados e levados a centrifuga a 1550 rpm por 3 minutos, foi lida a absorbância em espectrofotômetro Baush e Lomb Spectronic 20 a 532 nm.

Para o cálculo da quantidade de malonaldeído foi utilizado o método

proposto por Witte *et al.* (1970). Os resultados foram expressos em miligramas de malonaldeído por 10 gramas de amostra (mg MDA/10g).

3.8. Avaliação Sensorial

As análises sensoriais foram realizadas nos dias 02 e 12 de experimento.

O teste de diferenciação triangular com escolha forçada (Análise, 1993a; 1993b; 1993c) foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial da Escola de Veterinária da UFMG. O protocolo de aprovação de projeto junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP/UFMG) é número 256/05.

Foram apresentadas simultaneamente três amostras codificadas, duas das quais idênticas. Foi solicitado ao julgador que selecionasse a amostra diferente quanto ao odor e à aparência conforme anexos 01, 02 e

03. Foram utilizados aproximadamente 40 avaliadores não treinados, representados em sua grande maioria por alunos da EV-UFMG.

As amostras foram cortadas em cubos de aproximadamente 4 cm de aresta, em seguida organizadas em fileiras. Foi pedido aos julgadores que avaliassem uma fileira por vez.



Figura 6 - Bandeja apresentada ao avaliador.

Na primeira análise sensorial (dia 02), foram comparadas as amostras irradiadas (1,5kGy e 3,0kGy) em embalagem convencional com amostras controle em embalagem convencional. Na segunda análise sensorial (dia 12), foram comparadas as amostras irradiadas (1,5kGy e 3,0kGy) em embalagem convencional com amostras controle em embalagem convencional e as

amostras irradiadas (1,5kGy e 3,0kGy) em embalagem a vácuo com amostras controle em embalagem a vácuo.

3.9. Análise Estatística

Os resultados obtidos nas análises microbiológicas, de composição centesimal e de qualidade de carne foram submetidos a análise de variância para identificar tratamentos com respostas significativas. A comparação de média dessas análises foi realizada empregando o teste de Tukey. Para análise dos dados foi empregado o programa Minitab[®] versão 14.0.

Para a análise dos resultados dos dados coletados na microbiologia foram utilizadas transformações logarítmicas, na base 10, dos valores absolutos encontrados.

A análise de oxidação lipídica foi submetida à análise de variância e as médias foram comparadas utilizando-se o teste *t* de Student, Empregando o programa estatístico SAS[®] 9.3.

Os resultados das análises sensoriais foram analisados utilizando as tabelas presentes na norma técnica de teste triangular em análise sensorial dos alimentos e bebidas (Análise, 1993b).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Microbiologia

Os dados da tabela 2 representam a média das repetições utilizadas para caracterização

microbiológica inicial. Essa caracterização foi realizada imediatamente após a irradiação das amostras, no dia 0 de experimento.

Tabela 2 - Caracterização microbiológica inicial

	Mesófilos Aeróbios Estritos e Facultativos Viáveis (Log UFC/g) ¹	Coliformes Totais (Log NMP/g) ¹	Coliformes Termotolerantes (Log NMP/g) ¹	Bolores e Leveduras (Log UFC/g) ¹	<i>Salmonella</i> spp ^{2,3}
Controle Convencional	3,0 ^a ±0,01	2,9 ^a ±0,3	2,9 ^a ±0,3	4,1 ^a ±0,2	Presente
Controle Vácuo	2,8 ^a ±0,1	2,5 ^a ±0,2	2,1 ^a ±0,3	2,7 ^{ab} ±0,3	Presente
1,5kGy Convencional	<1,0 ^{*b}	0,3 ^{*b} ±0,4	0,4 ^{*a} ±0,6	2,5 ^b ±1,1	Ausente
1,5kGy Vácuo	<1,0 ^{*b}	<0,5 ^{*b}	<0,5 ^{*a}	1,1 ^{ab} ±1,5	Ausente
3,0kGy Convencional	<1,0 ^{*b}	<0,5 ^{*b}	<0,5 ^{*a}	1,0 ^b ±1,4	Ausente
3,0kGy Vácuo	<1,0 ^{*b}	<0,5 ^{*b}	<0,5 ^{*a}	<1,0 ^{*b}	Ausente

* Valores estimados segundo Brasil (2003). A análise estatística foi realizada utilizando os valores absolutos encontrados

¹ Média de 4 repetições em duplicata

² Média de 2 repetições em duplicata

³ Presenças em 25 gramas de amostra

^{a,b,c} letras diferentes na mesma coluna, indicam valores que diferem estatisticamente entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey

4.1.1. Presença de *Salmonella* spp.

Todas as amostras não irradiadas (controle), tanto em embalagem convencional, quanto em embalagem a vácuo, apresentaram presença de *Salmonella* spp. em 25 gramas, fato que as excluem dos padrões mínimos para registro e fiscalização de produtos alimentícios, estipulados pela RCD 12 de 2 de janeiro de 2001 (Brasil, 2001a). A *Salmonella* spp. é causadora de graves toxicoinfecções alimentares e sua presença nas amostras controle demonstra a necessidade de medidas de controle e garantia da segurança alimentar. Durante o processo de preparo de amostras foi possível identificar visualmente a presença de material fecal nos peitos de frango. A contaminação de carcaças de frango por esse patógeno normalmente é causada pelo rompimento do trato gastro-intestinal ou papo das aves durante a evisceração (Hargis *et al.*, 1995).

Não foi encontrada a presença de *Salmonella* spp. em 25 gramas nas amostras irradiadas, indicando que a irradiação em

doses de 1,5kGy já são suficientes para diminuir ou eliminar a *Salmonella* spp. da carne de frango.

Thayer *et al.* (1992), descreveram a eliminação de *Salmonella typhimurium* inoculadas em carnes de aves utilizando doses de 2,7kGy. Clavero *et al.* (1994), obtiveram resultados satisfatórios na eliminação de *Salmonella* spp. utilizando doses inferiores a 3,0kGy. Dickson (1995) também propõe doses entre 1,5-3,0kGy para eliminação de *Salmonella* spp. Lescano *et al.* (1991) não encontraram *Salmonella* spp. em carnes de frango irradiadas com 2,5kGy. Santos *et al.* (2003) sugerem doses mínimas de 3,8kGy para garantia da segurança alimentar quanto à presença de *Salmonella* spp.

Mesmo em doses inferiores àquelas propostas, a irradiação pode contribuir com o controle da *Salmonella* spp. Estudos demonstram que a irradiação pode causar o aumento da sensibilidade de microorganismos ao calor (Kim e Thayer, 1996). Portanto a irradiação de carne crua

pode aumentar a segurança alimentar, aumentando a sensibilidade da *Salmonella* spp. e de outros patógenos aos processos de preparo culinário tradicional.

4.1.2. Mesófilos Aeróbios Estritos e Facultativos Viáveis

Grande parte das bactérias encontradas em aves vivas são mesófilas aeróbias. Porém, esse tipo de bactéria encontra dificuldades para se desenvolver em temperaturas de refrigeração. Altas contagens desses microorganismos na carne de frango têm sido associadas com falta de higiene durante o abate ou processamento das carcaças.

Tabela 3 - Evolução do número de unidades formadoras de colônias de microorganismos mesófilos aeróbios estritos ou facultativos viáveis (Log UFC/g) durante a estocagem refrigerada

Tratamentos		Tempo de Estocagem 4°C (dias)				
		0	5	10	15	30
Controle	Convencional	3,0 ^a ± 0,01	6,8 ^a ± 0,3	7,9 ^a ± 0,4	NR ¹	NR ¹
	Vácuo	2,8 ^a ± 0,1	6,1 ^a ± 0,3	7,3 ^a ± 0,3	NR ¹	NR ¹
1,5kGy	Convencional	<1,0* ^b	3,0 ^b ± 0,3	4,8 ^b ± 0,9	7,1 ^a ± 1,1	NR ¹
	Vácuo	<1,0* ^b	3,1 ^b ± 0,6	5,6 ^b ± 0,1	6,9 ^b ± 0,4	NR ¹
3,0kGy	Convencional	<1,0* ^b	<1,0* ^c	2,7 ^c ± 0,4	5,2 ^c ± 0,6	6,8 ^a ± 1,1
	Vácuo	<1,0* ^b	<1,0* ^c	4,1 ^c ± 0,3	5,3 ^c ± 1,0	7,0 ^a ± 0,6

* Valores estimados segundo Procedimentos para Contagem de Colônias (Brasil, 2003). A análise estatística foi realizada utilizando os valores absolutos encontrados

¹ Não realizado (amostra descartada devido a deterioração)

^{a,b,c} letras diferentes na mesma coluna, indicam valores que diferem estatisticamente entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey

n=4

As contagens iniciais de microorganismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis das amostras controle, em embalagem convencional e a vácuo, foram de 3,0 e 2,8 Log UFC/g, respectivamente, conforme mostrado na tabela 3. Esses números são bastante elevados, considerando que a análise foi realizada no dia do abate e processamento.

