

DANIEL REZENDE XAVIER

**EFEITOS DO USO DA IRRADIAÇÃO E DE ANTIOXIDANTES NA
ESTABILIDADE DA CARNE MOÍDA REFRIGERADA**

Dissertação apresentada à Escola de Veterinária da UFMG, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Medicina Veterinária.

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

Orientador: Prof. Afonso de Liguori Oliveira, EV-UFMG

**Belo Horizonte
Escola de Veterinária – UFMG
2011**

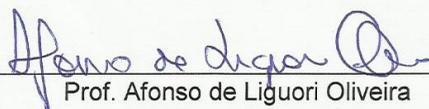
X3e Xavier, Daniel Rezende, 1982-
Efeitos do uso da irradiação e de antioxidantes na estabilidade da carne moída refrigerada / Daniel Rezende Xavier. – 2011.
49 p. : il.

Orientador: Afonso de Liguori Oliveira
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.
Inclui bibliografia

1. Carne bovina – Análise – Teses. 2. Carne bovina – Qualidade – Teses. 3. Oxidação – Teses. 4. Antioxidantes – Teses. 5. Alimentos – Conservação por radiação – Teses.
I. Oliveira, Afonso de Liguori. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 664.9

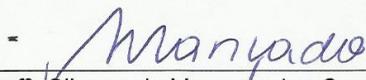
Dissertação defendida e aprovada em 19 de dezembro de 2011, pela Comissão Examinadora constituída por:



Prof. Afonso de Liguori Oliveira
Presidente



Prof. Marcio Tadeu Pareira
Membro



Profª. Silvana de Vasconcelos Caçado
Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente, por me prover a oportunidade, saúde, força e persistência durante toda a jornada caminhada.

Ao professor Afonso de Liguori Oliveira, primeiramente pela oportunidade para a realização desse trabalho, confiança depositada na minha pessoa para a condução do experimento e principalmente pelo companheirismo e orientações a todas as horas.

Aos meus pais, José Maurício e Terezinha, e minha irmã Isabela, pelo amor e apoio em todos os momentos.

Á Fabiana Leôncio Garro, colaboradora, companheira, que sempre estava disposta a me ajudar em todos os momentos que precisei, e que me ajuda, conforta e me dá a sustentação necessária para continuar em busca dos meus sonhos.

Á Ana Paula pelo companheirismo e importante colaboração nas análises de composição centesimal, á Michelle e Pedro pela ajuda e incentivo durante a realização do experimento.

Ao secretário do departamento DTIPOA Milton de Jesus, por estar sempre disponível e disposto a colaborar.

Aos Técnicos de Laboratório do Departamento de Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal: Marco Antônio, Maura e Valéria. Obrigado pela disponibilidade, paciência e convivência durante esse projeto.

Ao professor Márcio Tadeu, pelo apoio tanto na irradiação das amostras como na participação na banca de avaliação deste trabalho.

Á professora Silvana de Vasconcellos Cançado pela participação na banca de avaliação deste trabalho.

Ao professor Ronaldo Manoel Pimenta Ribeiro pelo companheirismo.

Aos demais professores do DTIPOA.

“As pessoas que vencem neste mundo são as que procuram as circunstâncias de que precisam e, quando não as encontram, as criam...”

(Bernard Shaw)

SUMÁRIO

RESUMO	11
INTRODUÇÃO	13
REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Aspectos Econômicos	13
2.2 Composição da Carne	14
2.3 Microbiologia	15
2.3.1 Alteração Microbiana da Carne Fresca	15
2.4 Oxidação Lipídica	16
2.4.1 Mecanismos de Oxidação	16
2.4.2. Teste de TBARS (Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico).....	17
2.5 Antioxidantes	18
2.6 Irradiação	19
2.6.1. Aspectos Gerais	19
2.6.2. Irradiação em Alimentos	20
2.6.3 Efeitos da Irradiação em Carne Bovina.....	22
2.7 Outros fatores que interferem na qualidade da carne	23
2.7.1. Temperatura.....	23
2.7.2 Capacidade de Retenção de Água.....	24
2.7.3 Valor pH.....	24
2.7.4 Cor	25
2.7.5 Processos de Cocção	26
MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1. Preparo das Amostras.....	27
3.2 Irradiação das Amostras	28
3.3 Estocagem Refrigerada	29
3.4 Microbiologia	29
3.4.1. Determinação da presença de <i>Salmonella</i> spp.....	30
3.5 Caracterização da Composição.....	30
3.5.1 Umidade	30
3.5.2 Lipídeos.....	31
3.5.3 Nitrogênio Total e Protídeos.....	31

3.5.4 Resíduo Mineral Fixo.....	32
3.6 Avaliação Objetiva de Qualidade de Carne.....	32
3.6.1 Avaliação da Cor Objetiva	32
3.6.2 Determinação do pH	32
3.6.3 Avaliação da Perda de Peso à Cocção.....	33
3.6.4. Avaliação da Capacidade de Retenção de Água.....	33
3.7 Avaliação da Oxidação Lipídica.....	33
3.8 Análise Experimental	34
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1 Microbiologia / Determinação da presença de Salmonella spp.	34
4.2 Caracterização de Composição Centesimal.....	35
4.3 Qualidade da Carne.....	37
4.3.1 Cor Objetiva	37
4.3.2 pH	37
4.3.3 Perda de Peso por Cocção	38
4.3.4 Capacidade de Retenção de Água.....	39
4.4 Oxidação Lipídica.....	39
CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição aproximada de carne bovina magra separada crua e ou cozida.....	14
Tabela 2 - Composição aproximada de acém bovino moído cru e ou cozido	15
Tabela 3 - Dose letal aproximada (kGy) para alguns organismos	21
Tabela 4 - Valores de pH ótimo para crescimento de cada microrganismo	25
Tabela 5 - Caracterização da composição centesimal (umidade) de carne bovina moída <i>in natura</i> , irradiada, não irradiada e adicionada de antioxidante em três momentos distintos de armazenagem.	35
Tabela 6 - Caracterização da composição centesimal (lipídeos) de carne bovina moída <i>in natura</i> , irradiada, não irradiada e adicionada de antioxidante em três momentos distintos de armazenagem.	36
Tabela 7 - Caracterização da composição centesimal (proteína) de carne bovina moída <i>in natura</i> , irradiada, não irradiada e adicionada de antioxidante em três momentos distintos de armazenagem.	36
Tabela 8 - Avaliação de resíduo mineral fixo em amostras de carne moída <i>in natura</i> , irradiada, não irradiada e adicionada de antioxidante em três momentos distintos de armazenagem.	36
Tabela 9 - Avaliação da cor objetiva em amostras de carne moída <i>in natura</i> , irradiada, não irradiada e adicionada de antioxidante em três momentos distintos de armazenagem.	37
Tabela 10 - Avaliação do pH em amostras de carne moída <i>in natura</i> , irradiada, não irradiada e adicionada de antioxidante em três momentos distintos de armazenagem.....	38
Tabela 11 - Avaliação da perda de peso total, gotejamento e evaporação em amostras de carne moída <i>in natura</i> e irradiada em três momentos distintos de armazenagem.....	39
Tabela 12 - Avaliação da capacidade de retenção de água em amostras de carne moída <i>in natura</i> , irradiada, não irradiada e adicionada de antioxidante em três momentos distintos de armazenagem.	39
Tabela 13 - Evolução de concentração de malonaldeído em amostras de carne moída <i>in natura</i> , irradiada, não irradiada e adicionada de antioxidante em momentos distintos de armazenagem.	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva padrão de 1,1,3,3 – Tetrametoxipropano utilizada na quantificação de malonaldeído34

Gráfico 2 - Variação da concentração de malonaldeído na carne moída (MDA mg/kg) durante a estocagem refrigerada (0,2,4,8,16 e 42 dias) submetidas a quatro tratamentos: controle, adição de antioxidante, irradiação e antioxidante com irradiação41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Caminhos da Auto-oxidação Lipídica.....	16
Figura 2 - Reação do ácido 2-Tiobarbitúrico (TBA) e o Malonaideído (MDA) formando o Cromogênio.....	18
Figura 3 - Radura, símbolo internacional do uso de Radiação Ionizante.....	22
Figura 4 - Armazenamento das amostras em caixas de isopor que foram irradiadas com 4,5kGy.....	28
Figura 5 - Processo de amostragem e tratamento das amostras.....	29

RESUMO

Com o objetivo de avaliar os efeitos da irradiação gama e da adição de antioxidantes em carne moída bovina refrigerada (2°C) foi realizado um experimento utilizando três peças de acém. Avaliou-se o efeito da dose de 4,5kGy de radiação gama, adição de antioxidante comercial (eritorbato de sódio) sobre a qualidade da carne in natura aos 0,2,4,8,16 e 42 dias de estocagem.

Avaliou-se ainda o efeito da radiação gama e adição de antioxidantes sobre a medida de cor objetiva e oxidação lipídica, através do teste de TBARS, nas amostras frescas (dia 0) e posteriormente nas amostras armazenadas resfriadas aos 2,4,8,16 e 42 dias de estocagem.

Dentre os resultados encontrados podemos destacar a estabilidade da composição centesimal da carne em todos os tratamentos realizados, a manutenção do pH em níveis aceitáveis com a associação de irradiação e antioxidante, e a caracterização da oxidação lipídica das amostras sobre os tratamentos realizados, encontrando-se diferença estatísticas entre as amostras irradiadas e não irradiadas em 16 e 42 dias de armazenagem.

A oxidação lipídica foi maior nas amostras irradiadas e a adição de antioxidante foi eficiente em manter os níveis de oxidação lipídica das amostras irradiadas.

Palavras Chave: irradiação, carne bovina, eritorbato de sódio, qualidade da carne, TBARS, cor.

ABSTRACT

The main objective of this study is to evaluate the effects of gamma irradiation (4,5 kGy) and sodium eritorbate in conventional-packed ground beef. The samples were stored under refrigeration (2°C) for 42 days and different physico-chemical, color and lipid oxidation (TBARS) analyses were conducted.

There were no significant changes in meat composition during the 42 days of storage. The pH values were maintained in acceptable values for the association of irradiation and antioxidants. This association were also with statistic differences for prevent lipid oxidation in irradiated samples in 16 and 42 days of storage. Lipid oxidation was higher in samples irradiated with 4,5 kGy and antioxidants were efficient to maintain the levels of lipid oxidation in samples irradiated.

Keywords: radiation, ground beef, sodium eritorbate, meat quality, TBARS, color.

INTRODUÇÃO

Em 2011 o mundo alcançou a marca de 7 bilhões de habitantes em meio a vários desafios, que abordam tanto o aumento da produção mundial de alimentos como a sustentabilidade dessa produção.

A carne, o leite e os ovos constituem as fontes básicas de proteína animal. Em 2010 o Brasil manteve a liderança no ranking dos maiores exportadores de carne bovina do mundo. A cadeia produtiva deve se atentar para a qualidade da carne pois este é, cada vez mais, um fator essencial pela alta competitividade do mercado interno e externo (ZEN, 2000; PARDI *et al.*, 2001; MACHADO, 2009; ABIEC, 2011).

A manutenção da qualidade da carne é dependente de vários aspectos que englobam desde a criação do animal até o consumo final. Diversos processos minimizam a deterioração da carne e prolongam seu tempo de vida de prateleira, mantendo níveis de qualidade aceitáveis (LOPES, 2007).

A rancidez oxidativa é um grande obstáculo para o armazenamento de carne por longos períodos. Os substratos das reações de oxidação lipídica são, principalmente, os ácidos graxos insaturados. É o grau de insaturação que mais influi na velocidade de oxidação, sendo que os ácidos graxos poliinsaturados se oxidam até em alimentos congelados (PEREIRA, 2006).

A oxidação de lipídeos é uma das principais causas da redução da qualidade de alimentos, e, para retardá-la, antioxidantes sintéticos ou naturais podem ser adicionados aos alimentos (MENDONÇA, 2009).

Com a necessidade de oferecer produtos com maior valor agregado para o consumidor final, as tecnologias que

aumentam a vida de prateleira dos produtos ganharam considerável importância. Nestas estão a indústria de irradiação de alimentos e os fabricantes de embalagens (JAYS & JEYAMKONDAM, 2002; CANIZARES, 2008).

O emprego da irradiação na conservação de alimentos vêm se mostrando adequada pelo equilíbrio físico-químico e microbiológico apresentado nos produtos submetidos a esse tratamento. Esses efeitos são objetos de estudo em inúmeros centros de pesquisa nacionais e internacionais, que comprovaram que doses relativamente baixas de irradiação podem ser usadas para promover aumento na segurança alimentar e manter o valor nutritivo inclusive de produtos cárneos.

Considerando a importância da carne na alimentação humana e o valor econômico que ela representa tanto no mercado externo, como no agronegócio brasileiro, o objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade oxidativa da carne bovina moída sobre armazenamento resfriado e conhecer os efeitos de radiação gama e do uso de antioxidantes na qualidade global desse produto.

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS ECONÔMICOS

Em 31 de outubro de 2011 o mundo alcançou a marca simbólica de 7 bilhões de habitantes, segundo as projeções do Fundo de Populações das Nações Unidas. Estima-se ainda que o planeta terá 9,3 bilhões de pessoas em 2050 e mais de 10 bilhões no fim deste século (UNFPA, 2011).

Com quase 1 bilhão de pessoas famintas no mundo, crescem os temores de que a produção de alimentos talvez não seja capaz de acompanhar o crescimento populacional projetado. A Food and Agricultural Organization (FAO) afirma que a produção

de alimentos nos países em desenvolvimento terá de dobrar nos próximos 39 anos para acompanhar o crescimento demográfico (WALKER, 2011).

Segundo as Projeções do Agronegócio de 2010/2011 a 2020/2021 da Assessoria de Gestão Estratégica (AGE), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, em conjunto com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o Brasil deve liderar a produção de alimentos mundial até o ano de 2021. De acordo com estes órgãos a produção de alimentos deve crescer 23% em volume, com incorporação de 9,5% de novas áreas cultivadas. Atualmente o Brasil já detém a marca de segundo maior produtor de alimentos do mundo, atrás dos Estados Unidos, e é líder mundial na produção de açúcar, café, suco de laranja e carne bovina (BRASIL, 2011).

