

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

***QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO SUBMETIDA À IRRADIAÇÃO
OU ATMOSFERA MODIFICADA E ARMAZENADA POR
DIFERENTES PERÍODOS***

MARLEIDE COSTA CANIZARES

Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia como
partes das exigências para a
obtenção do título de Doutor.

BOTUCATU - SP
Julho – 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

***QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO SUBMETIDA À IRRADIAÇÃO
OU ATMOSFERA MODIFICADA E ARMAZENADA POR
DIFERENTES PERÍODOS***

MARLEIDE COSTA CANIZARES

Orientador: Prof. Dr. Ariel Antonio Mendes

Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia como
partes das exigências para a
obtenção do título de Doutor.

BOTUCATU - SP
Julho- 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO
- SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA

LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Costa Canizares, Marleide, 1971-

C837q Qualidade da carne de frango submetida à irradiação ou atmosfera

modificada e armazenada por diferentes períodos / Marleide Costa Canizares. -

Botucatu : [s.n.], 2008.

ix, 93 f.: il. color., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2008

Orientador: Ariel Antonio Mendes

Inclui bibliografia.

1. Frango de corte. 2. Carne - Qualidade. 3. Alimentos - Conservação por radiação. 4. Atmosfera modificada.
I. Mendes, Ariel Antonio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

Aos meus pais **João Arcelino da Silva** e **María Altoni da Costa Silva**, pelo amor, carinho e incentivo durante as diferentes etapas da minha vida.

A meus Irmãos **Mauro**, **Mairton** e **Marly**, pela motivação e apoio constante.

Mauricio (*in memoria*)

Ao meu esposo **Gil Ignacio Lara Cañizares**, pelo seu amor, companhia, compreensão e amizade.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela oportunidade de seguir dia a dia lutando por novas oportunidades de vida.

Ao professor Dr. Ariel Antonio Mendes, pela orientação, apoio e colaboração.

Ao professor Dr. Roberto Oliveira Roça, pela colaboração, apoio na elaboração de várias etapas deste projeto de pesquisa e amizade.

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - UNESP, Campus de Botucatu e ao Programa de Pós-Graduação, pela oportunidade na conclusão do curso de Doutorado.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Bento Gonçalves – CEFET-BG, seus professores, funcionários e alunos por apoiar e oportunizar essa qualificação.

À Empresa Brasileira de Esterilização – CBE, por permitir a utilização de sua planta industrial e apoiar este projeto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo dentro Programa Institucional de Qualificação Docente para a Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica (PIQDTEC).

À Claudia Marie Komiyama e seu esposo Lucinei, à Sabrina Endo Takahashi pela amizade, apoio incondicional e ajuda durante a condução do experimento.

A toda a equipe da avicultura Ibiara Correia de Lima Almeida, Karen Franco de Godoi Cardoso, Augusto Balog Neto, Cristiane Sanfelice, professora Marcia Regina F. Boaro Martins, Elisane Lenita Milbradit, Bárbara Fernandes, pelo convívio, apoio e colaboração.

À professora Dra. Renée Laufer Amorim e Pedro Pinczowski, pelo apoio e colaboração na para a realização das análises morfométricas.

Aos professores do departamento de Produção Animal e Melhoramento e Nutrição Animal, pelo ensino e aprendizado durante o curso de pós-graduação.

Às funcionárias da Seção de Pós-Graduação, Carmen Silvia de Oliveira, Seila Cristina Cassineli Vieira, Danilo Teodoro Dias e funcionários do Departamento de Produção Animal, Solange Aparecida Ferreira de Souza e José Luis Barbosa de Souza, pelos auxílios prestados.

Aos funcionários do Laboratório de Bromatologia, Renato, Conceição e Elaine, e aos funcionários do Laboratório de Tecnologia de Alimentos, João, Odileia e Cecília, pela colaboração nas análises laboratoriais.

Aos alunos de Pós-Graduação e amigos Luciana Rodrigues, Igo Gomes Guimarães, Lizbeth Alendez Rosales, Charli Ludke, Camila Angerami, Luis Gabriel Quintero Pinto, Blanca Stella, Gabriel Garrido, Carolina Tobias, Diego Peres Netto, Vivian Gomes dos Santos, Edcarlos Oliveira Queiroz, Brenda Batista Lemos Medeiros, Daniel de Magalhães Araújo, Kleber Pelícia, Ernani Nery de Andrade, Cleise de Oliveira Sigarini, Dorival Pereira Borges da Costa, Fabiola Fogaça, Sirlei Maestá, Rodrigo Martins Imediato, pela colaboração durante o experimento e amizade.

À Aneti Fernanda Ritzel pela amizade, incentivo e companheirismo.

À família de Antonieta Cañizares Estupiñan, Fernanda, Gabriela, Carolina, Kátia, Ismael, Bruno, Ana Paula e José, pelo carinho, convivência tranquila e harmoniosa.

À família do Guido Castagnino e da Andréa Langbecker pela amizade e por todos os momentos de apoio e convívio.

Enfim, a todos que me ajudaram e colaboram para que fosse possível a realização desta conquista.

SUMÁRIO

Capítulo 01	01
Considerações Iniciais	01
Introdução.....	02
Irradiação em carnes.....	04
Embalagem com atmosfera modificada.....	11
Referências bibliográficas.....	18
Capítulo 02	26
Efeito da irradiação sobre parâmetros de qualidades de carne de peito de frango armazenada por diferentes períodos	26
Resumo.....	28
Abstract.....	29
.	
Introdução.....	30
Material e métodos.....	32
Delineamento experimental.....	37
Resultados e discussão.....	38
Carnes armazenadas sob refrigeração.....	38
Carnes armazenadas sob congelamento.....	49
Conclusões.....	58
Referências bibliográficas.....	59
Capítulo 03	65
Efeito sobre parâmetros de qualidades de carne de peito de frango embalada sob atmosferas modificada em diferentes períodos de armazenamento	65
Resumo.....	67
Abstract.....	68
.	
Introdução.....	69
Material e métodos.....	70
Delineamento Experimental.....	73
Resultados e discussão.....	74
Carnes armazenadas sob refrigeração.....	74

Carnes armazenadas sob congelamento.....	83
Conclusões.....	88
Referências bibliográficas.....	89
Capítulo 04	92
Implicações.....	93

SUMÁRIO DE TABELAS**CAPÍTULO 2**

Tabela 1.	Médias obtidas para pH, L* (luminosidade), a* (vermelho), b* (amarelo) na carne de peito de frangos submetidos à irradiação (0 e 3kGy), armazenado sob refrigeração (4°C) por diferentes períodos.....	39
Tabela 2.	Médias obtidas para capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cocção (PPC), força de cisalhamento (FC), perda de exsudado (PE), capacidade de absorção de água (CAA) e desnaturação protéica (DP) na carne de peitos de frangos submetidos à irradiação (0 e 3kGy), armazenados sob refrigeração (4°C) por diferentes períodos.....	41
Tabela 3.	Médias obtidas para os valores de TBARS na carne de peito de frango submetida à irradiação (0 e 3kGy) e armazenada sob refrigeração por diferentes períodos.....	44
Tabela 4.	Médias obtidas para composição química centesimal: umidade (UM), proteína bruta (PB) estrato etéreo (EE) e resíduo mineral fixo (RM) na carne de peito de frango submetida à irradiação (0 e 3kGy) armazenada sob refrigeração.....	45
Tabela 5.	Médias obtidas dos valores morfométricos das fibras musculares na carne de peitos de frango, submetida à irradiação (0 e 3kGy), mantida sob refrigeração por diferentes períodos.....	46
Tabela 6.	Análises sensoriais dos peitos de frango submetidos à irradiação (0 e 3kGy) mantidos sob refrigeração.....	48
Tabela 7.	Médias obtidas para pH, L*(luminosidade), a*(vermelho), b*(amarelo) na carne de peito de frango submetida à irradiação (0 e 3kGy) armazenada sob congelamento por diferentes períodos.....	50

Tabela 8.	Médias obtidas para capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cocção (PPC), força de cisalhamento (FC), perda de exsudado (PE), capacidade de absorção de água (CAA) e desnaturação protéica (DP) na carne de peito de frango submetida à irradiação (0 e 3kGy) e armazenados sob congelamento por diferentes períodos.....	51
Tabela 9.	Médias dos valores de TBARS obtidas na carne de peito de frango submetida à irradiação (0 e 3kGy) e mantida congelada por diferentes períodos de armazenamento.....	54
Tabela 10.	Médias da composição centesimal: umidade (UM), proteína bruta (PB), estrato etéreo (EE) resíduo mineral fixo (RM) na carne de peito de frango congelada e submetida à irradiação (0 e 3kGy).....	54
Tabela 11	Médias obtidas para os valores morfométricos das fibras musculares na carne de peito de frango, submetida à irradiação (0 e 3kGy), mantida sob congelamento por um e 90 dias.....	55
Tabela 12	Análise sensorial dos peitos de frango submetidos à irradiação (0 e 3kGy) e mantidos sob congelamento.....	58

SUMÁRIO DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1.	Cortes transversais do músculo <i>Pectoralis major</i> de frangos: A – Inicial; B - 0kGy, C- 3kGy com 01 dia de armazenamento; D - 0kGy, E - 3kGy aos 21 dias de armazenamento sob refrigeração. HE. 200x.....	47
Figura 2.	Cortes transversais do músculo <i>Pectoralis major</i> de frangos: A – Inicial; B - 0kGy, C- 3kGy com um dia de armazenamento; D - 0kGy, E - 3kGy aos 90 dias de armazenamento sob congelamento. HE. 200x.....	56

SUMÁRIO DE TABELAS

CAPÍTULO 3

Tabela 1.	Médias obtidas para pH, L* (luminosidade), a* (teor de vermelho), b* (teor de amarelo) nas carnes de peito de frango embaladas sob atmosfera modificadas armazenadas sob refrigeração por diferentes períodos.....	75
Tabela 2.	Médias obtidas para capacidade de retenção de água (CRA), perda de exsudado (PE), capacidade de absorção de água (CAA) perda de peso por cocção (PPC), força de cisalhamento (FC) e desnaturação protéica (DP) na carne de peito de frango embalada sob atmosfera modificada e armazenada por diferentes períodos sob refrigeração.....	78
Tabela 3.	Médias obtidas para os valores de TBARS na carne de peito de frango embalada sob atmosferas modificada e mantida sob refrigeração por diferentes períodos.....	81
Tabela 4.	Médias da composição centesimal: umidade (UM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e resíduo mineral fixo (RM) em carne de peito de frango embalada sob atmosferas modificada e mantida sob refrigeração por diferentes períodos.....	82
Tabela 5.	Médias obtidas para pH, L*(luminosidade), a*(vermelho), b*(amarelo) na carne de peito de frango embalada sob atmosferas modificada e armazenada congelada por diferentes períodos.....	83
Tabela 6.	Médias obtidas para capacidade de retenção de água (CRA), perda de exsudado (PE), capacidade de absorção de água (CAA), perda de peso por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC) em carne de peito de frango embalada sob atmosfera modificada e mantida congelada por diferentes períodos.....	85
Tabela 7.	Médias obtidas para os valores de TBARS na carne de peito de frango embalada sob atmosferas modificada e armazenada congelada por diferentes períodos.....	87

Tabela 8. Médias da composição centesimal: umidade (UM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e resíduo mineral fixo (RM), em carne de peito de frango embalada sob atmosfera modificada e mantida sob congelamento por diferentes períodos.....	88
--	----

ABREVIATURAS

ATM1 – Atmosfera modificada com proporções gasosas de 62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂

ATM2 – Atmosfera modificada com proporções gasosas de 20%CO₂: 80%N₂

CAA – Capacidade de absorção de água

CRA – Capacidade de retenção de água

DP – Desnaturação protéica

FC – Força de cisalhamento

PE – Perda de exsudado

PPC – Perda de peso por cozimento

Valor L* - Luminosidade

Valor a* - Intensidade de vermelho

Valor b* - Intensidade de amarelo

TBARS – *Thiobarbituric acid reactive substances* (Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico)

CAPÍTULO 1

Considerações Iniciais

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O Brasil produziu 10,2 milhões de toneladas de carne de frangos em 2007, sendo 68% destinadas ao mercado interno e 32 % destinadas ao mercado externo, apresentando um consumo *per capita* de 37,8kg por habitante ao ano. Somente as exportações de carne de frangos em 2007 geraram receitas de US\$ 4,97 bilhões. Com estes números, o Brasil sustenta a posição de maior exportador e segundo maior produtor de carne de frango do mundo (UBA, 2008).

A cada dia, a demanda dos consumidores é maior por alimentos frescos, mais naturais, menos processados. Durante o processamento e a estocagem dos alimentos, a cor, a textura, o sabor e as qualidades nutricionais devem ser preservados, havendo sempre um compromisso entre a qualidade e a segurança dos alimentos (Carpenter *et al.*, 2001).

Uma vez que a aparência é o principal critério no qual o consumidor se baseia na hora da compra dos produtos cárneos, é essencial que esta seja mantida próxima dos níveis ótimos. É necessário ainda, que se mantenha a estabilidade da cor da carne durante sua distribuição, estocagem e comercialização. Neste sentido, os controles da higiene e da temperatura do produto são, obviamente, fatores muito importantes, assim como a seleção de técnicas de processamento da carne e aplicação de materiais apropriados para embalagens da carne e a atmosfera em que este produto será armazenado (Jayas & Jeyamkondan, 2002).

Com a necessidade de oferecer cada vez mais produtos com maior valor agregado para o consumidor final, as tecnologias que aumentam a vida de prateleira dos produtos ganharam considerável importância principalmente entre a indústria de irradiação de alimentos e os fabricantes de embalagens (Jayas & Jeyamkondan, 2002). Já se sabe, contudo, que não é apenas a boa embalagem que garante aumento da vida de prateleira, pois a forma de processamento do produto é igualmente importante. Assim, as tecnologias de processamento da carne (irradiação) e de empacotamento (atmosfera modificada) evoluíram rapidamente nas últimas duas décadas. Conseqüentemente, o conhecimento das técnicas de irradiação de alimentos, das características dos sistemas e materiais de empacotamento, assim como os fatores do não-empacotamento que influenciam na manutenção da qualidade, são essenciais para se tomarem decisões na

seleção de sistemas apropriados. A aparência final do produto na embalagem é muito mais importante para o consumidor do que se imagina, e é a expressão final e definitiva de tudo aquilo que o produto é e significa, junto ao seu conteúdo, uma entidade única (Carpenter *et al.*, 2001). A embalagem imprime vida na relação do consumidor com o produto, indo muito além de suas funções de conter, transportar e proteger (Jayas & Jeyamkondan, 2002).

Com base nestes aspectos, surgiu a proposta deste projeto, que teve por objetivo avaliar o efeito da irradiação e da utilização de embalagem em atmosfera modificada sobre parâmetros de qualidades da carne de frango armazenada por diferentes períodos.

Esta tese é continuidade de uma linha de pesquisa financiada pelo CNPq (processo nº471850-7) e FUNDUNESP (processo nº227-06), também conduzida pela acadêmica Karen Franco de Godoi Cardoso, cujo trabalho resultou na dissertação de Mestrado intitulada “Qualidade microbiológico de filés de peito de frangos de corte submetidos à irradiação e atmosfera modificada em diferentes períodos de armazenamento”.

Os capítulos 2 e 3 intitulados: “Efeito da irradiação sobre parâmetros de qualidades de carne de peito de frango armazenada por diferentes períodos”; e “Efeito sobre parâmetros de qualidades de carne de peito de frango embalada sob atmosfera modificada em diferentes períodos de armazenamento”, foram redigidos de acordo com as normas de publicação da Revista Brasileira de Ciência Avícola / *Brazilian Journal of Poultry Science*.

O capítulo 4 apresenta implicações do trabalho.

Irradiação em carne de aves

O uso da energia nuclear passou a ser conhecida como maléfica devido a associação feita com as bombas atômicas ou com os grandes acidentes causados pelo vazamento do material radioativo. Devido à falta de informação por parte da população, os benefícios que o uso da energia nuclear pode trazer, como por exemplo, no tratamento de doenças, uso industrial, conservação de alimentos e outros, acabam passando despercebidos. Diante dessa situação, o uso da tecnologia de irradiação de alimentos tem recebido uma grande atenção em todo o mundo (Crowford & Ruff 1996; Leonel, 2004).

O processo de conservação de alimentos por irradiação consiste no tratamento destes por meio de um tipo de energia denominada eletromagnética, onde seu principal objetivo é conservar os alimentos e reduzir, ou eliminar, a sua carga microbiana. Com isso, a técnica da irradiação permite melhor conservação das carnes, principalmente de aves, além de eliminar os microorganismos prejudiciais à saúde.

Segundo Diehl (1995), o processo de irradiação pode impedir a divisão de células vivas (bactérias e organismos superiores) ao alterar suas estruturas moleculares, além de retardar a maturação de algumas frutas e legumes, ao produzir reações bioquímicas nos processos fisiológicos dos tecidos vegetais.

As fontes de irradiação permitidas são aquelas autorizadas pela Companhia de Energia Nuclear (CNEN): Cobalto 60, Césio 137, raios-X gerados por máquinas que trabalham com energia até 5MeV e elétrons gerados por aceleradores de elétrons que trabalham com energia até 10MeV. Contudo, o Cobalto-60 é o mais utilizado comercialmente em todo mundo devido as suas vantagens como a disponibilidade, baixo custo, alto poder de penetração, boa uniformidade de dose, apresentação na forma metálica e insolúvel em água, proporcionando com isso maior segurança ambiental (Ehlermann, 1990). Como desvantagem apresenta meia-vida de 5,3 anos, e por isso 12% da fonte devem ser reposta anualmente para manter o potencial original (Jarret, 1987).

Segundo o International Consultive Group On Food Irradiation (1999), mesmo que os alimentos fossem expostos a doses de radiação muito elevadas, o nível máximo de radioatividade seria 200.000 vezes menor do que o nível de radioatividade naturalmente presente no alimento.

Um exemplo de irradiação em alimentos foi proposto por Grégoire *et al.* (2003), para uso de raios-X de alta energia em carnes vermelhas. Neste trabalho, foi usada carne moída de boi, a qual foi irradiada com raios-X de 7,5MeV ("Bremsstrahlung"), a uma dose de 15kGy, duas vezes maior que a permitida pelo FDA para irradiação de carne, para assim avaliar o efeito da radiação. Ainda foram analisados os radioisótopos presentes na carne, antes e após a irradiação e, depois, a comparação entre elas para se estabelecer a margem de segurança do alimento irradiado. Foi verificado que a carne não-irradiada contém naturalmente uma pequena quantidade de isótopos radioativos, entre eles o ^{40}K , levando a uma dose baixa de exposição. A carne após ser irradiada com o "Bremsstrahlung" não teve sua radioatividade natural aumentada e, por isso, o risco para indivíduos que ingerem alimentos irradiados por raios-X, gerados por elétrons com energia nominal tão alta quanto 7,5MeV, é desprezível (Xavier *et al.*, 2007).

Atualmente, os irradiadores de cobalto 60 são instalados num "bunker", câmara de irradiação cujas paredes são blindagens de concreto. Essa fonte, quando não está em operação, fica armazenada em uma piscina (poço) com água tratada, revestida por um "liner" (revestimento) de aço inox, no interior da blindagem. Para serem irradiados, os alimentos são colocados em "containers" e por meio de um monotrilha são conduzidos para o interior da câmara, onde recebem a dose programada de radiação gama. Operadores qualificados controlam e monitoram eletronicamente a fonte de radiação e o tratamento dos produtos, por meio de um console situado fora da câmara de irradiação (Walder & Camargo, 2007).

Os métodos não-térmicos de processamento de alimentos (irradiação, pulso elétrico, alta pressão, microondas) têm ganho grande interesse ultimamente devido ao grande potencial que oferecem como processos alternativos ou complementares aos métodos tradicionais de preservação. Na maioria dos métodos tradicionais de preservação, os alimentos são submetidos a altas temperaturas por um certo período de tempo, causando muitas vezes alterações indesejáveis nos produtos, como modificações de cor, sabor e perdas funcionais ou nutritivas (Campos *et al.*, 2003).

A irradiação de alimentos no Brasil é normatizada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA - resolução RDC 21 de 26 de janeiro de 2001), a qual estabelece as diretrizes para aplicação do processo de irradiação. Também através da

RDC 21 ficou estabelecido que todo produto tratado com energia ionizante deva ser rotulado e em seu rótulo deve constar a frase: "Alimento tratado por processo de Irradiação". Mesmo que apenas uma parte do produto ou um ingrediente seja tratado por energia ionizante, a frase deve constar no rótulo (ANVISA, 2001). Segundo a definição da ANVISA, a irradiação de alimentos é um processo físico de tratamento que consiste em submeter o alimento, já embalado ou a granel, a doses controladas de irradiação ionizante, com finalidade sanitária, fitossanitária e/ou tecnológica. De acordo com o *Codex Alimentarius* (1999), a dose a ser utilizada deve ser suficiente para prolongar a vida de prateleira ("shelf-life") e eliminar os microrganismos patogênicos, principalmente salmonelas, sendo que o nível preconizado para a carne de frango é de 7kGy, com o propósito de aumentar a vida-útil e promover a descontaminação (Oliveira, 2000).

Ao penetrar nos alimentos, parte da energia da radiação ionizante é absorvida, sendo que a quantidade que passa pela massa do produto exposto é denominada "dose absorvida". A unidade para a dose de irradiação é o Gray (Gy) que corresponde à absorção de 1 Joule de energia/kg de matéria (Diehl, 1995).

De acordo com Urbain (1978), as aplicações de doses consideradas baixas, ou seja, inferiores a 10kGy, têm como objetivo prolongar a vida de prateleira do produto, reduzindo a população microbiana inicialmente presente no alimento, sendo úteis para carnes frescas, principalmente de aves. Tratamentos com doses baixas em carne de frango podem ser utilizados com eficiência no controle de patógenos.

Para a carne de frango congelada, as doses recomendadas no processo de irradiação são de 3 a 5kGy e 1,5 a 2,5kGy para a carne resfriada, sendo estes tratamentos efetivos para a redução de patógenos como a *Salmonella* (Kampelmacher, 1984; Sarjeant, *et al.* 2003).

Spoto *et al.* (1999) verificaram que a dose de 4kGy foi suficiente para manter os filés de peito de frango dentro dos limites microbiológicos aceitáveis, estabelecidos pelos órgãos responsáveis pela fiscalização. No entanto, em outro trabalho, quando os filés de peito foram moídos, a melhor dose de irradiação foi a de 6kGy (Spoto *et al.*, 2000).

A irradiação de alimentos apresenta muitas vantagens, dentre estas se destaca o fato de que o produto é tratado em sua embalagem final, evitando recontaminação, não

há elevação da temperatura durante o tratamento, não apresenta riscos ao consumidor como os agrotóxicos, pesticidas e alguns aditivos, atende às exigências do mercado importador e tem menor custo que a maioria dos outros métodos de conservação de alimentos (Maliska, 2000).

Entretanto, algumas alterações podem ocorrer no alimento com a irradiação, como por exemplo, mudanças na cor, sabor e textura de certos alimentos, o que pode conferir um impacto negativo na aceitação destes produtos por parte do mercado consumidor. Devido a isso, as indústrias encontram algumas dificuldades em utilizar este procedimento (Leonel, 2004).