A irradiação reduziu a contagem desses microorganismos em aproximadamente 3 ciclos logarítmicos, resultado condizente com o encontrado por Miyagusku *et al.* (2003). O desenvolvimento das bactérias mesófilas aeróbias e facultativas foi intenso nas amostras controle, atingindo 6,0 Log UFC/g antes dos 5 dias de estocagem refrigerada (gráfico 3). As amostras irradiadas com 1,5kGy, tanto em embalagem convencional, quanto em embalagem a vácuo, só atingiram contagens próximas a 6,0 Log UFC/g após 10 dias de estocagem

refrigerada. O grupo que recebeu a maior dose de radiação (3,0kGy) ultrapassou 6,0 Log UFC/g após 30 dias de estocagem refrigerada, para ambas as embalagens. Isso indica que o aumento da dose de radiação gama aplicada sobre filés de peito de frango tem significativa influência nas contagens de mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis, fato esse que apóia os resultados encontrados por Miyagusku *et al.* (2003), porém contradizem os resultados de Abu-Tarboush *et al.* (1997).

Não houve diferença estatística significativa entre as contagens de microorganismos mesófilos aeróbios e facultativos viáveis entre os dois tipos de embalagens utilizadas.

As colônias encontradas nas amostras irradiadas, principalmente aquelas irradiadas com 3,0kGy, mostraram-se menores, de crescimento lento e caracterizadas como “pó de arroz” (Figura 7). Isso pode indicar

que a irradiação causou injúrias sub-letais que prejudicam o crescimento normal das colônias bacterianas, influenciando tanto nas

contagens, quanto na viabilidade dessas bactérias.



Figura 7 - Crescimento de colônias de mesófilos aeróbios de carne de frango irradiada (3,0kGy) em placas contendo ágar de contagem padrão (PCA)

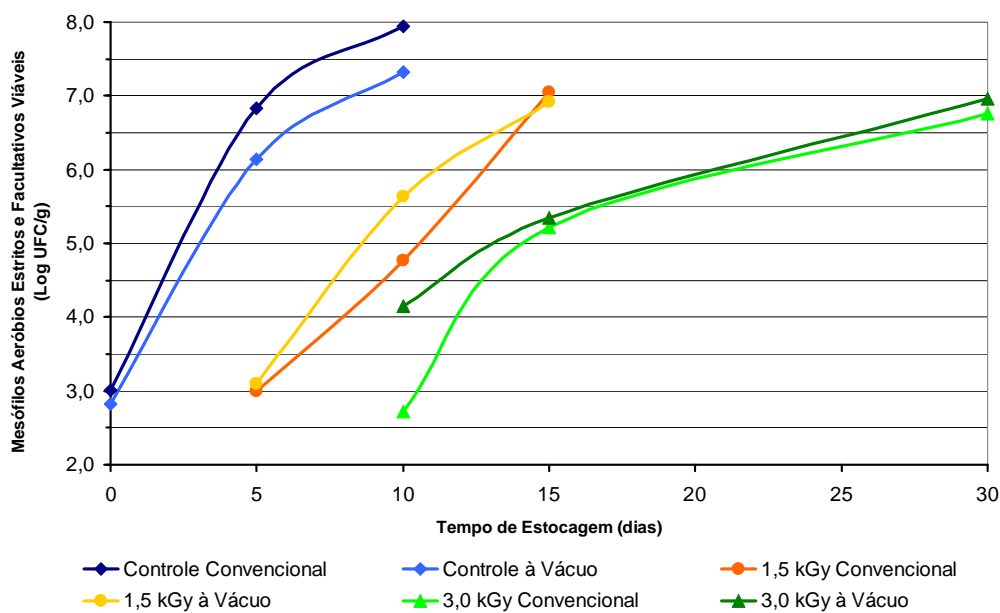


Gráfico 3 - Variação das contagens (log UFC/g) de microrganismos mesófilos aeróbios ou facultativos viáveis durante a estocagem refrigerada de peito de frango, em embalagem convencional e a vácuo, submetidas ou não a irradiação em duas doses (1,5kGy e 3,0kGy).

4.1.3. Coliformes Totais e limpeza/sanitização inadequada de Termotolerantes equipamentos.

Os coliformes totais são considerados indicadores de qualidade em alimentos, devido a sua origem, habilidade de crescer em grande diversidade de ambientes e por fermentar a lactose, fato que facilita sua detecção. A presença desses microorganismos é evidência de graves falhas no processamento ou

A presença de elevado número de coliformes termotolerantes indica grande carga de contaminação de origem fecal, tornando o alimento inseguro para o consumo humano. A RDC 12 (Brasil, 2001a) estabelece a tolerância máxima de 10^4 UFC/g desses microorganismos em carne de frango.

Tabela 4- Evolução do número mais provável de coliformes totais (Log NMP/g) durante a estocagem refrigerada.

Tratamentos		Tempo de Estocagem 4°C (dias)				
		0	5	10	15	30
Controle	Convencional	2,9 ^a ± 0,3	3,9 ^a ± 0,5	5,8 ^a ± 0,6	NR ¹	NR ¹
	Vácuo	2,5 ^a ± 0,2	3,9 ^a ± 0,5	5,1 ^a ± 0,7	NR ¹	NR ¹
1,5kGy	Convencional	0,3 ^b ± 0,4	<0,5* ^b	<0,5* ^b	<0,5* ^a	NR ¹
	Vácuo	1,0 ^b ± 0,0	0,8 ^b ± 1,7	0,4 ^b ± 0,7	0,4 ^b ± 0,5	NR ¹
3,0kGy	Convencional	<0,5* ^b	<0,5* ^b	<0,5* ^b	<0,5* ^{ab}	<0,5* ^a
	Vácuo	<0,5* ^b	<0,5* ^b	0,6 ^b ± 0,7	<0,5* ^{ab}	<0,5* ^a

* Valores estimados segundo Técnica do Número mais Provável (Brasil, 2003). A análise estatística foi realizada utilizando os valores absolutos encontrados

¹ Não realizado (amostra descartada devido a deterioração)

^{a,b}, letras diferentes na mesma coluna, indicam valores que diferem estatisticamente entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Tabela 5 - Evolução do número mais provável de coliformes termotolerantes (Log NMP/g) durante a estocagem refrigerada

Tratamentos		Tempo de Estocagem 4°C (dias)				
		0	5	10	15	30
Controle	Convencional	2,9 ^a ± 0,3	2,8 ^a ± 1,9	3,5 ^a ± 2,3	NR ¹	NR ¹
	Vácuo	2,1 ^a ± 0,3	2,1 ^a ± 2,4	2,4 ^{ab} ± 2,7	NR ¹	NR ¹
1,5kGy	Convencional	0,4 ^a ± 0,6	<0,5* ^a	<0,5* ^a	<0,5* ^a	NR ¹
	Vácuo	1,0 ^a ± 0,0	1,0 ^a ± 2,0	<0,5* ^b	0,4 ^a ± 0,5	NR ¹
3,0kGy	Convencional	<0,5* ^a	<0,5* ^a	<0,5* ^b	<0,5* ^a	<0,5* ^a
	Vácuo	<0,5* ^a	<0,5* ^a	0,7 ^b ± 0,8	<0,5* ^a	<0,5* ^a

* Valores estimados segundo Técnica do Número mais Provável (Brasil, 2003). A análise estatística foi realizada utilizando-se os valores absolutos encontrados

¹ Não realizado (amostra descartada devido a deterioração)

^{a,b}, letras diferentes na mesma coluna, indicam valores que diferem estatisticamente entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey

As amostras controle, conforme evidenciado pelas tabelas 4 e 5, já na primeira análise, apresentaram cargas relativamente elevadas de coliformes totais e termotolerantes. Números semelhantes foram descritos por Miyagusku *et al.*, (2003).