Em 2010 o Brasil alcançou um rebanho de 205 milhões de cabeças, sendo que 43 milhões de bovinos foram abatidos resultando em uma produção de 9,3 milhões de toneladas equivalente carcaça. Desse total produzido 7,3 milhões de toneladas equivalentes carcaça (80%) foram destinados ao mercado interno e 1,87 milhões de toneladas equivalentes carcaça (20%) foram destinados a exportação. Das carnes exportadas 75% eram in natura, 17% industrializadas e 8% miúdos. Com esse desempenho o Brasil manteve a liderança no ranking dos maiores exportadores de carne bovina do mundo. Estes valores

representaram uma participação no comércio internacional (20%), exportando para mais de 170 países (ABIEC, 2010).

No ano de 2010 a população brasileira apresentou um consumo per capita de carne de 37,4 Kg, sendo que, esse consumo depende, num primeiro momento, da queda dos preços da carne e da melhora do poder de compra dos consumidores brasileiros (ROCHA, 2010).

Uma das saídas para resolver a demanda de aumento de produtividade de alimentos do Brasil e Estados Unidos seria o investimento em novas tecnologias, aumentando a eficiência e sustentabilidade da produção.

2.2 COMPOSIÇÃO DA CARNE

A carne se caracteriza pela natureza das proteínas que a compõem, não somente do ponto de vista quantitativo como qualitativo. Além de sua riqueza em aminoácidos essenciais, ela contém umidade, gordura, vitaminas, glicídios e sais minerais como elementos nutritivos alimentares. A composição de diferentes cortes de carne é também variável, fato este relacionado com a função exercida por cada músculo no organismo animal (PARDI *et al.*, 2001). A tabela 1 mostra a composição aproximada de carne bovina e a tabela 2 apresenta a composição aproximada para o corte carne acém bovino.

Tabela 1 - Composição aproximada de carne bovina magra separada crua e ou cozida

	% Umidade	% Proteínas	% Gorduras	% Cinzas
Crua	71,6	20,94	6,33	1,03
Cozida	57,75	30,42	10,24	1,21

Fonte: Adaptado de Pardi *et al.* (2001).

Tabela 2 - Composição aproximada de acém bovino moído cru e ou cozido

	%Umidade	% Proteínas	% Gorduras	% Cinzas
Carne, bovina, acém, moído, cru	71,5	20,8	6,1	1,0
Carne, bovina, acém, moído, cozido	60,4	27,3	10,9	0,8

Fonte: Adaptado de Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2011)

O sistema de comercialização e distribuição de carne bovina no Brasil vem passando por importantes transformações, as quais vêm alterando principalmente a estrutura de toda a cadeia produtiva e a conduta de seus agentes. Essas transformações, iniciadas há cerca de dez anos, se referem basicamente à crescente demanda pela carne desossada e embalada, colocada à venda, através do sistema de auto-serviço, nas gôndolas dos supermercados (BLISKA, 1997).

A carne moída é uma forma comum e importante de comercialização da carne bovina no varejo, pois constitui fonte de proteína de boa qualidade, é mais acessível a faixa da população com menor poder aquisitivo e pode ser utilizada em refeições de maneiras variadas e práticas (SOUZA, 2000; MACHADO, 2009).

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Carne Moída de Bovino (BRASIL, 2003b), entende-se por carne moída o produto cárneo obtido a partir da moagem de massas musculares de carcaças de bovinos, seguido de imediato resfriamento ou congelamento. Segundo este Regulamento a carne moída resfriada deverá ser mantida à temperatura de 0° C a 4° C (zero a quatro graus celsius) durante o armazenamento.

2.3 MICROBIOLOGIA

Os microrganismos estão intimamente associados com a disponibilidade, a abundância e a qualidade do alimento para o consumo humano. Alimentos são

facilmente contaminados com microrganismos na natureza, durante a manipulação e o processamento. Após ter sido contaminado, o alimento serve como meio para o crescimento de microrganismos. Se esses microrganismos tiverem condições de crescer, podem alterar as características químicas e físicas do alimento e podem causar a sua deterioração. Os microrganismos nos alimentos também podem ser responsáveis por intoxicações e infecções transmitidas por alimentos (PELCZAR JR. *et al.*, 1997; BANDEIRA, 2004).

2.3.1 Alteração Microbiana da Carne Fresca

A carne e os produtos cárneos em geral estão muito sujeitos a alterações ocasionadas pelas próprias enzimas tissulares e pela atividade microbiana, sofrem ainda a deterioração do elemento protéico e a degradação das gorduras e dos carboidratos de sua constituição (PARDI *et al.*, 2001).

Para Delazari (1977), a alteração microbiana mais séria caracteriza-se pela multiplicação dos microrganismos, que podem modificar as características organolépticas do alimento, depreciando-o ou impedindo o seu consumo.

As alterações microbianas da carne *in natura* devem-se a fatores de caráter físico, químico e bioquímico dos próprios alimentos conhecidos como fatores intrínsecos, ligados a fatores do meio

ambiente, os extrínsecos, e as outras condições diversas (BANDEIRA, 2004).

Constituem fatores intrínsecos promotores da alteração microbiana da carne fresca a umidade ou atividade de água, o pH, o potencial de óxido-redução, a necessidade de nutrientes, as substâncias constituintes do substrato e, inclusive, a estrutura e textura do alimento. Constituem fatores extrínsecos promotores da alteração microbiana a temperatura, umidade relativa do ar e a disponibilidade de oxigênio, sendo a temperatura o fator externo que mais afeta o crescimento de microorganismos (PARDI *et al.*, 2001)

2.4 OXIDAÇÃO LIPÍDICA

Uma das mais importantes causas da deterioração dos produtos cárneos é a oxidação lipídica, que afeta ácidos graxos, particularmente os poliinsaturados. A degradação auto-oxidativa desses lipídeos

resulta em produtos que mudam a qualidade do alimento, como a cor, o aroma, o sabor, a textura e até o seu valor nutritivo, definindo sua vida útil, na medida em que gera produtos indesejáveis do ponto de vista sensorial e destrói vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais (FENNEMA, 1993; FERNÁNDEZ *et al.*, 1997; OSAWA *et al.*, 2005).

2.4.1 Mecanismos de Oxidação

A principal reação envolvendo a deterioração de alimentos cárneos é a auto-oxidação, ou oxidação do radical livre, que é uma reação com o oxigênio molecular via mecanismo auto-catalítico. A rota da oxidação clássica depende da produção de radicais livres (R) das moléculas lipídicas (RH) pela sua interação com o oxigênio e na presença de um catalisador, envolvendo três estágios: Iniciação, Propagação e Terminação (Figura 1) (FENNEMA, 1993; FERIOLI, 2007).

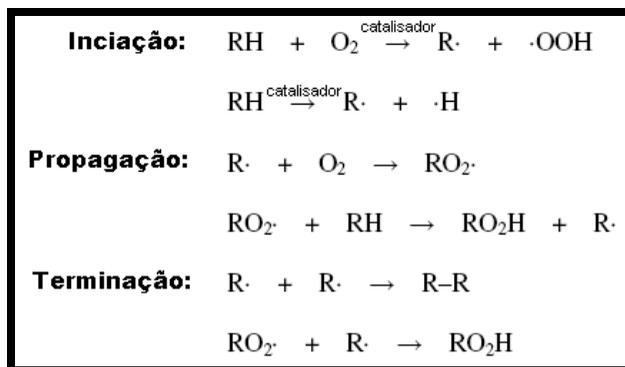


Figura 1 - Caminhos da Auto-oxidação Lipídica
(Adaptado do FERIOLI, 2007)

A iniciação pode ocorrer por ação de uma fonte de energia externa como o calor, luz, radiação de alta energia ou por iniciação química envolvendo íons metálicos e metaloproteínas como as heme. O mecanismo do passo de iniciação ainda não foi completamente elucidado. O radical livre (R) produzido na etapa de iniciação pode então reagir para formar um radical

peróxido (ROO) que pode posteriormente reagir para formar o hidroperóxido (ROOH). A segunda reação da propagação também produz um radical livre (R) se tornando um processo em cadeia auto-perpetuador. Nesse caminho, uma pequena quantidade de catalisadores como os íons cobre, pode iniciar a reação, que então produz muitas moléculas de

hidroperóxidos, que finalmente causará a rancidez. A cadeia auto-propagadora pode ser parada por reações terminais, onde dois compostos radicais combinam para formar produtos que não alimentarão as reações em cadeia.

Mesmo que essas reações sigam determinados caminhos conhecidos, elas frequentemente ocorrem simultaneamente e competitivamente. (FERNÁNDEZ *et al.*, 1997; FERIOLI, 2007).

Hidroperóxidos (ROOH) são considerados os produtos iniciais de reação que são obtidos da oxidação lipídica. Eles são espécies lábeis, de natureza muito transitória, que sofrem mudanças e deterioração com os radicais. A sua quebra promove a produção de produtos de oxidação secundários como o pentanal, hexanal, 4-hidroxinonal e malonaldeído (MDA) (RAHARJO *et al.*, 1993; FERNÁNDEZ *et al.*, 1997).

A medição de produtos de oxidação secundária como avaliação da oxidação lipídica de um produto é mais apropriada porque esses produtos secundários são geralmente ativos em odores, enquanto que produtos primários de oxidação são sem cor e sem sabor. Esses produtos secundários incluem aldeídos, cetonas, álcoois, hidrocarbonos, entre outros (FERIOLI, 2007).

Mesmo que essas reações sigam determinados caminhos conhecidos, elas frequentemente ocorrem simultaneamente e competitivamente. (FERNÁNDEZ *et al.*, 1997; FERIOLI, 2007).

Hidroperóxidos (ROOH) são considerados os produtos iniciais de reação que são obtidos da oxidação lipídica. Eles são espécies lábeis, de natureza muito transitória, que sofrem mudanças e

deterioração com os radicais. A sua quebra promove a produção de produtos de oxidação secundários como o pentanal, hexanal, 4-hidroxinonal e malonaldeído (MDA) (RAHARJO *et al.*, 1993; FERNÁNDEZ *et al.*, 1997).

A medição de produtos de oxidação secundária como avaliação da oxidação lipídica de um produto é mais apropriada porque esses produtos secundários são geralmente ativos em odores, enquanto que produtos primários de oxidação são sem cor e sem sabor. Esses produtos secundários incluem aldeídos, cetonas, álcoois, hidrocarbonos, entre outros (FERIOLI, 2007).

2.4.2. Teste de TBARS (Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico)

O teste de TBA quantifica o MDA, um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados, formado durante o processo oxidativo. O MDA é um dialdeído de três carbonos, com grupos carbonilas nos carbonos C-1 e C-3 (FERNÁNDEZ *et al.*, 1997; OSAWA *et al.*, 2005).

A reação acontece pelo ataque do MDA aos grupos metilenos ativos do TBA, que produz um composto de coloração vermelha. A cinética da reação depende da concentração da solução de TBA, temperatura e pH. A formação do composto TBA-MDA, na proporção de 2:1 (Figura 2), é possivelmente iniciada pelo ataque nucleofílico, envolvendo o carbono 5 do TBA e o carbono 1 do MDA, seguido de desidratação e reação similar subsequente do composto intermediário com uma segunda molécula de TBA, na proporção de 1:1 (FERNÁNDEZ *et al.*, 1997; GOMES *et al.*, 2003a; OSAWA *et al.*, 2005; FERIOLI, 2007; MENDES *et al.*, 2009).

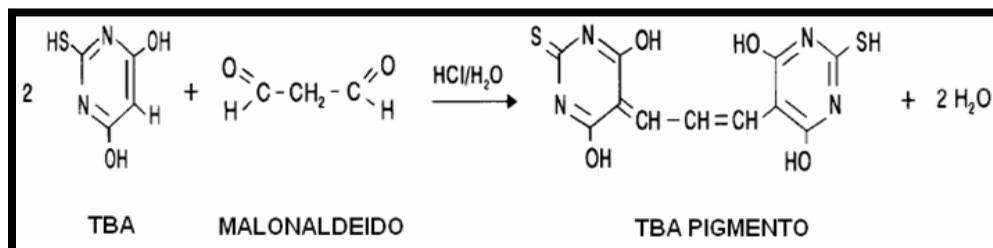


Figura 2 - Reação do ácido 2-Tiobarbitúrico (TBA) e o Malonaldeído (MDA) formando o Cromogênio

(Adaptado de FERNANDEZ ET.al., 1997)

O composto formado pode ser medido espectrofotometricamente como primeiro máximo a 532-535 nm e um secundário a 245-305 nm (de acordo com a metodologia, esse comprimento de onda pode variar, situando-se ao redor de 500 a 550 nm). A intensidade da cor é uma medida da concentração de MDA e tem sido correlacionada com a rancidez. (FERNÁNDEZ *et al.*, 1997; GOMES *et al.*, 2003; OSAWA *et al.*, 2005; FERIOLI, 2007).

Numerosos estudos mostraram que irradiação gama provoca alterações nos componentes de lipídeos de carnes de várias espécies. Além disso, o processo de irradiação de carnes têm sido associado com a produção de substâncias reativas ao TBA (TBARS), não somente malonaldeído, a 532 nm e outros comprimentos de ondas (GOMES *et al.*, 2003).

Comparado com os métodos cromatográficos o teste de TBA ou TBARS (Substâncias Reativas ao TBA) é rápido, sensível, de baixo custo e pode ser usado para indicar a peroxidação lipídica em uma variedade de sistemas. Além disso, ele é adequado para o controle de qualidade de alimentos e um grande número de amostras (RAHARJO *et al.*, 1993; ROSMINI *et al.*, 1996; GOMES *et al.*, 2003; ULU, 2004).

Vários estudos (HAMPSON *et al.*, 1996, ARVANITTOYANNIS *et al.*, 2000; JOHN *et al.*, 2005) utilizaram o valor de TBA ou a

deteção de substâncias reativas ao TBA para medir a extensão da oxidação lipídica em carne bovina.

2.5 ANTIOXIDANTES

Antioxidantes são substâncias que inibem significativamente a oxidação, adiando seu início ou reduzindo sua taxa (NAWAR, 1996; SIES, 1997; SILVA *et al.*, 1999; MENDONÇA, 2009). Essas substâncias fazem parte do sistema de defesa dos organismos vivos, com ação intracelular e extracelular, em meio hidrofílico e hidrofóbico, sendo produzidos pelo organismo ou obtidos da dieta. Podem estar presentes no alimento, ou serem adicionados para aumentar a vida de prateleira (KOLAKOWSKA, 2003; MENDONÇA, 2009).

