

FERNANDO JOAQUIM XAVIER ALVES

**EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA NA VALIDADE COMERCIAL DA CARNE DE
CORDEIROS SANTA INÊS EMBALADA Á VÁCUO E FRIGORIFICADA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor. Área de concentração: Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal

Orientador: Prof. Dr. Teófilo José Pimentel da Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Robson Maia Franco

Niterói

2008

FERNANDO JOAQUIM XAVIER ALVES

**EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA NA VALIDADE COMERCIAL DA CARNE DE
CORDEIROS SANTA INÊS EMBALADA A VÁCUO E FRIGORIFICADA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Medicina Veterinária – Área de Concentração em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal.

Aprovado em 30 de dezembro de 2008

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Teófilo José Pimentel da Silva - Orientador
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Hélio de Carvalho Vital
Prof. Pesquisador CTEEx

Prof. Dr. Fabio da Costa Henry
Universidade Estadual do Norte Fluminense

Prof. Dr. Robson Maia Franco – Co-Orientador
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dra. Mônica Queiroz de Freitas
Universidade Federal Fluminense

Niterói

2008

O que fazemos no mundo, ecoa na eternidade...

Maximus Decimus Meridius

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, a DEUS, por estar sempre a meu lado; a minha mãe “in memoriam” e a meu pai, por moldarem o homem que hoje sou; a minha família: Luci, Ana Carolina e Fernando, por serem a minha força e o esteio que me segura e leva para frente.

Ao professor Teófilo José Pimentel da Silva, por ser o meu exemplo acadêmico e me acompanhar em mais esse grande passo...

Ao professor Robson Maia Franco, por seus conhecimentos e por estar sempre disposto a ajudar aos que precisam dele.

Ao professor Helio de Carvalho Vital, pela sua importantíssima ajuda e por me permitir partilhar de sua inteligência.

À professora Eliane Teixeira Mársico, pela amizade e pelo uso do laboratório de controle físico-químico de alimentos.

À Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Higiene Veterinária e professora Mônica Queiroz de Freitas, pela análise sensorial e pela imprescindível ajuda nas análises estatísticas.

Aos professores Sérgio Carmona de São Clemente, Francisco Carlos, Geraldo Abreu, Henrique Pardi, Luis Antônio Trindade de Oliveira, Zander Barreto de Miranda e Sérgio Borges Mano, pelos ensinamentos, pelo carinho e pelos exemplos.

À professora Regina Della Modesta e ao técnico José Carlos Sá Ferreira, da EMBRAPA Agroindústria, por possibilitarem a análise instrumental de cor.

Ao professor Marcelo Figueiredo da Silva pelo apoio nas análises de TBARS e pela gentileza em me receber no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Farmácia da UFF.

Aos amigos e às amigas do curso de Pós-graduação em Medicina Veterinária.

Aos meus amigos de fé, que sempre estão ao meu lado e têm sempre uma palavra de incentivo.

Finalmente, mas não em último lugar e mais uma vez, a DEUS e ao meu São Jorge Guerreiro, por estarem sempre ao meu lado e me estenderem a mão nos momentos mais difíceis da minha caminhada.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS, p. 9

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS, p. 12

RESUMO, p. 14

ABSTRACT, p. 15

1 INTRODUÇÃO, p. 16

2 REVISÃO DE LITERATURA, p. 18

2.1 MERCADO DA CARNE OVINA, p. 18

2.2 CONSERVAÇÃO DA CARNE PELO FRIO, p. 19

2.3 IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS, p. 21

2.4 IRRADIAÇÃO DE CARNES, p. 25

2.5 EFEITOS DA IRRADIAÇÃO SOBRE OS MICRORGANISMOS, p. 26

2.6 EFEITOS DA IRRADIAÇÃO SOBRE COLORAÇÃO, ODOR E pH DAS CARNES, p.
32

2.7 EFEITOS DA IRRADIAÇÃO SOBRE OS LIPÍDIOS, p. 36

2.8 EFEITOS DA IRRADIAÇÃO SOBRE A ATIVIDADE DE ÁGUA DAS CARNES, p. 39

2.9 DETECÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE CARNES IRRADIADAS, p. 40

2.10 IRRADIAÇÃO DE CARNES E A ANÁLISE SENSORIAL, p. 41

3 DESENVOLVIMENTO, p. 44

3.1 EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA SOBRE A CONTAMINAÇÃO DA CARNE RESFRIADA DE CORDEIRO SANTA INÊS, p. 44

3.2 EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA SOBRE A CONTAMINAÇÃO DA CARNE CONGELADA DE CORDEIRO SANTA INÊS, p. 63

3.3 EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA NA VALIDADE COMERCIAL DA CARNE RESFRIADA DE CORDEIRO SANTA INÊS, p. 80

3.3 EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA NA VALIDADE COMERCIAL DA CARNE CONGELADA DE CORDEIRO SANTA INÊS, p.106

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS, p. 133

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS, p. 135

LISTA DE TABELAS

1° ARTIGO

Tabela 1: Valores médios das contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicotróficas (log₁₀ UFC/g) das amostras resfriadas de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias), p. 52

Tabela 2: Valores médios da enumeração de *Enterococcus* spp. (log₁₀ NMP/g) das amostras resfriadas de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias), p. 54

Tabela 3: Valores médios da medição de pH das amostras resfriadas de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias), p. 55

2° ARTIGO

Tabela 1: Valores médios das contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicotróficas (log₁₀ UFC/g) em carne de cordeiro congelada (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em relação ao tempo de estocagem (01 dia, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p. 70

Tabela 2: Valores médios da enumeração de *Enterococcus* spp. (log₁₀ NMP/g) em carne de cordeiro congelada (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em relação ao tempo de estocagem (01 dia, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p. 72

Tabela 3: Valores médios da medição de pH das amostras congeladas a – 18 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 90 dias e 540 dias), p. 73