De acordo com Ornellas *et al.* (2006), os consumidores estão cada vez mais exigentes em relação a escolhas de seus alimentos, e têm demonstrado grande interesse em conhecer novas tecnologias. Muitos deles estão propensos a comprar alimentos obtidos ou tratados por métodos alternativos. Entretanto, a maioria gostaria de receber mais esclarecimento sobre o assunto, evidenciando a necessidade de divulgação mais ampla. E se colocada em prática, essa proposta poderá abrir mercado para alimentos tratados por irradiação, já que a falta de informação é a questão limitante para a polarização desta tecnologia.

Dentre as alterações relacionadas ao processo de irradiação está a alteração na cor. Energia é emitida quando ocorre queda na oscilação de elétrons de um estado de alta energia para um estado energético menor (Tinoco *et al.*, 1978). A cor ocorre quando radiação eletromagnética no espectro visível é emitida ou refletida por átomos ou moléculas. Basicamente a cor está relacionada à estrutura do elétron no átomo ou molécula de pigmento devido a algumas capturas energéticas que podem ser absorvidas por esses elétrons (alterando seu estado energético). A luz direcionada a um material (carne) contém uma quantidade variada de energia no comprimento de onda do espectro visível (~ 400-700nm). A quantidade de energia de cada comprimento de onda depende do comprimento da luz. Quando a luz incide sobre um material opaco, alguns comprimentos de onda são absorvidos por composto do alimento (pigmento) enquanto algumas são refletidas. A energia luminosa que é refletida volta para olho e a cor é percebida pela associação com os comprimentos de ondas que foram absorvidos. E esta luz refletida, o qual são os comprimentos de ondas perdidos é que se infere como cor (McDougall, 1993).

A cor da carne é dependente da concentração de pigmentos (mioglobina, hemoglobina), seus estados químicos e propriedades de difusão de luz na carne (Lawrie, 1998; McDougall, 1993).

Segundo Urbain (1986), a carne de frango quando irradiada com doses de esterilização, pode apresentar coloração marrom ou cinza. Millar *et al.* (2000) utilizaram dosagem de 5kGy nas carnes de peito e coxas de frangos, perus e gansos estocados a 4°C por sete dias e observaram que o valor de a^* (intensidade de vermelho) foi significativamente maior para carnes de peitos não irradiadas. O valor de b^* (intensidade de amarelo) para carne de coxa das aves foi significativamente maior na irradiada do que na não irradiada. Du *et al.* (2002) utilizando 0 e 3kGy em filés de peito de frango embalados convencionalmente e em condições aeróbicas e a vácuo e armazenados durante sete dias, observaram que após o cozimento, as amostras irradiadas apresentaram maiores valores de a^* em relação às não irradiadas. Os valores de b^* e L^* (luminosidade) também sofreram mudanças.

Uma série de alterações na textura da carne pode ocorrer devido a um desarranjo estrutural do músculo ocasionado pela irradiação. Yoon (2003) observou através de microscopia eletrônica que os músculos de peito de frangos de corte irradiados com doses baixas (2,2 a 2,9kGy) sofrem enrijecimento, bem como contração dos sarcômeros devido a um desarranjo nas unidades miofibrilares do músculo esquelético após o cozimento, com isso maiores valores de textura foram observados nos diferentes períodos de estocagem.

As características sensoriais tais como sabor e odor podem ser alteradas devido ao ranço desenvolvido pela reação dos radicais livres com os lipídeos e também pela hidrólise das proteínas resultando em compostos sulfurados livres (Diehl, 1995), limitando dessa forma a dose máxima de irradiação que pode ser aplicada em carnes.

Vários estudos realizados com carnes de aves demonstraram que a irradiação nas doses aprovadas pela legislação dos Estados Unidos (2 a 5kGy), não causou efeitos negativos nas características sensoriais. Farkas (1998) ressalta que o tratamento com irradiação é um método muito eficiente no controle da carga bacteriana na carne crua. Porém, as radiações ionizante produzem radicais livres que podem induzir a oxidação e outras mudanças químicas, influenciando negativamente a qualidade do produto. A carne de frango contém mais ácidos graxos polinsaturados (PUFA) do que a carne

bovina e por isso é mais susceptível a mudanças oxidativas pela irradiação (Branka *et al.*, 1992).

Além da formação de compostos "off flavor" (de sabor desagradável), outras reações podem afetar a segurança e a estabilidade da carne irradiada, o que pode colocar em risco a qualidade do produto final. Estas reações secundárias podem conduzir a formação de compostos potencialmente tóxicos como álcoois, cetonas, peróxidos e aldeídos (Gray *et al.*, 1996), resultando em perdas de nutrientes e promovendo mais reações oxidativas (Nam *et al.*, 1997). A oxidação lipídica pode ser influenciada por vários fatores tais como o conteúdo e o estágio dos pró-oxidantes (ferro e mioglobina), níveis de oxidante muscular, conteúdo de gordura, perfil de ácidos graxos, grau de processamento e condições de estocagem (Nam & Ahn, 2003).

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

Toledo *et al.* (2001) comparando o valor nutricional da carne de frangos de corte (peito e coxas) frescos, refrigeradas (30 dias a 4°C) e congeladas (90 dias a -18°C) irradiadas com diferentes doses (0, 2, 4, 6 e 8kGy), verificaram que a umidade nas amostras de peito e coxas frescas diminuiu devido à irradiação, sendo que a proteína, gordura e cinza não sofreram alterações com a irradiação.

As doses de radiação aplicadas podem-se distinguir em três processos: radapertização, também chamado de esterilização comercial, que consiste em aplicações de doses de radiação suficientes para eliminar todos os microrganismos vivos, de forma que não possam ser detectados por método microbiológico, usando-se doses elevadas, de 10 a 70 kGy; a radicação ou radiopasteurização, que se assemelha ao processo de pasteurização, eliminando apenas os microrganismos patogênicos, usando doses intermediárias de 1 a 10kGy. Já a radurização é a aplicação de doses ionizantes que não alteram o produto, mas reduzem sensivelmente sua carga microbiana, usando doses baixas de 0,5 a 1kGy (Jay, 1994; Franco & Landgraf, 2005).

A sobrevivência de microrganismos ao processamento com radiação ionizante depende de alguns fatores, que incluem a natureza e extensão do dano direto produzido ao DNA. Além disso, a sobrevivência das células depende da sua capacidade em resistir à radiação ionizante e sofrer reparo. Também depende de condições ambientais extracelulares, tais como o pH, a temperatura, a presença ou ausência de oxigênio e a composição química do alimento. A radiação ionizante danifica o DNA em nível celular, debilitando, assim, processos bioquímicos (Diehl, 1995; Monk *et al.*, 1995; Rosa, 2004).

Embalagem com atmosfera modificada

Embalagem em atmosfera modificada é um sistema de embalagem no qual, para se ter uma maior vida de prateleira e manutenção da qualidade, as carnes são embaladas e conservadas com uma mistura de oxigênio e gás carbônico (o mesmo gás usado na maioria dos refrigerantes e águas). Isto faz com que a aparência das carnes seja muito mais atraente e impede o processo de deterioração rápida do produto (Jeremiah, 2001).

A fim de atender a essa tendência clara no sentido de centralização das atividades de processamento e empacotamento dos cortes de carne é necessário que se utilizem embalagens apropriadas, em atmosferas modificadas, permitindo maior preservação das características originais dos cortes, e a maior vida útil dos produtos cárneos. Talvez, a consideração mais importante a respeito de embalagens preservativas seja a seleção ou a manutenção da atmosfera apropriada dentro da embalagem (Gill, 1996; Labadie, 1999).

A embalagem em atmosfera modificada é um dos métodos de preservação de alimentos que mantém a qualidade natural, enquanto prolonga o tempo de estocagem dos mesmos. O período de estocagem dos alimentos é consideravelmente prolongado pela modificação da atmosfera que circunda o produto, a qual reduz a taxa de respiração dos alimentos e diminui a atividade dos microrganismos presentes (Jayas & Jeyamkondan, 2002).

O uso de atmosfera modificada altera o meio ambiente no momento do empacotamento, mas permite que a atmosfera dentro do pacote mude ao longo do período de estocagem. Em embalagens com atmosfera controlada, a atmosfera é alterada inicialmente e depois monitorada durante todo o tempo de estocagem. Conseqüentemente, o uso de embalagens com atmosfera controlada maximizará a vida útil do produto, levando a maior flexibilidade na distribuição e na comercialização das carnes (Jeremiah, 2001).

O empacotamento com atmosfera modificada é um método bem conhecido para prolongar a vida de prateleira de vários alimentos, principalmente das carnes. As atmosferas usadas combinam concentrações diferentes de oxigênio, dióxido de carbono e nitrogênio, para manter a aparência de carne fresca e de coloração vermelha, tanto sob o ponto de vista microbiano como sensorial (Luño *et al.*, 2000).

O ponto no qual a deterioração microbiana se torna evidente depende da natureza do substrato e do tipo de organismo presente (Lawrie 1998). O crescimento de organismos aeróbicos é prevenido no empacotamento a vácuo, pela remoção do oxigênio. Mas, a deterioração, eventualmente, se desenvolve como consequência do pequeno crescimento de organismos capazes de tolerar condições anaeróbicas.

Em atmosferas modificadas com alta concentração de oxigênio e moderada de gás carbônico o crescimento de organismos aeróbicos é inibido, mas não evitado. Os efeitos inibitórios da concentração moderada de gás carbônico em floras aeróbicas são aumentados em vários graus pela limitação da disponibilidade de oxigênio em atmosferas modificadas com baixa concentração deste gás e nas embalagens a vácuo. Além disso, as concentrações de gás carbônico devem ser suficientemente altas para retardar o crescimento de espécies tolerantes a condições anaeróbicas (Gill & Newton, 1978; Koohmaraie *et al.*, 1986).

Atmosferas modificadas contendo altas concentrações de oxigênio, geralmente, consistem em misturas de 70% de oxigênio e 30% de dióxido de carbono. O dióxido de carbono na atmosfera da embalagem restringe o crescimento de bactérias aeróbicas que causam deterioração, enquanto a elevada concentração de oxigênio permite a conservação da cor da carne e prolonga a estabilidade da oximioglobina (Gill & Newton, 1978).

A eficácia da embalagem em atmosfera modificada é bem conhecida pela indústria de carne e mais de 90% dos cortes das carcaças são transportados dos frigoríficos para os distribuidores de carne desta maneira (especialmente em embalagens a vácuo). O tempo máximo de estocagem da carne fresca é alcançado quando a mesma é estocada sob atmosfera com 100% de dióxido de carbono e em temperatura de -1,5°C. O efeito inibitório do dióxido de carbono ao crescimento microbiano aumenta com a diminuição da temperatura da carne (Sorheim *et al.*, 1999). A população de bactérias lácticas reduz a ameaça dos patógenos, garantindo segurança ao alimento (Jayas & Jeyamkondan, 2002; Dhanayajan *et al.*, 2003).

A despeito do uso do monóxido de carbono (CO) no empacotamento de alimentos ser proibido em muitos países, Luño *et al.* (2000) mostraram resultados que a atmosfera contendo 50% de dióxido de carbono e 0,5% a 0,75% de CO, na presença de baixas concentrações de oxigênio (24%) foi capaz de prolongar a vida útil de carne bovina por

5 a 10 dias, à temperatura de 1°C, quando comparada com carne estocada em atmosfera contendo 70% de oxigênio e 20% de dióxido de carbono. Os autores concluíram que a presença de CO e de 50% de CO₂ prolongou a vida de prateleira dos produtos pela inibição do crescimento de bactérias responsáveis pela deterioração da carne, pelo retardamento na formação de metamioglobina, pela estabilização da cor vermelha, além de manter o odor de carne fresca nos produtos, diminuindo as reações oxidativas. Também utilizando baixas concentrações de CO nas embalagens com atmosfera modificada, Sorheim *et al.* (1999) encontraram diferenças na vida de prateleira das carnes, determinadas pelo tempo que os produtos apresentaram odores diferentes, pela influência do método de empacotamento, pela temperatura de estocagem e ainda pela carga microbiológica apresentada na carne. Os resultados mostraram que carnes estocadas em misturas contendo CO, embaladas sob vácuo, apresentaram vida de prateleira mais longa. Já as carnes estocadas em altas concentrações de oxigênio desenvolveram odores de dois a sete dias mais cedo, a 4°C ou 8°C, quando comparadas com carnes estocadas em outras misturas de gases ou por outros métodos de empacotamento. Ainda neste experimento, os autores concluíram que, independentemente do método de empacotamento, a vida de prateleira das carnes pode ser prolongada consideravelmente se mantidas baixas as temperaturas da câmara de resfriamento, uma vez que a temperatura de estocagem influenciou intensamente a taxa de desenvolvimento da microflora e o tempo de aparecimento de odores. Em relação à cor da carne, a mistura com CO garantiu um brilho estável ou um brilho luminoso no vermelho das cores de todos os produtos avaliados, independentemente da temperatura de estocagem.

Carpenter *et al.* (2001) investigaram se a preferência dos consumidores pelas diferentes cores de carne (vermelha, roxa ou marrom) e os diferentes sistemas de empacotamento (atmosfera modificada – MAP, embalagem a vácuo – VP ou embalagem tradicional EPS + PVC) influenciam ou não na classificação de sabor da carne bovina. Neste estudo, os consumidores mostraram preferência por cor de carne e tipo de embalagem que muito provavelmente influenciariam sua decisão na hora da compra. Entretanto, essas preferências por cor e tipo de empacotamento não influenciaram na classificação do sabor.

De acordo com Kennedy et al (2005) a cor da carne de frango é referida pelos consumidores como atributo intrínseco de grande importância no ato da compra, surgindo como indicador de qualidade e frescura. Fraqueza *et al* (2005) avaliando a cor e tipo de embalagem em carne de peru, verificaram que os consumidores apresentaram preferência por rosadas comparadas às clara e/ou mais escuras e esta preferência pode estar relacionada a associação da cor da carne ao estado de frescura, período de validade e características sensoriais. Segundo estes autores quando os consumidores foram informados sobre a vantagens da atmosfera modificada relacionadas a maior integridade, melhor rastreabilidade e aumento da vida de prateleira, 60% informaram estar dispostos a pagar mais pelo produto. Evidenciando que é necessário desenvolver junto aos consumidores ações de esclarecimento, para criar uma imagem de produtos embalados com atmosfera modifica ligada a atributos produtivos como maior prazo de validade e melhor rastreabilidade.

A utilização da atmosfera modificada pela introdução de CO₂ permite o aumento da vida de prateleira de carnes de aves por até duas semanas, além da diminuição nas perdas por exsudação. Os cortes embalados em atmosfera modificada permitem que o varejista compre somente os cortes mais apropriados aos seus clientes, incluindo aqueles produtos para nichos específicos. As gôndolas estarão sempre abastecidas adequadamente com todos os tipos de produtos à noite, feriados e fins de semana, ofertando aos consumidores um produto seguro com consistência e padrão.

Holley & Gil (2005) afirmam que a adoção de tecnologia da embalagem – como atmosfera modificada – revoluciona e moderniza os frigoríficos e as indústrias de processamento de carne. Os autores citam como benefícios dessa implementação, a melhor eficiência de operação, que retarda a deterioração do produto, reduz as perdas e aumenta a vida-útil da carne, possibilitando ainda, o envio de carne fresca por longas distâncias, o que é relevante principalmente para as exportações.

Os produtos embalados em atmosfera modificada permitem ainda manter em estoque uma quantidade adequada dos diversos produtos, sem o risco de deterioração, facilitando o gerenciamento e controle de estoque e permitindo que mesmo as lojas menores possam oferecer a carne em bandejas para seus clientes, com um risco mínimo. Com isso, o consumidor vai receber sempre um produto de qualidade superior e constante (Philips, 1996).

Apesar de todos os avanços científicos e tecnológicos da avicultura, a vida útil dos produtos mantidos sob atmosfera normal ou sem a presença de conservantes em sua composição é limitada. A refrigeração pode retardar alterações indesejáveis, mas não aumenta, satisfatoriamente, a vida útil para atender as exigências de distribuição e comercialização (Souza, 2003). Diante disso, a embalagem em atmosfera modificada é um dos métodos de preservação de alimentos que mantém a qualidade natural, prolongando o tempo de estocagem dos mesmos. O período de estocagem dos alimentos é consideravelmente maior pela modificação da atmosfera que circunda o produto, pela redução da taxa de respiração dos alimentos e diminuição da atividade dos microrganismos presentes (Jayas & Jeyamkondan, 2002). Esse tempo pode aumentar em até quatro vezes a vida útil dos alimentos, quando comparados aos embalados convencionalmente mantidos sob refrigeração (Parry, 1993). Além disso, atende à crescente demanda dos consumidores por alimentos frescos e de boa qualidade, com maior vida útil, porém sem conservantes e aditivos (Soccol & Oetterer, 2003).

Segundo Vainionpää *et al.* (2004), a vida de prateleira de carnes frescas aumenta significativamente quando são acondicionadas em embalagens com atmosfera modificada. Este método consiste na substituição da atmosfera que rodeia o produto no momento da embalagem por outra (um gás ou mistura otimizada de gases como CO₂, N₂ e O₂), especialmente preparada para cada tipo de alimento. Isto permite controlar melhor as reações químicas e enzimáticas e o crescimento de microrganismos, evitando ou minimizando as principais degradações que ocorrem durante o período de armazenamento (Brody, 1993; Parry, 1993; Leistner & Gorris 1995; Madrid *et al.*, 1995; Teodoro *et al.*, 2007).

A atmosfera modificada pode ser obtida por meios ativos ou passivos. A modificação passiva ocorre por meio da própria respiração do produto dentro da embalagem, até que ocorra um equilíbrio. Na modificação ativa, a obtenção da atmosfera é criada inflando-se o espaço livre da embalagem com uma mistura gasosa predeterminada, por sachê ou incorporada diretamente à embalagem, capaz de promover alterações na composição gasosa. Em ambos os casos, uma vez que a atmosfera modificada se estabeleça, ela é mantida por um equilíbrio dinâmico entre respiração e permeação (Hotchkiss, 1995; Kang & Lee, 1998).

Os gases de maior interesse para sistemas de embalagens com atmosfera modificada para alimentos são os gases carbônico, nitrogênio e oxigênio. O dióxido de carbono é responsável pelo efeito fungistático e bacteriostático, solúvel em meio aquoso ou lipídico. Sua ação sobre os microrganismos tem sido atribuída à redução do pH, devido a sua dissolução no meio, às alterações de permeabilidade celular bacteriana e a inibição enzimática, resultando no aumento da fase lag (fase de adaptação fisiológica da célula) e no tempo de geração dos microrganismos (Church, 1993; Sarantópoulos & Soller, 1994; Rosa, 2004). Em concentrações superiores a 5% desse gás, a atmosfera provoca inibição do crescimento de bolores e bactérias psicrotróficas Gram-negativas como *Pseudomonas*, *Acinetobacter* e *Moraxella*, que são importantes deteriorantes de carne e derivados e de alimentos refrigerados (Franco & Landgraf, 2005).

O nitrogênio, gás quimicamente inerte, com baixa solubilidade tanto em meio aquoso quanto lipídico, é muito utilizado para substituir o O₂, retardando a rancidez oxidativa e inibindo o crescimento de microrganismos aeróbios. Além disso, pode prevenir colapso de embalagens com atmosferas contendo altas concentrações de CO₂, devido a sua baixa solubilidade e menor permeabilidade através da embalagem em relação ao O₂ e CO₂ (Day, 1992; Church, 1993; Rosa, 2004).

Segundo Sarantópoulos *et al.* (1998), a vida de prateleira de carne de aves resfriadas de 0 a 4°C tem sido estabelecida entre oito e dez dias, embora o odor pútrido apareça em menos de sete dias, mesmo em boas condições de refrigeração. Isso se deve principalmente pela dificuldade de comercialização do produto em torno de 0°C e da alta contaminação inicial. Esses autores, afirmaram que a carne de aves difere das de outros animais porque a contaminação da carcaça ou dos miúdos pode aumentar durante o processo de abate, devido ao resfriamento por imersão em tanques com água, favorecendo a contaminação cruzada. Assim, a vida útil da carne de frango depende da temperatura de estocagem, do tipo e número inicial de bactérias, da concentração inicial de CO₂, da efetiva barreira do filme da embalagem e da quantidade de gás no espaço livre (Farber, 1991). Desta maneira, esse método não deve ser utilizado para corrigir falhas ocorridas durante o processo de produção e comercialização (Sarantópoulos *et al.*, 1998).

Apesar de observado que a atmosfera das embalagens não apresenta grandes variações com a estocagem, as concentrações de oxigênio, dióxido de carbono e

nitrogênio são alteradas progressivamente, com o oxigênio decrescendo mais rapidamente, enquanto a concentração de nitrogênio aumenta progressivamente com a diminuição das concentrações dos outros gases (Gill, 1996). Dhananjayan *et al.* (2006), avaliando as concentrações gasosas em duas atmosferas modificadas (97%CO₂ e 80%O₂: 20%CO₂) verificou uma redução na concentração de CO₂ nos primeiros seis dias de armazenamento. A redução da concentração de CO₂ pode ser atribuída à solubilização de CO₂ na carne (McMullen & Stiles, 1991, Gill, 1996). Gill (1988) relata que o CO₂, é altamente solúvel em água, portanto, pode ser prontamente absorvidos por tecidos muscular e adiposo durante o armazenamento. Dhananjayan *et al.* (2006) verificaram que na atmosfera com alta concentração de O₂, houve aumento relativo de O₂ no período de zero a seis dias e diminuiu a partir de 12 dias. Segundo Lawrie (1998), a redução do O₂ pode ser atribuída à respiração do tecido. Enquanto, Nychas & Arkoudeios (1990) relataram que as mudanças nas concentrações de gases com o decréscimo da concentração de O₂ foram acompanhadas com o aumento no número de pseudomonas e concentrações de glutamato (produto do metabolismo aeróbico).

Em experimento realizado por Xavier (1990), a carne de frango mantida refrigerada (0-2°C) embalada convencionalmente atingiu vida útil de sete dias, enquanto quando armazenada em embalagem com atmosfera modificada contendo de 25% a 100% de CO₂ conseguiu atingir vida de prateleira de 21 dias com qualidade microbiológica superior.

São muitas as vantagens do uso da tecnologia de atmosfera modificada, porém algumas desvantagens também devem ser consideradas. Dentre as vantagens está o potencial aumento da vida útil do produto; os produtos podem ser comercializados e distribuídos a longas distâncias, com redução de perdas e conseqüente possibilidade de economia; comercialização de produtos de alta qualidade, principalmente frescos, aumentando o volume de vendas; melhor apresentação, agregando valor ao produto e possibilitando maior aceitação; eliminação ou redução do uso de conservantes. A desvantagem é o custo adicional, devido ao uso de embalagens e equipamentos especiais e gases específicos; controle imprescindível da temperatura, desde a fabricação até o consumidor, para efetividade dos gases; necessidade de formulações de gases diferentes para cada tipo de produto; eficiência do equipamento de acondicionamento (Jeremiah, 2001; Boldrin *et al.*, 2006).

Referências Bibliográficas:

AHN, D.U.; NAM, K.C.; DU, M; JO, C. Effect of irradiation and packaging conditions after cooking on the formation of cholesterol and lipid oxidation products in meats during storage. **Meat Science**, 57:413-418, 2001.