Segundo Araújo (2004) o efeito do antioxidante consiste na inativação de radicais livres, na complexação de íons metálicos ou na redução de hidroperóxidos para produtos incapazes de formar radicais livres e produtos de decomposição rançosos.

Gray e Pearson (1987) demonstraram que a atividade redutora em carnes cruas tem uma função importante na prevenção da oxidação, sendo que a adição de substâncias que proviam elétrons para a metamioglobina mantinham a carne no estado reduzido, efetivamente retardando a oxidação.

O eritorbato de sódio é o sal sódico do ácido eritórbito ou ácido isoascórbico, que é um isômero do ácido ascórbico. Os eritorbatos têm aplicação em duas áreas gerais na indústria alimentícia: funcionam como antioxidante em uma variedade de alimentos para controlar a deterioração de cor e sabor; e como acelerador de cozimento de carnes, aumentando o tempo de duração nas prateleiras das carnes conservadas. Além da reação com o nitrito, o eritorbato por si só apresenta um forte efeito antioxidante, prevenindo o desenvolvimento de rancidez oxidativa, quando aplicado em concentrações acima de 100 ppm, sendo que em concentrações mais baixas pode acelerar o desenvolvimento da rancidez oxidativa (GRAY; PEARSON, 1987; TRINDADE, 2008).

O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) através da Instrução Normativa nº 51 de 29 de dezembro de 2006 aprovou o Regulamento Técnico do Mercosul de Atribuição de Aditivos, a fim de padronizar o uso de aditivos nos processos tecnológicos de elaboração de Carne, Produtos Carneos Industrializados, Produtos Carneos Salgados, Conservas Carneas, Conservas Mistas e Semiconserva Carnea, estabelecendo assim os limites para o uso de aditivos em carnes e produtos cárneos. Nessa Instrução Normativa, através do seu único anexo, não é autorizada a adição de qualquer aditivo em carnes frescas e congeladas, sendo autorizada somente a adição dessas substâncias nas várias categorias de produtos cárneos descritas, em quantidades suficientes, segundo o artigo 315 (BRASIL, 2006).

Muitos estudos (AL-SHUIBI *et al.*, 2002; INSANI *et al.*, 2008; ISMAIL *et al.*, 2008; MERCADANTE *et al.*, 2010) avaliaram o potencial antioxidante de compostos (sorbato, antioxidantes naturais, pigmentos naturais) para conhecer a concentração a ser

utilizada, a interação com sistema lipídico, estabilidade ao processamento e ao armazenamento.

2.6. IRRADIAÇÃO

2.6.1. Aspectos Gerais

O físico francês, Antoine Henri Becquerel, notou que os raios emitidos pelo urânio libertavam gases para ionização e que estes diferiam dos raios X na deflexão por campos elétricos e magnéticos, descobrindo assim a radioatividade natural em 1896. Por essa descoberta Becquerel partilhou o Prêmio Nobel da Física do ano de 1903 (NOBEL LECTURES, 1967).

Irradiação é o processo de aplicação de raios X, raios gama, raios ultravioletas, microondas ou qualquer outra forma de energia radiante, seja ela natural ou artificial.

Existem dois tipos de radiação: a radiação ionizante e a radiação não-ionizante. A radiação não-ionizante é caracterizada por não possuir energia suficiente para arrancar elétrons dos átomos do meio por onde está se deslocando, mas tem o poder de quebrar moléculas e ligações químicas. Dessa radiação fazem parte os tipos: radiofrequência, infravermelho e luz visível (BREWER, 2004; CDTN, 2011).

A radiação ionizante é definida como aquela que tem energia suficiente para interagir com os átomos neutros do meio por onde ela se propaga. Em outras palavras, essa radiação tem energia para arrancar pelo menos um elétron de um dos níveis de energia de um átomo do meio por onde ela está se deslocando. Assim esse átomo deixa de ser neutro e passa a ter uma carga positiva, pois o número de prótons se torna maior que o de elétrons, e o átomo neutro se torna um íon positivo. Normalmente são utilizadas as radiações ionizantes para irradiar alimentos. Outros processos, como por exemplo o

aquecimento, podem provocar essa mesma modificação nos átomos dos alimentos (SATIN, 1996; SATIN, 2002).

A radiação gama é uma radiação eletromagnética ionizante produzida por radioisótopos. Um radioisótopo caracteriza-se por apresentar um núcleo atômico instável que emite energia quando se transforma num isótopo mais estável. A energia libertada na transformação pode ser chamada de partícula alfa, partícula beta ou radiação gama. O Cobalto 60 é o radioisótopo mais comumente usado para a irradiação de alimentos, devido a sua alta eficiência na produção de raios gama, produção de raios mais penetrantes, maior segurança ambiental e por ser completamente insolúvel em água. A alta penetrabilidade dos raios permite seu uso em embalagens secundárias em uma planta de irradiação. A radiação é medida em joules e a quantidade de energia absorvida é medida em “Gray” que é o equivalente a um joule por quilograma de alimento. (SATIN, 2002; BREWER, 2004).

Dependendo do objetivo do processo é utilizada determinada dose. Essas doses estão determinadas como radurização, radicação (radiopasteurização) e radapertização. A radurização são baixas doses, menor que 1kGy, utilizadas para evitar brotamento de vegetais e eliminar insetos. A radicação são doses intermediárias, 1 a 10kGy, são usadas para aumento de vida de prateleira, eliminação de microorganismos patogênicos e deterioradores não formadores de esporos, bolores e leveduras, aumentado assim a segurança alimentar do produto. A radapertização são doses maiores, acima de 10kGy pode-se obter a esterilização comercial do produto (SATIN, 1996; SATIN, 2002).

O raios gama não têm energia suficiente para afetar os nêutrons do átomo, portanto não são capazes de induzir a radioatividade. A irradiação tem maior efeito sobre células

em crescimento exponencial, como de bactérias e artrópodes, atuando na quebra do ácido desoxirribonucléico (DNA), exercendo pouco efeito no alimento em si, pois as células dos alimentos na maioria dos casos não estão mais se multiplicando (THAYER, 1990; BUENO, 2008).

Os equipamentos utilizados para irradiação são bastante seguros, principalmente pelos procedimentos operacionais rígidos de controle, capacitação adequada de funcionários e ótima estrutura adaptada de uma planta de irradiação, incluindo grossas paredes de concreto e várias trancas interligadas. Todos esses procedimentos permitem as aplicações em esterilização de produtos médicos e farmacêuticos, tratamentos de alimentos, modificação de produtos industriais e outros derivados, desinfestação de frutas e grãos, entre outras funcionalidades (BREWER, 2004; BUENO, 2008; CDTN, 2011).

2.6.2. Irradiação em Alimentos

Cientistas interessados em saúde pública têm tido interesse em radiação de alimentos há mais de 100 anos. Em 1905 cientistas receberam patentes de um processo de preservação de alimentos que usava radiação ionizante para matar bactérias (EPA, 2011).

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 além de eliminar os microorganismos prejudiciais à saúde (CANIZARES, 2008).

A irradiação tem como objetivo principal a destruição dos organismos presentes nos alimentos, sendo pouco eficaz na inativação de toxinas produzidas. Sendo assim, ela

deve ser usada não para recuperar a qualidade de alimentos já deteriorados, ou ainda, melhorar a qualidade de alimentos provenientes de matérias primas de baixa qualidade (com altas cargas bacterianas prejudiciais a saúde), mas sim como uma maneira de preservação de alimentos fabricados da melhor maneira possível, com práticas higiênicas adequadas, resultando em um alimento com maior vida de prateleira (BUENO, 2008).

Para medir a redução bacteriana é usado o valor de D10, que é a dose necessária para reduzir em 10 vezes a população microbiana de um certo alimento. Não existe consenso sobre a dose de radiação necessária para a eliminação de microrganismos patogênicos em carnes, pois essa dose está intimamente ligada à carga bacteriana inicial (KOLSARICI E KIRIMCA, 1995; BUENO, 2008).

Tabela 3 - Dose letal aproximada (kGy) para alguns organismos

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

Fonte: Adaptado de Frazier e Westhoff (1988) e Bueno (2008).

Nos Estados Unidos o *Food Safety and Inspection Service* (FSIS), órgão do *United States Department of Agriculture* (USDA) aprovou as regras para irradiação de carnes

em 1992. Em 1999, o FSIS aprovou o regulamento final definindo doses de 4,5 kGy para carnes refrigeradas e 7,0 kGy para carnes congeladas e para carnes de frango

refrigeradas ou congeladas um limite de 3,0 kGy. Outros 37 países já aprovaram a irradiação para a conservação de mais de 40 tipos de produtos (PEREIRA, 2004; BUENO, 2008).

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 a aplicação do processo de irradiação. 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. 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 (BRASIL, 2001b).

Comitê da FAO, em 1981, concluiu que alimentos irradiados que comprovadamente são seguros para o consumo não devem ser rotulados como alimentos irradiados pois vários outros métodos de processos comumente usados não são requeridos na rotulagem. Mas mesmo assim, uma comissão do Codex Alimentarius recomendou o símbolo da Radura (Figura 3) internacionalmente, símbolo que indica alimento tratado por radiação ionizante, para facilitar o comércio internacional. O maior objetivo da rotulagem é avisar os consumidores sobre a sua escolha e não advertí-los sobre algum risco à saúde. De fato, em alguns países o processo de irradiação se tornou um símbolo de alta qualidade quando relacionado a alimentos (NORDION, 2011).



Figura 3 - Radura, símbolo internacional do uso de Radiação Ionizante
(Adaptado de BUENO, 2008)

2.6.3 Efeitos da Irradiação em Carne Bovina

Segundo Anh *et al.*, (1998a) produtos cárneos independentemente do método de embalagem apresentam, quando irradiados, maior concentração de compostos oxidativos se comparados àqueles não irradiados.

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

Esse odor não característico é causado por compostos voláteis formados durante a desaminação de aminoácidos sulfurados, metionina, cistina e cisteína. Os compostos voláteis foram indentificados como o metanotiol, dimetil sulfíto, dimetil dissulfíto e dimetil trissulfíto, ou ainda como compostos resultantes diretamente da oxidação lipídica (ANH *et al.*, 2003).

As mudanças de cor provocadas pela irradiação normalmente ocorrem devido a susceptibilidade da molécula hemoglobina a alterações químicas (BREWER, 2004).

2.7 OUTROS FATORES QUE INTERFEREM NA QUALIDADE DA CARNE

2.7.1. Temperatura

Em geral, quanto mais elevada for a temperatura maior será a velocidade do crescimento de microorganismos, ainda que existam faixas próprias do ótimo desenvolvimento para cada microorganismo ou grupamento deles. Assim, de acordo com suas temperaturas ótimas de crescimento, os microorganismos são classificados em psicrófilos, mesófilos e termófilos (SANTIAGO, 1972).

Os microorganismos mesófilos têm seu ótimo de crescimento entre 10 e 40 °C, os termófilos crescem entre 43 e 66 °C e os psicrotróficos são aptos ao crescimento, mais precisamente à temperatura de refrigeração, ou em torno de 5 °C (EVANGELISTA, 1987).

Stokes *et al.* (1966) relatam que os psicrófilos podem representar cerca de 93% do total da flora ocorrente em carnes. Temperaturas baixas permitem a proliferação de psicrófilos que produzem odor desagradável característico e limosidade sobre carnes refrigeradas, tanto quanto uma decomposição putrefativa clássica (HAYNES, 1933).

As atividades enzimáticas de microorganismos psicrotróficos aumentam quando as células se desenvolvem a baixas temperaturas. Para Pardi *et al.* (2001), alimentos congelados podem se manter com baixos níveis bacterianos, tendo em vista o limite de atividade de água e o da baixa temperatura. Entretanto, os atributos do congelamento, preservador da estrutura celular e, por consequência, da textura dos alimentos, fazem o mesmo com a bactéria (DELAZARI, 1977; BANDEIRA, 2004).

Os efeitos de baixas temperaturas acima e abaixo do congelamento sobre populações microbianas dependem da extensão da

habilidade de cepas individuais, bem como da existência de espécies diferentes para sobreviver ao choque frio. Os microorganismos são menos ativos a 0 °C e mesmo a 2 °C, a ponto de se considerar essa faixa como limite capaz de proteger o alimento contra os responsáveis por toxinfecções, uma vez que os *Clostridium* são inibidos a 2,2 °C, e as salmonelas e os estafilococos a 4,4 °C (FRAZIER, 1972; PARDI *et al.*, 2001).

Delazari (1977) refere-se às conseqüências de congelamento rápido da carne, dizendo que quanto maior for o espaço de tempo decorrido entre o abate do animal e o tratamento pelo frio, maior será o número inicial de microorganismos e mais rápida a deterioração.

No tocante às características dos microorganismos psicrófilos que crescem na carne, Evangelista (1987) relata particularidades dos gêneros *Pseudomonas* e *Achromobacter*, principais responsáveis pelas alterações das carnes refrigeradas, conservadas em condições de aerobiose, citando com espécie típica a *Pseudomonas fluorescens*. Bactérias do gênero *Pseudomonas*, em condições de aerobiose, crescem ativamente em carnes refrigeradas ou em processo de refrigeração, interferindo ao mesmo tempo no crescimento de outras bactérias que se desenvolvem a estas temperaturas (PARDI *et al.*, 2001; NOSKOWA, 1978; BANDEIRA, 2004).

Em relação a bactérias psicrófilas que não crescem em carnes refrigeradas, cita-se às dos gêneros *Salmonella*, *Proteus*, *Escherichia* e *Enterobacter*. Apesar de sua possível presença em carnes refrigeradas, o gênero *Salmonella* não se multiplica, morrendo a baixas temperaturas e muito lentamente (PARDI *et al.*, 2001).

Quanto à resistência ao efeito do frio sobre as bactérias do gênero *Staphylococcus*, Noskova (1978) afirma que muito embora os estafilococos cessem sua multiplicação

abaixo de 5 °C, eles conseguem suportar, em boas condições, as baixas temperaturas, sobrevivendo por muito tempo em substratos congelados ou não. Entretanto, a autora enfatiza a incapacidade que têm os estafilococos de crescerem em baixas temperaturas, pois mesmo quando estas são ótimas, há interferência de outras bactérias ocorrentes na carne, inibindo o seu crescimento por competição.