Tabela 4: Valores médios da Atividade de água das amostras congeladas a – 18 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 90 dias e 540 dias), p. 74

3° ARTIGO

Tabela 1: Valores médios do número de ácido tiobarbitúrico (mg Mal/kg) das amostras resfriadas de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias), p. 90

Tabela 2: Valores médios do índice de peróxido (Meq O₂/g) das amostras resfriadas de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias), p. 92

Tabela 3: Valores médios da medição de pH das amostras resfriadas de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias), p. 93

Tabela 4: Valores médios do teste de aceitação sensorial referente ao atributo aroma da carne de cordeiro resfriada de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias), p. 94

Tabela 5: Valores médios do teste de aceitação sensorial referente ao atributo sabor da carne de cordeiro resfriada de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias), p. 96

Tabela 6: Valores médios do teste de aceitação sensorial referente ao atributo cor (carne crua) da carne de cordeiro resfriada de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias), p. 97

Tabela 7: Valores médios do teste de aceitação sensorial referente ao atributo impressão global da carne de cordeiro resfriada de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias), p. 99

4° ARTIGO

Tabela 1: Valores médios do número de ácido tiobarbitúrico - TBARS (mg Mal/kg) das amostras congeladas a – 18 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p. 115

Tabela 2: Valores médios do índice de peróxido (Meq O₂/g) das amostras congeladas a – 18 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p. 116

Tabela 3: Valores médios da medição de pH das amostras congeladas a – 18 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 90 dias e 540 dias), p. 117

Tabela 4: Valores médios da análise instrumental de cor (L^* , a^* e b^*) das amostras congeladas a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia e 540 dias), p. 119

Tabela 5: Valores médios do teste de aceitação sensorial referente ao atributo aroma da carne de cordeiro congelada a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em função do tempo de estocagem (01 dia, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p. 120

Tabela 6: Valores médios do teste de aceitação sensorial referente ao atributo sabor da carne de cordeiro congelada a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em função do tempo de estocagem (01 dia, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p. 122

Tabela 7: Valores médios do teste de aceitação sensorial referente ao atributo cor da carne de cordeiro congelada a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em função do tempo de estocagem (01 dia, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p. 123

Tabela 8: Valores médios do teste de aceitação sensorial referente ao atributo impressão global da carne de cordeiro congelada a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em função do tempo de estocagem (01 dia, 180 dias, 360 dias e 540 dias), p. 124

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ADQ Análise Descritiva Quantitativa
AIEA Agência Internacional de Energia Atômica
ANVISA Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATP Adenosina trifosfato
CIE “Commission Internationale de l'Éclairage”
CRA Capacidade de Retenção de Água
 ^{60}Co Cobalto 60
 ^{137}Cs Césio 137
DE Dibrometo de etileno
DVA Doenças Veiculadas por Alimentos
FAO “Food and Agriculture Organization”
FDA “Food and Drug Administration”
FSIS “Food and Safety Inspection Service”
G Gauss
GHz GigaHertz
Gy Gray
IAEA “International Atomic Energy Agency”
ICGFI “International Consultive Group on Food Irradiation”
JECFI “Joint Expert Committee on Food Irradiation”
kGy Quilogray
log Logaritmo de base decimal
mW miliWatts
M Molar
meqO₂ miliequivalente de oxigênio peroxídico
Mev Mega elétron-Volt
ME Metilbrometo
nm Nanômetro
N Normal
NMP Número Mais Provável
OE Óxido de etileno
pH potencial Hidrogeniônico
RES Ressonância Elétron Spin
RPE Ressonância Paramagnética Eletrônica
RDC Resolução de Diretoria Colegiada

TBA "Thiobarbituric Acid"
TBARs "Thiobarbituric Acid Reative Substances"
TEP Tetraetoxipropano
TS0,002N Tiosulfato Sódico 0,002N
USDA "United States Department of Agriculture"
UFC Unidade Formadora de Colônias
UFF Universidade Federal Fluminense
WHO World and Health Organization
µm Micrômetro

RESUMO

A carne ovina vem ocupando papel de destaque no mercado de carnes brasileiro, evoluindo bastante nos últimos anos. Mesmo sem apresentar um crescimento em números absolutos no rebanho nacional, ocorreu uma melhor distribuição do plantel nacional em todas as regiões, exceto nos estados do Sul. O Nordeste hoje apresenta um grande potencial para a criação de ovinos, com a Bahia possuindo o segundo maior plantel do País, atrás apenas do Rio Grande do Sul. O consumo da carne ovina vem aumentando, devido à descoberta do ácido linoléico conjugado, componente dos músculos de ruminantes, mais notadamente do ovino, e que vem recebendo uma grande atenção por parte dos nutricionistas. Com esse aumento de interesse, torna-se cada vez mais importante oferecer ao consumidor um produto seguro, de qualidade e, ao mesmo tempo, com altos valores nutricionais e saboroso. A irradiação de alimentos aparece como uma tecnologia alternativa para a conservação de alimentos, visto que, em baixas doses atende aos objetivos e em pouco altera as características sensoriais da carne ovina. Foram realizadas análises bacteriológicas, físico-químicas e sensoriais em amostras de perna ou pernil de seis cordeiros, abatidos em um frigorífico sob inspeção estadual. As pernas foram congeladas a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, serradas transversalmente com serra fita, embaladas à vácuo e irradiadas com radiação gama (3 e 5 kGy) em uma planta industrial e uma parte das amostras foi resfriada a $0 - 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e estocada por até 30 dias, enquanto outra parte foi congelada a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ e estocada por até 540 dias. Durante os referidos períodos, foram realizadas análises físico-químicas, bacteriológicas e sensoriais nas amostras resfriadas (dias 1, 15 e 30) e nas amostras congeladas (1 dia, 180 dias, 360 dias e 540 dias). Através das análises estatísticas, observou-se que os valores de pH declinaram nas amostras resfriadas, irradiadas ou não e aumentaram nas amostras congeladas, irradiadas ou não. Nas análises físico-químicas de TBARS e índice de peróxido, observaram-se maiores valores nas amostras irradiadas. Nas análises bacteriológicas, observaram-se maiores contagens nas amostras controle, não irradiadas. A ação da irradiação foi demonstrada nas amostras irradiadas, tanto nas amostras congeladas como também nas amostras resfriadas, não se observando crescimento de *Enterococcus* spp. Na atividade de água, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras controle e irradiada. Em relação à análise sensorial, os escores foram melhores nas amostras irradiadas, evidenciando uma maior aceitação do produto irradiado por parte dos julgadores. Mesmo em análise de cor, que costuma apresentar resultados menos satisfatórios, nas amostras irradiadas foram obtidos bons resultados, evidenciando pequenas ou até mesmo imperceptíveis alterações sensoriais. Durante todo o processo de estocagem, as amostras mantiveram-se próprias para o consumo.