BOLDRIN, M.C.F.; SILVEIRA, N.F. de A.; SILVEIRA, E.T.F. O uso de embalagem com atmosfera modificada com ênfase em carne de aves. **Revista Avicultura Industrial**. 1147/2006. Disponível em:
http://www.aviculturaindustrial.com.br/site/dinamica.asp?id=22947&tipo_tabela=cet&categoria=processamento. Acesso em 015/09/2007.

BRANKA, K.; BRANKA, M.; DUSAN, R. Radiation-induced oxidative chemical changes in dehydrated egg products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry Journal**, 40(4):662-668, 1992.

BRASIL, AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Regulamento técnico para irradiação de alimentos. RDC N.21 de Janeiro de 2001. Brasília, DF, BRASIL, 2001.

BRODY, A.L. **The market**. In Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of food. London: Blackie Academic & Professional. p.19-40, 1993.

CAMPOS, F.P.; DOSUALDO, G.L.; CRISTIANINI, M. Utilização da tecnologia de alta pressão no processamento de alimentos. **Brazilian Journal Food Technology**, 6 (2):351-357, 2003.

CARPENTER, C.E.; CORNFORTH, D.P.; WHITTIER, D. Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. **Meat Science** 57(4):359 – 363, 2001.

CHURCH; P.N. **Meat products**. In: PARRY, R. T. Principles and applications of modified atmosphere packaging of food. London: Blackie Academic & Professional, 1993. cap.10, p. 229-268.

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

CRAWFORD, L.M.; RUFF, E.H. A Review of the safety of cold pasteurization through irradiation. **Food Control**, 7(2): 87-97, 1996.

DAY, B,P,F. Guidelines for the good manufacturing and handing of modified atmosphere packed food products. Gloucestershire: The Campden Food and Drink Research Association, 1992. 79p. (Technical Manual, 34).

DHANANJAYAN, R.; HAN, I.Y.; ACTON J.C.; DAWSON, P.L. Growth depth effects of bacteria in ground turkey meat patties subjected to high carbon dioxide or high oxygen atmospheres. **Poultry Science**, 85:1821–1828, 2006.

DHANAYAJAN, R.; HAN, I.Y.; ACTON, J.; DAWSON, P. Modified atmosphere gas effects on bacterial growth at different depths in ground poultry meat. **92nd Annual Meeting Abstracts 2003**; Poscal 82 (Supplement 1):19.

DIEHL, J.F. **Safety of irradiated foods**. 2° Ed., New York, Marcel Dekker; 454p., 1995.

DU, M.; HUR, S.J.; AHN, D.U. Raw-meat packaging and storage affect the color and odor of irradiated broiler breast fillets after cooking. **Meat Science**, 61(1): 49-54, 2002.

EHLERMANN, D.A.E. Food Irradiation. In: SPIESS, W.E.L.; SCHUBERT, H. (Ed). **Engineering and food: Preservation processes and related techniques**. London: Elsevire Applied Science, v.2, p. 760-773; 1990.

FARBER, J. M. Microbiological aspects of modified atmosphere packaging technology – a review. **Journal of Food Protection**, 54(1):58-70, 1991.

FARKAS, J. Irradiation as a method for decontaminating food. **International Journal of Food Microbiology**, 44(3):189-204, 1998.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005. 183p.

FRAQUEZA, M.J.; CARDOSO, A.S.; FERREIRA, M.C.; BARRETO, A.S. Estudo das preferências dos consumidores portugueses em relação a cor da carne de peru e tipo de embalagem utilizada. **Revista Portuguesa de Zootecnia**, XII (2):45-62, 2005.

- GILL, C.O.; NEWTON, K.G. The ecology of bacterial spoilage of fresh meat at chill temperatures. **Meat Science**, v.2, p.207 – 217, 1978.
- GILL, C.O. Extending the storage life of raw chilled meats. **Meat Science**, 43(S1): 99 – 109, 1996.
- GILL, C.O. The solubility of carbon dioxide in meat. **Meat Science**, 22(1): 65–71, 1988.
- GRAY, J.I.; GOMAA, E.A.; BUCKLEY, D.J. Oxidative quality and shelf life of meat. **Meat Science**, 43(S1):111-123, 1996.
- GREGOIRE, O.; CLELAND, M.R.; MITTENDORFER, J.; DABABNEH, S.; EHLERMANN, D.A.; FAN, X.; KÄPPELER, F.; LOGAR, J.; MEISSNER, J.; MULLIER, B.; STICHELBAUT, F.; THAYER, D.W. Safety food irradiation with high energy x-rays: theoretical expectations and experimental evidence. **Journal of Radiation Physics and Chemistry**, 67(2):169-183, 2003.
- HOLLEY, R.A.; GILL, C.O. Usos da embalagem em atmosfera modificada para carnes e produtos cárneos. ITAL – **III Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes** Disponível em: www.ital.sp.gov.br/ctc/eventos/terceiro_congresso/5.doc, 2005.
- HOTCHKISS, J.H. Safety consideration inactive packaging. In: ROONEY, M.L. **Active food packaging**. Glasgow: CHAMPMAN & HALL, 1995. p. 238-255.
- INTERNATIONAL CONSULTIVE GROUP ON FOOD IRRADIATION. Facts about food irradiation. Viena, 1999. 48p.
- JARRET, R.D. Isotope (gamma) radiation sources. In: JOSEPHSON, E. S.; PETERSON, M. S. **Preservation of food by ionizing radiation**. Boca Raton: CRC Press 1987. v.1, cap.3, p. 137-163.
- JAY, J.M. **Microbiologia moderna de los alimentos**. 3^oed. Zaragoza: Acribia, 1994. 580p.
- JAYAS, D.S.; JEYAMKONDAN, S. Modified Atmosphere Storage of Grains Meats Fruits and Vegetables. **Biosystems Engineering**, 82(3):235 – 251, 2002.

JEREMIAH, L.E. Packaging alternatives to deliver fresh meats using short – or long – term distribution. **Food Research International**, 34(9):749 – 772, 2001.

KAMPELMACHER, E. H. Irradiation of Food: a new technology for preserving and ensuring the hygiene of foods. **Fleischwirtschaft**, 64:322-327, 1984.

KANG, J.S.; LEE, D.S. A kinetic model for transpiration of fresh produce in a controlled atmosphere. **Journal of Food Engineering**, 35(1):65-73, 1998.

KENNEDY, O.; STEWART-KNOX, B.; MITCHELL, P.; THURNHAM, D. Fresh colour dominates consumer preference for chicken. **Appetite**, 44:181-184, 2005.

KOOHMARAIE, M.; SCHOLLMMEYER, J.E.; DUTSON, T.R. Effect of low-calcium–requiring calcium–activated factor on myofibrils under varying pH and temperature conditions. **Journal of Food Science**, 51(1):28 – 32, 1986.

LABADIE, J. Consequences of packaging on bacterial growth. Meat is an ecological niche. *Meat Science* 1999; 52(3):299 – 305.

LAWRIE, R.A. 1998. **Lawrie's Meat Science**. 6th ed. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK.

LEISTNER, L.; GORRIS, L.G.M. **Food preservation by hurdle technology**. Trends in Food Science & Technology 1995; 6(2): 41-46.

LEONEL, F. R. **Efeito da vitamina E sobre parâmetros quantitativos e qualitativos da carne de frango submetida ou não a irradiação e armazenada por diferentes períodos**. [Dissertação]. Jaboticabal. (SP), Universidade Estadual Paulista FCAV, 61p., 2004.

LUÑO, M.; RONCALÉS, P. ; DJENANE, D. ; BELTRÁN, J.A. Beef shelf life in low and high CO₂ atmospheres containing different low CO concentrations. **Meat Science**, 55(4):413 – 419, 2000.

MACDOUGALL, D.B. (1993) Instrumental assessment of the appearance of foods. In A. A. Williams & K. K. Atkin (Eds.), **Sensory quality of foods and beverages**.

Definition, measurements and control. (pp. 121-139). Chichester, UK. Ellis Horwood. Publisher.

MADRID, A. et al. **Manual de indústria de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela. P. 519 – 530. 1995.

MALISKA, C. Conservação de alimentos por irradiação. **Higiene Alimentar**, 14:16-17, 2000.

MCMULLEN, L.M.; STILES, M.E. Changes in microbial parameters and gas composition during modified atmosphere storage of fresh pork loin cuts. **Journal of food protection**, 54(10): 778-783, 1991.

MILLAR, S.J.; MOSS, B.W.; STEVENSON, M.H. The effect of ionizing radiation on the color of leg and breast of poultry meat. **Meat Science**, 55(3):361-371, 2000.

MONK, J.D.; BEUCHAT, L.R.; DOYLE, M.P. Irradiation inactivation of food-borne microorganisms. **Journal of Food Protection**, 58(2): 197-208, 1995.

NAM, K.C.; AHN, D.U. Mechanism of pink color formation in irradiated precooked turkey breast. **Journal Food Science**, 67(2):600-607, 2002.

NAM KC, AHN U. Use of double packaging and antioxidant combinations to improve color, lipid oxidation and volatiles of irradiated raw and cooked turkey breast patties. **Poultry Science**, 82 (5):850-857, 2003.

NAM, K.T.; LEE, H.A.; MIN, B.S.; KANG, C.W. Influence of dietary supplementation with linseed and vitamin E on fatty acids, α -tocopherol and lipid peroxidation in muscles of broiler chicks. **Animal Feed Science Technology**, 66(1):149-158, 1997.

NYCHAS, G.J.; ARKOUELOS, J.S. Microbiological and physiochemical changes in minced meats under carbon dioxide, nitrogen or air at 3°C. **International Journal of Food Science & Technol**, 25(4):389–398, 1990.

O'CONNEL, M.J.; GARNER, A. Radiation-induced generation and properties of lipid hydroperoxide in liposomes. **International Journal Radiation, Biology**, 44: 615. 1993.

OLIVEIRA, L.C. Present situation of food irradiation in South America and the regulatory perspectives for Brazil. **Radiation Physics and Chemistry**, 57:249-252, 2000.

ORNELLAS, C.B.D.; GONÇALVES, M.P.J.; SILVA, P.R.; MARTINS, R.T. Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, 26(1): 211-213, 2006.

PARRY, R.T. **Envasado de los alimentos en atmósfera modificada**. Madrid(España): A Madrid Vicent, p.13-31, 1993.

PHILLIPS, C.A. Review: Modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. **International Journal Food Science and Technology**, 31:463-479, 1996.

ROSA, V.P. **Efeitos da atmosfera modificada e da irradiação sobre as características microbiológicas, físico-químicas e sensoriais do queijo Minas Frescal**. [Dissertação]. Piracicaba USP/ESALQ: Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, (Mestrado em Ciências, Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos) 2004. 141p

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; ALVES, R.V.; OLIVEIRA, L.M.; GOMES, T. **Embalagens com atmosfera modificada**. 2 ed. Campinas: CETEA/ITAL, 1998. 114p.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; SOLLER, R.M. **Embalagens com atmosfera modificada/controlada**. Catálogo Brasileiro de Produtos e Serviços. Campinas: ITAL, jul. 1994. p. 32-42

SARJEANT, K.C.; WILLIAMS, S.K.; HINTON, A.; RODRICK, G.E. The survival of salmonella typhimurium and psychrotrophic bacteria on commercial chicken breast meat treated with high energy electron beam irradiation and stored at 4c for 14 days [abstract]. **Southern Poultry Science Society Meeting Abstracts**. 82(Suppl.1): 19. 2003.

SOCCOL, M.C.H.; OETTERER, M. Use of modified atmosphere in seafood preservation. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 46(4):569-580, 2003.

SORHEIM, O.; NISSEN, H.; NESBAKKEN, T. The storage life of beef and pork packaged in an atmosphere with low carbon monoxide and high carbon dioxide. **Meat Science**, 52(2):157 – 164, 1999.

SOUZA, V. G. **Efeito da embalagem em atmosfera modificada e do ácido láctico sobre a vida útil de lingüiça frescal de frango**. [Dissertação]. Niterói(RJ): UFF - Universidade Federal Fluminense (Mestrado em Medicina Veterinária, Área de Concentração: Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal) 2003. 59p.

SPOTO, M.H.F.; GALLO, C.R.; ALCARDE, A. R.; GURGEL, M.S.A.; BLUMER, L.; WALDER, J.M.M.; DOMARCO, R.E. Gamma irradiation in the control of pathogenic bacteria in refrigerated ground chicken meat. **Scientia Agricola**, 57(3):389-394, 2000.

SPOTO, M.H.F.; GALLO, C.R.; DOMARCO, RE; ALCARDE, A.R.; WALDER, J.M.M.; BLUMER, L. Radiação gama na redução da carga microbiana de filés de frango. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, 19(3):397-400, 1999.

TEODORO, A.J.; ANDRADE, E.C.B.; MANO, S.B. Avaliação da utilização de embalagem em atmosfera modificada sobre a conservação de sardinhas (*Sardinella brasiliensis*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 27(1):158-161, 2007.

TINOCO, I.; SAUER, K.; WANG, J.C. (1978). Quantum mechanics. In **Physical Chemistry. Principles and applications in biological science** (p.366-411). Englewood Cliffs, NJ: Prentice –Hall, Inc.

TOLEDO, T.C.F, SPOTO, M.H.F; ARTHUR, V. Avaliação nutricional da carne de frango irradiada. In.: **9º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade** de São Paulo, Piracicaba/SP, CD-ROM, 2001.

União Brasileira de Avicultura - UBA. **Relatório Anual 2007/2008**. Disponível em: http://www.uba.org.br/uba_rel08_internet.pdf. Acesso 30/06/2008.

URBAIN, W.M. Food irradiation. In.: CHICHESTER, C.O, Mrak, E. M., Sterwart, G. F. (Ed). **Avances in food research**. New York: Academic Press, v.24, p.115-227, 1978.

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

VAINIONPÄÄ, J.; SMOLANDER, M.; ALAKOMI, H-L.; RITVANENB, T.; RAJAMÄKIA, T.; ROKKAB, M.; AHVENAINEN, R. Comparison of different analytical methods in the monitoring of the quality of modified atmosphere packaged broiler chicken cuts using principal component analysis. **Journal of Food Engineering**, 65: 273-280, 2004.

WALDER, J.M.M.; CAMARGO, A.C. Divulgação da tecnologia de irradiação e alimentos e outros materiais. **Equipamentos Utilizados para Irradiação de Alimentos e/ou Outros Materiais** (on-line). Centro de Energia Nuclear na Agricultura – Universidade de São Paulo. Disponível em <http://www.cena.usp.br/irradiacao/index.asp> - acessado em 09/07/2007.

XAVIER, A.M; LIMA, A.G.; VIGNA, C.R.M. Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 83-91, 2007.

XAVIER, C. V. A. **Estudo da vida de prateleira da carne suína embalada sob atmosfera modificada**. [Dissertação] São Paulo: USP – Universidade de São Paulo (Mestrado em Ciências dos Alimentos). 1990. 132p.

YOON, K.S. Effect of gamma irradiation on the texture and microstructure of chicken breast meat. **Meat Science**, 63(2): 273-277. 2003.

CAPÍTULO 2

EFEITO DA IRRADIAÇÃO SOBRE PARÂMETROS DE QUALIDADES DE CARNE DE PEITO DE FRANGO ARMazenada POR DIFERENTES PERÍODOS

EFEITO DA IRRADIAÇÃO SOBRE PARÂMETROS DE QUALIDADES DE CARNE DE PEITO DE FRANGO ARMAZENADA POR DIFERENTES PERÍODOS

Resumo

Foram utilizados 144 peitos desossados e sem pele de frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade, provenientes de um frigorífico comercial com inspeção sanitária oficial (SIF), com o objetivo de avaliar parâmetros de qualidade da carne de frango submetida ao processo de irradiação e período de armazenamento sob resfriamento ou congelamento. Foram realizados dois ensaios em que as amostras foram mantidas sob duas formas de armazenamento: resfriada (4°C) e congelada (-18°C). Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x3, para os dois ensaios, em que no primeiro foram aplicadas duas doses de irradiação (0 e 3kGy) e três períodos de armazenamento (01, 14 e 21 dias) para amostras mantidas sob refrigeração e para o segundo foram aplicadas duas doses de irradiação (0 e 3kGy) e três períodos de armazenamento (1, 45 e 90 dias) para carnes armazenadas congeladas. Foram avaliados pH, L* a* e b*, perda por cozimento, força de cisalhamento, perda de exsudado, capacidade de retenção de água, desnaturação protéica, composição centesimal, TBARS, medidas morfométricas das fibras musculares e análise sensorial. A irradiação e o tempo de armazenamento contribuíram para alterações de parâmetros de qualidades das carnes de frango crua, sem alterar, no entanto, características nutricionais. As alterações estruturais as fibras musculares em função da irradiação foram mais evidentes nas condições de armazenamento sob congelamento. As características sensoriais da carne cozida não foram alteradas pelo processo de irradiação, no entanto, houve percepção de aroma estranho na carne crua tanto quanto em condições de armazenamento sob resfriamento como sob congelamento.

Palavras-chaves: carne de frango, irradiação, tempo de armazenamento.

THE EFFECT OF RADIATION ON QUALITY PARAMETERS OF CHICKEN BREAST MEAT STORED FOR DIFFERENT PERIODS

ABSTRACT

Boneless and skinless breasts (n=144) of broilers slaughtered at 42 days of age were collected in a commercial processing plant with the aim of assessing quality parameters of chicken meat submitted to radiation and then either to cold (4°C) or frozen (-18°C) storage in two different trials. A completely randomized experimental design in a 2x3 factorial arrangement was applied in both trials. In the first trial, two radiation doses (0 and 3kGy) and three cold storage periods (01, 14, and 21 days) were applied, whereas in the second experiment, two radiation doses (0 and 3kGy) and three cold storage periods (01, 45, and 90 days) were used. The following parameters were evaluated: pH, L* a* e b*, cooking loss, shear force, drip loss, water retention capacity, protein denaturation, percentage composition, TBARS, muscle fiber morphometric measurements, and sensorial analysis. Radiation and storage time changed raw chicken meat quality parameters, but did not influence its nutritional characteristics. Structural changes in muscle fibers caused by radiation were pre evident when the meat was frozen. Sensorial characteristics of cooked meat were not affected by radiation; however, a strange odor was perceived when meat was raw and submitted to cold and frozen storage.

Keywords: chicken meat, radiation, storage time.

INTRODUÇÃO

Com a necessidade de oferecer produtos seguros para o consumidor final, as tecnologias que aumentam a vida de prateleira dos produtos ganharam considerável importância, entre elas, a indústria de irradiação. Os consumidores estão mais exigentes em relação à escolha de seus alimentos e têm grande interesse em conhecer novas tecnologias. Segundo Ornellas *et al.* (2006), a questão limitante para a popularização da irradiação de alimentos é a falta de informação.

A comercialização de alimentos irradiados, incluindo as carnes frescas está garantida e normatizada, porém o receio por parte dos consumidores em relação à segurança do processo se torna um fator limitante para a comercialização destes produtos. Essa preocupação é infundada, pois há mais de 50 anos são realizadas pesquisas em relação aos processos e aos produtos irradiados, concluindo ser um método seguro e inócuo para o homem, ganhando aprovação de vários órgãos de saúde como ANVISA, OMS e o FDA (Freitas, 2005; Diehl, 2002).

A legislação Brasileira segue as recomendações internacionais sugeridas pela *Food and Agriculture Organization* (FAO), *International Atomic Energy Agency* (IAEA) e *Codex Alimentarium*, da ONU. Atualmente todas as normas para o emprego desta tecnologia estão descritas na Resolução nº 21 (BRASIL, 2001). Segundo a qual, qualquer alimento pode ser irradiado desde que sejam observados os limites mínimos e máximos da dosagem aplicada, sendo que a dose mínima deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida e a máxima, inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais ou atributos sensoriais do alimento.

Os dados relacionados aos efeitos da radiação sobre as propriedades sensoriais da carne são conflitantes (Thayer, 1990). O desenvolvimento de aroma e sabor em carnes irradiadas podem ser afetados por inúmeros fatores, incluindo temperatura de armazenamento, ambiente e material da embalagem, dose de irradiação, tempo de armazenamento e condições da carne antes da irradiação (Olson, 1998).

Segundo Urbain (1986), Millar *et al.* (2000), Du *et al.* (2002) a irradiação induz mudanças relacionadas à cor da carne tornando-as mais avermelhadas. Outras alterações na textura da carne podem ocorrer devido a um desarranjo estrutural do músculo, rompimento de fibra e encurtamento de sarcômero, ocasionado pela irradiação (Yoon, 2003). No entanto, poucos estudos foram realizados para verificar as alterações nas

qualidades tecnológicas. Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar parâmetros de qualidade da carne de peito de frango desossado e sem pele submetida ao processo de irradiação e períodos de armazenamento sob condições de resfriamento ou congelamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados 144 peitos desossados e sem pele de frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade, provenientes de um frigorífico comercial com inspeção sanitária oficial (SIF). As análises de qualidade de carne foram realizadas no Laboratório de qualidade de carnes do setor avicultura da UNESP/FMVZ. Foram realizados dois ensaios e utilizado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x3, em que no primeiro ensaio foram testadas duas doses de irradiação (0 e 3kGy), em carne armazenada sob resfriamento (4°C) e três períodos (01, 14 e 21 dias); no segundo ensaio também foram testados duas doses de irradiação (0 e 3kGy) e por três períodos (01, 45 e 90 dias) em carne armazenada sob congelamento (-18°C). Os peitos das aves foram desossados em sala com temperatura controlada (5°C) e embalados em embalagens plásticas de sete camadas de nylon-poliétileno com 16 microns de espessura, 20x25cm de dimensão, seladas em seladora à vácuo modelo Clipvap 40I, sendo em seguida congelados ou mantidas sob refrigeração conforme os ensaios. As amostras foram irradiadas com 3kGy através da utilização de raios gama com radioisótopo Cobalto-60, sendo que estas amostras ficaram expostas a fonte irradiadora até atingirem as dosagens estabelecidas, que foram verificadas posteriormente por colorimetria. A irradiação das amostras foi realizada pela Companhia Brasileira de Esterilização (CBE) localizada em Jarinú-SP.

O transporte das amostras foi realizado em caixas térmicas de forma que estas permanecessem na condição resfriadas ou congeladas durante todo o processo de transporte e irradiação. As amostras mantidas sob congelamento foram descongeladas em balcão frigorífico a 4°C. Foram realizadas no músculo *Pectoralis major* as seguintes análises:

Medida de pH

O pH nas carnes do peito dos frangos foram avaliados em todos os períodos de armazenamento através de um método direto, cuja determinação foi feita com um potenciômetro (Hanna modelo HI 8314) acoplado a uma sonda (Belden tipo LanceFET, modelo 9239) com ponta fina de penetração, inserida no centro do músculo peitoral, 0,5 a 1,0 cm abaixo da superfície do músculo.

Perda de Peso por Cozimento

Para determinação da perda de peso por cozimento foi utilizado o músculo peitoral esquerdo da ave, o qual foi embalado em papel laminado e mantido numa chapa elétrica de modelo comercial, com aquecimento nas duas faces, por aproximadamente 8 minutos, até atingir a temperatura de 85°C no centro geométrico da amostra. Depois de uma hora, a amostra de peito foi pesada, obtendo-se assim o peso uma hora após o cozimento (Honikel, 1987). Os valores foram expressos em percentual.