Por necessitarem de menos água, mofo e leveduras em carnes refrigeradas multiplicam-se mais ativamente que as bactérias, sempre que a temperatura e a umidade forem baixas. O bolor mais freqüente na carne refrigerada é o *Penicilium* e, entre os menos freqüentes, encontram-se o *Mucor* e o *Cladosporium*. As leveduras, por sua vez, ocasionam a decomposição da gordura e conseqüente aparecimento de sabor amargo (DELAZARI, 1977; BANDEIRA, 2004).

2.7.2 Capacidade de Retenção de Água

A capacidade de retenção de água (CRA) tem grande importância durante o armazenamento, por exemplo, quando os tecidos possuem baixa CRA, a perda de umidade e conseqüentemente de peso durante o período de armazenamento é grande. A capacidade de retenção de água é definida como a capacidade da carne de reter sua umidade ou água durante a aplicação de forças externas. Quanto maior a capacidade de retenção de água, maior a suculência da carne, característica extremamente desejável sob o aspecto sensorial (SOUZA, 2006).

2.7.3 Valor pH

Dependendo da adoção de cuidados no período que antecede ao sacrifício (descanso, jejum, estresse) e das transformações subseqüentes, para Price *et al.* (1976), a carne bovina fresca tem seu pH entre 5,3 e 6,5. Entretanto, a alteração da carne se dará tanto mais rapidamente

quanto mais elevado for o pH (PARDI *et al.*, 2001).

O pH final da carne é um dos principais fatores que afeta a capacidade de retenção de água. As condições de baixo pH, quando a temperatura corporal ainda está elevada, provoca desnaturação protéica, reduzindo as propriedades de capacidade de retenção de água, conferindo assim, pobres características de processamento, com redução dos rendimentos dos produtos e conseqüentes perdas econômicas (YU, 2005; MOREIRA, 2005; MACHADO, 2009).

O ácido láctico formado no processo de transformação do músculo em carne por conta da queima do glicogênio influi decisivamente no pH, agindo tanto mais favoravelmente quanto maior for a reserva de glicogênio a formá-lo. Ainda que o crescimento de microrganismos seja possível numa faixa ampla de pH, a maior parte das bactérias tem seu ponto ótimo de crescimento próximo da neutralidade, ou seja, pH= 7,0 (BANDEIRA, 2004).

Em experimento realizado por Barra (1980) mostrou que, em amostras colhidas em matadouro-frigorífico, houve correlação positiva e significativa entre o pH e o número de colônias psicrotóficas em corte de carne denominado coxão, incorrendo o mesmo no acém e no músculo do garrão.

Alguns agentes das toxinfecções como o *Clostridium botulinum* dos tipos A e B crescem bem e produzem toxinas com pH acima de 4,5, enquanto o do tipo E só cresce e produz em pH acima de 5,0. As salmonela só crescem com pH 4,1, em condições ótimas de temperatura e de atividade de água. Os estafilococos, em condições ótimas, crescem e produzem enterotoxinas até com pH 4,0 (DELAZARI, 1977).

Os fungos se desenvolvem bem em valores de pH entre 2,0 e 8,0, ainda que se

reproduzam melhor em meio ácido. As leveduras têm um bom desenvolvimento entre pH 4,0 e 4,5, mas, como os fungos,

preferem pH ácido. Frazier (1972) mostra, na tabela 3, os valores de pH que favorecem o ótimo crescimento dos microrganismos.

Tabela 4 - Valores de pH ótimo para crescimento de cada microrganismo

pH > 4,5 Alimentos de baixa acidez	Predominância de crescimento bacteriano.
pH entre 4,5 e 4,0 Alimentos ácidos	Predominância de leveduras oxidativas ou fermentativas e de bolores (em aerobiose).
pH < 4,0 Alimentos muitos ácidos	Restrito quase que exclusivamente às leveduras e bolores.

Fonte: Adaptado de Frazier (1972).

2.7.4 Cor

Quando um elétron oscilante sai de um estágio de energia mais alto para um estado de energia mais baixo, energia é emitida (TINOCO, SAUER & WANG, 1978; BREWER 2004). A cor ocorre quando radiação eletromagnética no campo visível é emitida ou refletida por átomos ou pigmentos moleculares. Portanto, a cor é relacionada a estrutura do elétron do átomo ou pigmento molecular por causa de uma energia irradiante que pode ser absorvida por esses elétrons (alterando ou não seus estágios moleculares). Luz diretamente a um material contém uma variedade de quantidade de energia em comprimentos de ondas em campos visíveis (400-700 nm). A quantidade de energia em cada comprimento de onda depende da fonte da luz. Quando a luz atinge um material opaco, alguns comprimentos de onda são absorvidos enquanto alguns outros são refletidos. A energia luminosa que é refletida de volta ao olho está sem a cor associada aos comprimentos de onda que foram absorvidos. É esta luz refletida, que agora está sem alguns comprimentos de onda, que eleger a cor (MCDOUGALL, 1983; BREWER, 2004).

A cor da carne é devido a concentração de pigmentos (mioglobina, hemoglobina), os

seus estados químicos e as propriedades de refletir a luz da carne (LAWRIE, 2002; MCDOUGALL, 1983). Mioglobina é a metaloproteína composta de globina e ferro contendo um grupo heme protéico. Já a globina pode existir no seu estado natural ou desnaturado. O átomo de ferro pode existir em vários estados de oxidação e o anel de porfirina pode estar intacto, oxidado, polimerizado ou aberto. O comportamento da mioglobina é relacionado à sua função biológica – armazenamento de oxigênio até ser necessário pelos tecidos vivos – e a química requerida para otimizar essa função. O armazenamento do oxigênio é permitido pela habilidade do heme em realizar reações de oxidação-redução e de transferências de elétrons.

Irradiação induz mudanças na cor da mioglobina. Em carnes de porco e de bovinos crua irradiadas a doses suficientes para aumentar a vida de prateleira e reduzir patógenos podemos encontrar um rápido desenvolvimento de pigmentos marrons, verdes ou, em alguns casos, pigmentos vermelhos brilhantes parecidos com oximioglobina (MILLAR *et al.*, 1996, 2000; TAPPEL, 1957; TAPPEL, GRONINGER & KNAPP, 1958; BREWER, 2004). Doses suficientes de

radiação ionizante (50 kGy) pode completamente destruir a mioglobina. Em baixas doses, que são as mais praticadas, radiação produz uma variedade de mudanças de cor que são correlacionadas a concentração de mioglobina, ao estado da mioglobina antes da irradiação, às condições de ligação da mioglobina (pH, equivalente de redução, etc.), e a temperatura e atmosfera gasosa (armazenamento) durante irradiação. Mudanças na cor em carnes cruas irradiadas podem diferir significativamente entre espécies animais (KIM, NAM & AHN, 2002; NANKE, SEBRANEK & OLSON, 1998, 1999) e entre músculos dentro dessas espécies (AHN *et al.*, 1998b).

2.7.5 Processos de Cocção

Grande parte dos produtos cárneos consumidos atualmente pelo homem passa por algum tipo de tratamento térmico, por ser mais palatável e também por eliminar ou diminuir a contaminação microbiana; tal processo pode alterar a qualidade do produto *in natura*, sendo importante conhecer a composição de alimentos cárneos assados. O processo térmico empregado na preparação dos alimentos altera o rendimento do produto final, sendo oportuno conhecer a alteração deste rendimento (PINHEIRO, 2008).

A cocção é um processo que compreende todas as trocas químicas, físico-químicas e estruturais dos componentes dos alimentos provocados intencionalmente por efeito do calor. Esse processo desagrega as estruturas alimentares, melhorando a palatabilidade e a digestibilidade (TSCHEUSCHNER, 2001). Na cocção, o aquecimento é resultado do aporte de energia ao sistema, decorrente da transferência de calor (GIRARD, 1991). Nos diferentes métodos de cozimento, as formas de transferência de calor, a temperatura, a duração do processo, e o meio de cocção são alguns dos fatores responsáveis pelas alterações químicas e

físicas que podem modificar o valor nutricional dos alimentos (POTTER & HOTCHKISS, 1995; GARCIA-ARIAS *et al.*, 2003; ROSA *et al.*, 2006).

Embora a Agência Nacional de Vigilância Sanitária tenha estabelecido (Resolução RDC nº 40, de 21/03/2001) a obrigatoriedade da rotulagem nutricional de alimentos embalados (com a informação nutricional em percentuais de valores diários) que garante escolhas mais saudáveis, essas informações são restritas a composição de alimentos transformados ou *in natura*. Na carne, Gokoglu *et al.* (2003) e Steiner-Asiedu *et al.* (1991), relatam que o cozimento altera os teores de proteína, gordura, cinzas e matéria seca dos cortes devido à incorporação do meio de cocção e a perda de nutrientes e água para o mesmo (ROSA *et al.*, 2006).

O grau de cozimento é definido por uma combinação de tempo e temperatura de aquecimento, cuja intensidade não só atua sobre a destruição de microrganismos e enzimas, mas também modifica as propriedades organolépticas e nutricionais do produto cozido (HOLDSWORTH, 1997).

O êxito do cozimento da carne, além das características do corte, baseia-se no binômio tempo-temperatura. Substâncias voláteis são liberadas com a cocção, conferindo o odor característico da carne cozida, em geral, são substâncias sulfuradas. Enquanto que a cor é devido a reações entre proteínas e carboidratos naturais do músculo, que originam a cor acastanhada como consequência do aquecimento. Em síntese, o tratamento térmico deve ser moderado para que não haja resultados desfavoráveis, incluindo, nesse caso, diminuição da digestibilidade protéica e da disponibilidade de aminoácidos indispensáveis (EMBRAPA, 1999).

A desnaturação térmica, rompendo a estrutura natural das proteínas, permite, em geral, uma a o mais efetiva das enzimas proteolíticas (digestivas) e uma maior digestão, aumentando a biodisponibilidade dos aminoácidos das proteínas dos alimentos. Em alguns casos, particularmente se o tratamento térmico for em excesso, a a o do calor poderá causar rea o e intera o com outros componentes dos alimentos. Nestes casos, a digestibilidade da proteína e a biodisponibilidade dos aminoácidos poderão ser diminuídas (SGARBIERI, 1987; PINHEIRO, 2008).

MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi desenvolvido no período de maio a julho de 2010 no Laboratório de Tecnologia de Carnes, do Departamento de Tecnologia e Inspe o de Produtos de Origem Animal da Escola de Veterinária – UFMG.

3.1. PREPARO DAS AMOSTRAS

Em um Abatedouro-Frigorífico comercial da região de Belo Horizonte, sob Inspe o Federal, foram adquiridos três peças de acém (provenientes de 3 animais distintos) *in natura* de aproximadamente 3 Kg. Para evitar efeitos referentes   condi o sexual, idade e manejo, ligados a composi o química (teor de lipídeos) e pH todas as peças foram obtidas a partir de bovinos machos castrados, e baseado na cronologia dentária, avaliada através do Sistema Nacional de Tipifica o de Carcaças Bovinas (BRASIL, 1989), com idade em torno de 24-30 meses (2 dentes incisivos definitivos) e sendo identificados como animais intermediários.

Essas peças foram embaladas a vácuo e acondicionadas em caixas de isopor contendo gelo reciclável e levadas para o Laboratório de Ciência e Tecnologia de Carnes da Escola de Veterinária da UFMG.

Utilizando monoblocos de polietileno, facas e colheres previamente sanitizadas com água hiperclorada e enxaguadas com água destilada, as peças foram retiradas da embalagem a vácuo e separadas em quatro monoblocos, onde foram fatiadas em pedaços e depois foram moídas por moedor de carnes da marca C.A.F. 10 (Rio Claro, SP), com disco de 8 milímetros.

Após o processo de moagem foram retiradas por oes de cada monobloco e colocadas nos recipientes para cada tratamento. Os tratamentos foram definidos como controle, antioxidante (Tratamento 1), radia o gama (Tratamento 2), antioxidante com radia o gama (Tratamento 3). As amostras então foram colocadas em sacos de plástico de primeiro uso para embalagem a vácuo, aprovados para a irradia o em alimentos (polietileno), e fechadas embaladas em atmosfera convencional.

Antes das amostras serem embaladas com antioxidante, as amostras dos tratamentos 1 e 3 foram adicionadas de uma soluço contendo eritorbato de sódio a 0,20%.

Esse eritorbato foi adquirido de um entreposto comercial de carnes em Belo Horizonte e tinha as seguintes características: Fabricante: Germinal; Lote de fabrica o: 69816/1-1; Data de fabrica o: 17/11/2009; Validade: 17/11/2010; Peso: 25 Kg. Essa quantidade adicionada faz referência a quantidade comumente usada pelas empresas alimentícias em produtos cárneos.

As análises foram feitas em triplicata, separando-se 3 por oes para cada tratamento e em cada tempo de armazenagem (0,2,4,8,16 e 42 dias) e 3 por oes para o controle respectivamente (Quadro 1). Foram feitas 18 por oes para o controle e mais 18 por oes para cada tratamento. Cada porão conteve 100 gramas de carne bovina moída resfriada,

contabilizando 72 amostras e 7,2 Kg de carne.

3.2 IRRADIAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras a serem irradiadas foram acondicionadas em caixas de isopor com gelo reciclável visando manter a temperatura estável a 4° C durante o processo de irradiação. As amostras então foram enviadas ao Laboratório de Irradiação Gama, no Centro de desenvolvimento de Energia Nuclear (CDTN).

Foi utilizado um irradiador piloto Gamabeam 127 (GB127) fabricado pela empresa canadense MDS Nordion. O GB127 é classificado como Irradiador Panorâmico com fonte estocada a seco e utiliza uma fonte de Cobalto 60.

As amostras foram colocadas a uma distância da fonte que resultou na taxa de dose de aproximadamente 1,0 kGy/h, em mesas rotatórias, o que permitiu uniformidade de dose em todas as amostras. Os grupos de tratamento 3 e 4 permaneceram durante 270 minutos no radiador, resultando numa dose de 4,5 kGy.