A irradiação reduziu a contaminação, mantendo as contagens de coliformes totais inferiores a 1,0 Log NMP/g durante todo o período de experimento. Não houve diferenciação estatística entre os tratamentos para o parâmetro de coliformes termotolerantes. Essa não-diferenciação foi, provavelmente, causada pelo grande desvio-padrão que as determinações demonstraram. Em grupos amostrais maiores ou utilizando-se testes estatísticos menos rigorosos, possivelmente ocorreria diferenciação estatística entre os tratamentos.

Não houve diferenciação estatística entre as embalagens utilizadas, porém números absolutos maiores foram encontrados em embalagens a vácuo. A maior concentração de microorganismos na embalagem a vácuo pode ser parcialmente explicada pela

ausência de oxigênio durante o processo de irradiação, causando a menor formação de radicais livres oxidativos, principalmente hidroxil, que age sobre as células bacterianas as injuriando ou inativando. O padrão de maior concentração de microorganismos nas embalagens a vácuo também aconteceu nas contagens de mesófilos estritos e facultativos viáveis, porém com menor intensidade. A eliminação de coliformes totais no tratamento embalado a vácuo e tratado com 3,0kGy ocorreu devido ao maior dano ao DNA ocasionado pela dose mais alta de radiação.

Rosa (2004) indicou que a redução de coliformes, provocada pela irradiação - 2kGy-, é de aproximadamente um ciclo logarítmico menor quando o alimento, no caso queijo minas frescal, foi embalado à vácuo. Seydim *et al.* (2006), não encontraram diferenças entre a embalagem a vácuo e a embalagem de atmosfera convencional no número de coliformes totais durante a vida de prateleira de carne de avestruz não irradiadas.

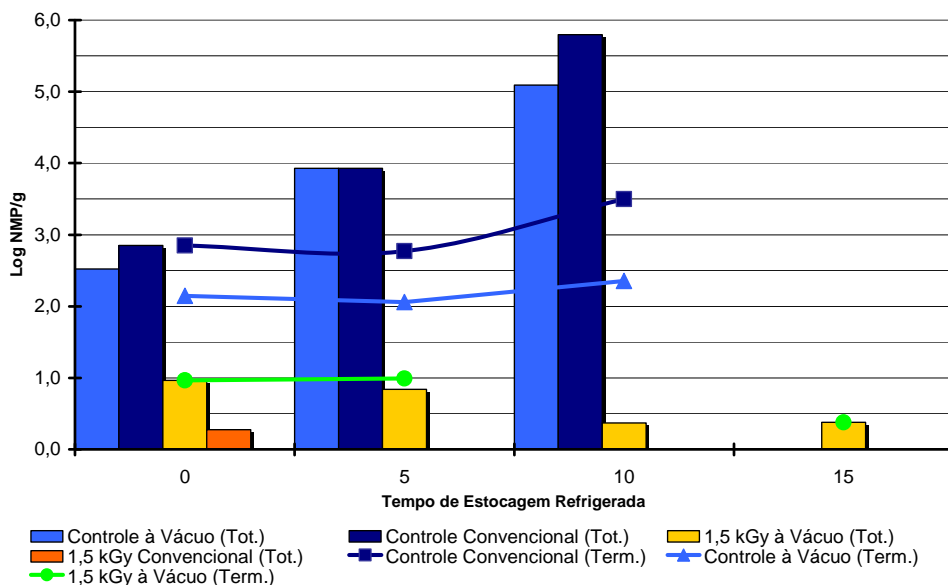


Gráfico 4- Variação do número mais provável (log NMP/g) de coliformes totais (barras) e termotolerantes (linhas) durante a estocagem refrigerada de peito de frango, em embalagem convencional e a vácuo, submetidas ou não a irradiação em duas doses (1,5kGy e 3,0kGy)

4.1.4. Bolores e Leveduras

Na caracterização microbiológica inicial, os valores das contagens de bolores e leveduras foram relativamente altos para carnes de frango. Essa contaminação pode ser resultado de procedimentos de evisceração falhos, com conseqüente rompimento de

vísceras e contaminação da carne. Durante o processo de preparo das amostras foi observado conteúdo de trato gastrointestinal, aparentemente não digerido, em alguns dos filés de peito, podendo significar que ocorreu o rompimento do inglúvio das aves durante a evisceração.

Tabela 6 - Evolução do número de unidades formadoras de colônias de bolores e leveduras (Log UFC/g) durante a estocagem refrigerada

Tratamentos	Tempo de Estocagem 4°C (dias)					
	0	5	10	15	30	
Controle	Convencional	4,1 ^a ± 0,2	5,2 ^a ± 0,6	5,2 ^a ± 0,8	NR ¹	NR ¹
	Vácuo	2,7 ^{ab} ± 0,3	4,1 ^a ± 3,0	0,0 ^c ± 0,0	NR ¹	NR ¹
1,5kGy	Convencional	2,5 ^b ± 1,1	0,8 ^b ± 1,5	3,6 ^{ab} ± 0,2	5,9 ^a ± 0,4	NR ¹
	Vácuo	1,1 ^{ab} ± 1,5	0,9 ^b ± 1,7	1,6 ^{bc} ± 1,1	2,1 ^b ± 1,4	NR ¹
3,0kGy	Convencional	1,0 ^b ± 1,4	0,6 ^b ± 1,2	2,2 ^{ab} ± 1,6	5,1 ^a ± 0,6	6,0 ^a ± 0,5
	Vácuo	<1,0* ^b	<1,0* ^b	1,6 ^{bc} ± 1,8	0,7 ^b ± 1,5	3,3 ^a ± 0,4

* Valores estimados segundo Procedimentos para Contagem de Colônias (Brasil, 2003). A análise estatística foi realizada utilizando os valores absolutos encontrados

¹ Não realizado (amostra descartada devido a deterioração)

^{a,b,c} letras diferentes na mesma coluna, indicam valores que diferem estatisticamente entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey n=4

Conforme indicado na tabela 6, os bolores e leveduras se mostraram bastante resistentes à irradiação. A diminuição das contagens de bolores e leveduras, quando sujeitos a irradiação, foi menor que a dos outros microorganismos. Foi possível notar também que a estocagem refrigerada em embalagem a vácuo foi mais eficiente no controle de bolores e leveduras, causando redução média de 0,5 ciclos logarítmicos quando comparadas a amostras sujeitas à mesma dose de irradiação e embalada em atmosfera convencional (Gráfico 5). Miyagusku *et al.* (2003) encontraram menores reduções nas contagens de bolores e leveduras mesmo quando aplicadas doses mais altas (7,0kGy).

Apesar de citado na literatura (Josephson e

Peterson, 1983; Yldrm *et al.*, 2005), não foi encontrada evidência que a maior complexidade da estrutura genômica dos bolores e leveduras teria aumentado sua sensibilidade a irradiação. Pelo contrário, esses microorganismos apresentaram a maior radioresistência entre os analisados nesse experimento.

Grande parte dos bolores e leveduras encontrados em alimentos é aeróbica (Jay, 2000). Isso explica o maior crescimento desses microorganismos sob atmosfera convencional, mesmo quando a formação de radicais livres, conseqüentemente o dano sobre as membranas celulares, é maior nesse tipo de embalagem.

Outro fator que pode ter influenciado na alta radioresistência desses bolores e leveduras é

a constituição de sua parede celular, com menor quantidade de ácidos graxos, isto é, menos sensível aos compostos oxidativos formados durante o processo de irradiação.

Foi observado maior crescimento de

colônias típicas de leveduras quando comparados a colônias típicas de bolores. Isso pode ser explicado pela maior resistência, devido à complexidade celular, do primeiro grupo a irradiação (Jay, 2000).