Força de Cisalhamento

Para a determinação da força de cisalhamento (maciez) foram utilizadas as amostras usadas para a determinação da perda de peso por cozimento. Foram retiradas 3 amostras por filé na forma de paralelepípedos com 1 x 1 x 2cm, as quais foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas Warner-Bratzler, acoplado ao texturômetro (Texture Analyzer TA-XPLUS-30), o equipamento foi calibrado com peso padrão de 5kg e padrão rastreável. A velocidade de descida do dispositivo foi de 200mm/min (AMSA,1995) e os valores expressos em kgf/cm² (quilograma força), conforme a técnica descrita por Froning *et al.* (1978).

Composição Química

Foram realizadas avaliações da composição centesimal da carne crua de peito de frango. A umidade foi determinada seguindo o método 950.46 da A.O.A.C. (2007), a proteína pelo método de Kjeldahl-Micro (A.O.A.C., 2007 – 981.10) para determinação do nitrogênio total. A proteína bruta foi calculada em função dos teores de nitrogênio total, multiplicado pelo fator 6,25. O extrato etéreo foi determinado segundo A.O.A.C. (2007), item 991.36 e o resíduo mineral fixo foi realizado segundo o método recomendado pela A.O.A.C. (2007), item 920.153.

Cor

A cor dos filés do peito crus foi medida em todos os períodos de armazenamento utilizando colorímetro da marca Minolta portátil CR400, no sistema CIELab, onde foram avaliados os parâmetros L* (luminosidade), a* (teor de vermelho) e b* (teor de amarelo). Os valores L*, a* e b* foram medidos em três diferentes pontos na superfície interna da amostra, que foram expostos ao ar livre por 30 minutos a uma temperatura de 15°C antes das medidas da cor, de acordo com metodologia proposta por Van Laack *et al.* (2000).

Medida de perda de exsudado (PE)

A medida foi realizada com base nos métodos adotados por Northcutt *et al.* (1994) e por Dirinck *et al.* (1996). As amostras de carne crua de peito de frango foram mantidas sob simulação de venda ao varejo, com bandejas de poliestireno, cobertas com filme plástico permeável, a $3 \pm 1^\circ\text{C}$ por 72 horas, em um balcão frigorífico. Após este período, foram descartados o exsudado e as amostras foram pesadas. A perda de exsudado foi calculado com base no peso inicial e final dos peitos e expressos em percentual.

Medida da Capacidade de Retenção de Água (CRA)

Para a medida de capacidade de retenção de água foi utilizada a metodologia descrita por Hamm (1960). A determinação é baseada na medição da perda de água liberada quando aplicada uma pressão sobre o tecido muscular. Cubos de carne de 0,2g foram colocados entre dois papéis de filtro circular e, estes entre duas placas de vidro, no qual é colocado peso de 10kg/5 minutos. As amostras de carne de peito após a pressão foram pesadas e por diferença calculou-se a quantidade de água perdida. O resultado foi expresso em percentual de água exsudada em relação ao peso inicial das amostras.

Capacidade de Absorção de Água (CAA)

Esta determinação foi realizada de acordo com metodologia proposta por Roça (1986) que consistiu em pesar exatamente 50g de carne, adicionar 150ml de água destilada e triturar por 90 segundos em blender. Logo após, pesado exatamente 35g da pasta obtida em duplicata e centrifugado a $21-25^\circ\text{C}$ por 15 minutos a 3000rpm. O sobrenadante coletado e pesado e a capacidade de absorção calculada da seguinte forma: $CAA\% = \{[(PP - PC) - PS]/PC\} * 100$; Onde: PP = peso da pasta (35g); PC = peso da carne na pasta; PS = peso do sobrenadante.

Desnaturação Protéica (DP)

A medida da desnaturação protéica foi realizada segundo o método descrito por Swaltland (1995), com base na hipótese de Bendall & Wismer-Pedersen (1962). Esta técnica mede o grau de desnaturação das proteínas solúveis. Foram retiradas amostras em duplicata de 5g de peito e então homogeneizadas em 15mL de água destilada. Este homogenato foi centrifugado a 10.000g/10 min. O sobrenadante foi filtrado e 1mL foi transferido para uma cubeta de quartzo, contendo previamente 5mL de solução tampão

citrato fosfato pH 4,6. Em outra cubeta foi preparado um branco contendo 1mL do filtrado com 5mL de água destilada. As cubetas foram mantidas por 30 minutos em banho maria termostaticado a 20°C e depois medida a transmitância a 600nm, em espectrofotômetro (Micronal). O percentual de desnaturação foi proporcional ao valor da transmitância. Foi comparada a diferença percentual entre valores obtidos do branco e das amostras.

TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico)

A avaliação da TBARS (Thiobarbituric Acid Reactive Substances) foi realizada em todos os períodos de armazenamento, conforme a técnica descrita por Vyncke (1970). Foram homogeneizados durante cinco minutos utilizando-se um misturador Ultra-Turrax, 10,0g de amostra de carne adicionadas de 50,0mL de solução de ácido tricloroacético (7,5% de TCA, 0,1% de EDTA e 0,1% de propilgalato). Em seguida, esta mistura foi filtrada e uma alíquota de 5,0mL foi misturada com 5,0mL de solução de TBA (0,020mol/l) e colocada em banho-maria (100°C) por dez minutos. A absorbância das amostras foi medida a 532nm utilizando-se espectrofotômetro. TBARS foi avaliado em duplicata e expresso em miligrama de malonaldeído (MDA) por quilograma de carne utilizando-se como base uma curva padrão (concentração entre 0,1nmol/l e 6nmol/l) feita com 1,1,3,3 tetraetoxipropano (TEP).

Morfometria das fibras musculares

Foi coletado um fragmento do músculo de quatro peitos, na coleta denominada de inicial, que foi realizada no frigorífico imediatamente após a desossa, e as demais, após o processo de irradiação nos períodos inicial e final de armazenamento (01 e 21 dias para as amostras submetidas a resfriamento e 1 e 90 dias para as submetidas a congelamento). Foram realizadas secções na região mediana do músculo para retirada de amostras, as quais foram imediatamente congeladas previamente resfriadas a -156°C em nitrogênio líquido, durante dois minutos. Seqüencialmente, foram identificadas e acondicionadas em botijão de nitrogênio líquido para análises. Os cortes foram corados com Hematoxilina-Eosina (HE) e foram analisadas a morfometria das fibras musculares. Para contagem, área de fibra, obtenção de maior e menor diâmetro de fibra, dez campos de 73899,6 μm^2 foram analisados ao acaso por corte por ave, utilizando um microscópio ótico acoplado a um analisador de imagens. Foram contados e medidas as fibras que se encontravam dentro das áreas (Sartori *et al.*, 2003).

Análise Sensorial

As avaliações sensoriais foram realizadas com 11 provadores treinados e selecionados (Roça & Bonassi, 1985). Foram realizadas avaliações de intensidade de aroma, aroma estranho, sabor, sabor estranho, maciez, suculência, mastigabilidade, cor em carne submetida a cocção e também aroma estranho em carne crua, através de escala não estruturada de nove pontos conforme descrito por Roça *et al.* (1988). Foram realizados dois painéis sensoriais em dois dias diferentes com os mesmos provadores. As amostras foram submetidas a salga com salmoura a 10% durante 20 minutos em geladeira a 5°C, na proporção 1:1 (m/m). Após este período as amostras foram envolvidas em papel alumínio e submetidas a aquecimento em chapa elétrica com dupla resistência, regulada para 200°C, durante 6 minutos, sendo viradas após os três minutos, com temperatura interna final de 85°C. Depois foram dispostas em placas de petri, aquecidas em forno na temperatura 45–50°C por 25 segundos, e apresentadas imediatamente aos provadores.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As amostras foram distribuídas em dois ensaios segundo a forma de armazenamento: refrigeração ou congelamento. Avaliadas segundo delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x3, em que no primeiro ensaio foram testadas duas doses de irradiação (0 e 3kGy), em carne armazenada sob refrigeração (4°C) e três períodos (01, 14 e 21 dias); no segundo ensaio também foram testados duas doses de irradiação (0 e 3kGy) porém em carne armazenada sob congelamento (-18°C) e por três períodos (01, 45 e 90 dias) e 12 repetições por tratamento para as seguintes análises de carne: pH, cor, perda por cozimento, força de cisalhamento, perda de exsudado, capacidade de retenção de água e desnaturação protéica. Para análises de composição centesimal e TBARS foram utilizadas quatro repetições em duplicatas para cada amostra. Para as avaliações morfométricas utilizou-se o esquema fatorial 2x2 sendo duas doses de irradiação (0 e 3 kGy), dois tempos armazenamentos (01 e 21 dias para peitos resfriados e 01 e 90 dias para os peitos congelados) e coletado fragmento de músculo de quatro peito por tratamento.

A análise estatística dos resultados foi realizada através do procedimento GLM (General Linear Models) do SAS (SAS Institute, 2001) e as médias comparadas por ajustes de comparações múltiplas pelo teste de Tukey-Kramer.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Carnes armazenadas sob refrigeração

Os resultados obtidos para pH e cor para os peitos resfriados não irradiado e irradiado nos períodos um, 14 e 21 dias de armazenamento são apresentados na Tabela 1.

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos e ao longo do período de armazenamento para os valores de pH na carne do peito das aves submetidas ao resfriamento. Estes resultados mostram que os músculos já apresentavam resolução do *rigor mortis*, visto que o pH não diferiu dentre os tratamentos empregados. O pH é resultado da quebra de glicogênio à ácido lático durante a glicólise *post mortem* resultando assim, no acúmulo de ácido lático, como produto final no músculo (Lawrie,1991).

Para os resultados de luminosidade (L^*) da carne de peito de frango mantidas sob refrigeração houve interação entre os tratamentos e período de armazenamento, em que se observa diferença entre tratamentos aos 21 dias de armazenamento, sendo que as amostras não irradiadas apresentam menores valores de luminosidade. Este resultado pode ser influenciado pelo aumento da carga microbiana para um período muito longo de armazenamento em condições de refrigeração, como observada por Cardoso (2008), em condições experimentais semelhantes. Avaliando carne de frango Gomes *et al.* (2003), Lewis *et al.* (2002) e Millar *et al.* (2000), não verificaram efeito da irradiação sobre luminosidade, que também não foram observadas por Nam *et al.* (2003), Yan *et al.* (2006) avaliando carnes de perus. Quanto ao tempo armazenamento verificou-se que para as amostras não submetidas à irradiação os valores de luminosidade variam ao longo do tempo avaliado, enquanto nas amostras irradiadas, não são observadas variações dos valores de luminosidade. Zhu *et al.* (2004) avaliando lombo suíno, Nam & Ahn (2003a,b) avaliando perus, não verificaram efeito da irradiação e do tempo de armazenamento sobre a luminosidade.

Tabela 1 – Médias obtidas para pH, L* (luminosidade), a* (vermelho), b* (amarelo) na carne de peito de frangos submetidos à irradiação (0 e 3kGy), armazenado sob refrigeração (4°C) por diferentes períodos.

Variáveis	Tempo de Armazenamento Dias (T)	Dose de Irradiação (I)		Média	Nível de significância
		0kGy	3kGy		
pH	1	6,04	6,03	6,03	0,8630
	14	6,05	6,13	6,09	0,1276
	21	6,06	6,09	6,08	0,5007
	Média	6,05	6,09		0,2415
	T x I				0,4827
Nível de significância		0,9298	0,1506	0,2826	
L*	1	45,44 A y	45,46 A x	45,45	0,9852
	14	47,72 A x	46,87 A x	47,29	0,2931
	21	44,57 B y	46,64 A x	45,60	0,0119
	Média	45,91	46,32		0,3759
	T x I				0,0357
Nível de significância		0,0006	0,1736	0,0025	
a*	1	3,14	5,19	4,16	<0,0001
	14	3,19	5,96	4,57	<0,0001
	21	3,83	5,75	4,76	<0,0001
	Média	3,39 B	5,63 A		<0,0001
	T x I				0,1362
Nível de significância		0,0584	0,0533	0,0234	
b*	1	5,55	5,33	5,44 y	0,7876
	14	4,53	4,42	4,47 y	0,8884
	21	7,70	6,78	7,29 x	0,2607
	Média	5,93	5,51		0,3754
	T x I				0,7479
Nível de significância		0,0008	0,0178	0,0001	

Médias com letras distintas, Maiúscula (A-B) nas linhas e minúsculas (x-z) nas colunas, diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer.

Com relação aos valores de intensidade de vermelho (a*) na carne do peito resfriada observou-se diferença estatística, sendo que a irradiação alterou os valores de a*, tornando-os mais avermelhados após a irradiação e essa diferença se manteve nos períodos de armazenamento avaliados. Estes resultados são semelhantes aos obtidos em frangos por Millar *et al.* (2000), Lewis *et al.* (2002), Gomes *et al.* (2003), Souza *et al.* (2007) e em perus avaliados por Millar *et al.* (2000), Nam *et al.* (2003), Nam & Ahn (2003 a,b) e Yan *et al.* (2006).

De acordo com Urbain (1986), quando irradiada com doses de esterilização (menores que 10kGy), a carne de frango pode conferir uma coloração rósea e as carnes vermelhas marrons ou cinza. Nan & Ahn (2002 a,b) atribuíram o aumento da intensidade de vermelho em carnes de peru irradiada devido à formação do complexo carbono monóxido-mioglobina (CO-Mb). Estas mudanças podem ser atribuídas à redução do íon ferro da mioglobina (por conta da excitação de elétrons desencadeados do processo de irradiação) combinado com oxigênio ou água no interior da embalagem, tornando a mioglobina em oxi-mioglobina, resultando assim na coloração avermelhada.

Para valores de intensidade de amarelo (b^*) não foram evidenciados efeito da radiação sobre esta variável. Estes dados são semelhantes aos observados por Gomes *et al.* (2003), Yan *et al.* (2006), Nam & Ahn (2003 a,b) para doses de irradiação variando de 1,8 a 4,0kGy. No entanto, discordam de Lewis *et al.* (2002) e Millar *et al.* (2000) que verificaram efeito da radiação sobre os valores de b^* , usando doses irradiantes de 1,8 e 5kGy, respectivamente. Foram encontrados efeitos do período de armazenamento, em que maiores valores de b^* foram observados aos 21 dias de armazenamento, as alterações para este período de armazenamento estão diretamente relacionadas com as condições microbiológicas. Segundo Gomes *et al.* (2003), amostras sob refrigeração submetidas a doses de 3kGy mantiveram os padrões microbianos aceitáveis para carne de frango fresca por 10 dias.

Avaliando os teores de ferro heme, não heme e pigmentos totais, Souza *et al.* (2007) verificaram que estes foram afetados pela irradiação, sendo mais influenciadas pelo armazenamento. A cor foi mais influenciada pelo tempo de armazenamento que pelas doses empregadas até 2kGy, além da dose irradiante influenciar no aspecto nutricional por concentrar os teores de ferro.

Os resultados de capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cocção (PPC), força de cisalhamento (FC), perda de exsudado (PE) e capacidade de absorção de água (CAA) e desnaturação protéica (DP) nas carnes de peito de frango resfriadas submetidas ou não a irradiação no período um, 14 e 21 dias de armazenamento são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias obtidas para capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cocção (PPC), força de cisalhamento (FC), perda de exsudado (PE), capacidade de absorção de água (CAA) e desnaturação protéica (DP) na carne de peitos de frangos submetidos à irradiação (0 e 3kGy), armazenados sob refrigeração (4°C) por diferentes períodos.

Variáveis	Tempo Dias(T)	Dose de irradiação (I)		Média	Significância
		0kGy	3kGy		
CRA (%)	1	68,20	65,28	66,74 y	0,1275
	14	74,28	68,64	71,46 x	0,0039
	21	74,07	67,87	70,97 x	0,0016
	Média	72,18 A	67,27 B		<0,0001
	T x I				0,4249
	Significância	0,0022	0,1837	0,0011	
PPC (%)	1	22,10 B x	29,93 A x	26,02	<0,0001
	14	17,34 A y	18,59 A y	17,97	0,3070
	21	18,83 B xy	21,71 A y	20,27	0,0206
	Média	19,43	23,41		<0,0001
	T x I				0,0007
	Significância	0,0007	<0,0001	0,0001	
FC Kgf/cm ²	1	2,43	5,14	3,66 y	<0,0001
	14	4,85	7,40	5,94 x	<0,0001
	21	4,07	6,73	5,41 x	<0,0001
	Média	3,79 B	6,41 A		<0,0001
	T x I				0,9773
	Significância	<0,0001	0,0009	0,0003	
PE (%)	1	3,45	3,39	3,42 x	0,8609
	14	2,56	2,80	2,68 y	0,4706
	21	1,36	1,91	1,64 z	0,0977
	Média	2,46	2,70		0,2025
	T x I				0,4273
	Significância	<0,0001	0,0001	0,0001	
CAA (%)	1	39,70	30,18	35,15 y	0,1296
	14	50,22	38,03	44,13 xy	0,0485
	21	56,25	40,56	48,41 x	0,0119
	Média	48,73 A	36,43 B		0,0008
	T x I				0,7759
	Significância	0,0275	0,2290	0,0094	
DP	1	5,85 A y	5,98 A x	10,54	0,9584
	14	8,67 A y	3,98 A x	6,32	0,0712
	21	16,00 A x	5,07 B x	5,92	<0,0001
	Média	10,18	5,01		0,0008
	T x I				0,0122
	Significância	0,0006	0,7363	0,0227	

Médias com letras distintas, Maiúscula (A-B) nas linhas e minúsculas (x-z) nas colunas, diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer.

Nas carnes de peito de frango armazenadas sob refrigeração, a capacidade de retenção de água apresentou diferenças entre os tratamentos, em que menores capacidades de retenção foram observadas nas amostras submetidas à irradiação. Também houve efeito do tempo de armazenamento em que a menor capacidade de retenção foi observada no início do armazenamento. Ao avaliar lombo suíno Zhu *et al.* (2004) observaram que irradiação reduz a capacidade de retenção de água. A redução da capacidade de retenção de água pode ser devido a danos à integridade estrutural da membrana da fibra muscular (Lakritz *et al.*, 1987; Yoon, 2003) e também a desnaturação das fibras musculares (Lynch *et al.*, 1991).

As perdas por cocção foram influenciadas pela irradiação, tempo de armazenamento e houve interação entre tratamento e período de armazenamento.

A irradiação aumentou as perdas por cocção. Quanto ao efeito do tempo de armazenamento, foram determinadas maiores perdas por cocção no tempo inicial. Dentro do tratamento não irradiado houve redução da perda de peso entre 1 e 14 dias de armazenamento enquanto que as perdas aos 21 dias foram semelhantes às do primeiro dia de armazenamento. Dentro do tratamento submetido à irradiação houve redução das perdas por cocção entre tempo inicial de armazenamento e demais períodos avaliados. Estes dados estão em concordância com observações realizadas por Yoon (2003) que também verificou maiores perdas por cozimento em peito de frangos submetidos à irradiação e armazenados sob refrigeração.

Os dados referentes à força de cisalhamento apresentaram diferenças entre os tratamentos, as amostras resfriadas submetidas à irradiação apresentaram maiores resistência ao cisalhamento em todos os tempos de armazenamento avaliados. Este dado concorda com os observados por Yoon (2003) para força de cisalhamento, e que através de observações por microscopia eletrônica também verificou que a radiação causou o endurecimento do músculo do peito de aves pela contração dos sarcômeros e ruptura das unidades miofibrilares do músculo esquelético.

A força de cisalhamento também foi influenciada pelo tempo de armazenamento, em que observou aumento dos valores ao longo do tempo de armazenamento.

As perdas de exsudado não foram influenciadas pelo tratamento, no entanto houve efeito do período de armazenamento. Onde se verificou redução de exsudação ao longo do armazenamento.

Ao avaliar a capacidade de absorção de água verificou-se que esta variável foi influenciada pela irradiação, a qual foi determinada menor capacidade de absorção no tratamento submetido à irradiação. O tempo de armazenamento teve efeito sobre a capacidade de absorção aumentando-a, sendo que este aumento foi mais evidente dentro do tratamento que não foi submetido à irradiação.

Os dados referentes à desnaturação protéica foram influenciados pelos tratamentos, tempo de armazenamento e houve interação entre tratamento e período de armazenamento. Dentro dos períodos avaliados não foi observada diferença entre os tratamentos no primeiro dia e 14 de armazenamento, no entanto, aos 21 dias verificou-se que as amostras submetidas a irradiação apresentaram redução da desnaturação quando comparada com a dose zero de irradiação. Dentro do tratamento com nível zero de irradiação ocorreu aumento da desnaturação protéica ao longo do período de armazenamento, o que não foi verificado dentro do tratamento submetido a 3kGy de irradiação.

Na Tabela 3 são apresentados os valores de TBARS para carne refrigerada submetida ou não a irradiação nos períodos um, 14 e 21 dias de armazenamento. Houve efeito do tratamento e do tempo de armazenamento para esta variável.

Os valores de TBARS variaram em função de efeito do tratamento e as amostras submetidas à irradiação apresentaram maiores valores de oxidação. Também houve efeito do tempo de armazenamento, em que se observou aumento dos valores de TBARS ao longo do período de armazenamento. Estes resultados estão em concordância com os obtidos por Lewis *et al.* (2002), Miyagusku *et al.* (2007) e Jandar & Harikumar (2008). A radiação ionizante produz hidróxidos em água (Thakur & Singh, 1994) ou emulsões em óleos (O'connel & Gardner, 1993), conseqüentemente a irradiação pode induzir a geração de relevantes quantidades de hidróxidos produzidos pela oxidação lipídica.

Em relação ao valor de TBARS ideal para considerar a carne como aceitável para consumo humano há muitos questionamentos. Como exemplo, Schormuller (1968) estabeleceu o valor limite de 5mgMal/kg para considerar um produto como de boa

qualidade e apto para ser consumido e ainda considerou que valores de 7 e 8mgMal/kg tornariam o produto sob o ponto de vista sensorial inaceitável para o consumo. Em concordância, Xavier & Beraquet (1994) avaliando o prazo de vida comercial da carne mecanicamente separada de frango e armazenada em refrigeração e concluíram que valores de TBARS entre 1 e 3mgMal/kg não foram capazes de indicar o produto como sensorialmente rançoso, pois os julgadores não conseguiram identificar até o 7º dia de armazenamento a alteração provocada pela oxidação lipídica. Kanatt *et al.* (1997) consideraram como aceitável a carne de frango irradiada a 2,5kGy apresentando valores de 4,34 mgMal/kg, quando mantidas por quatro semanas sob refrigeração.

Tabela 3 – Médias obtidas para os valores de TBARS na carne de peito de frango submetida à irradiação (0 e 3kGy) e armazenada sob refrigeração por diferentes períodos.

Tempo de Armazenamento Dias (T)	TBARS mg de malonaldeído (MDA)/ kg			Nível de significância
	Nível de irradiação (I)		Média	
	0kGy	3kGy		
1	0,21	0,24	0,22 y	0,5328
14	0,32	0,46	0,38 x	0,0233
21	0,25	0,38	0,31 x	0,0169
Média	0,26 B	0,35 A		0,0037
T x I				0,2827
Nível de significância	0,0796	0,0022	0,0010	

Médias com letras distintas, Maiúscula (A-B) nas linhas e minúsculas (x-z) nas colunas, diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer.

Os valores da composição química (umidade, proteína e resíduo mineral) são apresentados na Tabela 4.