Figura 4 - Armazenamento das amostras em caixas de isopor que foram irradiadas com 4,5kGy

O esquema abaixo ilustra o processo de amostragem para todos os momentos de obtenção das peça de carne:

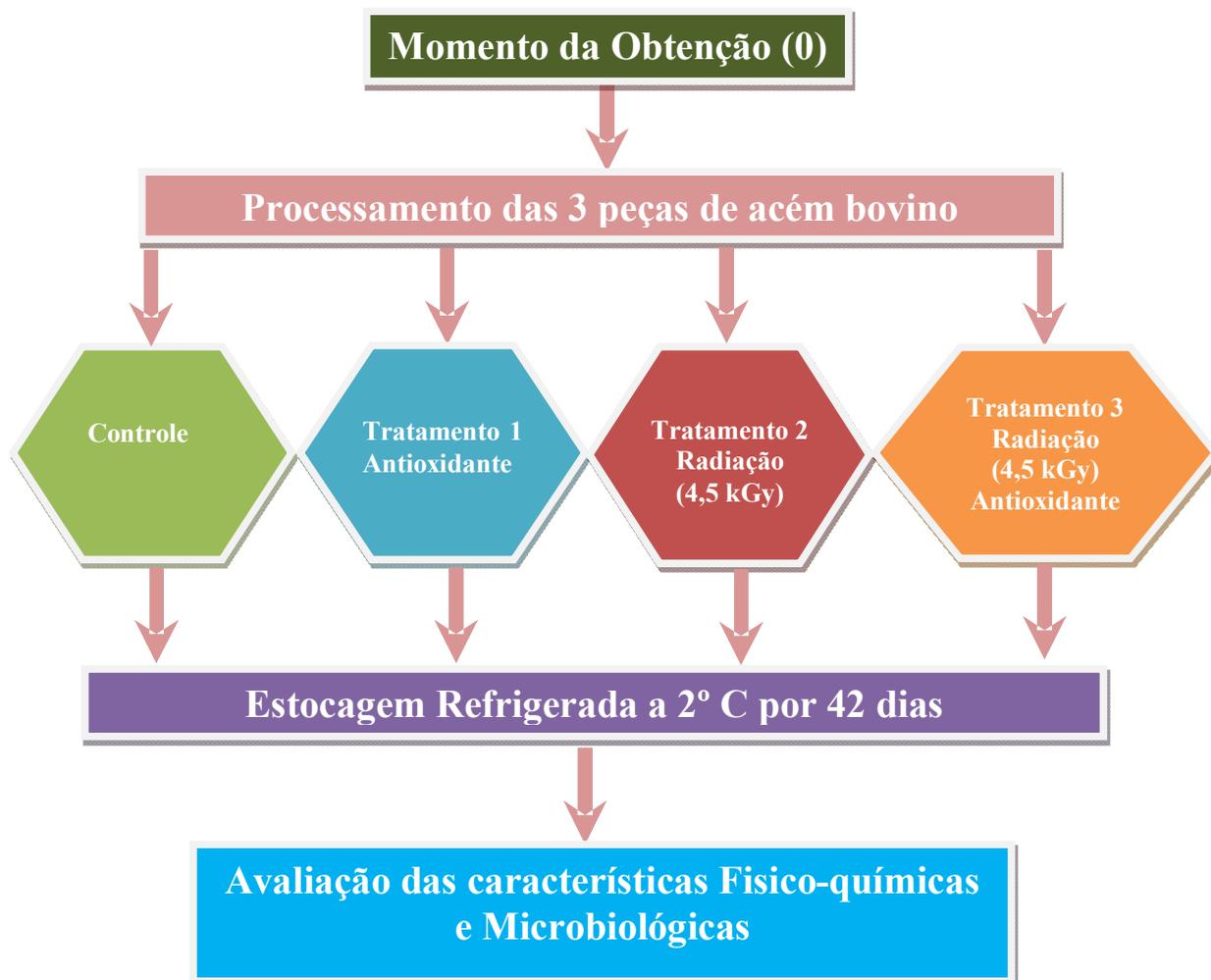


Figura 5 - Processo de amostragem e tratamento das amostras

3.3 ESTOCAGEM REFRIGERADA

As amostras controle e com antioxidante que não seriam irradiadas foram acondicionadas em incubadora refrigerada B.O.D. Tecnol modelo TE-391 a 4°C durante o tempo em que as outras amostras foram para a irradiação. Após a irradiação todas as amostras foram acondicionadas na mesma incubadora refrigerada a 2° C. A disposição das amostras foi feita de maneira que o ar frio atingisse por igual todas as

amostras e a disposição foi feita de acordo com o período analisado.

3.4 MICROBIOLOGIA

As análises microbiológicas foram realizadas conforme metodologia recomendada pela Instrução Normativa N°62 (BRASIL, 2003a), que normatiza os métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água.

3.4.1. Determinação da presença de *Salmonella* spp.

Foi pesquisada a presença de *Salmonella* nas amostras avaliadas no momento 0 do experimento. As análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Leite da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

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

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

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

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

A identificação presuntiva foi feita observando as mudanças características do meio após 24 horas de incubação em estufa a temperatura de 37° C. Amostras suspeitas foram semeadas em tubo contendo ágar nutriente e incubadas a 37° C em estufa por 24 horas.

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

3.5 CARACTERIZAÇÃO DA COMPOSIÇÃO

Imediatamente após a realização da análise de cor, pH e TBA as amostras eram separadas para a avaliações físico-químicas, conforme as metodologias propostas na Instrução Normativa nº 20 (BRASIL, 1999), que define os métodos físico-químicos para controle de produtos cárneos e seus ingredientes – sal e salmoura. As amostras foram realizadas em triplicata e determinou-se a umidade e voláteis, lipídeos, nitrogênio total e protídeos e resíduo mineral fixo nos momentos 0, 16 e 42 dias.

3.5.1 Umidade

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

Béqueres de 50 ml foram colocados em estufa de secagem Fanem 315SE a 105° C por 1 hora, sendo posteriormente retirados e colocados em um dessecador. Depois de frios, foram pesados em balança analítica Shimadzu SHI-AUY-220 tendo seu peso/tara anotados. Foram pesados 5,0g ± 0,5g de amostra nos béqueres, sendo, em seguida, colocados em estufa a 105° C por seis horas até a primeira pesagem.

A partir da sexta hora as amostras foram pesadas a cada hora até atingirem peso

constante. Para cálculo de umidade foi utilizada a seguinte fórmula:

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

3.5.2 Lipídeos

O método utilizado para a quantificação de lipídeos foi descrito em Brasil (1999) e tem como fundamento a solubilidade dos lipídios em solventes apropriados (éter de petróleo ou n-hexano ou éter etílico anidro). Os lipídios extraídos são posteriormente determinados por gravimetria.

Foi pesado em uma balança analítica Shimadzu SHI-AUY-220 5,0g ± 0,1g de cada amostra e que posteriormente secou em estufa Fanem 315SE a 105°C após a determinação da umidade. Transferiu-se a substância seca e fragmentada para um cartucho de extração com auxílio de um bastão de vidro e uma porção de algodão desengordurado. Cobriu-se a amostra no cartucho com o algodão. Aqueceu-se o balão de Soxhlet por 1 hora em estufa a 105°C, esfriou-se em dessecador e este foi pesado. Colocou-se o cartucho no extrator de Soxhlet Tecnal TE 044-5/55 e extraiu-se com solvente por um período mínimo de 6 horas (de acordo com o teor de lipídios pode ser de 8 a 12 horas). Evaporou-se o solvente em banho-maria a 65°C e colocou-se o balão com resíduo em estufa a 105°C por 1 hora. Esfriou-se em dessecador e pesou-se novamente. Colocou-se o cartucho no extrator de Soxhlet e extraiu-se com solvente por período mínimo de 6 horas (de acordo com o teor de lipídios pode ser de 8 a 12 horas). Evaporou-se o solvente em banho-maria a 65°C e colocou-se o balão com resíduo em estufa a 105°C por 1 hora. Esfriou-se em dessecador e pesou-se novamente. Repetiu-se as operações até obter peso constante.

$$\text{Lipídios (\%)} = \frac{100 \times p}{p'}$$

Onde:

p = massa de lipídios extraídos em gramas;
p' = massa da amostra em gramas.

3.5.3 Nitrogênio Total e Protídeos

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

Foi pesada em balança analítica Shimadzu SHI-AUY-220 0,3g ± 0,1g de amostra e transferida para um tubo de Kjeldahl. Foi então adicionado 2,5g de mistura catalítica composta de sulfato de sódio anidro e sulfato de cobre pentahidratado na proporção de 10 para 1. Em seguida, foi adicionado 7 ml de ácido sulfúrico p.a. (Cinética) e a amostra foi levada para bloco digestor Tecnal. A temperatura do bloco foi aumentada em 50° C a cada hora até atingir 400° C. Quando a amostra se tornou verde translúcida e límpida o tubo foi retirado e esfriado até temperatura ambiente.

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

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

bórico foi titulada com solução de ácido clorídrico 0,1 N, previamente padronizada até a viragem do indicador.

A cada 20 análises foi realizada a digestão, destilação e titulação de uma amostra branca e uma solução padrão de sulfato de amônio p.a. para verificação de acuidade do processo.

O cálculo da porcentagem de nitrogênio total e de prótidos está descrito abaixo:

$$\text{Nitrogênio total (\%)} = \frac{V \times N \times f \times 0,014 \times 100}{\text{Peso Amostrado}}$$

$$\text{Protídeos (\%)} = \text{Nitrogênio total (\%)} \times 6,25$$

3.5.4 Resíduo Mineral Fixo

O protocolo utilizado para determinação de resíduo mineral fixo foi o descrito nos métodos físico-químicos para controle de produtos cárneos e seus ingredientes – sal e salmoura, definidos na Instrução Normativa nº 20 de 1999 (BRASIL, 1999). A técnica consiste na eliminação da matéria orgânica e inorgânica volátil à temperatura de 550° C restando apenas o resíduo mineral fixo.

Cadinhos de porcelana de 50 ml foram previamente aquecidos em Forno Mufla Tecnal 7000-EDG – 10PS, até a temperatura de 550° C onde permaneceram por 30 minutos, em seguida foram resfriados em dessecador. Depois de frios, os cadinhos foram tarados e seus pesos anotados. Foram pesados em balança analítica Shimadzu SHI-AUY-220 3,0g ± 0,1g de amostra previamente triturada e homogeneizada.

O cadinhos com as amostras foram colocados em placas aquecedoras até a completa carbonização das cinzas, indicada pelo encerramento de liberação de fumaça negra. Em seguida, os cadinhos foram colocados em forno mufla a 550° C, até o clareamento completo das cinzas, sendo em

seguida resfriados em dessecador e pesados para cálculo do resíduo mineral fixo.

$$\text{Resíduo mineral fixo (\%)} = \frac{100 \times \text{Cinzas (g)}}{\text{Peso da Amostra (g)}}$$

3.6 AVALIAÇÃO OBJETIVA DE QUALIDADE DE CARNE

Para as avaliações de qualidade da carne foram realizadas as análises de perda de cor, pH, perda de peso por cocção e capacidade de retenção de água.

As avaliações de cor e pH foram mensuradas por todos os tempos de análise das amostras, 0,2,4,8,16 e 42 dias. As avaliações de perda de peso por cocção e capacidade de retenção de água foram realizadas nos tempos 8, 16 e 42 dias.

3.6.1 Avaliação da Cor Objetiva

Utilizando-se um colorímetro da marca Minolta modelo CR400, de acordo com a metodologia proposta por Van Laack *et al.*(2000). A leitura foi realizada no Sistema CIELab, onde a cor de cada amostra será medida através de três disparos, em três pontos diferentes. Os valores de L^* (luminosidade), a^* (valores positivos - intensidade de vermelho e negativos - intensidade de verde) e b^* (valores positivos - intensidade de amarelo e negativos - intensidade de azul) foram armazenados no equipamento.

3.6.2 Determinação do pH

A análise se fundamenta na medida da concentração de íons hidrogênio na amostra. Foi utilizado um eletrodo de penetração acoplado a um pHgâmetro digital de bancada da marca Hanna Instruments modelo ML 221. O pHgâmetro foi calibrado utilizando-se soluções padrão em pH 7,01 e pH 4,01.

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

3.6.3 Avaliação da Perda de Peso à Cocção

Para a avaliação da perda de peso por cocção foram utilizadas grelhas vazadas com 30 cm de comprimento, 25 cm de largura, colocadas sobre assadeiras de alumínio com 25 cm de comprimento, 20 cm de largura e 4,5 cm de profundidade revestidas de Teflon. Como as amostras eram carne moída foram feitas cestas quadradas de arame fino, de tamanho 10 cm² e 5 cm de altura para a contenção das amostras. Os conjuntos compostos por grelha, cesta e assadeira foram pesados e seus pesos anotados. As amostras de carne moída foram retiradas de sua embalagem original e colocadas sobre os conjuntos, sendo novamente pesados. Em seguida termopares tipo K foram inseridos longitudinalmente até a região central da amostra e acoplados a um termômetro Instrutherm TH-090 tipo K/J. As amostras foram levadas ao forno (Makel), previamente aquecido e estabilizado a 175° C. Quando a temperatura interna atingiu 75°C, os conjuntos foram retirados sendo então resfriados até temperatura ambiente (YOON, 2003; OLIVEIRA, 2006; BUENO, 2008).

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

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

3.6.4. Avaliação da Capacidade de Retenção de Água

Para medir a capacidade de retenção de água, será utilizada a metodologia proposta por Hamm (1960), citado por Souza (2006). Consiste na medição de perda de água liberada quando é aplicada uma pressão

sobre o tecido muscular. Coloca-se um cubo de carne de 0,5 g entre dois papéis de filtro circulares entre duas placas de vidro sob um peso de 10kg por 5 minutos. Posteriormente a amostra é pesada novamente para o cálculo da água perdida. O resultado é expresso em porcentagem de água exudada em relação ao peso da amostra inicial.

3.7 AVALIAÇÃO DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA

A técnica de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico foi utilizada para determinação de oxidação lipídica. A técnica utilizada para essa quantificação é uma modificação daquela descrita por Witte (1970) e Rosmini *et al.* (1996), adaptado por Bueno (2008).