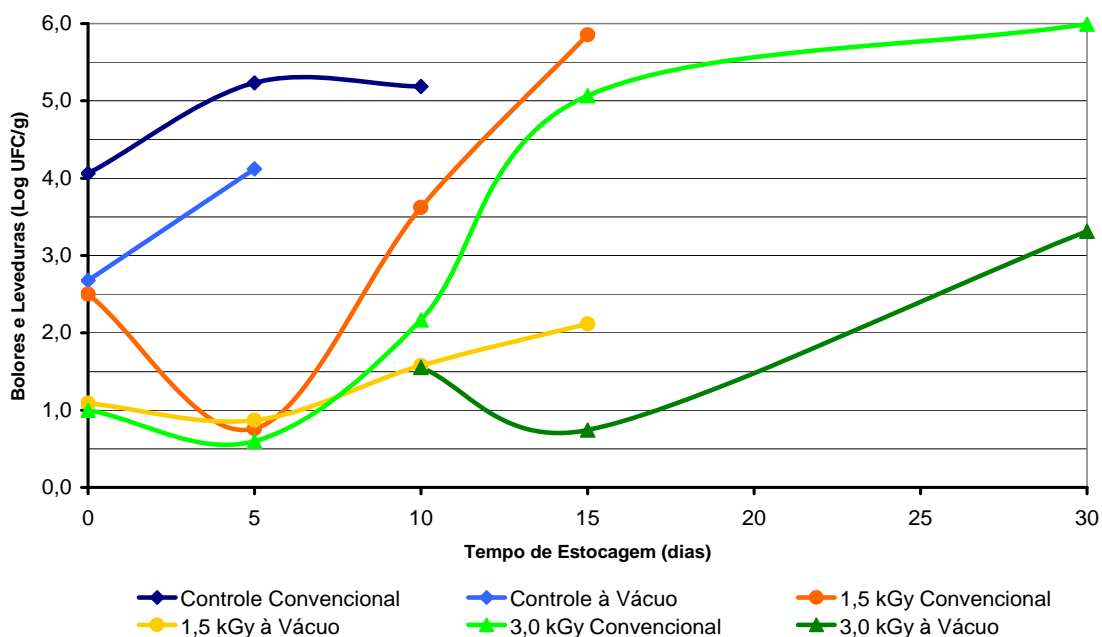


Gráfico 5 - Variação das contagens (log UFC/g) de bolores e leveduras durante a estocagem refrigerada de peito de frango, em embalagem convencional e a vácuo, submetidas ou não a irradiação em duas doses (1,5kGy e 3,0kGy)

4.2. Qualidade de Carne

4.2.1. Perda de Peso ao Cozimento e Força Máxima de Cisalhamento

Conforme pode ser observado na tabela 7 não ocorreram diferenças significativas entre

os tratamentos para os parâmetros de perda de peso total, perda de peso por gotejamento, perda de peso por evaporação e força máxima de cisalhamento.

Tabela 7 - Avaliação de perda de peso total, perda de peso por gotejamento, perda de peso por evaporação e força máxima de cisalhamento de carne submetida ou não a irradiação em duas doses (1,5kGy e 3,0kGy)

	Perda de Peso Total (%)	Perda de Peso Evaporação (%)	Perda de Peso Gotejamento (%)	Força Máxima de Cisalhamento (g)
Controle	27,07 ^a ± 2,12	0,64 ^a ± 0,20	26,44 ^a ± 2,05	6.142,15 ^a ± 1.688,03
1,5 kGy	26,93 ^a ± 8,44	0,73 ^a ± 0,33	26,20 ^a ± 8,68	6.537,43 ^a ± 2.103,57
3,0 kGy	29,10 ^a ± 6,53	0,87 ^a ± 0,50	28,22 ^a ± 6,62	6.348,09 ^a ± 1.310,59

n=7

^a letras diferentes na mesma coluna, indicam valores que diferem estatisticamente entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey

Os resultados força máxima de cisalhamento encontrados contradizem aqueles encontrados por Yoon (2003), porém são condizentes com os resultados quantitativos obtidos por Heath *et al.* (1990) e Du *et al.* (2002) e com as avaliações sensoriais conduzidas por Hashim *et al.* (1995) e Abu-Tarboush *et al.* (1997).

causadas pela irradiação na microestrutura muscular de peito de frango. O autor notou que os sarcômeros das carnes irradiadas sofriam encolhimento, o que poderia causar endurecimento da carne, porém também ocorreu o rompimento de miofibrilas. O rompimento de miofibrilas causa, na maioria dos casos, o amaciamento da carne.

Yoon (2003) estudou também as alterações

4.2.2. Composição Centesimal

Tabela 8 - Avaliação da composição centesimal submetidas ou não a irradiação em duas doses (1,5kGy e 3,0kGy) em embalagem convencional ou à vácuo.

Dose	Emb.	Proteínas^{1,2} (%)	Lipídios^{1,2} (%)	Resíduo Mineral Fixo^{1,2} (%)	Umidade^{1,2} (%)
Cont.	Conv.	21,570 ^a ± 2,143	2,082 ^a ± 0,401	1,290 ^a ± 0,008	73,343 ^a ± 0,483
	Vácuo	24,084 ^a ± 0,843	2,087 ^a ± 0,409	1,155 ^a ± 0,071	73,499 ^a ± 0,814
1,5kGy	Conv.	23,957 ^a ± 1,693	1,774 ^a ± 0,400	1,140 ^a ± 0,066	74,441 ^a ± 0,643
	Vácuo	21,053 ^a ± 1,807	2,382 ^a ± 0,726	1,182 ^a ± 0,095	73,597 ^a ± 1,191
3,0kGy	Conv.	22,034 ^a ± 1,998	2,172 ^a ± 0,534	1,152 ^a ± 0,078	73,326 ^a ± 1,654
	Vácuo	22,594 ^a ± 2,658	2,153 ^a ± 0,478	1,185 ^a ± 0,074	74,006 ^a ± 0,880

¹ valores em % da matéria natural

² média de 4 repetições em duplicata

^{a,b} letras diferentes na mesma coluna, indicam valores que diferem estatisticamente entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey

Conforme mostrado na tabela 8 não foram observadas diferenças significativas de composição centesimal entre as amostras irradiadas e controles, e entre os dois tipos de embalagem utilizadas (convencional e vácuo). Mistura (2001), também não encontrou diferenças na quantidade de macronutrientes, isto é, proteínas, lipídios, umidade e resíduo mineral fixo de carne bovina submetida à irradiação gama ou não.

4.2.3. Perda de Sucos e pH

Conforme mostrado na tabela 9 não houve diferenciação estatística entre as medidas de pH para as amostras irradiadas ou não nos dois tipos de embalagem utilizadas em nenhum dos tempos de estocagem analisados. Vural (2006) também não encontrou diferenças no pH de almôndegas irradiadas com doses baixas de radiação gama.

Tabela 9 - Evolução do pH durante a estocagem refrigerada.

Tratamentos	Tempo de Estocagem 4°C (dias)					
	0	5	10	15	30	
Cont.	Conv.	5,45 ^a ± 0,23	5,84 ^a ± 0,2	5,87 ^a ± 0,13	6,01 ^a ± 0,14	NR ¹
	Vácuo	5,45 ^a ± 0,23	5,84 ^a ± 0,2	5,87 ^a ± 0,13	5,71 ^a ± 0,07	NR ¹
1,5kGy	Conv.	5,67 ^a ± 0,34	5,95 ^a ± 0,22	5,94 ^a ± 0,16	5,86 ^a ± 5,86	NR ¹
	Vácuo	5,79 ^a ± 0,02	5,87 ^a ± 0,33	5,88 ^a ± 0,09	5,90 ^a ± 0,31	NR ¹
3,0kGy	Conv.	5,72 ^a ± 0,04	5,85 ^a ± 0,06	5,59 ^a ± 0,29	5,73 ^a ± 0,07	6,01 ^a ± 0,2
	Vácuo	5,61 ^a ± 0,02	5,93 ^a ± 0,21	5,93 ^a ± 0,24	5,83 ^a ± 0,10	5,80 ^a ± 0,12

¹ Não realizado (amostra descartada devido a deterioração)

^{a,b} letras diferentes na mesma coluna, indicam valores que diferem estatisticamente entre si (p<0,05) pelo o teste de Tukey.

A perda de sucos está intimamente relacionada com a capacidade de retenção de água e, conseqüentemente, com o pH da carne. Assim como para o pH, não houve

diferenciação estatística entre a porcentagem de perda de sucos entre as doses e embalagens utilizadas, conforme mostrado na tabela 10.

Tabela 10 - Evolução da perda de sucos durante a estocagem refrigerada.