Observa-se que as percentagens de umidade, proteína e resíduo mineral fixo não diferiram entre as carnes de peito de frango resfriada não irradiada e irradiada. No entanto, os valores de extrato etéreo foram maiores nas amostras submetidas à irradiação. Jamdar & Harikumar (2008), não verificaram alterações nos valores da composição centesimal avaliando vísceras de frango submetidas a 20kGy.

Tabela 4 – Médias obtidas para composição centesimal: umidade (UM), proteína (PB) estrato etéreo (EE) e resíduo mineral fixo (RM) na carne de peito de frango submetida à irradiação (0 e 3kGy) armazenada sob refrigeração.

Dose de irradiação	UM (%)	PB (%)	EE (%)	RM (%)
0kGy	72,81	23,87	0,22 y	1,14
3kGy	72,95	23,97	0,39 x	1,12
Nível de significância	0,5868	0,6749	0,0334	0,5006

Médias com letras distintas, minúsculas (x-z) nas colunas, diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores dos dados morfométricos das fibras musculares dos peitos de frangos, não irradiados e irradiados armazenados por um e 21 dias.

Os dados morfométricos demonstram que houve alterações nas áreas e número das fibras musculares e estas foram dependentes do efeito da irradiação, tempo de armazenamento e interações entre estes.

Dentro do tratamento que não foi submetida a irradiação aos 21 dias de armazenamento as fibras musculares apresentaram-se maiores áreas quando comparadas ao primeiro dia de armazenamento. Enquanto que dentro do tratamento irradiado há uma redução da área de fibra. A alteração de área dentro do tratamento não irradiado pode ser devida desnaturação protéica e ainda pela deterioração da fibra decorrente do elevado crescimento microbiano. Aos 21 dias de armazenamento, em condições experimentais semelhantes Cardoso (2008) verificou que a população de mesófilos, psicrotróficos e coliformes termotolerantes foram de 10,6, 9,5 e 4,2 Log₁₀ UFC/g nas amostras não irradiadas, enquanto nas amostras submetidas à irradiação estes valores foram relativamente menores, correspondendo a 6,5 e 3,8 1,3 respectivamente.

Para a variável maior diâmetro de fibra houve somente efeito de tempo de armazenamento dentro do tratamento submetido à irradiação em que ocorreu aumento no maior diâmetro. Para a variável menor diâmetro de fibra o efeito do tratamento foi observado somente dentro do período de 21 dias, em que foi maior no tratamento não irradiado.

Tabela 5 – Médias obtidas dos valores morfométricos das fibras musculares na carne de peitos de frango, submetida à irradiação (0 e 3kGy), mantida sob refrigeração por diferentes períodos.

Variáveis	Tempo Dias(T)	Dose de irradiação (I)		Média	Nível de Significância
		0kGy	3kGy		
Área das fibras μm^2	1	3765,0 B x	4632,9 A x	4149,7	0,0001
	21	4118,1 A y	3165,5 B y	3549,3	0,0001
	Média	3949,6	3650,2		0,6317
	T x I				<0,0001
Nível de significância		0,0050	<0,0001	0,0001	
Maior Diâmetro X(μm)	1	807,6	790,7	800,1 y	0,3782
	21	824,2	835,3	830,8 x	0,4856
	Média	816,24	820,56		0,8133
	T x I				0,2613
Nível de significância		0,3536	0,0112	0,0145	
Menor Diâmetro Y(μm)	1	434,3 x	408,8 x	423,0	0,1156
	21	381,9 By	409,8 A x	398,6	0,0325
	Média	407,0	409,5		0,8833
	T x I				0,0101
Nível de significância		0,0004	0,9547	0,0125	
Número Fibras/ campo	1	16,6 A x	13,9 B y	15,4	0,0051
	21	16,5 B x	20,8 A x	18,7	<0,0001
	Média	16,6	17,8		0,2375
	T x I				<0,0001
Nível de significância		0,9104	0,0001	0,0001	

Médias com letras distintas, Maiúscula (A-B) nas linhas e minúsculas (x-y) nas colunas, diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer.

Para os valores de número de fibras por campo avaliado no período inicial houve efeito de tratamento em que se verificou menor número de fibras nas amostras submetidas à irradiação, enquanto ao final do período de armazenamento avaliado essa relação foi inversa. No que se refere aos efeitos do tempo de armazenamento, somente foram observados dentro do tratamento irradiado, em que houve maior número de fibras por área avaliada, indicando a redução do volume das fibras ao longo do armazenamento, como se observa nas Figuras 1C e 1E.

Na Figura 1 estão mostradas as fibras musculares nos cortes histológicos do músculo *Pectoralis major*, submetidos ou não à irradiação com um e 21 dias de armazenamento sob refrigeração.

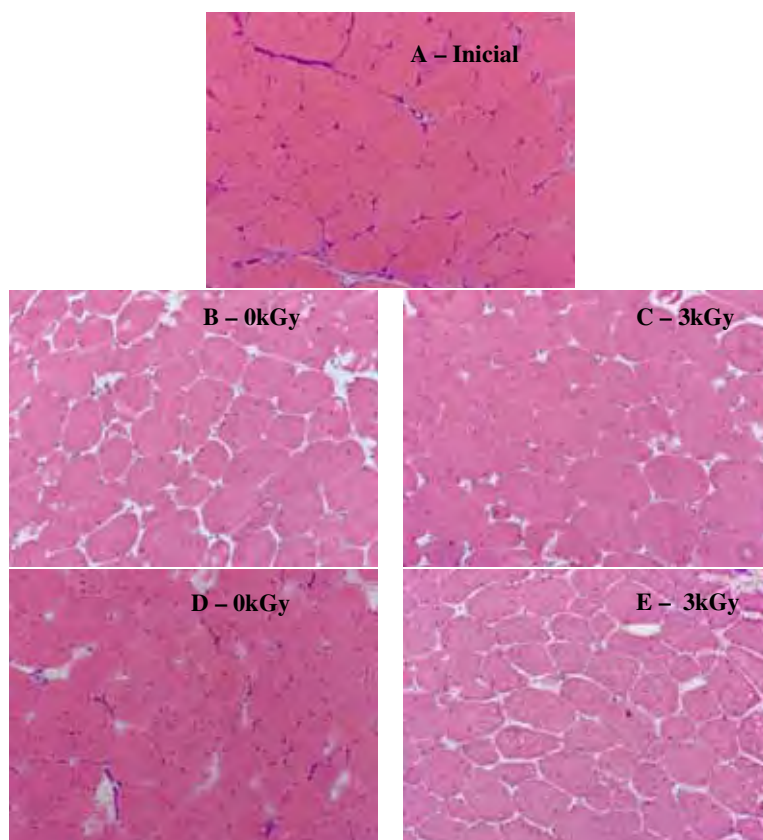


Figura 1 - Cortes transversais do músculo *Pectoralis major* de frangos: A – Inicial, B - 0kGy, C- 3kGy com 01 dia de armazenamento; D - 0kGy, E - 3kGy aos 21 dias de armazenamento sob refrigeração. HE. 200x.

Na Figura 1A as fibras musculares coletadas imediatamente após a desossa apresentam-se aparentemente unidas e de forma arredondada. Na figura 1B e 1C estão apresentados os cortes não irradiados e irradiados após um dia de armazenamento sob resfriamento, em que se visualizam espaços maiores entre fibras musculares no tratamento não submetido à irradiação. Isso comprova os resultados obtidos para as medidas para área de fibras musculares que foram menores neste período de armazenamento nas amostras não irradiadas.

Nas Figuras 1D e 1E, observa-se que aos 21 dias de armazenamento as fibras musculares apresentavam-se mais expandidas no tratamento não submetido à irradiação. No tratamento irradiado há maior distanciamento ente as fibras musculares e em cada unidade podem ser observados espaços vazios, concordando com os resultados de área de fibra que para este período apresentaram menores valores.

Os dados referentes à análise sensorial das carnes de frango estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Análises sensoriais dos peitos de frango submetidos à irradiação (0 e 3kGy) e mantidos sob refrigeração.

Características	Dose de irradiação		Média	Nível de Significância
	(0kGy)	(3kGy)		
Intensidade de aroma ^(A)	5,53	6,36	5,94	0,2059
Aroma estranho - carne cozida ^(B)	2,18	2,09	2,13	0,8920
Aroma estranho - carne crua ^(B)	1,64 A	4,27 B	2,95	0,0026
Sabor ^(C)	6,15	6,82	6,48	0,4474
Sabor estranho ^(D)	1,64	1,45	1,54	0,7244
Maciez ^(E)	3,36	3,55	3,45	0,7835
Suculência ^(F)	5,55	6,09	5,81	0,3264
Mastigabilidade ^(G)	5,53	5,95	5,74	0,5098
Cor ^(H)	6,88	7,19	7,03	0,4785

A - Escala linear, cm variando de sem aroma ao muito intenso e característico; **B** - 1-nenhum, 2-extremamente fraco, 3-muito fraco, 4-fraco, 5- moderadamente fraco, 6-moderadamente forte, 7-forte, 8-muito forte, 9-extremamente forte; **C** - Escala linear em cm, variando do muito ruim ao muito bom; **D** - 1-nenhum, 2-extremamente fraco, 3-muito fraco, 4-fraco, 5-moderadamente fraco, 6-moderadamente forte, 7-forte, 8-muito forte e 9 - extremamente forte; **E** - 1-extremamente macio, 2-muito macia, 3-moderadamente macia, 4-macia, 5- nem macia nem dura, 6-levemente dura, 7-moderadamente dura, 8-muito dura, 9-extremamente dura; **F** - 1- extremamente seco, 2-muito seco, 3- moderadamente seco, 4-levemente seco, 5- nem seco nem suculento, 6-levemente suculento, 7-moderadamente suculento, 8-muito suculento, 9- extremamente suculento; **G** - Escala linear em cm, variando de elástica, borrachenta, difícil de deglutir ao desintegra facilmente na boca, fácil de deglutir; **H**- Escala linear em cm, variando de cor não característico a característico.

Não foi percebido efeito da irradiação sobre intensidade de aroma, aroma estranho, sabor, sabor estranho, textura, suculência e mastigabilidade nas carnes cozidas. No entanto, para a característica aroma estranho da carne crua os provadores perceberam aroma estranho naquelas submetidas à irradiação. Segundo Miyagusku *et al.* (2003) a dose de 3kGy foi considerada ideal com o objetivo de aumentar a vida útil de filés de frango refrigerados sem comprometer de forma acentuada as características sensoriais do alimento.

Ao avaliar a aceitabilidade dos consumidores as carnes de perus refrigeradas, Yan *et al.* (2006) relataram que a irradiação (1,5kGy), não afetou o aroma e aroma final em carnes cozidas, porém o aroma final para as carnes cruas não foi agradável para muitos consumidores.

Carnes armazenadas sob congelamento

Na Tabela 7 estão os resultados obtidos para pH, e cor para os peitos de frango não irradiado e irradiado armazenados por um, 45 e 90 dias sob congelamento.

Os valores de pH não foram alterados pela irradiação. Estes resultados mostram que os músculos já apresentavam resolução do *rigor mortis*, visto que pH não diferiu dentre os tratamentos empregados. O pH é resultado da quebra de glicogênio e ácido lático durante a glicólise pós-morte resultando assim, no acúmulo de ácido lático, como produto final no músculo (Lawrie,1991). Leonel (2004,2008) avaliando frangos e Costa (2006) avaliando perus armazenados sob congelamento, também não observaram efeito da irradiação sobre o pH. No entanto observa-se que o período de armazenamento influenciou o pH ao longo do tempo de armazenamento. Costa (2006) verificou aumento dos valores de pH ao longo de 18 meses de armazenamento em carnes de perus, mas Leonel (2008) não observou efeito do tempo em carne de frangos armazenado por seis meses.

Quando avaliada a luminosidade na carne de peito congelado a irradiação e o período de armazenamento não influenciou esta variável. A intensidade de vermelho nos peitos de frango congelados foi influenciada pela irradiação que levou a um aumento na intensidade de vermelho, quando comparada à carne não irradiada. Estes resultados concordam com os obtidos por Leonel (2004; 2008).

As comparações entre os peitos de frango congelado não irradiado e irradiado para a os valores de b* resultaram em menores valores de intensidade de amarelo nas amostras submetidas à irradiação, indicando que sob congelamento a irradiação altera a intensidade de amarelo. Estes resultados estão em concordância com os obtidos por Leonel (2008).

Tabela 7 – Médias obtidas para pH, L*(luminosidade), a*(vermelho), b*(amarelo) na carne de peito de frango submetida à irradiação (0 e 3kGy) armazenada sob congelamento por diferentes períodos.

Variáveis	Tempo de Armazenamento Dias (T)	Dose de irradiação		Média	Nível de Significância
		(0kGy)	(3kGy)		
pH	01	5,92	5,95	5,93 x	0,6903
	45	5,67	5,69	5,68 z	0,7443
	90	5,85	5,79	5,82 y	0,4404
	Média	5,81	5,81		0,9777
	T x I				0,6494
Nível de Significância		0,0014	0,0015	0,0001	
L*	01	44,57	46,27	45,42	0,0931
	45	45,89	46,15	46,02	0,7948
	90	45,61	44,93	45,27	0,5011
	Média	45,36	45,79		0,4595
	T x I				0,2447
Nível de Significância		0,3851	0,3372	0,5350	
a*	01	2,28	5,24	3,76	<0,0001
	45	2,52	5,59	4,06	<0,0001
	90	3,18	5,24	4,21	<0,0001
	Média	2,66 B	5,36 A		<0,0001
	T x I				0,0901
Nível de Significância		0,0348	0,5142	0,1889	
b*	01	6,29	4,76	5,53	0,0588
	45	7,38	5,96	6,67	0,0772
	90	7,27	5,79	6,53	0,0659
	Média	6,98 B	5,51 A		0,0020
	T x I				0,9959
Nível de Significância		0,3215	0,2713	0,0914	

Médias com letras distintas, Maiúscula (A-B) nas linhas e minúsculas (x-z) nas colunas, diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer.

Os dados para carnes submetidas ao congelamento nos diferentes períodos de armazenamentos referentes aos contrastes de médias da capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cocção (PPC), força de cisalhamento (FC), perda de exsudado (PE), capacidade de absorção de água (CAA) e desnaturação protéica (DP) estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Médias obtidas para capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cocção (PPC), força de cisalhamento (FC), perda de exsudado (PE), capacidade de absorção de água (CAA) e desnaturação protéica (DP) na carne de peito de frango submetida à irradiação (0 e 3kGy) e armazenados sob congelamento por diferentes períodos.

Variáveis	Tempo (T) Dias	Dose de irradiação (I)		Média	Nível de Significância
		0kGy	3kGy		
CRA (%)	01	66,29 A x	61,20 B x	63,74	0,0019
	45	67,29 A x	64,00 B x	65,65	0,0404
	90	60,93 A y	61,31 A x	61,12	0,8103
	Média	64,84 A	62,17		0,0046
	T x I				0,0501
Nível de Significância		0,0003	0,1403	0,0006	
PPC (%)	1	27,68 B x	33,72 A x	30,70	<0,0001
	45	22,84 A y	22,12 A y	22,48	0,5106
	90	22,95 A y	24,48 A y	23,71	0,1634
	Média	24,49	26,77		0,0005
	T x I				0,0002
Nível de Significância		<0,0001	<0,0001	<0,0001	
FC (Kgf/cm ²)	1	4,49	6,66	5,48	0,0019
	45	4,22	5,69	4,96	0,0314
	90	4,83	6,53	5,68	0,0131
	Média	4,52 B	6,28 A		<0,0001
	T x I				0,7516
Nível de Significância		0,6582	0,2998	0,2572	
PE (%)	1	4,23 B y	8,72 A x	6,47	<0,0001
	45	3,61 A y	4,30 A y	3,96	0,3196
	90	7,96 A x	9,11 A x	8,53	0,0962
	Média	5,27	7,37		<0,0001
	T x I				0,0003
Nível de Significância		<0,0001	<0,0001	<0,0001	
CAA (%)	1	27,43	17,72	22,29	0,0172
	45	15,65	18,86	17,26	0,4604
	90	19,08	17,25	18,07	0,6350
	Média	20,94	17,85		0,2388
	T x I				0,0899
Nível de Significância		0,0198	0,9197	0,1463	
DP	1	7,56 B x	9,57 A x	8,39	0,0245
	45	2,53 A y	1,67 A y	2,13	0,3787
	90	4,02 A y	3,49 A y	3,80	0,5716
	Média	5,02	5,15		0,7051
	T x I				0,0567
Nível de Significância		<0,0001	<0,0001	<0,0001	

Médias com letras distintas, Maiúscula (A-B) nas linhas e minúsculas (x-z) nas colunas, diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer.

Os dados obtidos para capacidade de retenção de água foram influenciados pela irradiação, tempo de armazenamento e houve interação entre tempo de armazenamento e irradiação. As amostras submetidas à irradiação apresentaram menor CRA aos um e 45 dias de armazenamento quando comparadas às carnes não irradiadas, porém aos 90 dias não foram verificadas diferenças. Quanto ao efeito do tempo de armazenamento foi observado redução da capacidade de retenção dentro do tratamento não irradiado, enquanto que nas amostras submetidas à irradiação não são observadas alterações decorrentes de efeito do tempo de armazenamento.

Ao avaliar doses de até 3kGy Leonel (2008) não observou efeitos da radiação sobre a CRA, enquanto que o tempo favoreceu a redução da capacidade de retenção até quatro meses de armazenamento, tornando a elevar-se aos seis meses.

As perdas de peso por cocção apresentaram diferenças causadas pela irradiação, período de tratamento e houve interação entre irradiação e armazenamento. As perdas por cocção foram maiores nas amostras submetidas à irradiação apenas após um dia de armazenamento, nos demais períodos avaliados não houveram diferenças entre carnes submetidas ou não a irradiação. No que se refere ao tempo de armazenamento pode-se verificar que tanto nas amostras não irradiadas como nas submetidas à irradiação as maiores perdas por cocção foram observadas no início do período de armazenamento sendo que estes resultados concordam com obtidos por Leonel (2008).

Para a variável força de cisalhamento foi observada maior força necessária para cisalhar nas carnes submetidas à irradiação estes resultados estão de acordo como observados por Leonel (2008). Embora este seja um aumento significativo na força de cisalhamento, não foram relevantes ao ponto de serem percebidas na análise sensorial, como pode ser visto na Tabela 12. Quanto ao período de armazenamento, este não teve sobre as forças de cisalhamento. Leonel (2008) observou redução da força de cisalhamento ao longo de dois meses de armazenamento, após quatro meses as forças de cisalhamento foram semelhantes ao período inicial.

As diferenças observadas no percentual de perdas de exsudado foram influenciadas pela irradiação, período de armazenamento e houve interação entre irradiação e tempo de armazenamento. Maiores perdas de exsudado foram observadas nos tratamentos submetidos à irradiação no período inicial de armazenamento, enquanto

nos demais períodos avaliados não foram observadas diferenças de exsudação entre carnes submetidas ou não à irradiação. Quanto ao tempo de armazenamento encontraram-se maiores perdas aos 90 dias nas carnes não irradiadas, enquanto que nas submetidas à irradiação maiores perdas foram observadas tanto no início quanto no final do período de armazenamento. Leonel (2008) avaliando exsudação por gotejamento somente observou maiores perda de exsudado aos dois meses de armazenamento nas amostras irradiadas. Enquanto que ao longo de seis meses de armazenamento as perdas de exsudado foram gradativamente menores.

Ao avaliar os dados referentes à capacidade de absorção de água foram observados interação entre irradiação e período de armazenamento de 0,0899 de probabilidade, que refletiu na redução da capacidade de absorção de água no tratamento não submetido à irradiação, o que não foi verificado no tratamento irradiado.

Os valores de desnaturação protéica foram influenciados pela irradiação, somente no período inicial de avaliação, em que as carnes submetidas à irradiação apresentaram maior valor de desnaturação. Quanto ao efeito do tempo de armazenamento, houve redução dos valores de desnaturação protéica ao longo do período de armazenamento em ambos os tratamentos irradiados e não irradiados.

Na Tabela 9 estão apresentados os valores de TBARS para os peitos conservados sob congelamento, submetidos ou não a irradiação.

A irradiação e o tempo de armazenamento alteraram os valores de TBARS, sendo que o maior nível de oxidação foi observado nas amostras irradiadas. Quanto ao tempo de armazenamento foram determinados aumento dos valores de oxidação ao longo do período de armazenamento. Estes resultados são compatíveis com os observados por Lewis *et al.* (2002) e Du *et al.* (2001). Este resultado deve ser esperado porque a irradiação causa mudanças no estado dos elétrons tornado-os eletricamente carregado e estes podem então funcionar como radicais livres. Este estado do radical livre conduz à oxidação dos lipídeos, e quanto mais alto a dose da irradiação maior o nível de oxidação (Santin, 1996).

Tabela 9 – Médias dos valores de TBARS obtidas na carne de peito de frango submetida à irradiação (0 e 3kGy) e mantida congelada por diferentes períodos de armazenamento.

Tempo (T) Armazenamento (Dias)	TBARS			Nível de significância
	mg de malonaldeído (MDA)/ kg		Média	
	Dose de irradiação (I)			
0kGy	3kGy			
01	0,10	0,22	0,16 y	0,0146
45	0,35	0,42	0,38 x	0,1192
90	0,20	0,25	0,23 y	0,2687
Média	0,22 B	0,30 A		0,0054
T x I				0,5412
Nível de significância	<0,0001	0,0004	<0,0001	

Médias com letras distintas, Maiúscula (A-B) nas linhas e minúsculas (x-z) nas colunas, diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer.

Os valores da composição química (umidade, proteína, extrato etéreo e resíduo mineral) estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Médias da composição centesimal: umidade (UM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e resíduo mineral fixo (RM) na carne de peito de frango congelada e submetida à irradiação (0 e 3kGy).

Dose de irradiação	UM (%)	PB (%)	EE (%)	RM (%)
0kGy	71,08	24,94	0,43 y	1,15
3kGy	71,70	24,59	0,85 x	1,11
Nível de significância	0,1078	0,2980	0,0284	0,2432

Médias com letras distintas, minúsculas (x-y) nas colunas, diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer.

Observa-se que o percentual de umidade, proteína bruta e resíduo mineral não diferiu estatisticamente entre as carnes de peito de frango não irradiada e irradiada armazenadas sob congelamento. Foram observadas maiores valores de extrato etéreo nas amostras submetidas à irradiação. Maiores valores de extrato etéreo podem ser devidos a rompimento das estruturas das fibras musculares, como pode ser verificado na Figura 2, com o rompimento da parede celular e extravasamento de conteúdo celular pode ter contribuído para elevar o teor de lipídeos. De acordo com Stelle e Engel (1992) baixas doses de irradiação não determinam perdas relevantes na qualidade nutricional dos alimentos e de seus macronutrientes relativamente estáveis, como proteínas,

carboidratos e resíduos de lipídeos. Eisele *et al.* (1974) avaliando efeito da irradiação em carne suína sob congelamento não observaram mudanças na composição centesimal.

Na Tabela 11 são apresentados os valores dos dados morfométricos das fibras musculares dos peitos de frangos, não irradiados e irradiados armazenados por 90 dias.

Tabela 11 – Médias obtidas para os valores morfométricos das fibras musculares na carne de peito de frango, submetida à irradiação (0 e 3kGy), mantida sob congelamento por um e 90 dias.