Em um tubo de ensaio, foi colocada a amostra, de 2,0 ± 0,05g, 2,5ml de água destilada e 5ml de ácido tricloroacético utilizado para extração. Os tubos passaram por agitação em vortex (Certomat MV – B. Braun Biotech International) por 2 minutos. Em seguida, 2,5ml de ácido 2-tiobarbitúrico foi acrescentado e o tubo novamente colocado em vortex por um minuto. Os tubos foram centrifugados (Precision Clinical Centricone) por 5 minutos a 1550 rpm, e em seguida filtrados em papel filtro qualitativo em tubos com tampa rosqueada.

Os tubos foram levados à água em franca ebulição por 35 minutos. Depois de resfriados em banho de gelo por 3 minutos, destampados e levados a centrifuga a 1550 rpm por 3 minutos, foi realizada a leitura da absorbância em espectômetro (Femto 700 plus) a 532nm.

Foi necessário traçar uma curva padrão de 1,1,3,3- tetrametoxipropano 3,33 X 10⁻³ mg/Kg formada de 15 diluições decimais sequenciais para quantificação de malonaldeído nas amostras (gráfico 1).

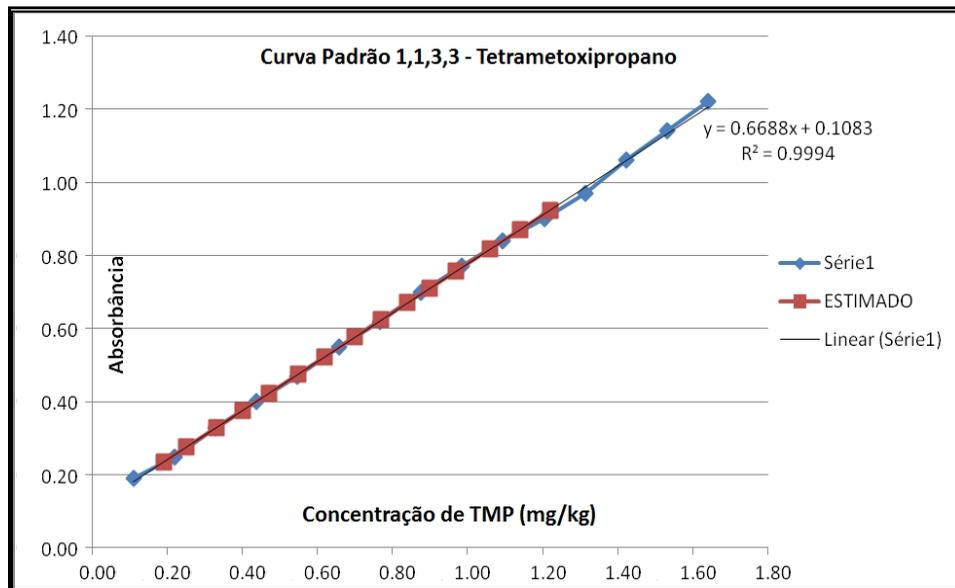


Gráfico 1 - Curva padrão de 1,1,3,3 – Tetrametoxipropano utilizada na quantificação de malonaldeído

Para o cálculo da quantidade de malonaldeído foi utilizado o método proposto por Witte (1970). Os resultados foram expressos em miligramas de malonaldeído por 10 gramas de amostra.

3.8 ANÁLISE EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi realizado em bloco casualizado em parcelas subdivididas, em que as peças de acém foram blocados e as parcelas foram os tratamentos (Controle, Tratamento 1, Tratamento 2 e Tratamento 3) e a subparcelas foram as repetições dentro de cada tempo de armazenagem (0, 2, 4, 8, 16 e 42 dias).

Todos os resultados obtidos, foram submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo sistema SISVAR (Versão 5.0). A comparação de média dessas análises foi realizada empregando o teste de Tukey com 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MICROBIOLOGIA / DETERMINAÇÃO DA PRESENÇA DE SALMONELLA SPP.

Não foi encontrada a presença de *Salmonella* spp. em 25 gramas, em nenhuma das amostras analisadas, fato que as classifica dentro dos padrões mínimos para registro e fiscalização de produtos alimentícios, estipulados pela RDC 12 de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001a).

A *Salmonella* spp. é causadora de graves intoxicações alimentares e no caso de presença em produtos cárneos demonstraria a necessidade de medidas de controle e garantia da segurança alimentar.

Houve crescimento de colônias não identificadas nas amostras controle e com antioxidante, porém nas amostras irradiadas não foram detectados crescimento de

nenhum tipo. Isto pode ser explicado pela capacidade que a irradiação possui de controle da microbiota no alimento, como foi comprovado por Oliveira *et al* (2005), Spoto *et al* (1999), Javanmard (2006), auxiliando na garantia de sua qualidade e inocuidade.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Os dados das tabelas 3, 4, 5 e 6 representam a comparação de médias das análises de composição centesimal relacionadas a umidade, lipídeos, nitrogênio total e protídeos e resíduo mineral fixo durante três momentos de análise (0, 16 e 42 dias). Não houve diferença estatística significativa entre nenhum dos tratamentos (controle, antioxidante, irradiada e antioxidante com irradiação) e entre nenhum dos tempos de

armazenagem utilizados (0, 16, 42 dias) para todos os parâmetros mensurados.

Esses resultados indicam que o tratamento por radiação gama e a adição de antioxidantes não alteraram a composição centesimal da carne moída bovina refrigerada. Esses dados estão em acordo com Mistura (2001), que não encontrou diferenças na quantidade de lipídeos, proteínas, umidade e resíduo mineral fixo de carne bovina submetida a irradiação gama ou não. Bueno (2008), também não encontrou mudanças na composição centesimal de amostras analisadas de peito de frango irradiado e não irradiado. Machado (2009) também avaliou carne bovina moída, em bife e porções de 1,5 Kg congeladas e não encontrou diferenças significativas entre as formas de preparo e os tempos de estocagem (30, 60, 90 e 120 dias).

Tabela 5 - Caracterização da composição centesimal (umidade) de carne bovina moída *in natura*, irradiada, não irradiada e adicionada de antioxidante em três momentos distintos de armazenagem.

Tratamento	Tempo de Estocagem a 2°C (Dias)			Médias (%)
	0*(%)	16*(%)	42*(%)	
Controle	72,41	72,43	72,84	72,56 a
Antioxidante	72,31	71,88	72,02	72,07 a
Irradiada	72,70	72,32	72,19	72,40 a
Antioxidante + Irradiação	71,83	72,27	72,46	72,19 a
Média geral (%): 72,31				
CV (%): 0,48				

CV: Coeficiente de Variação

*Valores em porcentagem de matéria natural

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

Tabela 6 - Caracterização da composição centesimal (lipídeos) de carne bovina moída *in natura*, irradiada, não irradiada e adicionada de antioxidante em três momentos distintos de armazenagem.

Tratamento	Tempo de Estocagem a 2°C (Dias)			Médias (%)
	0*(%)	16*(%)	42*(%)	
Controle	6,75	6,70	6,03	6,50 a
Antioxidante	5,57	6,06	5,88	5,84 a
Irradiada	6,65	6,77	5,89	6,44 a
Antioxidante + Irradiação	6,24	5,75	4,11	5,37 a

Média geral: 6,03

CV (%): 14,93

CV: Coeficiente de Variação

*Valores em porcentagem de matéria natural

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

Tabela 7 - Caracterização da composição centesimal (proteína) de carne bovina moída *in natura*, irradiada, não irradiada e adicionada de antioxidante em três momentos distintos de armazenagem.

Tratamento	Tempo de Estocagem a 2°C (Dias)			Médias
	0*(%)	16*(%)	42*(%)	
Controle	20,30	19,00	21,00	20,10 a
Antioxidante	20,51	20,96	21,41	20,96 a
Irradiada	19,47	20,82	21,84	20,71 a
Antioxidante + Irradiação	19,64	19,79	20,24	19,89 a

Média geral: 20,41

CV (%): 4,23

CV: Coeficiente de Variação

*Valores em porcentagem de matéria natural

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

Tabela 8 - Avaliação de resíduo mineral fixo em amostras de carne moída *in natura*, irradiada, não irradiada e adicionada de antioxidante em três momentos distintos de armazenagem.

Tratamento	Tempo de Estocagem a 2°C (Dias)			Médias
	0*(%)	16*(%)	42*(%)	
Controle	0,93	0,88	0,96	0,92 a
Antioxidante	0,88	0,77	0,86	0,84 a
Irradiada	0,89	0,78	0,89	0,85 a
Antioxidante + Irradiação	0,79	0,78	0,88	0,81 a

Média geral: 0,86

CV (%): 10,25

CV: Coeficiente de Variação

*Valores em porcentagem de matéria natural

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

4.3 QUALIDADE DA CARNE

4.3.1 Cor Objetiva

Na tabela 7 estão representadas a comparação de médias das análises de cor objetiva durante os 42 dias de armazenamento. Na comparação de médias também não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos utilizados e os tempos de armazenagem. Sendo assim a radiação gama e a adição de antioxidante não foram suficientes para afetar a cor objetiva das amostras testadas.

Esses dados estão em desacordo com Ahn *et al* (2004), que avaliou os efeitos da adição de ácido ascórbico e antioxidantes em cor, oxidação lipídica e voláteis de carne moída bovina irradiada, e encontrou modificações significativas tanto na diminuição da vermelhidão da carne quanto em mudanças da cor visual da carne proporcionadas pela irradiação.

Brewer (2004) entretanto, relacionou as modificações da cor causada por irradiação em carnes com a susceptibilidade da molécula de mioglobina, além de vários fatores que podem interferir nessa susceptibilidade como : a condição inicial dessa mioglobina, modificação do potencial de oxidação-redução do tecido, formação de compostos ligantes de compostos orgânicos endógenos e água, temperatura, pH e concentração de mioglobina do sistema. Além disso, o autor citou que para mantermos a cor ideal da carne durante a irradiação pode-se acrescentar antioxidantes na dieta dos animais antes do abate, adicionar antioxidantes diretamente na carne, utilizar embalagem apropriada para armazenamento da carne e ainda durante essa estocagem utilizar um rigoroso controle de temperatura.

Tabela 9 - Avaliação da cor objetiva em amostras de carne moída *in natura*, irradiada, não irradiada e adicionada de antioxidante em três momentos distintos de armazenagem.

Tratamento	Tempo de Estocagem a 2°C (Dias)						Médias
	0	2	4	8	16	42	
Controle	41,55	45,14	41,69	43,64	NR	NR	43,00 a
Antioxidante	44,16	51,86	43,89	43,91	45,76	41,06	45,11 a
Irradiada	36,27	42,99	44,73	43,96	41,30	40,76	41,67 a
Antioxidante + Irradiação	41,88	43,64	42,87	43,09	42,73	40,78	42,50 a

Média geral: 43,46

CV (%): 5,82

CV: Coeficiente de Variação

NR: Não Realizado a amostragem

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

4.3.2 pH

Os dados da tabela 8 representam as comparações de médias das análises de pH durante os 42 dias de armazenagem. Os tratamentos não mostraram diferença estatística segundo as médias gerais. Mas

no tempo de armazenagem 16 e 42 dias houveram diferenças. No tempo 16 as amostras irradiadas obtiveram um resultado maior que as amostras não irradiadas. No tempo 42 a amostra controle ficou com um valor muito mais alto que as outras amostras.

Neste mesmo período a amostra em que foi adicionada o antioxidante e a amostra somente com radiação gama também obtiveram valores estatisticamente iguais. Já a amostra com antioxidante e irradiação obteve um valor bem abaixo que os outros

tratamentos indicando que essa associação foi eficiente no controle do pH.

Vural (2006) analisou almôndegas irradiadas com baixas doses de radiação gama e não encontrou diferenças significativas. Bueno (2008) também não encontrou diferenças estatisticamente significativas na relação de irradiação e variação de pH.

Tabela 10 - Avaliação do pH em amostras de carne moída *in natura*, irradiada, não irradiada e adicionada de antioxidante em três momentos distintos de armazenagem.

Tratamento	Tempo de Estocagem a 2°C (Dias)						Médias
	0	2	4	8	16	42	
Controle	5,91	5,91	5,79	5,69	5,55 a	6,19 a	5,84 a
Antioxidante	5,84	5,80	5,84	5,72	5,46 a	5,88 b	5,76 a
Irradiada	5,83	5,78	5,78	5,80	5,74 b	5,89 b	5,80 a
Antioxidante + Irradiação	5,84	5,75	5,83	5,85	5,75 b	5,69 c	5,78 a

Média geral: 5,80

CV (%): 1,32

CV: Coeficiente de Variação

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

4.3.3 Perda de Peso por Cocção

Os dados da tabela 9 representam as comparações de médias das análises de perda de peso total, gotejamento e evaporação. Para essas análises as amostras foram agrupadas em amostras que sofreram irradiação e amostras que não sofreram irradiação. Não houve diferenças significativas nas médias gerais, o que indica que os tratamentos foram considerados estatisticamente iguais durante os períodos analisados (8, 16 e 42). Ao analisar cada período a única diferença

encontrada foi no período de 42 dias em que o controle obteve menores valores tanto na perda de peso total quando na evaporação, mas essas diferenças não foram significativas.

Esses dados estão de acordo com Bueno (2008), que não encontrou diferenças estatisticamente significativas nos resultados das amostras analisadas em relação aos parâmetros perda de peso por cocção, gotejamento e perda de peso por evaporação.

Tabela 11 - Avaliação da perda de peso total, gotejamento e evaporação em amostras de carne moída *in natura* e irradiada em três momentos distintos de armazenagem.

Tempo	Tratamento	Perda de Peso Total	Gotejamento	Evaporação
Dia 8	Controle	35,41	0,87	34,54
	Irradiada	35,84	0,74	35,10
Dia 16	Controle	31,19	0,94	30,26
	Irradiada	30,30	0,62	29,68
Dia 42	Controle	25,20 a	1,06	24,14 a
	Irradiada	30,08 b	1,31	28,77 b
Média Geral		31,34	0,92	30,42
CV (%)		6,80	11,49	7,07

CV: Coeficiente de Variação

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

4.3.4 Capacidade de Retenção de Água

Os dados da tabela 10 representam as comparações de médias das análises de capacidade de retenção de água. Para essas análises as amostras foram agrupadas em amostras que sofreram irradiação e

amostras que não sofreram irradiação. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos e também na comparação por cada período de análise.