Tratamentos	Tempo de Estocagem 4°C (dias)					
	0	5	10	15	30	
Cont.	Conv.	1,4 ^a ± 0,2	1,3 ^a ± 0,0	1,3 ^a ± 0,4	1,5 ^a ± 0,5	NR ¹
	Vácuo	1,2 ^a ± 0,2	1,3 ^a ± 0,2	1,6 ^a ± 0,5	3,5 ^a ± 2,3	NR ¹
1,5kGy	Conv.	2,0 ^a ± 1,1	2,0 ^a ± 1,0	1,9 ^a ± 0,7	2,5 ^a ± 0,0	NR ¹
	Vácuo	2,0 ^a ± 1,0	2,1 ^a ± 1,0	1,7 ^a ± 0,5	2,6 ^a ± 1,6	NR ¹
3,0kGy	Conv.	1,9 ^a ± 1,4	2,1 ^a ± 1,4	1,5 ^a ± 1,0	2,0 ^a ± 1,6	3,3 ^a ± 0,8
	Vácuo	2,3 ^a ± 2,0	3,3 ^a ± 2,3	2,9 ^a ± 1,8	2,8 ^a ± 0,4	3,3 ^a ± 1,8

¹ Não realizado (amostra descartada devido a deterioração)

^{a,b} letras diferentes na mesma coluna, indicam valores que diferem estatisticamente entre si (p<0,05) pelo o teste de Tukey

4.3. Oxidação Lipídica

Conforme citado anteriormente, o malonaldeído é um produto resultante da

oxidação de lipídios, servindo como indicador da rancidez de produtos cárneos (Pikul *et al.*, 1989; Fernandez *et al.*, 1997; Osawa *et al.*, 2005).

Tabela 11 - Evolução de concentração de malonaldeído na carne de frango (MDA mg/100kg) durante a estocagem refrigerada.

Tratamentos	Tempo de Estocagem 4°C (dias)					
	0	5	10	15	30	
Controle	Conv.	3,868 ^a ± 5,471	7,72 ^{ab} ± 4,145	7,299 ^b ± 2,771	6,631 ^{bd} ± 1,775	NR ¹
	Vácuo	0,478 ^a ± 0,053	5,86 ^b ± 1,502	6,472 ^b ± 1,292	4,182 ^{bd} ± 0,414	NR ¹
1,5kGy	Conv.	5,63 ^b ± 0,143	10,26 ^{ab} ± 4,239	10,27 ^{ab} ± 3,622	10,42 ^{acd} ± 1,01	NR ¹
	Vácuo	0,785 ^a ± 0,477	5,977 ^b ± 1,904	9,645 ^{ab} ± 2,135	8,825 ^{bcd} ± 2,314	NR ¹
3,0kGy	Conv.	7,713 ^b ± 0,447	13,92 ^a ± 6,489	14,34 ^{ab} ± 8,558	22,39 ^{ac} ± 2,977	21,52 ^a ± 6,188
	Vácuo	5,358 ^b ± 0,727	7,521 ^b ± 5,452	16,13 ^a ± 4,029	11,77 ^{acd} ± 2,151	16,61 ^a ± 9,708

¹ Não realizado (amostra descartada devido deterioração)

^{a,b,c,d} letras diferentes na mesma coluna, indicam valores que diferem estatisticamente entre si (p<0,05) pelo o teste t Student.

Na maioria dos tempos de estocagem foram observadas diferenças significativas entre as amostras irradiadas e as controle, conforme mostrado na tabela 11 e no gráfico 6.

Quando realizada apenas a comparação entre as embalagens, os valores de TBA encontrados para as embalagens à vácuo foram menores do que aqueles encontrados para as embalagens convencionais. Essa informação confirma os valores encontrados por Nam e Ahn, (2003b; 2003a). Adicionalmente, segundo os autores, os valores de TBA são maiores quando a carne é estocada na presença de oxigênio, tendo maior importância o tempo de exposição ao

oxigênio do que a dose de irradiação. Esse mesmo comportamento foi observado nas amostras irradiadas com 3,0kGy.

Em embalagem convencional, os valores absolutos de MDA aumentaram conforme o aumento da dose, isto é, a oxidação lipídica foi dose-dependente para a maioria dos períodos analisados. Resultados semelhantes foram encontrados em experimentos realizados com outros produtos cárneos (Heath *et al.*, 1990; Hampson *et al.*, 1996; Du *et al.*, 2001; Gomes *et al.*, 2003; Kanatt *et al.*, 2005; Chouliara *et al.*, 2006; Javanmard *et al.*, 2006; Kanatt *et al.*, 2006).

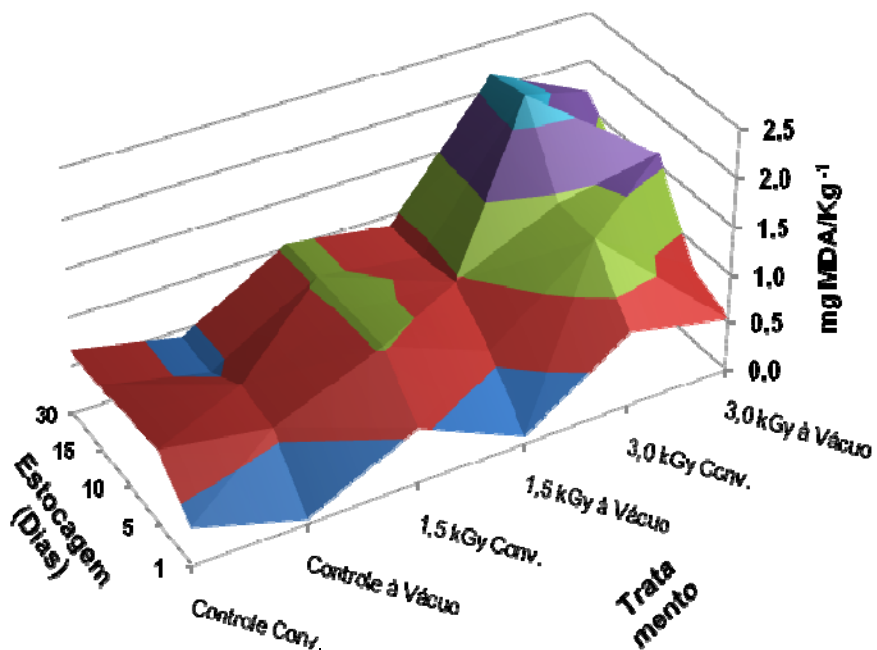


Gráfico 6- Variação da concentração de malonaldeído na carne de frango (MDA mg/10Kg) durante a estocagem refrigerada (0, 5, 10, 15 e 30 dias) de peito de frango, em embalagem convencional e a vácuo, submetidas ou não a irradiação em duas doses (1,5kGy e 3,0kGy)

4.4. Avaliação Sensorial

A análise sensorial triangular realizada no dia 02 de experimento avaliou as doses de irradiação (1,5 e 3,0kGy), em embalagens convencionais. Já a análise sensorial

triangular realizada no 12º dia de estocagem avaliou os efeitos da radiação (1,5 e 3,0kGy) em carnes embaladas a vácuo e embalagens convencionais. Os resultados estão expressos na tabela 12.

Tabela 12- Porcentagem de acertos nos testes sensoriais triangulares de escolha forçada

Dose	Embalagem	Acertos (%)	
		Dia 02 ¹	Dia 12 ²
1,5kGy	Convencional	46,67 ^a	52,78 ^b
	Vácuo	NR	72,22 ^c
3,0kGy	Convencional	66,67 ^c	27,78
	Vácuo	NR	80,56 ^c

¹ n=45

² n=36

^a significância a níveis de probabilidade de 5%

^b significância a níveis de probabilidade de 2%

^c significância a níveis de probabilidade de 0,1%

Na primeira análise sensorial, realizada no segundo dia de estocagem refrigerada, os painelistas conseguiram diferenciar as amostras irradiadas com 1,5 e 3,0kGy das amostras controle com significâncias de $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,0001$ respectivamente. Isso indica que as mudanças de odor e aparência ocorridas na carne de frango durante o processo de irradiação ganham intensidade com o aumento de dose.

Na análise sensorial realizada aos 12 dias de estocagem refrigerada não foi possível utilizar amostras controle refrigeradas devido à acentuada degradação. Foram utilizadas como controle as amostras provenientes do mesmo abate e lote, congeladas no início do experimento. Em relação às amostras embaladas convencionalmente, foi encontrada diferença significativa entre os controle e os irradiados com 1,5kGy, porém não foi encontrada diferença para as amostras irradiadas com 3,0kGy. Essa diferença na resposta pode ter sido causada pela maior degradação microbiana em que os peitos de frango irradiados com 1,5kGy se encontravam no momento do teste. Os maiores graus de degradação microbiológica pode ter causado odor e aparência modificados, o que levou os painelistas a indicarem como diferentes.

Houve um grande percentual de diferenciação das amostras irradiadas embaladas a vácuo. Isso provavelmente ocorreu devido à não dissipação dos compostos voláteis formados devido à não permeabilidade desse tipo de embalagem. O percentual de diferenciação na embalagem convencional foi menor, indicando que os compostos causadores das diferenças de odor provavelmente se dissiparam. Ahn *et al.* (2000b) encontraram resultados

semelhantes avaliando doses de irradiação e embalagens para carne suína.