Variáveis	Tempo Dias (T)	Dose de irradiação (I)		Média	Nível de Significância
		0kGy	3kGy		
Área das fibras μm^2	1	5193,4 A x	3591,6 B y	4254,3	<0,0001
	90	4436,3 A y	3919,8 B x	4179,6	<0,0001
	Média	4774,8	3746,1		<0,0001
	T x I				<0,0001
Nível de significância		<0,0001	0,0064	0,0159	
Coorde- nada X (μm)	01	590,7	606,9	600,2	0,4429
	90	622,3	617,3	619,8	0,8118
	Média	608,14	611,81		0,7012
	T x I				0,4746
Nível de significância		0,1456	0,5972	0,1524	
Coorde- nada Y (μm)	1	536,8	548,1	543,1	0,3687
	90	543,7	547,2	545,8	0,7975
	Média	540,6	547,77		0,4101
	T x I				0,6225
Nível de significância		0,5697	0,9461	0,7086	
Número Fibras/ campo	1	10,4 B y	16,0 A x	13,1	<0,0001
	90	12,8 B x	14,0 A y	13,3	0,1249
	Média	11,6	15,0		<0,0001
	T x I				<0,0001
Nível de significância		0,0013	0,0058	0,7939	

Médias com letras distintas, Maiúscula (A-B) nas linhas e minúsculas (x-y) nas colunas, diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer.

Os dados morfométricos demonstraram alterações na área e número de fibras musculares por campo avaliado, e estas se deveram a efeitos da irradiação, tempo de armazenamento e interação entre tempo de armazenamento e irradiação. A irradiação reduziu a área das fibras musculares. Dentro das amostras que foram submetidos ao tratamento com 0kGy de irradiação houve também redução da área das fibras musculares ao final do período de armazenamento, enquanto que na dose de 3kGy

houve uma relação inversa, as áreas das fibras musculares se encontravam maiores aos 90 dias de armazenamento.

Maior número de fibras por campo foi observada no tratamento submetido à irradiação. Em relação ao tempo armazenamento dentro do tratamento não irradiado houve aumento número de fibras por campo entre o início e final do tempo de armazenamento, enquanto que dentro de tratamento irradiado essa relação foi inversa.

Na Figura 2 estão mostradas as fibras musculares nos cortes histológicos do músculo *Pectoralis major*, submetidos ou não à irradiação com um e 90 dias armazenado sob congelamento.

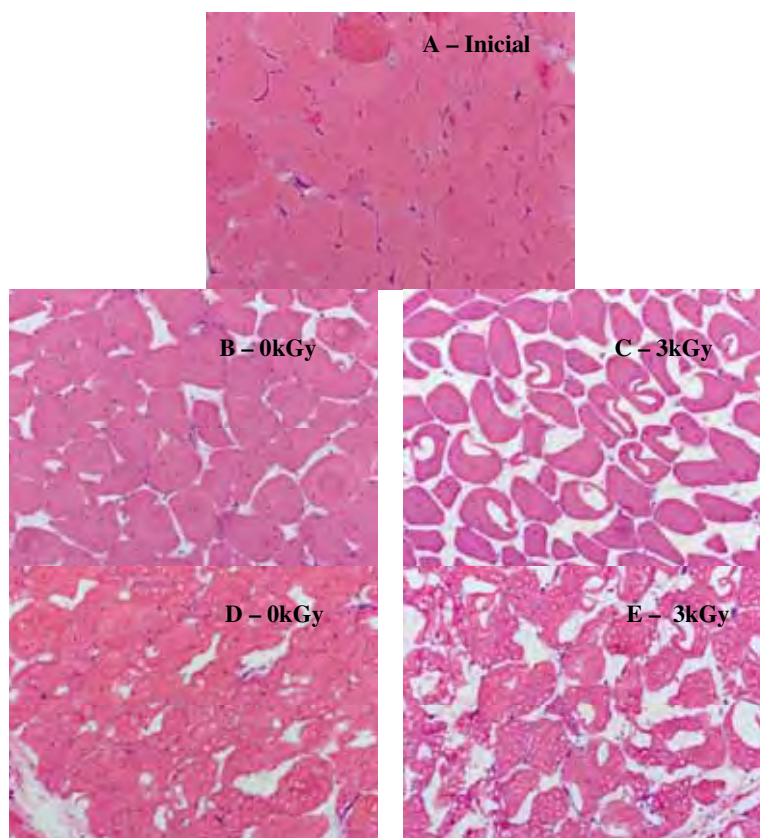


Figura 2 - Cortes transversais do músculo *Pectoralis major* de frangos: A – Inicial; B - 0kGy, C- 3kGy com um dia de armazenamento; D - 0kGy, E - 3kGy aos 90 dias de armazenamento sob congelamento. HE. 200x.

Na Figura 2A, observa-se que imediatamente após a desossa as fibras musculares apresentam aparência mais circulares e não são observados espaços entre as

mesmas. Na Figura 2B e 2C é possível observar que sob congelamento após um dia de armazenamento as amostras não irradiadas preservam a integridade das fibras musculares, enquanto que aquelas submetidas à irradiação ocorrem formação de vacúolos e perceptíveis rupturas das fibras musculares. Na Figura 2D e 2E referentes aos fragmentos coletados aos 90 dias de armazenamento há perceptível redução de volume das fibras musculares e dentro de cada unidade de fibras há formação de pequenos espaços indicando desidratação da fibra para ambos tratamentos. No tratamento irradiado observam-se maiores espaços entre as fibras musculares e continuam perceptíveis os rompimentos nas fibras, o que concorda com os dados verificados para área de fibras e número de fibras (Tabela 11).

As reduções na CRA, maiores perdas para PPC e PE e maior resistência ao cisalhamento, observados nas amostras submetidas à irradiação podem ser explicadas em parte, por modificações estruturais e injúrias observadas nas fibras musculares causadas pela irradiação.

Na tabela 12 são apresentados os dados referentes à análise sensorial dos peitos de frango submetidos à irradiação (0 e 3kGy).

Não foram percebidos efeitos da irradiação sobre as características de aroma estranho, sabor, sabor estranho, textura, suculência, mastigabilidade e cor nas carnes cozida de frango. No entanto, na carne crua houve percepção de aroma estranho de fraca intensidade e aumento da intensidade de aroma característico em carnes cozidas nas amostras submetidas à irradiação.

Du *et al.* (2001) avaliando carne de frango sob congelamento e dose de 3kGy verificaram que a irradiação alterou o odor da carne cozida. Javanmard *et al.* (2006) relatam que dose de até 5kGy não afetou a qualidade sensorial em carne de frango congelada. Hashin *et al.* (1995) relataram que em carne de frango crua a irradiação produz um aroma de sangue, doce e característico, que desaparece após a carne ser submetida à cocção. Wheeler *et al.* (1999) avaliando carne bovina moída relataram que com a dose de 3kGy os consumidores poderiam encontrar pouco ou nenhum problema de aceitação.

Tabela 12 - Análise sensorial dos peitos de frango submetidos à irradiação (0 e 3kGy) e mantidos sob congelamento.

Características	Dose de irradiação		Média	Nível de Significância
	0kGy	3kGy		
Intensidade de aroma ^(A)	6,11	7,06	6,58	0,0516
Aroma estranho - carne cozida ^(B)	1,18	2,18	1,68	0,0756
Aroma estranho - carne crua ^(B)	1,27 B	4,36 A	2,81	0,0002
Sabor ^(C)	6,54	6,08	6,31	0,4062
Sabor estranho ^(D)	1,45	2,00	1,72	0,2767
Maciez ^(E)	4,09	3,64	3,86	0,4613
Suculência ^(F)	5,55	5,55	5,54	0,9990
Mastigabilidade ^(G)	5,30	5,29	5,29	0,9897
Cor ^(H)	7,05	6,49	6,77	0,2366

A - Escala linear, cm variando de sem aroma ao muito intenso e característico; **B** - 1- nenhum, 2- extremamente fraco, 3- muito fraco, 4- fraco, 5- moderadamente fraco, 6- moderadamente forte, 7- forte, 8- muito forte, 9- extremamente forte; **C** - Escala linear em cm, variando do muito ruim ao muito bom; **D** - 1- nenhum, 2- extremamente fraco, 3- muito fraco, 4- fraco, 5- moderadamente fraco, 6- moderadamente forte, 7- forte, 8- muito forte e 9- extremamente forte; **E** - 1- extremamente macio, 2- muito macia, 3- moderadamente macia, 4- macia, 5- nem macia nem dura, 6- levemente dura, 7- moderadamente dura, 8- muito dura, 9- extremamente dura; **F** - 1- extremamente seco, 2 -muito seco, 3- moderadamente seco, 4- levemente seco, 5- nem seco nem suculento, 6- levemente suculento, 7- moderadamente suculento, 8- muito suculento e 9- extremamente suculento; **G** - Escala linear em cm, variando de elástica, borrachenta, difícil de deglutir ao desintegra facilmente na boca, fácil de deglutir; **H** - Escala linear em cm, variando de cor não característica a característica.

CONCLUSÕES

A irradiação e o tempo de armazenamento contribuíram para alterações dos parâmetros de qualidades da carne de frango crua, sem alterar, no entanto, características nutricionais dos macronutrientes.

As alterações estruturais nas fibras musculares foram afetadas pela irradiação e são mais evidentes nas condições de armazenamento sob congelamento.

As características sensoriais da carne cozida não foram alteradas pelo processo de irradiação, no entanto, houve percepção de aroma estranho na carne crua tanto quanto em condições de armazenamento sob resfriamento como sob congelamento.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Regulamento técnico para irradiação de alimentos. RDC N°.21 de Janeiro de 2001. Brasília, DF, BRASIL, 2001.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION (AMSA). Research guideliness for cookery sensory and instrumental tenderness measurement of fresh meat. Chicago,1995. 48p.

A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of international. 18ed. Gaithersburg, MD, 2007. Current though revision 2.

Bendall JR, Wismer-Pedersen J. Some properties of the fibrilar proteins of normal and watery pork muscle. Journal Food Science 1962; 27: 144-159.

Cardoso, KFG. Qualidade microbiológica de filés de peito de frangos de corte submetidos à irradiação e atmosfera modificada em diferentes períodos de armazenamento. [Dissertação]. Botucatu (SP): Universidade Estadual Paulista - FMVZ; 2008.

Costa F. Caracterização do processo de *Rigor mortis* e da maciez dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectoralis* e efeito da radiação gama na vida comercial da carne de peru (*Meleagris gallopavo*). [Tese] Niteroi (RJ): Universidade Federal Fluminense, UFF, 2006.

Diehl J.F. Food irradiation-past, present and future. Radiation Physics and Chemistry 2002; 63(3): 211-215.

Diehl, J. F. Safety of irradiated food. New York: Marcel Dkker Inc, New York, 345p. 1990.

Dirinck P, De Winne A, Casteels M, Frigg M. Studies on vitamin E and meat quality. 1. Effect of feeding high vitamin E levels on time-related pork quality. Journal Agricultural Food Chemistry 1996; 44(1): 65-68.

Du M, Hur SJ, Ahn DU. Raw-meat packaging and storage affect the color and odor of irradiated broiler breast fillets after cooking. Meat Science 2002; 61(1):49-54.

Du, M, Ahn DU, Nam KC, Sell JL. Volatile profiles and lipid oxidation of irradiated cooked chicken meat from laying hens fed diets containing conjugated linoleic acid. *Poultry Science* 2001; 80(2): 235–241.

Eisele GR, Mraz FR, Johnston MR, Effects of whole-body gamma irradiation on various chemical properties of muscle. *Journal of Animal Science* 1974; 38(1): 20-23.

Freita RM. Preservação de Alimentos por Irradiação em baixas doses. [Dissertação]. Rio de Janeiro, 2005. 118p. (Mestrado em Ciência de Engenharia Nuclear). 118p. Secretaria de Ciência e Tecnologia, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2005.

Froning GW, Babji AS, Mather FB. The effect of preslaughter temperatures, stress, struggle and anesthetization on color and textural characteristics of turkey muscle. *Poultry Science* 1978; 57(3):630-633.

Gomes HA, Silva EN, Cardelo HMAB.; Cipolli, KMVAB. Effect of gamma radiation on refrigerated mechanically deboned chicken meat quality. *Meat Science* 2003; 65(2): 919-926.

Hamm R. Biochemistry of Meat Hydration. *Advances in Food Research* 1960; 10(2): 335-443.

Hashim IB, Resurreccion AVA, Mcwaiters KH. Descriptive sensory analysis of irradiated frozen or refrigerated chicken. *Journal Food Science* 1995; 60 (4):664–666.

Honikel, K.O. The water binding of meat. *Fleischwirtschaft* 1987; 67:1098-1102.

Jamdar SN, Harikumar P. Radiation decontamination of poultry viscera. *Radiation Physics and Chemistry* 2008; 77: 467 - 472.

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* 2006; 17(6): 469–473.

Kanatt SR, Paul P, D'Souza SF, Thomas P. Effect of gamma irradiation on the lipid peroxidation in chicken, lamb and buffalo meat during chilled storage. *Journal Food Safety* 1997; 17(4):283-294.

Lakritz L, Carroll RJ, Jenkins RK, Maerker G. Immediate effects of ionizing on the structure of unfrozen bovine muscle-tissue. *Meat Science* 1987; 20(2):107-117.

Lawrie RA. *Meat Science*, 5th ed. New York: Pergamon Press, p.90-100, 1991.

Leonel FR. Efeito da vitamina E sobre parâmetros quantitativos e qualitativos da carne de frango submetida ou não a irradiação e armazenada por diferentes períodos. [Dissertação] Jaboticabal (SP): Universidade Estadual de Paulista – UNESP/ FCAV, 61p. 2004.

Leonel FR. Irradiação e qualidade da carne de frango congelada e embalada a vácuo. [Tese]. Jaboticabal (SP): Universidade Estadual de Paulista – UNESP/ FCAV, 74p. 2008.

Lewis SJ, Velásquez A, Cuppett SL, Mckee SR. Effect of electron beam irradiation on poultry meat safety and quality. *Poultry science* 2002; 81(6):896-903.

Lynch JA, Macfie HJH, Mead GC. Effect of irradiation and packaging type on sensory quality of chill-stored turkey breast fillets. *International Journal of Food Science and Technology* 1991; 26:653-668.

Millar SJ; Moss BW, Stevenson MH. The effect of ionising radiation on the colour of leg and breast of poultry meat. *Meat science* 2000; 55(3): 361-370.

Miyagusku L, Chen F, Leitão MFF, Baffa O. Avaliação microbiológica e sensorial da vida-útil de cortes de peito de frango irradiado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 2003; 23(suplemento1): 7-16.

Miyagusku L, Thomazini M, Kuaye AY, Castillo CJC. Avaliação do valor de TBARS em coxas de frangos irradiadas. *Revista Instituto Adolfo Lutz* 2007; 66(1): 45-49.

Nam KC, Ahn DU. Double-packaging is effective in reducing lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated raw turkey meat. *Poultry Science* 2003b; 82(9): 1468-1474.

Nam KC, Ahn DU. Mechanism of pink color formation in irradiated precooked turkey breast. *Journal Food Science* 2002; 67(2):600-607.

Nam KC, Ahn DU. Use of double packaging and antioxidant combinations to improve color, lipid oxidation, and volatiles of irradiated raw and cooked turkey breast patties. *Poultry Science* 2003a; 82(5): 850-857.

Nam KC, Min BR, Yan H, Lee EJ, Mendonca A, Wesley I, Ahn DU. Effect of dietary vitamin E and irradiation on lipid oxidation, color, and volatiles of fresh and previously frozen turkey breast patties. *Meat science* 2003; 65(1): 513-521.

Northcutt JK, Foegeding EA, Edens FW. Water-holding properties of thermally preconditioned chicken breast and leg meat. *Poultry Science* 1994; 73: 308-316.

O'Connell MJ, Garner A. Radiation-induced generation and properties of lipid hydroperoxide in liposomes. *International Journal Radiation Biology* 1993; 44:615.

Olson DG. Irradiation of food. *Food Technology* 1998; 52:56-62.

Ornellas CBD, Gonçalves MPJ, Silva PR, Martins RT. Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 2006; 26 (1): 211-213.

Roça RO, Bonassi IA. Seleção de provadores para produtos cárneos. In: Congresso Brasileiro De Ciência E Tecnologia De Alimentos.7, Itabuna/Ilhéus. Anais..., Itabuna/Ilhéus, SBCTA, 1985. p. 83. 1985

Roça RO, Serrano AM, Bonassi IA. Utilização de toucinho na elaboração de fiambres com carne de frango. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 1988, 8 (1): 67-76.

Roça RO. Desenvolvimento de fiambres com carne de frango. Campinas: FEA/UNICAMP, 1986. [Tese] (Mestrado em engenharia de Alimentos, Área de Tecnologia de alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas.1986.

Sartori JR, Gonzales E, Macari M, Dal Pai V, Oliveira HN. Tipos de fibras no músculo flexor longo do hálux de frangos de corte submetidos ao estresse pelo calor e frio e alimentados em "pair-feeding". *Revista Brasileira de Zootecnia* 2003; 32(4): 918-925.

SAS Institute, SAS User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC., 2001.

Satin M. 1996. Food irradiation. Pages 1-25 in Food Irradiation: A Guidebook. 2nd ed. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, PA.

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

Souza ARM, Arthur V, Canniatti-Brazaca SG. Alterações provocadas pela irradiação e armazenamento nos teores de ferro heme em carne de frango. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 2007; 27(2): 303-306.

Steele JH, Engel RE. Radiation processing of food. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 1992; 201(10):1522-1529.

Swatland, H. J. On line evaluation of meat. Lancaster: technomic, 343p, 1995.

Thakur BR, Singh RK. Food irradiation-chemistry and applications. *Food Reviews International* 1994; 10(4):437-473.

Thayer, D. W. Food irradiation: Benefits and concerns. *Journal Food Quality* 1990; 13(3):147-169.

Urbain WM. Food irradiation. Orlando: Academic Press, 351p., 1986.

Van Laack RLJM, Liu CH, Smith MO, Loveday HD. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. *Poultry Science* 2000; 79:(7) 1057-1061.

Vyncke, W. Direct determination of the TBA value in trichloroacetic acid extract of fish as a measure of oxidative rancidity. *Fette-Scifen Anstrichmittel* 1970; 72:1084 -1087.

Wheeler TL, Shackelford SD, Koohmaraie M. Trained sensory panel and consumer evaluation of the effects of gamma irradiation on palatability of vacuum-packaged frozen ground beef patties. *Journal Animal Science* 1999; 77(12):3219-3224.

Xavier CVA, Beraquet NJ. Vida de prateleira de carne mecanicamente separada de frango estocada sob refrigeração. Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos 1994; 24: 91 – 104.

Yan HJ, Lee EJ, Nam KC, Min BR, Ahn DU. Dietary functional ingredients: performance of animals and quality and storage stability of irradiated raw turkey breast. Poultry Science 2006; 85:1829–1837.

Yoon KS. Effect of gamma irradiation on the texture and microstructure of chicken breast meat. Meat Science 2003; 63(2):273-277.

Zhu MJ, Mendoca A, Ahn DU. Temperature abuse affects the quality of irradiated pork loins. Meat Science 2004; 67(4): 643-649.

CAPÍTULO 3

EFEITO SOBRE PARÂMETROS DE QUALIDADES DE CARNE DE PEITO DE FRANGO EMBALADA COM ATMOSFERA MODIFICADA EM DIFERENTES PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO.

EFEITO SOBRE PARÂMETROS DE QUALIDADES DE CARNE DE PEITO DE FRANGO EMBALADA COM ATMOSFERA MODIFICADA EM DIFERENTES PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO.

Resumo

Com o objetivo de avaliar os efeitos da atmosfera modificada sobre os parâmetros de qualidade de carne de peito de frango desossada e sem pele mantida sob refrigeração (4°C) ou congelamento (-18°C) foram coletados 216 peitos de frangos abatidos aos 42 dias de idade, provenientes de um frigorífico comercial. Os peitos das aves foram desossados em sala com temperatura controlada (5°C) e transportadas para o Laboratório de qualidade de carnes do setor de avicultura da UNESP /FMVZ, onde foram acondicionadas em embalagens plásticas de sete camadas de nylon-polietileno. Foram realizados dois ensaios avaliados segundo delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3, em que no primeiro ensaio foram testadas três atmosferas modificadas (ATM1- 62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂, ATM2 - 20%CO₂: 80% N₂ e Vácuo), por três períodos (01, 14 e 21 dias) em carne armazenada sob refrigeração (4°C); no segundo ensaio também foram testados três atmosferas modificadas (ATM1- 62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂, ATM2 - 20%CO₂: 80% N₂ e Vácuo), por três períodos (01, 45 e 90 dias) em carne armazenada sob congelamento (-18°C). Foram analisados o pH, cor, capacidade de retenção de água, perda por cozimento, força de cisalhamento, perda de exsudado, capacidade de retenção de água, composição centesimal e TBARS. A carne de peito de frango embalada com atmosfera modificada submetida a congelamento é menos sensível a alterações dos parâmetros de qualidade e as alterações são mais dependentes do período de armazenamento. As carnes mantidas sob congelamento e embaladas com ATM1 e ATM2 favoreceram a ocorrência de maiores perdas de exsudado.

Palavras-chave: carne de frango, atmosfera modificada, tempo de armazenamento.

EFFECT OF DIFFERENT STORAGE TIMES ON QUALITY PARAMETERS OF CHICKEN BREAST MEAT PACKAGED UNDER MODIFIED ATMOSPHERE

ABSTRACT

Aiming at evaluating the effects of modified atmosphere on the quality parameters of boneless and skinless chicken breast meat under cold (4°C) or frozen (-18°C) storage, 216 breasts of 42-day-old broilers were collected in a commercial processing plant. Breasts were deboned in a temperature-controlled room (5°C) and transported to the Meat Quality Lab of the Poultry Sector of UNESP /FMVZ, where they were placed in 7-layer nylon-polyethylene packages. Two trials were conducted according to a completely randomized experimental design in a 3x3 factorial arrangement. In the first trial, three modified atmospheres (ATM1- 62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂, ATM2 - 20%CO₂: 80% N₂ and vacuum) and three periods (01, 14, and 21 day) were applied to cold (4°C) stored meat, whereas in the second trial, three modified atmospheres (ATM1- 62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂, ATM2 - 20%CO₂: 80% N₂ and vacuum) and three periods (01, 45, and 90 days) were applied to frozen (-18°C) meat. The following parameters were evaluated: pH, color, water retention capacity, cooking loss, shear force, drip loss, percentage composition, and TBARS. Chicken breast meat packed under modified atmosphere and submitted to freezing is less sensitive to changes in quality parameters, and these changes depend on storage time. Frozen-stored meat packed at ATM1 and ATM2 suffered higher drip loss.

Keywords: chicken meat, modified atmosphere, storage time

INTRODUÇÃO

O emprego de tecnologia de ponta por parte das empresas do segmento de abate e processamento da carne de aves constitui-se no elemento central do vigor econômico observado pelo segmento nos últimos anos. O empenho pela segmentação por meio da diversificação de produtos e preparações implica necessariamente o domínio de tecnologias alimentares. Quesitos como sanidade, aliados aos aspectos relativos à condição de qualidade (produtos saudáveis aos consumidores) e vida de prateleira são permanentemente procurados pela indústria. As novas tecnologias como o uso de atmosfera modificada, permitem a obtenção de produtos com maior qualidade e apresentação.