Tabela 12 - Avaliação da capacidade de retenção de água em amostras de carne moída *in natura*, irradiada, não irradiada e adicionada de antioxidante em três momentos distintos de armazenagem.

Tratamento	Tempo de Estocagem a 2°C (Dias)			Médias
	8	16	42	
Controle	0,14	0,20	0,30	0,22 a
Irradiada	0,18	0,18	0,24	0,18 a
Média geral: 0,20				
CV (%): 33,63				

CV: Coeficiente de Variação

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

4.4 OXIDAÇÃO LIPÍDICA

Os dados da tabela 11 representam as comparações das médias dos valores de TBARS (mg MDA/kg de carne).

Foram observadas diferenças significativas durante a análise de médias gerais indicando que existiu diferença entre os tratamentos. Houve ainda diferenças significativas na comparação de três

períodos de análise (0,16 e 42 dias) indicando a evolução da oxidação lipídica durante os períodos de armazenagem (gráfico 2).

Segundo as análises estatísticas das médias gerais as amostras controle e as somente com a adição de antioxidante tiveram médias menores de TBARS do que aquelas que sofreram irradiação.

Na comparação por cada período de estocagem, no período 0 as amostras que não sofreram irradiação tiveram valores menores do que aquelas que passaram por esse tratamento. As amostras irradiadas e irradiadas com antioxidante obtiveram valores maiores de TBARS. Isso condiz com vários trabalhos científicos que mencionam a aceleração da oxidação lipídica em amostras que passaram pela irradiação.

Aos 16 dias de armazenamento as amostras continuaram com a mesma interação, as amostras que não foram submetidas a irradiação apresentaram valores de TBARS mais baixo, e aquelas que foram irradiadas tiveram maiores valores de TBARS.

No período 42 a amostra somente com irradiação gama obteve o maior valor de TBARS, sendo que as outras amostras obtiveram valores estatisticamente iguais de TBARS. Isso indica que a adição de antioxidante manteve os valores de TBARS constantes, ou seja, o eritorbato de sódio foi eficaz na manutenção de níveis baixos de oxidação em amostras irradiadas e pode ser usada para manter a oxidação lipídica em níveis aceitáveis nesse produto.

Lim *et al* (2008) analisou a aplicação de irradiação com a adição de antioxidantes em salsichas fermentadas e apresentou resultados de TBARS condizentes com os resultados encontrados. No momento 0 as amostras não irradiadas apresentaram menores valores de TBARS do que as que passaram por irradiação a 2kGy. As amostras adicionadas de antioxidantes apresentaram valores de TBARS menores durante os períodos analisados como os resultados encontrados acima.

Ahn (2004) avaliou os efeitos da adição de ácido ascórbico e antioxidantes em cor, oxidação lipídica e voláteis de carne moída bovina irradiada e refrigerada a 4° C. Encontrou diferenças entre amostras irradiadas e não irradiadas no início do teste ao mensurar os valores de TBARS. Ao passar do tempo a oxidação lipídica aumentava em todas as amostras mas a taxa de oxidação lipídica de amostras irradiadas eram maiores que as de amostras não irradiadas. Os efeitos dos antioxidantes na carne moída foram mais visíveis após sete dias de armazenagem, mostrando um valor de 40% a menos de TBARS em amostras que foram adicionadas de antioxidantes.

Tabela 13 - Evolução de concentração de malonaldeído em amostras de carne moída *in natura*, irradiada, não irradiada e adicionada de antioxidante em momentos distintos de armazenagem.

Tratamento	Tempo de Estocagem a 2°C (Dias)						Médias
	0*	2*	4*	8*	16*	42*	
Controle	0,18 a	0,19	0,18	0,18	0,19 a	0,22 a	0,19 a
Antioxidante	0,19 a	0,20	0,20	0,19	0,19 a	0,20 a	0,19 a
Irradiada	0,21 b	0,21	0,23	0,20	0,23 b	0,30 b	0,23 b
Antioxidante + Irradiação	0,21 b	0,22	0,20	0,23	0,24 b	0,24 a	0,22 b

Média geral: 0,21

CV (%): 3,50

CV: Coeficiente de Variação

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

* Valores expressos em MDA/Kg de carne

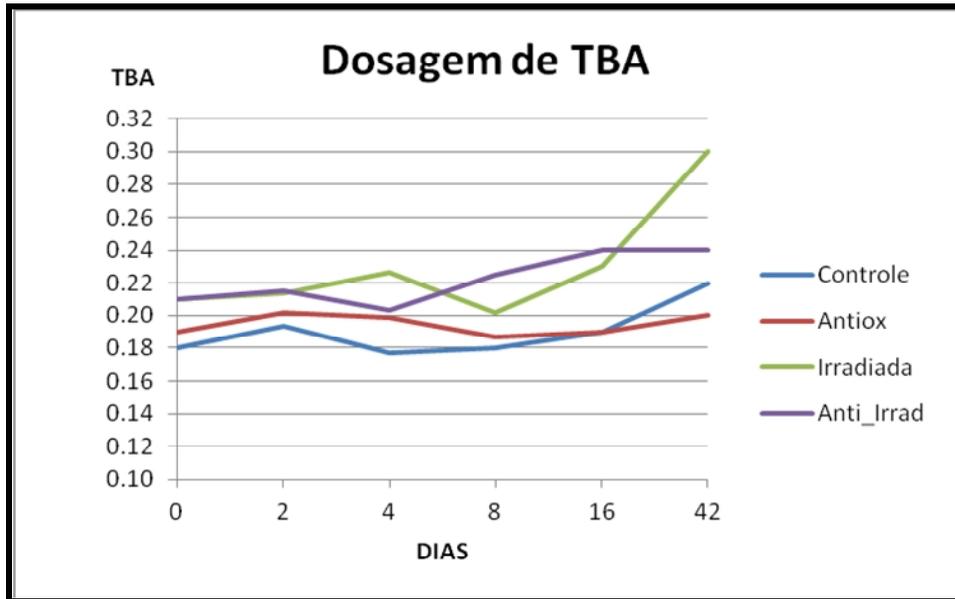


Gráfico 2 - Variação da concentração de malonaldeído na carne moída (MDA mg/kg) durante a estocagem refrigerada (0,2,4,8,16 e 42 dias) submetidas a quatro tratamentos: controle, adição de antioxidante, irradiação e antioxidante com irradiação

CONCLUSÕES

Nas condições de realização desse trabalho pode-se concluir que:

A irradiação é eficiente para manter níveis de qualidade aceitáveis para o produto durante o período de armazenagem de 42 dias, aumentando a sua vida de prateleira, sem interferir na composição centesimal da carne moída bovina *in natura*.

A irradiação acelera a oxidação lipídica da carne e a associação de antioxidante (eritorbato de sódio) e irradiação promoveu a manutenção dos níveis de oxidação lipídica durante os 42 dias analisados. Isso indica que a utilização de antioxidantes de maneira adequada pode melhorar a qualidade de produtos cárneos irradiados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIEC – Associação Brasileira de Indústrias Exportadoras de Carne – *Informe Técnico*, 02/11/2011. http://invertia.terra.com.br/agronegocio/noticias/0,,OI5461410-E118652_00Abiec+eleva+previsao+de+exportacao+de+carne.html.

ABIEC – Associação Brasileira de Indústrias Exportadoras de Carne – *Fluxo da Cadeia*, 2010. http://www.abiec.com.br/download/fluxo_por.pdf.

AL-SHUIBI, A.M.; AL-ABDULLAH, B.M. Substitution of nitrite by sorbate and the effect on properties of mortadella. *Meat Science*, v.62, p.473–478, 2002.

AHN, D.U.; OLSON, D.G; LEE, J.I.; JO, C.; WU, C.; CHEN, X. Packing and irradiation effects on lipid oxidation and volatiles in pork patties. *Journal of Food Science*, v.63, n.1, p. 15-19, 1998a.

AHN, D. U., OLSON, D. G., JO, C., CHEN, X., WU, C., & LEE, J. I. Effect of muscle type, packaging and irradiation on

lipid oxidation volatile production and color in raw pork patties. *Meat Science*, 49(1), 27–39, 1998b.

AHN, D.U. Meat irradiation and meat safety: Prevention of quality changes in irradiated meat and meat products In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY. 2003. Campinas. ANAIS...Campinas: p.81-90, 2003.

AHN, D.U.; NAM, K.C. Effects os ascorbic acid and antioxidants on color, lipid oxidation and volatiles of irradiated ground beef. *Radiation Physics and Chemistry*, v.71, p.149–154. 2004.

ARAÚJO, J.M.A. Química de Alimentos: teoria e prática. 3. Ed. Viçosa: UFV, 478 p. 2004.

ARVANITOYANNIS, I.S.; BLOUKAS, J.G.; PAPPAS, I.; PSOMIADOU, E. Multivariate data analysis of Cavourmas - a Greek cooked meat product. *Meat Science*, v.54, n.1, p.71-75, 2000.

BANDEIRA, M. T. P. S. Qualidade Microbiológica da Carne Bovina. *Monografia* – Universidade de Brasília. Brasília. p25, 2004.

BARRA, A. J. Comparação entre valores de pH e o número de microrganismos psicrotróficos, registrados em carne resfriada de bovino com osso, colhida ao nível de mercado e de indústria. Rio de Janeiro, 1980.

BLISKA, F. M. M. Perspectivas de demanda para o mercado de carne embalada. IN: SEMINÁRIO E WORKSHOP “Preservação e acondicionamento de carne bovina in natura”. Centro de tecnologia de carnes – ITAL. Campinas, 1997.

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria n.612. Oficializa o Sistema Nacional de Tipificação de Carcaças Bovinas. 05/10/1989.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa 20 de 21 de julho de 1999 – Métodos analíticos físico-químicos para controle de produtos cárneos e seus ingredientes – sal e salmoura. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, v. 09 de Setembro, 1999.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa 62 de agosto de 2003 – Métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para o controle de produtos de origem animal e água. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, v. 18 de Setembro, p.14-50, 2003a.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.83. de 21 de novembro de 2003. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Bovina em Conserva (*corned beef*) e Carne Moída de Bovino. 2003b.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.51. de 29 de dezembro de 2006. Adota o Regulamento Técnico de Atribuição de Aditivos, e seus Limites das seguintes Categorias de Alimentos 8: Carne e Produtos Cárneos. 2006.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio 2010/2011 a 2020/2021. Assessoria de Gestão Estratégica – MAPA, EMBRAPA. p. 58, 2011.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, v.10 de Janeiro, 2001a.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 21 de 26 de janeiro de 2001. Regulamento técnico para irradiação de alimentos. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, v. 26 de Janeiro, 2001b.
- BREWER, S. Irradiation effects on meat color – a review. *Meat Science*, v. 68, n.1, p.1-17, 2004.
- BUENO, P.H.S.; Efeitos da radiação gama e do tipo de embalagem sobre as características microbiológicas, físico-químicas e sensoriais de peito de frango refrigerado. Dissertação de Mestrado. *Universidade Federal de Minas Gerais*, Escola de Veterinária. p.59. 2008.
- CANIZARES, M.C.; Qualidade de carne de frango submetida a irradiação ou atmosfera modificada e armazenada por diferentes períodos, [Dissertação] *Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Campus de Botucatu – SP*, 93p. 2008.
- CDTN. Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear. <http://www.cdtm.br/O%20CDTN%20>. Acesso em 20/02/2011. 2011.
- DELAZARI, I. Microbiologia de carnes. *Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 52, p. 25-60, 1977.
- EMBRAPA. Qualidade da carne bovina “Conhecendo a carne que você consome...”. *Anais...Campo Grande*, 1999.
- EPA. United States Environmental Protection Agency. *History of Food Irradiation*.

<http://www.epa.gov/radiation/sources/food/history.html>. Acesso em 20/11/2011.

EVANGELISTA, J. Tecnologia de alimentos. *Editora Atheneu*, Rio de Janeiro, 1987.

FENNEMA, O.R. Química de los alimentos. *Ed. Acribia*, Zaragoza, Spain. p.1095, 1993.

FERIOLI, F. Application of Chromatographic and Spectroscopic Techniques in the Evaluation of the Lipid Fraction of Animal Products. *Tesi per il conseguimento del titolo di Dottore di Ricerca*. Università Degli Studi Di Bologna, Facoltà Di Agraria, Itália. p.1-225, 2007.

FERNÁNDEZ, J., PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A., FERNÁNDEZ-LOPEZ, J.A. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry*, v.59, n.3, p. 345-353, 1997.

FRAZIER, W. C. Microbiologia de los alimentos. *Editora Acribia*, Zaragoza, 1972.

FRAZIER, W. C. e WESTHOFF, D. C. *Food microbiology*. New York: McGraw Hill, 540p. 1988.

GARCIA-ARIAS, M. T. et al. Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets: effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. *Food Chemistry*, v. 83, n. 3, p. 349-356, 2003.

GIRARD, J. P. Tecnologia de la carne y los productos cárnicos. Zaragoza: *Acribia*, 300 p., 1991.

GOKOGLU, N.; YERLIKAYA, P.; CENGIZ, E. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus*

mykiss). *Food Chemistry*, Great Britain, No prelo., 2003.

GOMES, H.A., SILVA, E.N., NASCIMENTO, M.R.L., FUKUMA, H.T. Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. *Food Chemistry*, v.80, p.433-437, 2003.

GRAY, J. I.; PEARSON, A. M. Rancidity and warmed over flavor in *Advances in Meat Research*, v. 3, *AVI Book*, New York, 1987.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food Research Cleveland*, v.10, n2, p.335-443, 1960.

HAMPSON, J.W., FOX, J.B., LAKRITZ, L., THAYER, D.W. Effect of Low Dose Gamma Radiation on Lipids in Five Different Meats. *Meat Science*, v.42, n.3, p.271-276, 1996.

HAYNES, R. B. The bacterial flora developing on stored lean meat, especially with regard to "slimy meat". *J. Hyg.*, Cambridge, v.33, 1933.

HOLDSWORTH, S. D. Thermal Processing of packaged foods. 1 edition. *Blackie Academic and Professional*. London. UK. Chapter 3, p.70-97, 1997.

INSANI; E.M.; EYHERABIDE, A.; GRIGIONI, G.; SANCHO, A.M.; PENSEL, N.A.; DESCALZO, A.M. Oxidative stability and its relationship with natural antioxidants during refrigerated retail display of beef produced in Argentina. *Meat Science*, v.79, p.444-452, 2008.