Esses resultados indicam que, apesar da maior oxidação lipídica, as amostras irradiadas e embaladas em embalagem convencional, apresentam o odor e aparência mais semelhantes às amostras não tratadas.

5. CONCLUSÕES

A irradiação se mostrou eficiente na ampliação da vida de prateleira de peito de frango refrigerado, diminuindo a carga bacteriana deterioradora e patogênica. A dose de 3,0kGy foi suficiente para estender a vida de prateleira de 5 dias (grupos controle) para aproximadamente 30 dias. Não houve diferenças significativas nas análises microbiológicas da carne de frango embalada a vácuo e em embalagem convencional.

Ocorreram alterações sensoriais, sendo que essas foram mais intensas no grupo irradiado com maior dose e embalado a vácuo, demonstrando que possivelmente os compostos oxidativos formados durante a irradiação acumulam-se pela não dissipação de voláteis nessas embalagens. Apesar das carnes convencionalmente embaladas terem apresentado maiores concentrações de malonaldeído, as diferenças sensoriais foram menores quando comparadas àquelas embaladas a vácuo, o que sugere que as mudanças encontradas na avaliação sensorial são mais relacionadas à outras modificações causadas pela irradiação do que quanto a oxidação de lipídios.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABU-TARBOUSH, H. M.; AL-KAHTANI, H. A.; ATIA, M.; ABOU-ARAB, A. A. BAJABER, A. S.; *EL-MOJADDIDI, M. A.* Sensory and microbial quality of chicken as affected by irradiation and postirradiation storage at 4.0 degrees c. *Journal of Food Protection*, v.60, n.7, p.761-770, 1997.
- AHN, D. U. Meat irradiation and meat safety: Prevention of quality changes in irradiated meat and meat products In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY. 2003. Campinas. ANAIS... Campinas: 2003, p. 81-90.
- AHN, D. U.; JO, C.; OLSON, D. G. Analysis of volatile components and the sensory characteristics of irradiated raw pork. *Meat Science*, v.54, n.3, p.209-215, 2000a.
- AHN, D. U.; JO, C.; DU, M.; OLSON, D. G.; NAM, K. C. Quality characteristics of pork patties irradiated and stored in different packaging and storage conditions. *Meat Science*, v.56, n.2, p.203-209, 2000b.
- 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 Science*, v.57, n.4, p. 419-426, 2001.
- AHN, D. U.; OLSON, D. G.; JO, C.; CHEN, X.; WU, C.; LEE, J. I. Effect of muscle type, packaging, and irradiation on lipid oxidation, volatile production, and color in raw pork patties. *Meat Science*, v.49, n.1, p. 27-39, 1998a.
- AHN, D. U.; OLSON, D. G.; LEE, J. I.; JO, C.; WU, C.; CHEN, X. Packaging and irradiation effects on lipid oxidation and volatiles in pork patties. *Journal of Food Science*, v.63, n.1, p. 15-19, 1998b.
- ANÁLISE sensorial dos alimentos e bebidas. Rio de Janeiro: ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - 1993(a). (NBR 12806)
- ANÁLISE sensorial dos alimentos e bebidas: Métodos de Análise Sensorial de Alimentos e Bebidas. Rio de Janeiro: ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - 1993(b). (NBR 12994)
- ANÁLISE sensorial dos alimentos e bebidas: Teste triangular em análise sensorial dos alimentos e bebidas. Rio de Janeiro: ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - 1993(c). (NBR 12994)
- BARBANTI, D. e PASQUINI, M. Influence of cooking conditions on cooking loss and tenderness of raw and marinated chicken breast meat. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, v.38, n.8, p.895-901, 2005.
- BARNES, E. M. e THORNLEY, M. J. The spoilage flora of eviscerated chickens stored at different temperatures. *Journal of Food Technology*, v.1, n.1, p.113-119, 1966.
- BARNES, E. M.; IMPEY, C. S.; GEESON, J. D.; BUHAGIAR, R. W. M. The effect of storage temperature on the shelf-life of eviscerated air-chilled turkeys. *British Poultry Science*, v.19, n. 1, p.77-84, 1968.
- BLOM, H.; NERBRINK, E.; DAINITY, R.; HAGTVEDT, T.; BORCH, E.; NISSEN,

- H.; NESBAKKEN, T. Addition of 2.5% lactate and 0.25% acetate controls growth of *Listeria monocytogenes* in vacuum-packed, sensory-acceptable servelat sausage and cooked ham stored at 48°C. *International Journal of Food Microbiology*, v.38, n.1, p. 71-76, 1997.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Resolução- rdc nº 21 de 26 de janeiro de 2001. Regulamento técnico para a irradiação de alimentos. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF*, v.26 de Janeiro, 2001b.
- BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa 20 de 21 de julho de 1999 - métodos analíticos físico-químicos para controle de produtos cárneos e seus ingredientes - sal e salmoura. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF*, v.9 de Setembro de 1999.
- BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa 62, de 26 de agosto de 2003 - métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para o controle de produtos de origem animal e água. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF*, v.18 de Setembro, p.14-50, 2003.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Resolução- rdc nº 12 de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF*, v.10 de Janeiro, 2001a.
- BREWER, S. Irradiation effects on meat color - a review. *Meat Science*, v.68, n.1, p.1-17, 2004.
- BUSANI, L.; CIGLIANO, A.; TAIOLI, E.; CALIGIURI, V.; CHIAVACCI, L.; BELLA, C. D.; BATTISTI, A.; DURANTI, A.; GIANFRANCESCHI, M.; NARDELLA, M. C.; RICCI, A.; ROLESU, S.; TAMBA, M.; MARABELLI, R.; CAPRIOLI, A. Prevalence of *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* contamination in foods of animal origin in Italy. *Journal of Food Protection*, v.68, n.8, p.1729-1733, 2005.
- CHOULIARA, I.; SAMELIS, J.; KAKOURI, A.; BADEKA, A.; SAVVAIDIS, I. N.; RIGANAKOS, K.; KONTOMINAS, M. G. Effect of irradiation of frozen meat/fat trimmings on microbiological and physicochemical quality attributes of dry fermented sausages. *Meat Science*, v.74, n.2, p. 303-311, 2006.
- CLAVERO, M. R. S.; MONK, J. D.; BEUCHAT, L. R.; DOYLE, M. P.; BRACKETT, R. E. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* e, and *Campylobacter jejuni* in raw ground beef by gamma irradiation. *Applied and Environmental Microbiology*, v.60, n.6, p.2069-2075, 1994.
- DEL MASTRO, N. L. Development of food irradiation in Brazil. *Progress in Nuclear Energy*, v.35, n.3, p.229-248, 1999.
- DICKSON, J. S. Radurization - the pasteurization of foods by ionizing radiation. v. 58, n.58 p.1- 70 . 1995.
- DIEHL, J. F. *Safety of irradiated foods*. 2 ed. New York: Marcel Dekker, 1995. 464 p.
- DIRIYE, F. U.; SCORZETTI, G.; MARTINI, A. Methods for the separation of yeast cells from the surfaces of processed, frozen foods. *International Journal of Food Microbiology*, v.19, n.1, p.27-37, 1993.