Palavras chave: Cordeiros, radiação gama, vida comercial, segurança alimentar.

ABSTRACT

The ovine meat is occupying prominence paper in the Brazilian meat market of meats Brazilian, developing in the last years. Even without presenting a growth in absolute numbers in national flock, it shown a better distribution of the national stock in all the areas, except in the states of the South. The Northeast today presents a great potential for ovine creation, with Bahia possessing the second largest flock of sheep of the country, just behind Rio Grande do Sul. The consumption of ovine meat is increasing, due to the discovery of the conjugated linolenic acid, component of muscles of ruminant, more especially of the ovine, and is receiving a great attention by the nutritionists. With that increase of interest, it becomes more and more important to offer to the consumer a safe product, of quality and, at the same time, with high nutritional values and tasty. The irradiation of food appears as an alternative technology for food conservation, because, in low doses it assists to the objectives and little changes on the sensorial characteristics of ovine meat. Bacterial, physical-chemical and sensorial analysis in the leg or ham of six lambs, slaughtered in an abattoir under State Inspection. The legs were frozen (- 18 °C), sawed obliquely with band saw, vacuum wrapped and irradiated with radiation (3 kGy and 5 kGy) in an industrial plant and a part of the samples was refrigerated to 0 - 2 °C and stored for up to 30 days, while other part was frozen to - 18 °C and stored for up to 540 days. During referred periods, bacteriological, physical-chemical and sensorial analysis were accomplished in refrigerated samples (days 1, 15 and 30) and in frozen samples (days 1, 180, 360 and 540). Through statistical analysis, was observed that pH values refused in refrigerated samples, irradiated or not and increased in frozen samples, irradiated or not. On the physical-chemical analysis of TBARS and peroxide index, were observed larger values in irradiated samples. On the bacteriological analysis, were observed larger counts in control samples, not irradiated. The action of radiation was demonstrated in irradiated samples, frozen and refrigerated, not observing *Enterococcus* spp growth. On water activity, there was no different significance ($p>0,05$) among not irradiated (control) and irradiated samples. In relation to sensorial analysis, the scores were better in irradiated samples, evidencing a larger acceptance of irradiated product by the judges. Even in color analysis, that commonly present less satisfactory results, irradiated samples obtained good results, evidencing small or even imperceptible sensorial changes. During whole storage process, the samples presented satisfactory conditions to consumption.

Key words: lamb, irradiation, shelf life, food safety, analysis.

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento na utilização da carne ovina na alimentação, devido à descoberta da presença de ácidos graxos essenciais de interesse para a nutrição humana em sua composição, o agronegócio da carne ovina encontra-se em crescimento. Esse aumento está diretamente relacionado a uma maior distribuição do rebanho brasileiro, ainda hoje muito restrito aos estados do sul do país. Entretanto, há uma melhoria no plantel ovino em outros estados, principalmente no Nordeste e no Centro-Oeste do Brasil. A Bahia hoje possui o segundo maior rebanho brasileiro, perdendo apenas para o Rio Grande do Sul, que ainda responde sozinho por 75% da produção nacional. O ácido linoléico conjugado, um dos ácidos graxos oriundos da carne ovina, está sendo considerado de muita importância para a nutrição humana por suas propriedades medicamentosas e dietéticas, fazendo com que a carne e outros produtos de origem ovina hoje estejam presentes na lista de alimentos funcionais, promovida pelos nutricionistas. Torna-se então importante a determinação da validade comercial da carne ovina, objetivando uma melhoria nas condições de comercialização e consumo da mesma. As indústrias hoje procuram cada vez mais proteger a seus produtos e aos seus consumidores, através de ações visando a manutenção das características sensoriais das carnes consumidas. A conservação pelo frio é utilizada como um método prático e de fácil aplicação para a manutenção das características da carne ovina, para evitar o aparecimento de odores e sabores desagradáveis, característicos de deterioração dos alimentos. Concomitantemente, a irradiação hoje é reconhecida como uma excelente tecnologia que favorece a conservação de alimentos, possuindo, no entanto, algumas limitações relativas às características sensoriais das carnes, que podem sofrer alterações como efeitos da irradiação sobre os lipídios