ISMAIL, H.A.; LEE, E.J.; KO, K.Y; AHN, D.U.. Effects of aging time and natural antioxidants on the color, lipid oxidation and volatiles of irradiated ground beef . *Meat Science*, v.80, p.582-591, 2008.

- JAVANMARD, M.; ROKNI, N.; BOKAIE, S.; SHAHHOSSEINI, G. Effects of gamma irradiation and frozen storage on microbial, chemical and sensory quality of chicken meat in Iran. *Food Control*, v.17, n.6, p.469-473, 2006.
- JAYAS, D. S.; JEYAMKONDAN, S.; Modified Atmosphere Storage of Grains Metas Fruits and Vegetables. *Biosystems Engineering*, 82(3): 235 – 251, 2002.
- JOHN, L., CORNFORTH, D., CARPENTER, C.E., SORHEIM, O., PETTEE, B.C., WHITTIER, D.R. Color and thiobarbituric acid values of cooked top sirloin steaks packaged in modified atmospheres of 80% oxygen, or 0.4% carbon monoxide, or vacuum. *Meat Science*, v.69, p. 441-449, 2005.
- KIM, Y. H., NAM, K. C., & AHN, D. U. Color, oxidation reduction potential and gas production of irradiated meat from different animal species. *Journal of Food Science*, 61, 1692– 1695, 2002.
- KOLAKOWSKA, A. Lipid Oxidation in Food Systems. In: SIKORSKI, Z.E.; KOLAKOWSKA, A. Chemical and Functional Properties of Food Lipids. (Versão digital em: www.crcpress.com). Boca Raton: CRC PRESS, 2003. 2003.
- KOLSARICI, N. e KIRIMCA, G. Effect of radurization on microbiological, chemical and sensorial properties of chicken meats. *Gida*, v.20, n.2, p.67-73, 1995.
- LAWRIE, R. A. The eating quality of meat. In *Meat science* (5th ed.). New York: Pergamon Press. pp. 173–176, 184–188, 2002.
- LIM, D.G.; SEOL, K.H.; JEON, H.J.; JO, C.; LEE, M. Application of electron-beam irradiation combined with antioxidants for fermented sausage and its quality characteristic. *Radiation Physics and Chemistry*. v.77, p.818–824. 2008.
- LOPES, M. V.; OLIVEIRA, A. C.; KORN, M. Perfil físico-químico de carnes bovinas expostas ao consumo em Salvador-BA. *Revista Higiene alimentar*, v. 21, n. 151, p. 82-87, 2007.
- MACHADO, M.M.; Efeito do congelamento e estocagem sobre a qualidade da carne bovina. Dissertação de Mestrado. *Universidade Federal de Minas Gerais*, Escola de Veterinária. p.41. 2009.
- MCDUGALL, D. B. Instrumental assessment of the appearance of foods. In A. A. Williams & K. K. Atkin (Eds.), *Sensory Quality in foods and Beverages. Definition, Measurement and Control*. Chichester, UK: Ellis Horwood, Publishers, pp. 121–139, 1983.
- MENDES, R., CARDOSO, C., PESTANA, C. Measurement of malondialdehyde in fish: A comparison study between HPLC methods and the traditional spectrophotometric test. *Food Chemistry*, v.112, p.1038–1045, 2009.
- MENDONÇA, A. C.; Atividade antioxidante de poliaminas e comparação com produtos naturais e sintéticos. Dissertação de Mestrado. *Universidade Federal de Minas Gerais*, Faculdade de Farmácia. p.87. 2009.
- MERCADANTE, A.Z.; CAPITANI, C.D.; DECKER; E.A.; CASTRO, I.A. Effect of natural pigments on the oxidative stability of sausages stored under refrigeration. *Meat Science*, v.84, p.718–726, 2010.
- MILLAR, S. J., MOSS, B. W., & STEVENSON, M. H. Some observations on the absorption spectra of various myoglobin derivatives found in meat. *Meat Science*, 42, 277–289, 1996.

MILLAR, S. J., MOSS, B. W., & STEVENSON, M. H. The effect of ionizing radiation on the color of beef, pork and lamb. *Meat Science*, 55, 349–360, 2000.

MISTURA, L.P.F.; COLLI, C. Determinação de ferro total e ferro heme em carne bovina irradiada. In: VI CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO, 2001. Florianópolis. ANAIS... São Paulo: Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição, 2001. P. 126-126. 2001.

MOREIRA, J. Causas da ocorrência de carne PSE em frangos de corte e como controlá-las. In: V SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS – AVESUI 2005 Qualidade da Carne de Aves: Enfoque à Industrialização 11,12 e 13 de maio de 2005 – Florianópolis – SC. Disponível na Internet via http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=publicacoes&cod_publicacao=710. 2010.

NANKE, K. E., SEBRANEK, J. G., & OLSON, D. G. Color characteristics of irradiated vacuum-packaged pork, beef and turkey. *Journal of Food Science*, 63, 1001–1006, 1998.

NANKE, K. E., SEBRANEK, J. G., & OLSON, D. G. Color characteristics of irradiated aerobically packaged pork, beef and turkey. *Journal of Food Science*, 64, 272–278, 1999.

NAWAR, W.W. Lipids. In: FENNEMA, O.R. *Food Chemistry*. 3 ed. New York: Marcel Dekker, 1069p. 1996.

NOBEL LECTURES. *Physics 1901-1921*, http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/becquerel-bio.html, Acesso em 20/11/2011, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967.

NORDION SCIENCE ADVANCED HEALTH. *History of Food Irradiation*. <http://www.nordion.com/documents/The-History-of-Food-Irradiation.pdf>. Acesso em 20/11/2011.

NOSKOWA, G. L. Microbiologia de las carnes conservadas por el frio. *Editora Acribia*, Zaragoza, 1978.

OLIVEIRA, A. L.; BUENO, P. H. S.; MACHADO, M. M. Efeitos da radiação gama sobre a força de cisalhamento e perdas de peso ao cozimento de peito de frango. *Revista Higiene Alimentar*. V. 21. n. 150. 2006.

OLIVEIRA, A.D.L.; BUENO, P.H.S.; OLIVEIRA, R.B.P.; PINTO, F.C. E CORREIA, R.F. Efeito da radiação gama e do tipo de embalagem sobre a microbiota de peito de frango armazenado sob refrigeração. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS. 2005. ANAIS... Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2005.

OSAWA, C.C., FELÍCIO, P.E.D., GONÇALVES, L.A.G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: Métodos tradicionais, modificados e alternativos. *Química Nova*, v.28, n.4, p.655-663, 2005.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E.R. et al. *Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne*. 2. ed. Goiânia: Editora UFG, 2001. v. 1. p. 624.

PELCZAR JR, M. J.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. Microbiologia: conceitos e aplicações. 2 ed. São Paulo: Mc Graw-Hill, v. 2, cap. 30: *Microbiologia de Alimentos*, 1997.

PEREIRA, S.C.. Irradiação em alimentos. *Revista Nacional da Carne*, v.234, 2004.

- PEREIRA, A. V.; ROMANELLI, P. F.; SCRIBONI, A. B.; BARBOZA, S. R. *et al.* Estudo de estabilidade sob armazenamento da carne de ema (*Rhea americana*). *Ciência Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 26, n. 2, p. 283-289, 2006.
- PESSOA, G.V.A. e SILVA, E. A. M. Meios de rugai e lisina motilidade combinados em um só tubo para identificação presuntiva de enterobactérias. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, v. 32, p. 97-100. 1972.
- PINHEIRO, R.S.B., *et al.* Composição química e rendimento da carne ovina in natura e assada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 28 (Supl.) p. 154-157, dez. 2008.
- POTTER, N. N.; HOTCHKISS, J. H. *Ciência de los Alimentos*. 5. ed. Zaragoza: *Acribia*, 667 p., 1995.
- PRATA, L. F.; FUDUKA, R. T. *Fundamentos de Higiene e Inspeção de Carnes*. UNESP, 2001.
- PRICE, J. F.; SCHWEIGERT, B. S. *Ciência de la carne y de los productos cárnicos*. Editora *Acribia*, Zaragoza, 1976.
- RAHARJO, S., SOFOS, J.N., SCHMIDT, G.R. Effect of meat curing agents and phosphates on thiobarbituric acid (TBA) numbers of ground beef determined by the aqueous acid extraction TBA-C18 method. *Food Chemistry*, v.47, p.137-143, 1993.
- ROCHA, A.A. – ACRIMAT – Associação de Criadores de Mato Grosso – 19/02/2010 -
<http://www.acrimat.org.br/novosite/noticias/1198>. Acesso em 20/11/2011.
- ROSA, F. C. *et al.* Efeito de métodos de cocção sobre a composição química e colesterol em peito e coxa de frangos de corte. *Revista Ciência Agrotécnica*, v. 30, n. 4, p. 707-714, 2006.
- ROSMINI, M. R., PERLO, F., PEREZ-ALVAREZ, J. A., PAGAN-MORENO, M. J., GAGO-GAGO, A., LOPEZ-SANTOVENA, F. e ARANDA-CATALA, V. Tba test by an extractive method applied to pate. *Meat Science*, v.42, n.1, P. 103-110, 1996.
- SANTIAGO, O. Controle microbiológico de qualidade. *Rev. Inst. Cândido Tostes*, v. 27, n. 165, 1972.
- SATIN, M. *Food Irradiation: A guidebook*. 2 ed. Lancaster: Pa. Technomic Pub. Co., p.211, 1996.
- SATIN, M. Use of irradiation for microbial decontamination of meat: Situation and perspectives. *Meat Science*, v.62, n.3, p.277-283, 2002.
- SGARBIERI, V. C. *Alimentação e nutrição : fator de saúde e desenvolvimento*. Campinas: *Editora da UNICAMP*, 1987.
- SIES, H. Oxidative stress: oxidants and antioxidants. *Experimental Physiology*, v. 82, p. 291-295, 1997.
- SILVA, F.A.M.; BORGES, M.F.M.; FERREIRA, M.A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. *Química Nova*, v. 22, p. 94-103, 1999.
- SISVAR , Versão 5.0, DEX/UFLA, Lavras, MG, 2007.
- SOUZA, C. L.; JOELLE, M. R. S.P.; SILVA, E. C.; OLIVEIRA, R. I. S. R.; Avaliação da qualidade microbiológica e físico-química da carne bovina moída em açougues no municípios de Macapá-AP. *Revista Higiene alimentar*, v. 14, n. 72, p. 60-65, 2000.

- SOUZA, H. B. A. Parâmetros físicos e sensoriais utilizados para avaliação de qualidade da carne de frango. In: V SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS – *AveSui*. Florianópolis-SC, 2006.
- SPOTO, M. H. F.; GALLO, C.R.; ALCARDE, A.R.; GURGEL, M.S.D.A.; BLUMER, L.; WALDER, J.M.M.; DOMARCO, R.E. Gamma irradiation in the control of pathogenic bacteria in refrigerated ground chicken meat. *Scientia Agricola*, v.57, n.3, p.389-394, 1999.
- STEINER-ASIEDU, M.; JULSHAMN, K.; LIE, O. Effect of local processing methods (cooking, frying and smoking) on three fish species from Ghana: part I: proximate composition, fatty acids, minerals, trace elements and vitamins. *Food Chemistry*, Great Britain, v. 40, p. 309-321, 1991.
- TACO 2011. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, 2011. Universidade Estadual de Campinas. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. 4ª Edição Revisada e Ampliada. p. 164, 2011.
- TAPPEL, A. L. The red pigment of pre-cooked irradiated meats. *Food Research*, 22, 408–413, 1957.
- TAPPEL, A. L., GRONINGER, H., & KNAPP, F. W. Relationship of irradiation induced fat oxidation and flavor, color and vitamin changes in meat. Natick, MS: *Quartermaster Food and Container Institute for the Armed Forces*. 1958.
- THAYER, D. W. Food Irradiation: Benefits and Concerns. *Jurnal of Food Quality*, v.13, n.3, p.147-169, 1990.
- TINOCO, I., SAUER, K., & WANG, J. C. Quantum mechanics. In *Physical Chemistry. Principles and Applications in Biological Sciences*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc., pp. 366–411, 1978.
- TRINDADE, M.A., NUNES, T.P., CONTRERAS-CASTILLO C. J., FELÍCIO, P.E. Estabilidade oxidativa e microbiológica em carne de galinha mecanicamente separada e adicionada de antioxidantes durante período de armazenamento a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 28(1): 160-160 168, jan.-mar. 2008.
- TSCHEUSCHNER, H. D. Fundamentos de tecnologia de los alimentos. Zaragoza: *Acribia*, 746 p., 2001.
- UNFPA. United Nations Population Fund. *Notícias*, 31/10/2011. <http://www.unfpa.org.br/novo/>. Acesso em 20/11/2011.
- USDA. USDA Issues Final Rule on Meat and Poultry Irradiation. Washington, D.D.: *U.S. Dept. of Agriculture*, 1999.
- VURAL A. e AKSU H. Effects of gamma irradiation on the microbiological and physico-chemical quality of meatballs. *Medycyna Weterynaryjna*, v.62, n.9, p.1011-1015, 2006.
- YU, L. H.; LEE, E. S.; JEONG, J. Y. *et al.* Effects of thawing temperature on the physicochemical properties of pre-rigor frozen chicken breast and leg muscles. *Meat Science*, v.71, p. 375–382, 2005.
- WALKER, R.J. O desafio de alimentar 7 bilhões de pessoas. <http://envolverde.com.br/sociedade/mundo-sociedade/o-desafio-de-alimentar-7-bilhoes-de-pessoas/>. 04/11/2011. Acesso em 06/11/2011.
- WITTE, V. C., KRAUSE, G. F. e BAILEY, M. E. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of

pork and beef during storage. *Journal of Food Science*, v.35, n. 1, p.582-585, 1970.

ZEN, S. A cadeia da carne bovina no Brasil. Professor da Esalq/USP; e-mail: gscbarro@pacu.esalq.usp.br. Artigo publicado em 20/06/2000. Disponível na internet via <http://www23.sede.embrapa.br:8080/aplic/rumos.nsf/f7c8b9aeabc42c8583256800005cfec7/d2a63b479fd1e45d8325690400523d93?OpenDocument> Capturado em 31/03/2010.