Os sistemas de acondicionamento em atmosfera modificada são concebidos para efetuar a troca da atmosfera original ao redor do produto por uma mistura de gases, de modo a prevenir e exercer controle sobre as alterações que ocorrerão no produto, na embalagem e na própria atmosfera gasosa, em decorrência da interação dos gases com o produto, a respiração do produto e à permeabilidade do sistema de embalagem. O objetivo principal da modificação da atmosfera é preservar o frescor do produto do primeiro dia de processamento e estender a manutenção desse frescor e os atributos de qualidade durante sua vida útil (Gomes, 1998). De acordo com Mano *et al.* (2002), os gases mais comumente utilizados são o gás carbônico, devido a sua atividade antimicrobiana, e o nitrogênio, que é usado apenas para completar o espaço disponível (Devlieghere *et al.*, 1998; Sorheim *et al.*, 1999).

O objetivo deste experimento foi avaliar os efeitos da atmosfera modificada sobre as qualidades físicas, químicas e tecnológicas de carne de peito de frango desossada e sem pele mantida sob refrigeração ou congelamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados 216 peitos desossados e sem pele de frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade, provenientes de um frigorífico comercial. Os peitos das aves foram desossados em sala com temperatura controlada (5°C) e transportadas para o Laboratório de qualidade de carnes do setor de avicultura da UNESP/FMVZ, onde foram acondicionados em embalagens plásticas de sete camadas de nylon-polietileno, com 16 microns de espessura, 20x25cm de dimensão, seladas em seladora Clip-Vac modelo 40I. As amostras foram mantidas sob duas formas de armazenamento: resfriadas (4°C) e congeladas (-18°C). Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, comparando-se três atmosferas modificadas (ATM1- 62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂, ATM2 - 20%CO₂: 80% N₂ e Vácuo), por três períodos (um, 14 e 21 dias para as amostras resfriadas e um, 45 e 90 dias para as amostras congeladas). Foram realizadas no músculo *Pectoralis major* as seguintes análises:

Medida de pH

O pH nas carnes de peito de frango foram avaliados em todos os períodos de armazenamento através de método direto, sendo a determinação feita com um potenciômetro (Hanna modelo HI 8314) acoplado a uma sonda (Belden tipo LanceFET, modelo 9239) com ponta fina de penetração, inserida no centro do músculo peitoral, 0,5 a 1,0 cm abaixo da superfície do músculo.

Perda de Peso por Cozimento (PPC)

Para determinação da perda de peso por cozimento foi utilizado o músculo peitoral esquerdo da ave, o qual foi pesado, embalado em papel laminado e mantido numa chapa elétrica de modelo comercial, com aquecimento nas duas faces, por aproximadamente 8 minutos até atingiram temperatura interna de 85°C. As amostras ficaram resfriando por uma hora, e depois foram pesados, obtendo-se assim os pesos após o cozimento e os resultados foram expressos em porcentagem (Honikel, 1987).

Força de Cisalhamento (FC)

Para a determinação da força de cisalhamento (maciez) foram utilizadas as amostras usadas para a determinação da perda de peso por cozimento e estas análises foram realizadas nos mesmos períodos. Foram retiradas 3 amostras por filé na forma de paralelepípedos com 1 x 1 x 2 cm, as quais foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas Warner-Bratzler, acoplado ao texturômetro (Texture

Analyzer TA-XPLUS-30), sendo que o equipamento foi calibrado com peso padrão de 5kg e padrão rastreável. A velocidade de descida do dispositivo foi de 200mm/min (AMSA,1995) e os valores expressos em kgf/cm^2 , conforme a técnica descrita por Froning *et al.* (1978).

Composição Química

Foram realizadas avaliações da composição centesimal da carne crua de peito de frango. A umidade foi determinada seguindo o método 950.46 da A.O.A.C. (2007), a proteína pelo método de Kjeldahl-Micro (A.O.A.C., 2007 – 981.10) para determinação do nitrogênio total. A proteína bruta foi calculada em função dos teores de nitrogênio total, multiplicado pelo fator 6,25. O extrato etéreo foi determinado segundo A.O.A.C. (2007), item 991.36 e o resíduo mineral fixo foi realizado segundo o método recomendado pela A.O.A.C. (2007), item 920.153.

Cor

A cor dos filés do peito foi determinada em todos os períodos de armazenamento utilizando um colorímetro portátil da marca Minolta CR400, no sistema CIELab¹, onde foram avaliados os parâmetros L* (luminosidade), a* (teor de vermelho) e b* (teor de amarelo), de acordo com metodologia proposta por Van Laack *et al.* (2000). Os valores L*, a* e b* foram medidos em três diferentes pontos na superfície ventral e no meio da seção cranial do músculo do peito. Para estas determinações as leituras foram realizadas imediatamente após abertura das embalagens.

Medida de perda de exsudado (PE)

A medida foi feita com base nos métodos adotados por Northcutt *et al.* (1994) e por Dirinck *et al.* (1996). As amostras de carne de peito foram mantidas sob simulação de venda ao varejo, com bandejas de poliestireno, cobertas com filme plástico permeável, a $3 \pm 1^\circ\text{C}$ por 72h, em um balcão frigorífico. Após este período, foi descartado o exsudado e as amostras pesadas em balança analítica. O percentual de perda de exsudado foi calculado com base no peso inicial e final dos peitos e expressos em percentual.

Medida da Capacidade de Retenção de Água (CRA)

A medida de capacidade de retenção de água foi realizada utilizando a metodologia descrita por Hamm (1960). A determinação é baseada na medição da perda

¹ CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) – Comissão Internacional de Iluminação

de água liberada quando aplicada uma pressão sobre o tecido muscular. Cubos de carne de 0,2g foram colocados entre dois papéis de filtro, estes entre duas placas de vidro, no qual foi colocado peso de 10kg/5 minutos. As amostras de carne de peito após a pressão foram pesadas e por diferença calculadas a quantidade de água perdida. O resultado foi expresso em percentual de água exsudada em relação ao peso inicial das amostras.

Capacidade de Absorção de Água (CAA)

Esta determinação foi realizada de acordo com metodologia proposta por Roça (1986) que consiste em pesar exatamente 50g de carne, adicionar 150 ml de água destilada e triturar por 90 segundos em blender. Logo após, pesa-se exatamente 35g da pasta obtida em duplicata e centrifuga-se a 21-25°C por 15 minutos a 3000rpm. O sobrenadante é coletado e pesado e a capacidade de absorção calculada da seguinte forma:

$\%CAA = \{[(PP - PC) - PS]/PC\} * 100$; Onde: PP = peso da pasta (35g); PC = peso da carne na pasta; PS = peso do sobrenadante.

TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico)

A avaliação da TBARS (Thiobarbituric Acid Reactive Substances) foi realizada em todos os períodos de armazenamento conforme a técnica descrita por Vyncke (1970) Foram homogeneizados durante 45 segundos utilizando-se um misturador Ultra-Turrax, 10,0 g de amostra de carne adicionadas de 15,0mL de solução de ácido tricloroacético (7,5% de TCA, 0,1% de EDTA e 0,1% de propilgalato). Em seguida, esta mistura foi filtrada e uma alíquota de 5,0mL foi misturada com 5,0mL de solução de TBA (0,020 mol/l) e colocada em banho-maria (100°C) por 40 minutos. A absorbância das amostras foi medida a 532nm utilizando-se espectrofotômetro. TBARS foi avaliado em duplicata e expresso em mg de malonaldeído (MDA) por quilograma de carne utilizando-se como base uma curva padrão (concentração entre 0,1nmol/l e 6nmol/l) feita com 1,1,3,3 tetraetoxipropano (TEP).

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As amostras foram distribuídas em dois ensaios conforme a formas de armazenamento: refrigeração e congelamento. As amostras foram avaliadas segundo delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3. Em que no primeiro ensaio foram testados três atmosferas modificadas - ATM1 (62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂), ATM2 (20%CO₂: 80% N₂) e Vácuo; e três tempos de estocagem (1 e 14 e 21 dias) para peitos mantidos refrigerados. No segundo ensaio também foram avaliadas três atmosferas modificadas - ATM1 (62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂), ATM2 (20%CO₂: 80% N₂) e Vácuo; e três tempos de estocagem (01, 45 e 90 dias) em peitos mantidos sob congelamento. Foram utilizadas 12 repetições por tratamento para as seguintes características analisadas: pH, cor, capacidade de retenção de água, perda por cozimento, força de cisalhamento, perda de exsudado e capacidade de retenção de água. Para as análises de composição centesimal e TBARS utilizou-se cinco repetições em duplicatas.

A análise estatística dos resultados foi realizada através do procedimento GLM (General Linear Models) do SAS (SAS Institute, 2001) e as médias comparadas por ajustes de comparações múltiplas pelo teste de Tukey-Kramer.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Carnes armazenadas sob refrigeração

Os resultados obtidos para pH e cor para os peitos de frango embalados sob duas atmosferas modificadas e vácuo, armazenadas por 21 dias sob refrigeração são apresentados na Tabela 1.

Não foram observadas diferenças para os valores de pH entre amostras embaladas sob atmosferas modificadas e sob vácuo mantidas refrigeradas. Estes resultados mostram que os músculos já apresentavam resolução do rigor mortis, visto que o pH não diferiu dentre os tratamentos empregados. O pH é resultado da quebra de glicogênio à ácido lático durante a glicólise pós-morte resultando assim, no acúmulo de ácido lático, como produto final no músculo (Lawrie, 1991). Balamatsia *et al.* (2007) avaliando filé de frango também não observaram efeito de diferentes atmosferas sobre o pH. Outros autores também não observaram efeitos em carnes de outras espécies como peixes (Teodoro *et al.*, 2007; Soccol *et al.*, 2005), bovinos (Smulders *et al.* 2006), avestruz (Seydim *et al.*, 2006) e suínos (Mano *et al.*, 2002). No entanto, houve efeito do tempo de armazenamento sobre os valores de pH, em que maiores valores foram observados ao final do período de armazenamento. O aumento do pH está relacionado com o aumento de bactérias ao longo do período de armazenamento, como verificado por Cardoso (2008) em condições experimentais semelhantes e por Seydim *et al.* (2006), Smulders *et al.* (2006), Soccol *et al.* (2005) e Teodoro *et al.* (2007). Balamatsia *et al.* (2007) não verificaram aumento do pH no filé de peito armazenados por até 15 dias. Segundo Cardoso (2008), Lan & Chong (1997), Teodoro *et al.* (2007) e Bressan *et al.* (2007) amostras acondicionadas em embalagens com atmosfera modificada apresentaram melhor qualidade microbiológica que as embaladas a vácuo. Sarantópoulos *et al.* (1998) usando o critério microbiológico e sensorial verificaram que atmosfera com 80% de CO₂ aumentou a vida de prateleira de carnes de frangos de sete para 17 dias mantidas sob refrigeração.

Tabela 1 – Médias obtidas para pH, L* (luminosidade), a* (teor de vermelho), b* (teor de amarelo) nas carnes de peito de frango embaladas sob atmosfera modificadas armazenadas sob refrigeração por diferentes períodos.

Variáveis	Tempo (T)dias	Atmosferas Modificadas (A)			Média	NS
		ATM1	ATM2	VÁCUO		
pH	1	5,81	5,85	5,77	5,81 y	0,4170
	14	5,93	5,97	5,90	5,93 x	0,5534
	21	6,00	6,02	6,00	6,01 x	0,9317
	Média	5,92	5,94	5,89		0,2797
	A x T					0,9716
	NS	0,0055	0,0152	0,0009	<,0001	
L*	1	47,13 Ay	44,77 By	46,49 AB	46,13	0,0065
	14	48,18 xy	47,65 x	46,50	47,44	0,0786
	21	49,60 Ax	49,10 Ax	47,75 B	48,81	0,0444
	Média	48,30	47,12	46,91		
	A x T					0,0381
	NS	0,0058	<0,0001	0,1584		
a *	1	3,44	3,41	3,47	3,44	0,9852
	14	4,23	3,40	3,61	3,75	0,0493
	21	3,46	2,85	3,47	3,27	0,1420
	Média	3,71	3,23	3,52		0,0561
	A x T					0,3616
	NS	0,0377	0,2047	0,8998	0,0567	
b *	1	2,21 y	2,39	1,72 y	2,21	0,3702
	14	4,40 Ax	1,89 B	3,36 ABx	3,22	0,0003
	21	3,22 xy	2,21	3,02 xy	2,83	0,2344
	Média	3,38	2,16	2,70		
	A x T					0,0411
	NS	0,0088	0,7080	0,0191		

Médias com letras distintas, Maiúscula (A-C) nas linhas e minúsculas (x-z) nas colunas, diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer. NS= Nível de significância.

Para os resultados obtidos para intensidade de luminosidade (L*) foram observados efeitos dos tratamentos, tempo de armazenamento e havendo também interação significativa entre ambos. Em relação aos efeitos do tratamento observou-se maior intensidade de luminosidade no tratamento embalado com atmosfera de ATM1 (62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂) e menor intensidade sob ATM2 (20%CO₂: 80%N₂), enquanto nas amostras embaladas sob vácuo não diferiu quanto à luminosidade em relação às duas atmosferas modificadas com um dia de armazenamento. Aos 14 dias de

armazenamento amostras não apresentaram diferenças, enquanto aos 21, maior intensidade de luminosidade foram obtidas nas carnes embaladas sob atmosfera ATM1 e ATM2. Saucier *et al.* (2000) avaliando composição gasosa semelhante às ATM1 e ATM2 também não verificaram diferenças entre estas. O aumento do tempo de armazenamento aumentou a intensidade de luminosidade nas carnes embaladas com ATM1 e ATM2, enquanto à aquelas embaladas sob vácuo mantiveram o valor de L* estável. Seydim *et al.* (2006) avaliando carne moída de avestruz embaladas sob vácuo, duas misturas gasosas (80%O₂:20%CO₂ e 80%N₂:20%CO₂) e ar, também encontraram menor intensidade de L* foram observadas nas carnes embaladas sob vácuo, e maior intensidade nas embaladas com alto teor de O₂ ou ar. De acordo com MacDougall (1982) é necessário uma diferença de cinco unidades para se distinguir e reconhecer diferenças importantes na intensidade de luminosidade. De acordo com este critério as amostras submetidas a ATM2 apresentaram maiores perdas na intensidade da cor.

As atmosferas modificadas e o tempo de armazenamento influenciaram a intensidade de vermelho (a*) na carne de peito resfriada com nível de significância de 0,056. Em que se verificou dentro do tratamento acondicionado sob a ATM1 (62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂) houve aumento da intensidade de vermelho ao longo do armazenamento. Saucier *et al.* (2000) e Mercier *et al.* (1998) usando atmosfera semelhante a ATM1, observaram aumento da intensidade de vermelho. O aumento na intensidade de a* indica que as embalagens sob ATM1, mantiveram a capacidade de oxigenação da mioglobina por todo o período de armazenamento, e provavelmente as embalagens com ATM2(20%CO₂: 80%N₂) só foi capaz de manter essa oxigenação até os 14 dias. Dhananjayan *et al.* (2006) avaliando os efeitos de ATM com 97% de CO₂, observaram que menor valor de L* e maior valor de a* refletiu na estabilidade da cor de carne de peru moída mantida refrigerada por 12 dias em relação à ATM com 80%O₂: 20%CO₂.

A intensidade de amarelo (b*) foi influenciada pelos tratamentos, tempo de armazenamento e interação entre estes. Resultados semelhantes foram observados por Saucier *et al.* (2000) e Seydim *et al.* (2007) em carnes moídas de frango e avestruz, respectivamente. No que se refere aos tratamentos está diferenças são significativas aos 14 dias de armazenamento, em que observam-se maior intensidade de amarelo nas amostras embaladas com a atmosfera de ATM1(62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂) e menor

intensidade em ATM2 (20%CO₂: 80%N₂), enquanto às embaladas sob vácuo não diferiram de ATM1 e ATM2. Quanto ao tempo de armazenamento verificou-se aumento da intensidade de b* até quatorze dias nas embalagens sob ATM1 e vácuo. Estas alterações na intensidade até aos 14 dias podem ser em parte explicada pela oxidação em função do tempo de armazenamento. No entanto, as variações aos 21 dias são reflexos do grau de deterioração das amostras neste período, como demonstrado por Cardoso (2008), nas mesmas condições experimentais.

Grobbel *et al.* (2008) avaliando a estabilidade da cor de carnes frescas de bovinos embaladas sob atmosferas modificadas usando altas e baixas concentrações de O₂ associados a misturas de CO e CO₂, verificaram que os tratamentos embalados com baixas concentrações de O₂ apresentaram melhor estabilidade de cor.

Os resultados obtidos para capacidade de retenção de água (CRA), perda de exsudado (PE), capacidade de absorção de água (CAA), perda de peso por cocção (PPC), força de cisalhamento (FC) e desnaturação protéica (DP) em carnes de frango submetidos a resfriamento, armazenadas por diferentes períodos são apresentados na Tabela 2.

As carnes de peito de frangos submetidas a resfriamento apresentaram diferenças entre tratamentos, tempo de armazenamento e interação entre estes, para a variável capacidade de retenção de água. Os valores de capacidade de retenção de água, somente apresentaram diferenças significativas entre tratamentos aos 21 dias de armazenamento, em que maior capacidade de retenção foi encontrada nas amostras armazenadas sob atmosfera ATM2 (20%CO₂: 80%N₂) enquanto aquelas acondicionadas sob atmosfera ATM1 (62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂) e vácuo apresentaram menores retenções e não diferiram entre si. O efeito do tempo de armazenamento se reflete no tratamento armazenado sob atmosfera de ATM2 em que à medida que aumentou o tempo de armazenamento aumentou a CRA. Enquanto amostras embaladas sob ATM1 e vácuo não apresentaram alterações nos valores de capacidade de retenção ao longo do armazenamento.

Tabela 2 – Médias obtidas para capacidade de retenção de água (CRA), perda de exsudado (PE), capacidade de absorção de água (CAA) perda de peso por cocção (PPC), força de cisalhamento (FC) e desnaturação protéica (DP) na carne de peito de frango embalada sob atmosfera modificada e armazenada por diferentes períodos sob refrigeração.

Variáveis	Tempo (T) dias	Atmosferas Modificadas (A)			Média	NS
		ATM1	ATM2	VÁCUO		
CRA (%)	1	66,42	66,38 y	66,82	66,54	0,9713
	14	67,12	71,58 xy	68,04	68,92	0,0665
	21	69,21 B	75,11 Ax	67,06 B	70,46	0,0003
	Média	67,59	71,02	67,31		0,0023
	A x T					0,0441
	NS	0,3508	0,0001	0,8091	0,0038	
PE (%)	1	2,51 xy	2,38 x	2,40	2,43	0,8778
	14	3,09Ax	1,91 Bxy	2,74 A	2,58	0,0001
	21	2,01 y	1,61 y	2,09	1,90	0,1556
	Média	2,54	1,97	2,41		0,0008
	A x T					0,0554
	NS	0,0005	0,0163	0,0559	<0,0001	
CAA (%)	1	33,39	28,25	21,78	27,81 y	0,1381
	14	36,30	41,57	43,21	40,36 x	0,4632
	21	41,08	49,56	36,53	42,39 x	0,0788
	Média	36,93	39,79	33,84		0,3004
	A x T					0,0659
	NS	0,4104	0,0016	0,0012	<0,0001	
PPC (%)	1	25,17	20,17	19,02	21,46 x	0,0001
	14	20,11	16,30	17,38	17,93 y	0,0228
	21	15,42	14,74	14,36	14,85 z	0,7542
	Média	20,23 A	17,07 B	16,94 B		0,0001
	A x T					0,0735
	NS	<0,0001	0,0006	0,0046	<0,0001	
FC Kgf/cm ²	1	2,27	1,86	1,92	2,02	0,0570
	14	1,95	2,03	2,09	2,02	0,7333
	21	2,02	2,11	2,04	2,06	0,8734
	Média	2,09	2,00	2,02		0,6788
	NS	0,1419	0,3714	0,6228	0,9323	
DP	1	9,38 y	12,25	16,11 x	12,58	0,2974
	14	14,12 Ay	10,63B	12,39 AB _y	11,40	0,0202
	21	28,23 Ax	10,77B	19,14 AB _x	19,38	0,0004
	Média	16,46	11,22	15,88		0,0279
	A x T					0,0003
	NS	<0,0001	0,9136	0,0001	<0,0001	

Médias com letras distintas, Maiúscula (A-C) nas linhas e minúsculas (x-z) nas colunas, diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer. NS= Nível de significância.

Para a variável perda de exsudado observou-se efeito dos tratamentos e tempo de armazenamento e interação entre este. As diferenças entre tratamentos somente são evidentes aos 14 dias, em que foram verificadas alterações nas perdas de exsudado, e menores perdas são observadas nas carnes refrigeradas submetidas à atmosfera ATM2 (20%CO₂: 80%N₂), enquanto sob ATM1 (62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂) e vácuo apresentaram maiores perdas e não diferiram entre si. No que se refere ao efeito do tempo de armazenamento, menores perdas foram observadas aos 21 dias de armazenamento para todos os tratamentos. Ao avaliar carnes bovina mantidas em contêiner com atmosferas de 70%N₂: 30%CO₂ e 100%CO₂ versus vácuo, Smulders *et al.* (2006) verificaram que as atmosferas com CO₂ apresentaram maiores perdas por gotejamento em relação as embaladas sob vácuo. Ercolini *et al.* (2006) avaliando carnes bovinas embalados com atmosferas modificadas (60%O₂: 40%CO₂ e 20%O₂: 40%CO₂) e ar verificaram que as perdas de exsudados avaliados por gravimetria foram menores depois de sete dias de armazenamento na amostras embaladas com ar.

A capacidade de absorção de água não foi influenciada pelos tratamentos, porém houve efeito do tempo de armazenamento para os tratamentos armazenados sob atmosfera de ATM2 e vácuo, em que houve aumento da capacidade de absorção ao longo do tempo de armazenamento.

As alterações para perdas por cocção foram decorrentes de efeitos dos tratamentos e tempo de armazenamento, em que maiores perdas foram observadas nas amostras sob atmosfera ATM1 (62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂), enquanto os tratamentos ATM2 (20%CO₂: 80%N₂) e vácuo apresentaram menores perdas e não diferiram entre si. As perdas de peso por cocção diminuíram ao longo do período de armazenamento. Smulders *et al.* (2006) avaliando perdas por cocção em carnes bovinas não verificaram alterações de perdas por cocção em carnes mantidas em contêiner refrigeradas com ATM.

Não houve efeito dos tratamentos e período de armazenamento sobre a força de cisalhamento. Smulders *et al.* (2006) e Grobbel *et al.* (2008) também não verificaram efeito de atmosfera modificada sobre essa característica em carnes bovina mantidas sob refrigeração.

Os resultados de desnaturação protéica foram influenciados pelos tratamentos tempo de armazenamento e interação entre estes. Para efeito de tratamentos foram

encontradas diferenças a partir de 14 dias em que foram determinadas maiores desnaturações para as carnes embaladas sob ATM1 (62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂) e sob vácuo, enquanto àquelas armazenadas sob ATM2 (20%CO₂: 80%N₂) apresentaram menores valores de desnaturação protéica. Quanto aos efeitos do tempo de armazenamento determinou-se aumento da desnaturação protéica para as carnes embaladas sob ATM1 e vácuo, enquanto para àquelas embaladas sob atmosfera ATM2 (20%CO₂: 80%N₂) não se observou efeitos do tempo de armazenamento.