presentes na composição cárnea. A irradiação é uma tecnologia alternativa e de ponta, muito usada com o intuito de preservação dos alimentos e eliminação da microbiota contaminante e/ou deteriorante. A irradiação nos alimentos não oferece riscos significativos à saúde humana, independentemente da dose, embora doses excessivas possam prejudicar a aceitação dos produtos. Uma das principais preocupações em relação ao uso da irradiação de alimentos é a sua ação sobre os lipídios, promovendo uma aceleração na oxidação e na formação de compostos voláteis e sulfurados, além de degradação lipídica e promoção do aumento nos valores de TBARS e índice de peróxidos, característicos da degradação lipídica. Entretanto, a irradiação tem um papel importante na eliminação da microbiota deteriorante e/ou contaminante, aumentando a segurança do alimento e seu prazo de validade comercial. Em geral, o processo aumenta a qualidade higiênica do alimento e promove poucas alterações em suas propriedades nutricionais. A irradiação é, portanto, uma grande aliada nos dias de hoje, quando se deseja aumentar o prazo de validade comercial de um produto, visando um maior período de comercialização, com os mesmos ou maiores níveis de segurança para o alimento. Tendo em vista que doses entre 2 e 7 kGy, dependendo do alimento, são suficientes para eliminar com eficiência bactérias patogênicas e saprófitas. Sob condições tropicais, a carne de cordeiros é altamente susceptível à contaminação bacteriana e torna-se imprópria para o consumo em 16 a 18 horas, mas se mantida em temperatura de refrigeração, tem sua validade comercial aumentada para alguns dias. O objetivo do presente experimento foi a identificação da validade comercial do produto, a partir de análises físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais das amostras irradiadas e não irradiadas de perna ou pernil ovino, correlacionando-a com a dose utilizada, o tempo de estocagem e a interação entre os mesmos. Todos os resultados foram tratados estatisticamente usando o ANOVA segundo delineamento inteiramente casualizado, por dose de radiação e tempo de estocagem.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Serão enfocados aspectos inerentes ao experimento, como o mercado da carne ovina, conservação pelo frio, Irradiação de alimentos, ações do uso da tecnologia de irradiação sobre os microrganismos, coloração, odor e pH das carnes, ação da irradiação sobre lipídeos e atividade de água das carnes, detecção e identificação de carnes irradiadas e análise sensorial.

2.1 MERCADO DA CARNE OVINA

Atualmente, a carne ovina tem ocupado um papel de destaque no mercado de carnes brasileiro, tendo evoluído bastante e apresentado incrementos a cada ano, relativos à produção, formalização da produção e consumo. Embora o rebanho ovino brasileiro não tenha crescido muito nos últimos 10 anos (13,856 milhões de cabeças em 2006 contra 13,954 milhões de cabeças em 1996), foi observada a expansão da população ovina em quase todas as regiões do país, exceto na região Sul, onde se observou uma queda gradativa, iniciada após a crise da lã ocorrida na década de 90, visto que esse produto era o maior atrativo comercial do ovino na região Sul. O Nordeste apresentou um salto muito grande em termos quantitativos, passando de quase 7,0 milhões de cabeças em 1995 para quase 8,0 milhões de cabeças em 2006, mostrando o grande potencial da região (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2007). A produção brasileira de carne ovina por estados concentra-se, em sua maioria, no Rio grande do Sul, responsável por 75,3% da produção nacional, seguido pelo estado da Bahia, responsável por 7,3%, segundo dados do Ministério da

Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. O agronegócio da carne ovina encontra-se, portanto, aquecido, apresentando grandes possibilidades de desenvolvimento (BRASIL, 2007).

O consumo da carne ovina, embora ainda não apresente o crescimento esperado no mercado, já vem recebendo hoje uma maior atenção, devido às recentes descobertas de que os músculos de ruminantes, especialmente do ovino, têm uma alta concentração de ácido linoléico conjugado, um microcomponente lipídico de grande interesse para os nutricionistas. A importância dessa substância é tão grande que já justificou a inclusão de alimentos originados de ruminantes na lista de alimentos funcionais (HASLER, 2002).

O ovino Santa Inês vem sendo há muito difundido no Brasil tropical, devido à sua rusticidade, produtividade e de grande habilidade materna, em diversos climas brasileiros, sendo uma raça de duplo propósito: carne e pele (ASSOCIAÇÃO DOS CRIADORES DE CAPRINOS E OVINOS DA BAHIA, 2008).

A perna é o corte ovino mais utilizado, juntamente com a costeleta, para consumo *in natura*. A perna, a qual é comercializada com sua base óssea, constitui-se da região sacrococcígea, região pélvica e membro pélvico (PARDI et al., 2001).

2.2 CONSERVAÇÃO DA CARNE PELO FRIO

É fundamental que as indústrias processadoras de carne disponibilizem um produto com qualidade sensorial compatível com a demanda e o desejo dos consumidores, além de conhecer os fatores externos e internos que podem alterar essas características, pois atualmente observa-se uma grande procura do consumidor por alimentos congelados, devido à desconfiança em relação à qualidade sensorial do produto cárneo fresco (BRYHNI et al., 2002).

Odores e sabores desagradáveis estão entre os principais sinais encontrados em alimentos deteriorados e podem originar conseqüências econômicas sérias. O emprego de recursos rápidos e eficazes na identificação dos agentes que os produzem, além de viabilizar estratégias para evitar tais deficiências, faz-se essencial para o mercado. Igualmente importante é a utilização de meios para garantir a validade comercial, prevenindo a deterioração durante o desenvolvimento de novos produtos ou modificações daqueles já existentes. Análises sensoriais e/ou microbiológicas são as mais utilizadas para esse propósito pelas indústrias (DAINTY, 1996).

A importância da Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) para as operações de abate é prevenir, eliminar ou reduzir a prevalência de patógenos específicos na matéria prima crua e limitar a contaminação microbiológica ao menor nível possível durante as operações de abate, evisceração e os processamentos seguintes (SIERRA et al., 1997).

O resfriamento *post mortem* é muito importante na definição da microestrutura e das características da carne, principalmente para maciez, capacidade de retenção de água e coloração (ZAMORA ET AL., 1996).