- DU, M.; AHN, D. U.; MENDONCA, A. F.; WESLEY, I. V. Quality characteristics of irradiated ready-to-eat breast rolls from turkeys fed conjugated linoleic acid. *Poultry Science*, v.81, n.9, p.1378-1384, 2002.
- DU, M.; HUR, S. J.; NAM, K. C.; ISMAIL, H.; AHN, D. U. Volatiles, colour and lipid oxidation of broiler breast fillets irradiated before and after cooking. *Poultry Science*, v.80, n.12, p.1748-1753, 2001.
- ECOLOGIA *microbiana de los alimentos: factores que afectan a la supervivencia en los microorganismos en los alimentos - ICMSF*. Zaragoza: Acirbia, 1980. 332 p.
- FERNANDEZ, J.; PEREZ-ALVAREZ, J. A.; FERNANDEZ-LOPEZ, J. A. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry*, v.59, n.3, p. 345-353. 1997.
- FRAZIER, W. C. e WESTHOFF, D. C. *Food microbiology*. New York: McGraw Hill, 1988. 540p.
- GIBBONS, I.; ADESIYUN, A.; NADIRA, S.; RAHAMAN, S. Investigation for possible source(s) of contamination of ready-to-eat meat products with listeria spp. And other pathogens in a meat processing plant in trinidad. *Food Microbiology*, v.23, n.4, p.359-366, 2006.
- GILLESPIE, I. A.; MCLAUCHLIN, J.; GRANT, K. A.; LITTLE, C. L.; MITHANI, V., PENMAN, C.; LANE, C.; REGAN, M. Changing pattern of human listeriosis, england and wales, 2001–2004. *Emerging Infectious Diseases*, v.12, n.9, p.1361-1366, 2006.
- GOMES, H. D. A.; SILVA, E. N. D.; CARDELLO, H. M. A. B.; CIPOLLI, K. M. V. A. B. Effect of gamma radiation on refrigerated mechanically deboned chicken meat quality. *Meat Science*, v.65, n.2, p.919-926, 2003.
- HACKWOOD, S. An introduction to the irradiation processing foods. In: THORNE, S. *Food irradiation*. London: Elsevier Applied Science, 1991. p.1-18
- HAMPSON, J. W.; FOX, J. B.; LAKRITZ, L.; THAYER, D. W. Effect of low dose gamma radiation on lipids in five different meats. *Meat Science*, v.42, n.3, p. 271-276. 1996.
- HARGIS, B. M.; CALDWELL, D. J.; BREWER, R. L.; CORRIER, D. E.; DELOACH, J. R. Evaluation of the chicken crop as a source of *Salmonella* contamination for broiler carcasses. *Poultry Science*, v.74, n.9, p.1548-1552, 1995.
- HASHIM, I. B.; RESURRECCION, A. V. A.; MCWATTERS, K. H. Consumer acceptance of irradiated poultry. *Poultry Science*, v.74, n.8, p. 47-58. 1995.
- HEATH, J. L.; OWENS, S. L.; TESCH, S.; HANNAH, K. W. Effect of high-energy electron irradiation of chicken meat on thiobarbituric acid values, shear values, odor, and cooked yield. *Poultry Science*, v.69, n.2, p.313-319, 1990.
- HENSON, S. Estimating the incidence of food-borne *Salmonella* and the effectiveness of alternative control measures using the delphi method. *International Journal of Food Microbiology*, v.35, n.3, p.195-204, 1997.
- HUSS, H. H.; JORGENSEN, L. V.; VOGEL, B. F. Control options for listeria monocytogenes in seafoods. *International Journal of Food Microbiology*, v.62, n.3, p. 267-274. 2000.

- IRRADIATION in the production, processing, and handling of food. *Food and Drug Administration*, p.18537-18544, 1990.
- JAVANMARD, M.; ROKNI, N.; BOKAIE, S.; SHAHHOSSEINI, G. Effects of gamma irradiation and frozen storage on microbial, chemical and sensory quality of chicken meat in Iran. *Food Control*, v.17, n.6, p.469-473, 2006.
- JAY, J. M. *Modern food microbiology*. 6 ed. Maryland: Aspen Publishers, 2000. 637 p.
- JO, C. e AHN, D. U. Production of volatile compounds from irradiated oil emulsion containing amino acids or proteins. *Journal of Food Science*, v.65, n.4, p. 612-616. 2000.
- JOSEPHSON, E. S. e PETERSON, M. S. *Preservation of food by ionizing radiation*. Boca Raton: CRC Press Inc., 1983. 343 p.
- KANATT, S. R.; RAMESH, C.; ARUN, S. Effect of radiation processing on the quality of chilled meat products. *Meat Science*, v.69, n.2, p.269-275, 2005.
- KANATT, S. R., RAMESH, C.; ARUN, S. Effect of radiation processing of lamb meat on its lipids. *Food Chemistry*, v.97, n.1, p.80-86, 2006.
- KATUSIN-RAZEM, B.; MIHALJEVIC, B.; RAZEM, D. Radiation-induced oxidative chemical changes in dehydrated egg products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.40, n.4, p.662-668, 1992a.
- KATUSIN-RAZEM, B.; MIHALJEVIC, B.; RAZEM, D. Time-dependent postirradiation oxidative chemical changes in dehydrated egg products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.40, n.4, p.1946-1952, 1992b.
- KIM, A. Y. e THAYER, D. W. Mechanism by which gamma irradiation increases the sensitivity of *Salmonella typhimurium* atcc 14028 to heat. *Applied and Environmental Microbiology*, v.62, n.5, p.1759-1763, 1996.
- KOLSARICI, N. e KIRIMCA, G. Effect of radurization on microbiological, chemical and sensorial properties of chicken meats. *Gida*, v.20, n.2, p.67-73, 1995.
- KOSEK-PASZKOWSKA, K.; BANIA, J.; BYSTRON, J.; MOLENDNA, J.; CZERW, M. Occurrence of listeria sp. In raw poultry meat and poultry meat products. *Bulletin of the Veterinary Institute in Puawy*, v.49, n.2, p.219-222, 2005.
- LEE, E. J.; LOVE, J.; AHN, D. U. Effect of antioxidants on consumer acceptance of irradiated turkey meat. *Journal of Food Science*, v.68, n.5, p.1659-1663, 2003.
- LESCANO, G.; NARVAIZ, P.; KAIRIYAMA, E.; KAUPERT, N. Effect of chicken breast irradiation on microbiological, chemical and organoleptic quality. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, v.24, n.2, p. 130-134. 1991.
- LYON, B. G. e LYON, C. E. Assessment of three devices used in shear tests of cooked breast meat. *Poultry Science*, v.77, n.10, p. 1585-1590. 1998.
- MEAD, G. C. Microbiological quality of poultry meat: A review. *Revista Brasileira de Ciencia Avicola*, v.6, n.3, p.135-142, 2004.
- MEAD, G. C. Microbiology of poultry and game birds. In: BROWN, M. H. *Meat*

- microbiology*. London: Applied Science Publishers, 1982. p.67-101
- MEAD, P. S.; SLUTSKER, L.; DIETZ, V.; MCCAIG, L. F.; BRESEE, J. S.; SHAPIRO, C.; GRIFFIN, P. M.; TAUXE, R. V. Food-related illness and death in the united states. *Emerging Infectious Diseases*, v.5, n.5, p.607-625, 1999.
- MELDRUM, R. J.; TUCKER, D.; SMITH, R. M. M.; EDWARDS, C. Survey of *Salmonella* and *Campylobacter* contamination of whole, raw poultry on retail sale in wales in 2003. *Journal of Food Protection*, v.68, n.7, p.1447-1449, 2005.
- MILLAR, S. J.; MOSS, B. W.; MACDOUGALL, D. B.; STEVENSON, M. H. The effect of ionizing radiation on the cielab color coordinates of chicken breast meat as measured by different instruments. *International Journal of Food Science and Technology*, v.30, n.1, p.663-674, 1995.
- MISTURA, L. P. F. ; COLLI, C. . Determinação de ferro total e ferro heme em carne bovina irradiada. In: VI CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO, 2001, Florianópolis. ANAIS... São Paulo: Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição, 2001.p. 126-126.
- MIYAGUSKU, L.; CHEN, F.; LEITAO, M. F. D. F.; BAFFA, O. Microbiological, sensory and shelf-life evaluation of irradiated chicken breast meat. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.23, Suplemento, p.7-16, 2003.
- NAM, K. C. e AHN, D. U. Combination of aerobic and vacuum packaging to control lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated raw turkey breast. *Meat Science*, v.63, n.3, p.389-395, 2003a.
- NAM, K. C. e AHN, D. U. Double-packaging is effective in reducing lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated raw turkey meat. *Poultry Science*, v.82, n.9, p.1468-1474, 2003b.
- NASCIMENTO, V. P.; SANTOS, L. R.; CARDOSO, M. D. O.; RIBEIRO, A. R., SCHUCH, D. M. T.; SILVA, A. B. D. Qualidade microbiológica de produtos avícolas In. II SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA. 1996. ANAIS... Goiânia: p. 13-17.
- OLIVEIRA, A. D. L.; BUENO, P. H. S.; OLIVEIRA, R. B. P.; PINTO, F. C. e CORREIA, R. F. Efeito da radiação gama e do tipo de embalagem sobre a microbiota de peito de frango armazenado sob refrigeração. In. SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS. 2005. ANAIS... Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2005.
- OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E. D; GONÇALVES, L. A. G. Teste de tba aplicado a carnes e derivados: Métodos tradicionais, modificados e alternativos. *Química Nova*, v.28, n.4, p.655-663, 2005.
- PATTERSON, R. L. S. e STEVENSON, M. H. Irradiation-induced off-odour in chicken and its possible control. *British Poultry Science*, v.36, n.3, p. 425-441, 1995.
- PEREIRA, S. C.. Irradiação em alimentos. *Revista Nacional da Carne*, v.324, 2004.
- PESSOA, G. V. A. e SILVA, E. A. M. Meios de rugai e lisina motilidade combinados em um só tubo para identificação presuntiva de