Na Tabela 3 estão os valores de TBARS para as carnes de peito de frango embaladas sob atmosfera modificada e sob vácuo, mantidas em refrigeração por diferentes períodos.

Os valores de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) apresentaram variações dependentes de efeitos dos tratamentos, tempo de armazenamento e interação entre tratamento e tempo de armazenamento.

As diferenças entre tratamento somente foram encontradas aos 14 dias de armazenamento, em que as amostras de carne refrigeradas e embaladas sob vácuo apresentaram menores valores de oxidação. Os valores de TBARS aumentaram ao longo do período de armazenamento para todos os tratamentos. Soccol *et al.* (2005) ao avaliar os valores de TBARS em tilápia embalada sob ATM em refrigeração, somente encontraram diferenças entre 60%CO₂:40%O₂ e vácuo aos 20 dias e menores valores foram observados nas embaladas sob vácuo.

Tabela 3 – Médias obtidas para os valores de TBARS na carne de peito de frango embalada sob atmosferas modificada e mantida sob refrigeração por diferentes períodos.

Tempo de Armazenamento (T) Dias	TBARS				Média	NS
	mg de malonaldeído (MDA)/ kg					
	Atmosferas Modificadas (A)					
	ATM1	ATM2	VÁCUO			
0	0,29 y	0,25 y	0,27 y	0,27	0,8315	
14	0,43 ABxy	0,58 Ax	0,29 By	0,44	<0,0001	
21	0,61 x	0,50 x	0,51 x	0,54	0,1240	
Média	0,44	0,45	0,36		0,0237	
A x T					0,0018	
NS	<0,0001	<0,0001	0,0003	<0,0001		

Médias com letras distintas, Maiúscula (A-C) nas linhas e minúsculas (x-z) nas colunas, diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer. NS= Nível de significância.

Na Tabela 4 estão os resultados da composição centesimal das carnes de peitos de frango mantidas sob refrigeração.

Para os resultados de composição centesimal, proteína e extrato etéreo não foram verificados efeitos para tratamento e período de armazenamento. Enquanto os percentuais de umidade e cinza apresentaram diferenças pelo efeito do tempo de armazenamento, em que foram detectadas redução de umidade e aumento da concentração de cinza ao longo do armazenamento.

Tabela 4 – Médias da composição centesimal: umidade (UM), proteína (PB), extrato etéreo (EE) e resíduo mineral fixo (RM) em carne de peito de frango embalada com atmosferas modificada e mantida sob refrigeração por diferentes períodos.

Variáveis	Tempo (T) dias	Atmosfera Modificada (A)			Média	NS
		ATM1	ATM2	VÁCUO		
UM (%)	1	75,15	75,56	75,19	75,30 x	0,6019
	14	74,42	74,87	75,20	74,83 xy	0,2352
	21	74,45	74,80	74,43	74,53 y	0,8080
	Média	74,69	75,05	74,94		0,3640
	A x T					0,6892
	NS	0,2119	0,1435	0,1642	0,0209	
PB (%)	1	23,28	23,55	23,74	23,60	0,5919
	14	23,74	23,68	23,21	23,72	0,0921
	21	23,79	23,64	23,40	23,60	0,8075
	Média	23,80	23,67	23,45		0,5277
	A x T					0,2799
	NS	0,1295	0,9130	0,6176	0,9073	
EE (%)	1	0,31	0,50	0,48	0,43	0,7152
	14	0,45	0,51	0,73	0,56	0,5270
	21	0,74	0,69	0,70	0,71	0,9789
	Média	0,50	0,57	0,64		0,6595
	A x T					0,8854
	NS	0,2531	0,7242	0,5983	0,1965	
RM (%)	1	1,36	1,24	1,30	1,30 xy	0,1444
	14	1,21	1,26	1,21	1,23 y	0,6433
	21	1,35	1,31	1,32	1,33 x	0,7238
	Média	1,31	1,27	1,28		0,4792
	A x T					0,4038
	NS	0,0240	0,5093	0,1411	0,0138	

Médias com letras distintas, Maiúscula (A-C) nas linhas e minúsculas (x-z) nas colunas, diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer. NS= Nível de significância.

Carnes armazenadas sob congelamento

Os resultados do pH, luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*) para as carnes de frango congeladas, embaladas sob duas atmosferas modificadas e sob vácuo, armazenados por diferentes períodos são apresentados na Tabela 5.

Não houve diferença para os valores de pH entre os tratamentos, mas houve efeito do tempo de armazenamento, em que maior valor ocorreu aos 45 de armazenamento.

Tabela 5 – Médias obtidas para pH, L*(luminosidade), a*(vermelho), b*(amarelo) na carne de peito de frango embalada sob atmosferas modificada e armazenada congelada por diferentes períodos.

Variáveis	Tempo (T) dias	Atmosfera Modificada (A)			Média	NS
		ATM1	ATM2	VÁCUO		
pH	1	5,82	5,86	5,81	5,83 z	0,7187
	45	6,21	6,12	6,18	6,17 x	0,4152
	90	5,86	6,03	6,04	6,02 y	0,7886
	Média	6,01	6,01	6,00		0,9962
	A x T					0,5759
	NS	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	
L*	1	45,85	46,02	46,57	46,34 x	0,6057
	45	46,82	48,09	45,27	46,77 x	0,0070
	90	43,07	45,47	44,44	44,33 y	0,0218
	Média	45,25 B	46,73 A	45,43 AB		0,0061
	A x T					0,0724
	NS	0,0001	0,0110	0,0469	0,0001	
a *	1	2,27 By	3,08 A	2,75 ABy	2,70	0,0228
	45	3,27 Bx	2,97 B	4,39 Ax	3,52	0,0001
	90	3,42 ABx	2,66 B	3,66 Ax	3,25	0,0024
	Média	2,99	2,90	3,58		0,0001
	A x T					0,0001
	NS	0,0002	0,3336	0,0001	0,0001	
b *	1	3,85 xy	3,98 x	2,96 y	3,60	0,1494
	45	2,48 By	2,15 By	4,41 Ax	2,97	0,0003
	90	4,61 Ax	2,34 By	3,30 ABxy	3,41	0,0005
	Média	3,65	2,82	3,53		0,0250
	A x T					0,0001
	NS	0,0012	0,0025	0,0372	0,1988	

Médias com letras distintas, Maiúscula (A-C) nas linhas e minúsculas (x-z) nas colunas, diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer. NS= Nível de significância.

Para o teor de L^* houve efeito dos tratamentos e tempo de armazenamento. Maior intensidade de L^* foi medida nas carnes embaladas sob atmosfera ATM2 (20%CO₂: 80%N₂) e menor sob ATM1 (62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂), enquanto as amostras sob vácuo não diferiram entre si. Para todos os tratamentos observou-se redução da intensidade de luminosidade ao longo do período de armazenamento

As alterações nas intensidades de vermelho nas carnes congeladas foram decorrentes de efeitos dos tratamentos, período de armazenamento e houve interação entre estes. As carnes embaladas sob atmosferas de ATM1 (62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂) e vácuo apresentaram alterações com aumento da intensidade de vermelho ao longo do armazenamento, enquanto as embaladas sob ATM2 (20%CO₂: 80%N₂) mantiveram a intensidade de vermelho inalterada.

A intensidade de amarelo foi alterada por efeito dos tratamentos e houve interações entre tratamento e tempo de armazenamento. No primeiro período avaliado não foram observadas diferenças entre tratamento. Enquanto aos 45 dias a intensidade de amarelo foi menor nas carnes embaladas sob ATM1 (62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂) e ATM2 (20%CO₂: 80%N₂). No entanto, as carnes embaladas sob vácuo apresentaram maiores teores de b^* . Já aos 90 dias maiores intensidade de amarelo foram detectados nas carnes embaladas sob ATM1 e menor sob ATM2 enquanto aquelas embaladas sob vácuo não diferiram entre si. Quanto ao efeito de tempo de armazenamento o tratamento embalado sob atmosfera ATM2 houve redução da intensidade de b^* com o aumento do tempo de armazenamento. Enquanto nos tratamentos embalados sob atmosfera ATM1 e Vácuo a intensidade de amarelo aumentou com o aumento do tempo de armazenamento.

Os resultados obtidos para capacidade de retenção de água (CRA), perda de exsudado (PE), capacidade de absorção de água (CAA), perda de peso por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC) em carne congelada estão apresentados na Tabela 6.

Os tratamentos e o período de armazenamento não tiveram efeito sobre as variáveis capacidade de retenção e capacidade de absorção de água.

Tabela 6 – Médias obtidas para capacidade de retenção de água (CRA), perda de exsudado (PE), capacidade de absorção de água (CAA), perda de peso por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC) em carne de peito de frango embalada sob atmosfera modificada e mantida congelada por diferentes períodos.

Variáveis	Tempo (T) dias	Atmosfera Modificada (A)			Média	NS
		ATM1	ATM2	VÁCUO		
CRA (%)	1	66,61	68,56	67,93	67,70	0,5127
	45	66,89	66,39	65,30	66,22	0,6538
	90	67,33	64,78	67,45	66,52	0,2183
	Média	66,94	66,58	66,94		0,9236
	A x T					0,2831
	NS	0,9151	0,0918	0,2881	0,2854	
PE (%)	1	2,26 y	2,46 y	2,46	2,39	0,8396
	45	5,83 Ax	5,54 Ax	2,86 B	4,80	0,0001
	90	2,96 By	4,34 Ax	3,09 B	3,47	0,0011
	Média	3,68 A	4,11	2,80		0,0001
	A x T					0,0001
	NS	0,0001	0,0001	0,2890	0,0001	
CAA (%)	1	32,89	24,12	27,57	28,19	0,2600
	45	29,33	25,23	28,17	27,56	0,7326
	90	34,55	36,92	27,41	32,96	0,1849
	Média	32,26	28,76	27,70		0,3120
	A x T					0,3637
	NS	0,6095	0,0334	0,9894	0,1691	
PPC (%)	1	27,80	25,45	27,24	26,83 x	0,7644
	45	19,61	18,13	16,03	17,98 y	0,5772
	90	19,75	22,61	25,69	22,68 x	0,2113
	Média	22,39	22,06	23,18		0,8908
	A x T					0,3455
	NS	0,0227	0,0925	0,0028	0,0001	
FC (kgf/cm ²)	1	2,05	1,38	1,84	1,76 y	0,0292
	45	2,54	2,11	2,23	2,29 x	0,2243
	90	2,64	2,56	2,40	2,54 x	0,6230
	Média	2,41 A	2,02 B	2,15 AB		0,0287
	A x T					0,4175
	NS	0,0465	0,0001	0,0854	0,0001	

Médias com letras distintas, Maiúscula (A-C) nas linhas e minúsculas (x-z) nas colunas, diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer. NS= Nível de significância.

As perdas de exsudado foram alteradas pelo efeito dos tratamentos, período de armazenamento e interação entre estes. No primeiro período de armazenamento

avaliado não houve diferença entre tratamentos. Já aos 45 dias de armazenamento maiores perdas de exsudados foram encontradas nas carnes embaladas sob atmosfera de ATM1(62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂) e ATM2(20%CO₂: 80%N₂), enquanto aquelas embaladas sob vácuo apresentaram menores perdas. Porém, aos 90 dias de armazenamento maior perda de exsudação foi verificada nas amostras embaladas sob ATM2, e menores valores em ATM1 e vácuo. No que se refere ao efeito do tempo de armazenamento verificou-se que as perdas de exsudado aumentaram ao longo do armazenamento, para as carnes embaladas sob atmosfera ATM1 e ATM2, enquanto as embaladas sob vácuo mantiveram-se inalteradas.

Os tratamentos não influenciaram os valores de perdas de peso por cocção, no entanto, houve efeitos decorrentes do tempo de armazenamento. Houve uma redução das perdas por cocção do ao longo do tempo de armazenamento, no entanto estas reduções foram mais evidentes nos tratamentos embalados sob ATM1 e vácuo.

Os valores de força de cisalhamento foram influenciados pelos tratamentos e tempo de armazenamento. Maiores forças de cisalhamento foram observadas nas amostras embaladas sob atmosfera ATM1 (62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂) em relação a ATM2 (20%CO₂: 80%N₂), enquanto às embaladas sob vácuo não diferiram das anteriores.

As médias dos valores de TBARS expressos em miligramas de malonaldeído/kg em carnes de peito de frango congeladas embalada sob atmosferas modificadas e armazenadas por 90 dias estão apresentadas na Tabela 7.

Os resultados dos valores de TBARS nas amostras armazenadas sob congelamento apresentaram diferenças decorrentes de efeitos do período de armazenamento e interação entre tratamentos e período de armazenamento. As diferenças entre os tratamentos para os valores de TBARS são evidentes apenas na fase inicial do experimento, em que as carnes embaladas sob atmosferas de ATM1 (62%CO₂: 8%O₂: 30%N₂) e ATM2 (20%CO₂: 80%N₂) apresentaram maiores valores de oxidação comparados às carnes embaladas sob vácuo. O aumento do tempo de armazenamento favoreceu o aumento dos níveis de oxidação em todos os tratamentos. Pettersen *et al.* (2004) avaliando o efeito de ATM em carne de perus mecanicamente desossada sobre os valores de TBARS não encontraram diferenças entre

ATM60%CO₂:40%N₂ e vácuo, e observam que houve aumento para ambas ao longo do tempo de armazenamento sob congelamento.

Tabela 7 – Médias obtidas para os valores de TBARS na carne de peito de frango embalada sob atmosferas modificada e armazenada congelada por diferentes períodos.

Tempo Armazenamento (T) dias	TBARS			Média	NS
	mg de malonaldeído (MDA)/ kg				
	Atmosfera Modificada (A)				
	ATM1	ATM2	VÁCUO		
01	0,34 A	0,36 Axy	0,22 By	0,30	0,0026
45	0,27	0,25 y	0,32 xy	0,28	0,2318
90	0,36	0,39 x	0,34 x	0,36	0,4566
Média	0,32	0,33	0,29		0,2380
A x T					0,0125
NS	0,0677	0,0045	0,0123	0,0052	

Médias com letras distintas, Maiúscula (A-C) nas linhas e minúsculas (x-z) nas colunas, diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer. NS= Nível de significância.

Os dados referentes à composição centesimal das carnes de peito de frango embaladas sob atmosferas modificadas e armazenadas congeladas por até 90 dias estão apresentados na Tabela 8.

A composição centesimal não foi alterada por efeito dos tratamentos, no entanto verificou-se que tempo de armazenamento afetou os valores de proteína bruta e resíduo mineral.

Tabela 8 – Médias da composição centesimal: umidade (UM), proteína (PB), extrato etéreo (EE) e resíduo mineral fixo (RM), em carne de peito de frango embalada sob atmosfera modificada e mantida sob congelamento por diferentes períodos.

Variáveis	Tempo (A) dias	Atmosfera modificada (A)			Média	NS
		ATM1	ATM2	VÁCUO		
UM (%)	1	75,25	74,65	74,75	75,23	0,2061
	45	75,48	74,91	75,00	75,13	0,4758
	90	74,88	74,80	75,00	74,89	0,9194
	Média	75,22	75,12	74,92		0,5668
	A x T					0,4422
	NS	0,4700	0,1948	0,8450	0,4859	
PB (%)	1	24,54	24,11	24,16	24,25 x	0,5205
	45	24,06	23,45	23,37	23,63 y	0,1476
	90	23,1	23,09	23,52	23,25y	0,4723
	Média	24,87	23,55	23,68		0,2713
	A x T					0,3872
	NS	0,0040	0,0340	0,1001	0,0002	
EE (%)	1	0,99	0,43	0,90	0,76	0,0437
	45	0,29	0,77	0,60	0,55	0,0918
	90	0,53	0,57	0,40	0,50	0,7074
	Média	0,59	0,59	0,63		0,9168
	A x T					0,0266
	NS	0,0156	0,3043	0,0810	0,1076	
RM (%)	1	1,37	1,31	1,25	1,31 x	0,2990
	45	1,27	1,17	1,22	1,22 y	0,4401
	90	1,29	1,28	1,40	1,32 x	0,1705
	Média	1,31	1,25	1,29		0,4412
	A x T					0,2072
	NS	0,3464	0,1504	0,0394	0,0401	

Médias com letras distintas, Maiúscula (A-C) nas linhas e minúsculas (x-z) nas colunas, diferem entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Tukey-Kramer. NS= Nível de significância.

CONCLUSÕES

As carnes de peito de frango embaladas com atmosfera modificada submetidas a congelamento são menos sensíveis a alterações das características físicas e tecnológicas e mais dependentes do período de armazenamento. As carnes mantidas sob congelamento e embaladas com ATM1 e ATM2 favoreceram a ocorrência de maiores perdas de exsudado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION (AMSA). Research guidelines for cookery sensory and instrumental tenderness measurement of fresh meat. Chicago, 1995. 48p.

A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of international. 18ed. Gaithersburg, MD, 2007. Current through revision 2.

Balamatsia CC, Patsias A, Kontominas MG, Savvaidis IN Possible role of volatile amines as quality-indicating metabolites in modified atmosphere-packaged chicken fillets: Correlation with microbiological and sensory attributes. *Food Chemistry* 2007; 104:(4): 1622-1628.

Bressan MC, Lodi F, Ferreira MW, Andrade PL, Boari CA, Piccoli RH. Influência da embalagem na vida útil de presuntos fatiados. *Ciências e Agrotecnologia* 2007; 31(2): 433-438.

Cardoso KFG. Qualidade microbiológica de filés de peito de frangos de corte submetidos à irradiação e atmosfera modificada em diferentes períodos de armazenamento. [Dissertação]. Botucatu (SP): Universidade Estadual Paulista – FMVZ, 2008.

Devlieghere F, Debevere J, Van Impe J. Concentration of carbon dioxide in the water-phase as a parameter to model the effect of a modified atmosphere on microorganisms. *International Journal of Food Microbiology* 1998; 43:105-113.

Dhananjayan R, Han IY, Acton JC, Dawson PL. Growth depth effects of bacteria in ground turkey meat patties subjected to high carbon dioxide or high oxygen atmospheres. *Poultry Science* 2006; 85:1821–1828.

Dirinck P, De Winne A, Casteels M, Frigg M. Studies on vitamin E and meat quality. 1. Effect of feeding high vitamin E levels on time-related pork quality. *Journal Agricultural Food Chemistry* 1996; 44: 65-68.

Ercolini D, Russo F, Torrieri E, Masi P, Villani F. Changes in the spoilage-related microbiota of beef during refrigerated storage under different packaging conditions. *Applied and Environmental Microbiology* 2006; 72(7): 4663–4671.

Gomes, CT. Sistemas de conservação com atmosfera modificada. *Revista Nacional da Carne* 1998; 259: 79-80.

Grobbel JP, Dikeman ME, Hunt MC, Milliken GA. Effects of packaging atmospheres on beef instrumental tenderness, fresh color stability, and internal cooked color. *Journal Animal Science* 2008; 86:1191-1199.

Hamm, R. Biochemistry of Meat Hydration. *Advances in Food Research*. Cleveland, v. 10, n. 2, p. 335-443, 1960.

Honikel, K.O. The water binding of meat. *Fleischwirtschaft* 1987; 67:1098-1102.

Lan YQ, Chong CE. Storage of chicken fillet under different packaging systems. 6th Asian Food Conference. 1997.

Lawrie, R. A. *Meat Science*, 5th ed. New York: Pergamon Press, p.90-100, 1991.

MacDougall DB. Changes in the colour and opacity of meat during processing and storage. *Food Chemistry* 1982; 9(1/2) 75–88

Mano SB, Pereda JAO, Fernando GDG. Aumento da vida útil e microbiológica da carne suína embalada em atmosfera modificada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 2002; 22(1): 1-10.

Northcutt JK, Foegeding EA, Edens FW. Water-holding properties of thermally preconditioned chicken breast and leg meat. *Poultry Science* 1994; 73: 308-316.

Pettersen MK, Mielnik MB, Eie T, Skrede G, Nilsson A. Lipid oxidation in frozen, mechanically deboned turkey meat as affected by Packaging Parameters and Storage Conditions. *Poultry Science* 2004; 83:1240–1248.

Roça RO. Desenvolvimento de fiambres com carne de frango. Campinas: FEA/UNICAMP, 1986. Tese (Mestrado em engenharia de Alimentos, Área de

Tecnologia de alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas.1986.

Sarantópoulos CIGL, Alves RMV, Contreras CJC, Galvão MTEL, Gomes TC. Use of a modified atmosphere masterpack for extending the shelf life of chicken cuts. *Packaging Technology and Science* 1998; 11(5): 217-229.

SAS Institute, SAS User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC., 2001.

Saucier L, Gendron C, Gariépy C. Shelf life of ground poultry meat stored under modified atmosphere. *Poultry Science* 79:1851–1856, 2000.

Seydim AC, Acton JC, Hall MA, Dawson PL. Effects of packaging atmospheres on shelf-life quality of ground ostrich meat. *Meat Science* 2006; 73:(3):503-510.

Smulders FJM, Hiesberger J, Hofbauer P, Dögl B, Dransfield E. Modified-atmosphere storage under subatmospheric pressure and beef quality: II. Color, drip, cooking loss, sarcomere length, and tenderness. *Journal Animal Science* 2006; 84: 2456-2462.

Soccol MCH, Oetterer M, Gallo CR, Spoto MHF, Biato DO. Effects of modified atmosphere and vacuum on the shelf life of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets. *Brazilian Journal Food Technology* 2005; 8(1): 7-15.

Sorheim O, Nissen H, Nesbakken T. The storage life of beef and pork packaged in an atmosphere with low carbon monoxide and high carbon dioxide. *Meat Science* 1999; 52: 157-164.

Teodoro AJ, Andrade ECB, Mano SB. Avaliação da utilização de embalagem em atmosfera modificada sobre a conservação de sardinhas (*Sardinella brasiliensis*). *Ciência Tecnologia de Alimentos* 2007; 27(1): 158-161.

Van Laack RLJM, Liu CH, Smith MO, Loveday HD. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. *Poultry Science* 2000; 79:(7) 1057-1061.

Vyncke W. Direct determination of the TBA value in trichloroacetic acid extract of fish as a measure of oxidative rancidity. *Fette-Scifen Anstrichmittel* 1970; 72

CAPÍTULO 4

IMPLICAÇÕES

IMPLICAÇÕES

De acordo com a União Brasileira de Avicultores o Brasil é líder nas exportações mundiais e segundo maior produtor mundial. Dados como estes motivam a indústria na busca por alternativas que assegurem a qualidade do produto brasileiro. Tecnologias que envolvam melhoria de qualidade e aumento da vida útil dos produtos, como irradiação e atmosfera modificada podem ser ferramentas muito importantes para a indústria.

As carnes de peito de frango irradiadas mantiveram os parâmetros de qualidades tecnológicas dentro dos limites de aceitabilidade. Entretanto as questões relacionadas aos custos de implementação para adoção desta tecnologia tanto em planta frigorífica ou logística de transporte para uma planta irradiadora devem ser consideradas. Outro ponto que deve ser levado em conta diz respeito à formação de radicais livres que não foram avaliados neste estudo.

O armazenamento de peito de frango sob atmosfera modificada não alteraram os parâmetros de qualidades da carne avaliados neste trabalho. Considerações pertinentes aos custos de implantação do processo de acondicionamento de carnes com atmosfera modificada e aumento de volume para armazenamento na cadeia de frios, além da qualidade inicial são questões a serem consideradas para adoção desta tecnologia.