Há vários anos, o resfriamento rápido, o qual visa a uma maior economia, vem sendo utilizado para diminuir a perda de peso e reduzir o crescimento da microbiota inicial. O processo consiste da aplicação de temperaturas entre -5 e -8 °C durante as primeiras duas horas, seguida de um retorno à temperatura normal de resfriamento, entre 0 e 4 °C, impedindo o encurtamento das fibras musculares pelo frio (PARDI et al., 2001).

Redmond et al. (2001) analisaram a influência da temperatura sobre a carne de cordeiro em um experimento usando -20 °C durante as 3,5 primeiras horas e, em seguida, 4 °C durante as demais 20,5 horas. Os resultados foram então comparados com aqueles obtidos no resfriamento normal de 24 horas a 4°C. Dessa forma, o autor comprovou não existir diferença significativa na maciez das carnes de cordeiro

submetidas a esses dois tratamentos, o que foi atribuído a não alteração da velocidade das reações proteolíticas, responsáveis pelas mudanças de textura dos músculos.

Para resfriamento de carcaças, a temperatura deve oscilar entre 0 e 4 °C por 18 a 24 horas para bovinos e de 12 a 18 horas para suínos, tempos necessários para promover a transferência de calor apropriada, visando ao desenvolvimento do *rigor mortis*, o qual sofre influência do metabolismo celular. A redução do pH ocorre de forma gradual, prevenindo o encurtamento das fibras pelo frio e mantendo a qualidade microbiológica (PARDI et al., 2001).

2.3 IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS

O processo de irradiação, que pode ser visto como um método de pasteurização a frio (sem produção de aquecimento), utilizado para controlar doenças de origem alimentar causadas por microrganismos patogênicos e parasitas, em alimentos que são consumidos crus ou parcialmente processados, além de possuir a característica única de poder ser aplicada em alimentos congelados (FARKAS, 1998; LOAHARANU, 1996).

O processo de irradiação consiste em expor os alimentos a radiações ionizantes, tais quais os raios gama, raios X e feixes de elétrons, que são capazes de promover modificações a nível molecular, lesionando ou destruindo células vivas e, conseqüentemente, esterilizando alimentos para estocagem em temperatura ambiente, controlando microrganismos patogênicos, retardando a maturação de frutas frescas, controlando infestações de insetos, diminuindo o desperdício de alimentos frescos ou inibindo o brotamento em alguns vegetais. Segundo a “World Health Organization” (WHO) e o “Food and Drug Administration” (FDA) dos Estados Unidos, extensas pesquisas científicas já comprovaram que alimentos irradiados são seguros para a alimentação (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2000). Radiações ionizantes são partículas ou fótons que possuem energia suficiente para produzirem partículas eletricamente carregadas nos materiais com os quais entrem em contato (HERNANDES et al., 2003).

No Brasil, a resolução RDC nº 21, de 26/01/2001, aprovou o “Regulamento Técnico para a Irradiação de Alimentos”, o qual permite a irradiação de qualquer alimento, com a condição de que a dose máxima absorvida seja inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e/ou atributos sensoriais do alimento e que a dose mínima absorvida seja suficiente para alcançar o objetivo pretendido (BRASIL, 2001).

A irradiação de alimentos teve início no começo do século XX, após a descoberta dos raios X por Wilhem Konrad Roetgen em 1895, e da radioatividade no ano seguinte, por Antoine Henri Becquerel. Na década de 30, ocorreu o renascimento da irradiação, com o desenvolvimento de aceleradores de elétrons. Após a segunda guerra mundial, quando foram construídos os primeiros reatores nucleares, que viabilizaram o uso dos radioisótopos cobalto-60 e o cézio-137 em maior escala. Várias pesquisas foram então realizadas, permitindo aos autores a observação dos efeitos biológicos da radiação ionizante em organismos vivos, na busca por aplicações práticas para a radiação (SATIN, 2002).

O tratamento por irradiação é considerado um processo prático para a preservação de alimentos e está sendo usado em vários países do mundo para estender a validade comercial e melhorar a qualidade higiênica de alimentos crus e processados, além de ser um dos mais estudados processos de preservação de alimentos. A irradiação ocasiona o rompimento de ligações químicas, produzindo radicais livres e íons (CHAWLA et al., 2002).

Num estudo realizado na Holanda em 2002, foi analisado o comportamento do consumidor diante de informações favoráveis e desfavoráveis acerca da irradiação de alimentos. A pesquisa permitiu visualizar que os aspectos relativos às limitações do processo produziram um efeito maior do que aqueles focados em suas vantagens. Essa mesma tendência se repetiu quando a informação negativa era reconhecidamente plantada por associações de consumidores e escrita em linguagem não-científica. Esse

estudo foi repetido quatro vezes e, em todas, permitiu que os autores visualizassem o mesmo resultado, indicando que a informação relativa a riscos e perigos da irradiação teve maior efeito do que as informações relativas aos benefícios da tecnologia (FOX et al., 2002).

Existem no mínimo dez categorias de produtos autorizados a passar por tratamento por irradiação nos EUA, incluindo carnes não-cozidas de frango, boi, carneiro, cabra e porco. A irradiação de carne bovina nos EUA iniciou em maio de 2000, usando-se um aparelho com um feixe de elétrons de alta energia. Inicialmente, 200 mil toneladas de carne foram irradiadas por semana e vendidas para 84 estabelecimentos. A partir de junho de 2001, os produtos irradiados e rotulados passaram a ser vendidos em mais de 1000 estabelecimentos de 22 estados para atender a crescente demanda (SATIN, 2002).

A maior vantagem do processo de irradiação está nas poucas alterações provocadas nos componentes dos alimentos. Além disso, muitas dessas alterações ocorrem em outros processos, como congelamento, envasamento ou desidratação (SANTOS et al., 2003).