- enterobactérias. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, v.32, p.97-100, 1972.
- PIKUL, J.; LESZCZYNSKI, D. E.; KUMMEROW, F. A. Evaluation of three modified tba methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.37, n.5, p.1309-1313, 1989.
- PILIPCINEC, E.; TKACIKOVA, L.; NAAS, H. T.; CABADAJ, R.; MIKULA, I. Isolation of verotoxigenic escherichia coli o157 from poultry. *Folia Microbiologica*, v.44, n.4, p.455-456, 1999.
- PRAAKLE-AMIN, K.; HANNINEN, M. L.; KORKEALA, H. Prevalence and genetic characterization of listeria monocytogenes in retail broiler meat in estonia. *Journal of Food Protection*, v.69, n.2, p.436-440, 2006.
- READ, S. C.; GYLES, C. L.; CLARKE, R. C.; LIOR, H.; MCEWEN, S. Prevalence of verocytotoxigenic escherichia coli in ground beef, pork, and chicken in southwestern ontario. *Epidemiology and Infection*, v.105, n.1, p.11-20, 1990.
- RELATÓRIO anual 2005 - PROCON/DIEESE.: *Cesta básica. Relatório Anual*, São Paulo. Disponível em: <http://www.procon.sp.gov.br/categoria.asp?id=466>, Acesso em: 04 de Novembro de 2006. 2006 (a)
- RELATÓRIO anual da Associação Brasileira dos Exportadores de Frango - ABEF. São Paulo: Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frango, 2005. 30 p.
- RELATÓRIO anual da Associação Brasileira dos Exportadores de Frango - ABEF. São Paulo: Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frango, 2006 (b).
- ROSA, V. P. *Efeito da atmosfera modificada e da irradiação sobre as características microbiológicas, físico-químicas e sensoriais do queijo minas frescal*. 2004. 141f. Dissertação (Mestrado em Ciências - Ciência e Tecnologia de Alimentos) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo,
- ROSMINI, M. R.; PERLO, F.; PEREZ-ALVAREZ, J. A.; PAGAN-MORENO, M. J.; GAGO-GAGO, A.; LOPEZ-SANTOVENA, F.; ARANDA-CATALA, V. Tba test by an extractive method applied to pate. *Meat Science*, v.42, n.1, P. 103-110, 1996.
- SAMADPOUR, M.; ONGERTH, J. E.; LISTON, J.; TRAN, N.; NGUYEN, D.; WHITTAM, T. S.; WILSON, R. A.; TARR, P. I. Occurrence of shiga-like toxin-producing escherichia coli in retail fresh seafood, beef, lamb, pork, and poultry from grocery stores in seattle, washington [USA]. *Applied and Environmental Microbiology*, v.60, n.3, p.1039-1040, 1994.
- 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. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.23, n.2, p.200-205, 2003.
- SATIN, M. *Food irradiation: A guidebook*. 2 ed. Lancaster: Pa. Technomic Pub. Co., 1996. 211 p.
- SATIN, M. Use of irradiation for microbial decontamination of meat: Situation and perspectives. *Meat Science*, v.62, n.3, p.277-283, 2002.

- SEYDIM, A. C.; ACTON, J. C.; HALL, M. A.; DAWSON, P. L. Effects of packaging atmospheres on shelf-life quality of ground ostrich meat. *Meat Science*, v.73, n.3, p.503-510, 2006.
- SPOTO, M. H. F.; GALLO, C. R.; ALCARDE, A. R.; GURGEL, M. S. D. A.; BLUMER, L.; WALDER, J. M. M.; DOMARCO, R. E. Gamma irradiation in the control of pathogenic bacteria in refrigerated ground chicken meat. *Scientia Agricola*, v.57, n.3, p.389-394, 1999.
- THAYER, D. W. Food irradiation: Benefits and concerns. *Journal of Food Quality*, v.13, n.3, p.147-169, 1990
- THAYER, D. W., DICKERSON, C. Y., RAO, D. R., BOYD, G. e CHAWAN, C. B. Destruction of *Salmonella typhimurium* on chicken wings by gamma radiation. *Journal of Food Science*, v.57, n.3, p.586-589, 1992.
- USDA. *Irradiation of poultry products; final rule*. Washington, D.C.: U.S. Dept. of Agriculture, 1992. p.
- USDA. Livestock and poultry: *World markets and trade* In. Circular Series - Commodity and Marketing Programs. 2006. United States Department of Agriculture. Outubro, 2006, p. 25
- VURAL A. e AKSU H. Effects of gamma irradiation on the microbiological and physio-chemical quality of meatballs. *Medycyna Weterynaryjna*, v.62, n.9, p.1011-1015, 2006
- WHO. *High-dose irradiation wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kgy*. Geneva: World Health Organization, 1999. p.
- WITTE, V. C.; KRAUSE, G. F.; BAILEY, M. E. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *Journal of Food Science*, v.35, n. 1, p.582-585, 1970.
- YLDRM, I.; UZUNLU, S.; TOPUZ, A. Effect of gamma irradiation on some principle microbiological and chemical quality parameters of raw turkish meat ball. *Food Control*, v.16, n.4, p.363-367, 2005.
- YOON, K. S. Effect of gamma irradiation on the texture and microstructure of chicken breast meat. *Meat Science*, v.63, n.2, p.273-277, 2003.

ANEXO 01



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
FICHA PARA ANÁLISE SENSORIAL



Características Sensoriais de Peito de Frango Irradiado

O objetivo desse teste é identificar possíveis diferenças de **odor** e **coloração** em peitos de frango tratados para maior vida de prateleira. **Não coloque as amostras na boca, apenas cheire e observe o aspecto visual.**

Você receberá 2 fileiras de amostras. Cada fileira terá 3 amostras. Em cada fileira de amostras 2 amostras serão iguais e uma diferente. Você deve identificar a amostra diferente.

Faça o teste uma fileira por vez, isso facilitará a identificação da diferente.

Muito Obrigado.

Data: 31/08/2006

Nome: _____

Indique o número das amostras.

Duas amostras são iguais e uma diferente. Circule a diferente.

1ª Fileira

Nº. da Amostra _____ _____ _____

Comentários: _____

2ª Fileira

Nº. da Amostra _____ _____ _____

Comentários: _____

ANEXO 02



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS ESCOLA DE VETERINÁRIA FICHA PARA ANÁLISE SENSORIAL



Características Sensoriais de Peito de Frango Irradiado

O objetivo desse teste é identificar possíveis diferenças de **odor** e **coloração** em peitos de frango tratados para maior vida de prateleira. **Não coloque as amostras na boca, apenas cheire e observe o aspecto visual.**

Você receberá 4 fileiras de amostras. Cada fileira terá 3 amostras. Em cada fileira de amostras 2 amostras serão iguais e uma diferente. Você deve identificar a amostra diferente.
Faça o teste uma fileira por vez, isso facilitará a identificação da diferente.

Muito Obrigado.

Indique o número das amostras.

Duas amostras são iguais e uma diferente. Circule a diferente.

1ª Fileira

Nº. da Amostra _____

Comentários: _____

2ª Fileira

Nº. da Amostra _____

Comentários: _____

3ª Fileira

Nº. da Amostra _____

Comentários: _____

4ª Fileira

Nº. da Amostra _____

Comentários: _____



INSTRUÇÕES PARA REALIZAÇÃO DE ANÁLISE SENSORIAL

Você receberá uma bandeja contendo **4 fileiras de amostras**. Considere cada fileira como uma análise individual.

O primeiro passo é **identificar na ficha as amostras seguindo os números impressos nos copinhos** de plástico seguindo o exemplo abaixo.

Depois de identificadas você deve analisar o **odor e aparência** das amostras. Não sinta o gosto nem engula as amostras. **Uma das 3 amostras é diferente**, identifique essa amostra com um **círculo**, conforme mostrado abaixo. No exemplo a amostra diferente é a 306.

Repita o procedimento com as segunda, terceira e quarta fileiras.

Assim que acabar bata, na portinha a sua frente para que possamos retirar a amostra.

		1ª Fileira	
Nº. da Amostra	<u>306</u>	<u>423</u>	<u>571</u>
Comentários:	_____		

Não há risco algum em participar nessa análise sensorial.

Muito obrigado pela ajuda nesse experimento.