Várias organizações americanas que aprovaram o uso do alimento irradiado exigem que esse alimento seja claramente rotulado, além do símbolo de alimentos irradiados – a Radura – também presente no rótulo. Informações retiradas de pesquisas de mercado indicam que o consumidor prefere que o alimento irradiado esteja rotulado, pois reconhecem que o alimento irradiado possui menores possibilidades de veiculação de patógenos. A rotulagem também oferece ao consumidor a oportunidade de receber informações explicando a razão da aplicação da irradiação daquele alimento, além de prover a opção entre consumir ou não um alimento irradiado (LOAHARANU, 2003).

A radioresistência de um organismo é indicada pela dose de inativação, medida em kilogray – kGy (1 Gy = 1 Joule/kg), necessária para inativar 90% da população (TALLENTIRE, 1980). A resistência está relacionada com vários fatores, como

temperatura, meio em que o microrganismo se encontra (mais ou menos complexo), atmosfera, tipos de célula (Gram positiva ou Gram negativa) e idade fisiológica das células (SANTOS et al., 2003).

A irradiação de alimentos já havia sido aprovada por mais de 50 países em março de 2003 e colocada em prática com sucesso em mais de 30 países, incluindo aqueles tecnicamente avançados, como Canadá, França, Japão, Holanda, Bélgica, África do Sul, Reino Unido, Áustria e Estados Unidos. O Japão foi o primeiro país a comercializar produtos irradiados (batatas) e a usar a irradiação, em escala comercial, objetivando a inibição de brotamento. Anualmente, 15000 toneladas métricas de batatas são irradiadas naquele país. O “Codex General Standard for Irradiated Foods”, promulgado em 1980, reconheceu a segurança de alimentos irradiados com doses de até 10 kGy. No entanto, em novembro de 2002, com base em recomendações do grupo de estudo em irradiação em altas doses do “Food and Agriculture Organization” – FAO/ “International Atomic Energy Agency” – IAEA/ “World Health Organization” – WHO, foi removido o limite de 10 kGy de dose, tendo em vista que dezenas de estudos científicos permitiram observar que, independentemente da dose, não ocorreram efeitos adversos que possam ser atribuídos ao consumo de alimentos irradiados (LOAHARANU, 2003).

A irradiação destaca-se como uma técnica promissora entre os recursos atuais disponíveis para a preservação de alimentos, pois atua como redutora das perdas causadas por processos fisiológicos (brotamento, envelhecimento e maturação), além de eliminar ou reduzir a população de microrganismos, parasitos e pragas, sem causar qualquer prejuízo ao alimento, tornando-os, portanto, mais seguros para o consumidor (PEREIRA, 2004).

A irradiação de alimentos foi uma tecnologia de “último caso” durante décadas, devido, principalmente a alguns mal-entendidos acerca da mesma (fundamentalmente devido a associações equivocadas com contaminações nucleares) e, também, por uma ausência de conhecimento sobre os seus benefícios potenciais para a sociedade, o

que, de maneira rotineira, fez com que se adiasse seu uso. Como resultado disso, a tecnologia foi deixada de lado até que todas as outras falhassem ou que não se achasse solução melhor. No início da década de 90, na Europa, o uso dessa tecnologia foi liberado para alguns condimentos e especiarias em escala comercial. Aparentemente, esse período de suspeitas sobre a tecnologia de irradiação chegou ao fim (AGENCIA ESPAÑOLA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIÓN, 2004).

A qualidade higiênica do alimento irradiado é melhor e, ao mesmo tempo, as alterações de suas propriedades nutricionais são desprezíveis, portanto, a irradiação tornou-se uma das mais satisfatórias técnicas de preservação de alimentos. Em 2003, mais de 50 países já usavam a irradiação como um processo aprovado, tanto para a pré-produção, como também para a pós-produção de alimentos (SIN et al., 2005).

2.4 IRRADIAÇÃO DE CARNES

A Organização Mundial de Saúde, em 1980 esclareceu seu posicionamento em relação à aceitabilidade médica de alimentos irradiados quando disse: “nenhum risco à saúde resulta da ingestão de alimentos irradiados até a dose de um megarad (1 Mrad = 10 kGy)”. Isto resultou em um renovado interesse na irradiação como uma tecnologia eficiente, alternativa aos tradicionais métodos de preservação dos alimentos, como o enlatamento ou o congelamento. Doses superiores a 10 kGy também podem ser utilizadas, contudo, podem produzir alterações sensoriais em alimentos altamente protéicos como a carne, pela ação de radicais livres. Para reduzir o efeito dos radicais livres, a irradiação deve ser realizada em baixas temperaturas com o produto embalado a vácuo (DEMPSTER, 1985).

Os radicais livres são muito instáveis e reativos, reagindo constantemente com outras substâncias, formando outros produtos considerados estáveis. Dessa forma, ingeri-los não provocaria efeitos tóxicos (NEWSOME, 1987).

Como deficiências apresentadas por alimentos cozidos e resfriados, tão em voga no mercado nos dias de hoje, podem ser citadas: a curta validade comercial, de no máximo cinco dias, quando refrigerados em temperaturas entre 0 e 3 °C, incluídos aí os dias de preparo e consumo; a grande necessidade de cuidados com a segurança microbiológica; a redução na qualidade sensorial e nos teores nutricionais. O uso da embalagem com atmosfera modificada pode aumentar a validade comercial. Entretanto, pode também facilitar o desenvolvimento de microrganismos psicotróficos, comumente associados a alimentos frescos ou à contaminação pré-embalamento. Esses microrganismos não são significativamente inibidos pela refrigeração e são capazes de multiplicar-se em produtos minimamente processados ou com validade comercial estendida, principalmente pela falta de competição com uma microflora deteriorante. A tecnologia de irradiação surge como uma forte aliada, que vem se somar a essas tecnologias, no intuito de promover uma maior segurança alimentar e uma maior validade comercial (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2000).

Estudos realizados em laboratório permitiram a seus autores demonstrar que amostras de carnes de cordeiro irradiadas com uma dose mínima de 2,5 kGy e estocadas sob temperatura entre 0 e 3 °C, apresentaram uma validade comercial de cerca de quatro semanas, enquanto que as amostras não-irradiadas e estocadas sob a mesma temperatura, apresentaram uma validade comercial de cerca de duas semanas (CHAWLA et al., 1999).

A carne é geralmente definida como o tecido muscular de um limitado número de animais comerciais, tais como bovinos, suínos, ovinos, caprinos e, em certos locais, eqüinos. A constituição da carne é de aproximadamente 75% de água, que é claramente um excelente substrato para o crescimento de todos os tipos de parasitos e microrganismos. Além disso, o baixo conteúdo de carboidratos da carne dificulta o crescimento de bactérias ácidoláticas, que têm um importante papel em dificultar o crescimento de certos patógenos (SATIN, 2002).

Satin (2002), relatou ainda que, sob condições tropicais, a carne fresca de cordeiros é altamente susceptível a contaminação microbiana e torna-se imprópria para o consumo após 16 a 18 horas. Quando mantida em temperaturas entre 0 e 3 °C, em ambiente úmido, entra em deterioração em poucos dias, devido ao crescimento bacteriano, resultando em limosidade superficial, descoloração e odor desagradável. A exposição à radiação gama objetivando reduzir a população microbiana e, conseqüentemente, estender a validade comercial da carne bovina fresca e do frango resfriado têm sido comum. Baixas doses de radiação ionizante também têm sido utilizadas para controle da *Trichinella spiralis* em suínos. Entretanto, existe uma quantidade reduzida de literatura envolvendo o efeito da radiação na manutenção da qualidade da carne de cordeiros.

O autor em epígrafe descreve ainda que a irradiação pode ser aplicada no tratamento de produtos congelados, tornando-se prática aplicável a vários tipos de produtos comerciais, como o hambúrguer. Em nenhum momento o produto entra em contato direto com a fonte de irradiação, não havendo, portanto, a possibilidade de contaminação. Além disso, não ocorre a indução de radioatividade no mesmo. Dessa forma, pode-se afirmar que ao ser irradiado o alimento não se torna radioativo. O período de tempo pelo qual o alimento permanece exposto à fonte de irradiação determina a dose absorvida, a qual é expressa em kiloGrays. Doses inferiores a 10 kGy são suficientes para atender a maioria das aplicações em alimentos, incluindo a pasteurização comercial de alimentos sólidos, além de eliminar patógenos vegetativos comuns aos alimentos, embora insuficiente para inativar todos os esporos ou vírus.

A aplicação de radiação gama em combinação com níveis reduzidos de atividade de água e embalagem a vácuo, resultou na extensão da validade comercial e melhoria da segurança microbiológica de carnes de umidade intermediária, como búfalos, frangos e cordeiros. Os produtos expostos à radiação em doses mínimas de 10 kGy apresentaram ausência de microrganismos viáveis e alta aceitação sensorial (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2003).

Souza et al. (2007), observaram uma redução significativa do teor de colesterol da carne de cordeiro irradiada com diferentes doses e armazenada a 4 °C. Para os autores, a conversão, por oxidação, do colesterol em outras gorduras poderia explicar esse fato.

A irradiação de carnes pode efetivamente controlar a presença de todos os patógenos de origem alimentar mais comuns como a *Escherichia Coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. e *Trichinella spiralis*, além de mofo e leveduras, que são também efetivamente eliminados da carne e produtos cárneos (AYMERICH et al., 2008).

2.5 EFEITOS DA IRRADIAÇÃO SOBRE OS MICRORGANISMOS

A aplicação da radiação ionizante pode ser classificada em três tratamentos, de acordo com o alimento e os microrganismos submetidos ao tratamento: radurização, radiciação e radapertização. A radurização, mais comumente utilizada, é o tratamento do alimento com uma dose de radiação ionizante capaz de manter ou aumentar a qualidade do alimento, reduzindo substancialmente o número de microrganismos deteriorantes específicos e viáveis, e corresponde a doses entre 1 e 5 kGy. *Pseudomonas* spp., *Acinetobacter* spp. e *Moraxella* spp. são destruídas com doses inferiores a 1 kGy, leveduras são destruídas com 5 kGy e esporos bacterianos permanecem viáveis na radurização. A radapertização é o tratamento do alimento com doses compreendidas entre 30 e 40 kGy, e corresponde à esterilização por irradiação. A radiciação é o tratamento com doses entre 5 e 10 kGy e equivale à pasteurização do leite, proporcionando a redução da população de microrganismos patogênicos viáveis específicos, excetuando-se os vírus, a níveis tão baixos que não seja viável sua detecção por qualquer método convencional (URBAIN, 1986).

O crescente número de patógenos de origem alimentar e os conseqüentes incidentes que resultam em enfermidades e mortes de milhares de indivíduos a cada ano levaram os serviços oficiais de saúde a considerar o uso de novas formas de

preservação de alimentos, como a irradiação. Enquanto muitos desses patógenos demonstram ser resistentes a fármacos, produtos químicos ou tratamentos por calor, muitos patógenos de origem alimentar, incluindo bactérias e parasitos, são relativamente sensíveis à irradiação. O nível de energia usado na irradiação de alimentos para propósitos tecnológicos é extremamente baixo e a dose necessária para assegurar a qualidade higiênica dos alimentos localiza-se entre 2 e 5 kGy, dependendo do produto e de seu estado. Alimentos irradiados mantêm-se em seu estado natural após o tratamento. A irradiação é a única opção que pode assegurar a qualidade higiênica dos alimentos de origem animal, especialmente aqueles consumidos crus ou semi-cozidos (LOAHARANU, 1996).

Mesmo com um investimento crescente na tentativa de redução da contaminação alimentar, um grande número de casos de Agentes Etiológicos Transmitidos por Alimentos (AETA) ainda acontece. A irradiação, nas doses de 2 a 7 kGy, dependendo do tipo de alimento, costuma eliminar com eficiência as bactérias potencialmente patogênicas, aumentando a validade comercial dos alimentos (FARKAS, 1998). A radiação ionizante interage com uma pequeníssima fração dos átomos dos alimentos, arrancando elétrons e acarretando a dissociação de moléculas e a formação de compostos que atacam preferencialmente o DNA dos microorganismos contaminantes, geralmente eliminando-os (VITAL et al., 2008).

Por volta de 1960, surgiu o termo psicotrófico, para indicar os microorganismos capazes de crescer sob refrigeração, em temperaturas abaixo de 5 °C (JAY, 1994). As bactérias psicotróficas deterioram os alimentos através de suas reações metabólicas, utilizando como substratos os carboidratos, as proteínas e os lipídios, quando submetidos a temperaturas de até 7 °C. Para determinação do prazo de validade comercial de alimentos frescos, deve ser utilizado o protocolo de enumeração de microorganismos responsáveis por alterações comumente encontradas na deterioração, tais quais o odor característico, a limosidade e a perda de coloração (COUSIN et al., 2001).

Os *Enterococcus* spp. são bactérias muito importantes em alimentos, responsáveis pela deterioração das carnes (HOLZAPFELL et al., 1998). Os *Enterococcus* spp. são anaeróbios facultativos, Gram-positivos de cadeia curta ou células isoladas, capazes de crescer em condições adversas em meios com 6,5% de NaCl presente, em temperaturas de 10 a 45 °C, que resistem por 30 minutos à temperatura de 60 °C e toleram 40% de sais biliares. Os *Enterococcus* spp. constituem um dos maiores desafios, por serem bactérias oportunistas e terem mais de 20 espécies conhecidas, além de predominarem na microbiota do trato intestinal de seres humanos, de outros animais e no ambiente (TEIXEIRA; TRABULSI, 2005).

Devido à grande eficiência da irradiação no controle dos patógenos de origem alimentar mais comuns e no tratamento de alimentos embalados (minimizando a possibilidade de contaminação cruzada antes do consumo), muitas agências de segurança alimentar e cientistas vêem a irradiação como um eficiente ponto crítico na aplicação do sistema de Análise de Riscos e Pontos Críticos de Controle, estabelecidos para processamento de carne e frango. Foi demonstrado que uma dose de irradiação relativamente baixa, próxima de 1,5 kGy, é capaz de diminuir consideravelmente a contaminação por *E. coli* O157:H7 a 5 °C, além de reduzir significativamente as populações de *Salmonella* spp. e *Campylobacter* spp. (SATIN, 2002).

O benefício mais importante da irradiação para a saúde coletiva é sua capacidade de destruir organismos patogênicos que podem estar presentes no alimento, evitando dessa forma intoxicações alimentares. A irradiação pode proteger os alimentos sólidos, diminuindo significativamente o número de microrganismos, sem alterar seu sabor e aroma, sendo o único processo disponível, atualmente aplicável a alimentos crus e congelados (LOAHARANU, 2003).

A irradiação de alimentos, na dosagem de 2 a 7 kGy (radiação e radurização), dependendo da condição de irradiação (como a temperatura) e do alimento, pode reduzir significativamente a microbiota patogênica, incluindo tanto aqueles

microrganismos mais conhecidos, como *Salmonella* spp. e *Staphylococcus aureus*, como também alguns emergentes, como a *E. coli* O157:H7 (SANTOS et al., 2003).

A irradiação de alimentos não pode ser usada para destruir toxinas microbianas, nem tampouco vírus ou esporos com as mesmas doses usadas para destruir patógenos vegetativos (geralmente inferiores a 10 kGy). Entretanto, a irradiação não é um processo solitário na garantia da segurança alimentar, devendo ser integrada a um programa completo de boas práticas de manufatura para se atingir objetivos específicos, como a inativação de uma determinada bactéria patogênica que ocorra comumente nas carnes vermelhas ou de frangos. Os alimentos devem ser submetidos a uma quantidade de radiação ionizante suficiente para assegurar que o patógeno seja destruído ou torne-se incapaz de causar infecção. O produto final resulta em um alimento livre de bactérias, e sem apresentar alterações sensoriais significativas, permitindo assim ao consumidor prepará-lo da mesma forma que o produto original (SATIN, 2002).

As enterobactérias psicotróficas estão relacionadas também com a produção de gás na deterioração de carnes embaladas a vácuo. Entretanto, episódios de deterioração por enterobactérias estão mais comumente associados à presença de odores desagradáveis do que à produção de gás. A proliferação de enterobactérias em carnes embaladas a vácuo está comumente limitada a alimentos com pH superior a 5,8 e ocorre mais comumente em produtos que sofreram abusos de temperatura. A presença de enterobactérias em carnes embaladas a vácuo é de particular significância devido a seu alto potencial de deterioração e aos riscos provocados por alguns membros desse grupo para a segurança alimentar. Resultados obtidos em estudo realizado em 2007, na Austrália, permitiram aos autores indicarem que enterobactérias do gênero *Hafnia* spp., *Enterobacter* spp., *Serratia* spp., *Rahnella* spp. e *Ewingella* spp., quando presentes em quantidades iniciais de 10^5 UFCs/cm² são capazes de produzir deterioração por estufamento em carnes de cordeiro embaladas a vácuo e estocadas a 4° C. Todos os cordeiros usados no estudo eram provenientes de indústrias processadoras de carne de cordeiro e eram não-estéreis, sendo razoável suspeitar que

alguma deterioração seja proveniente da microbiota previamente estabelecida (BRIGHTWELL et al., 2007).

A irradiação tem a vantagem de destruir microrganismos que podem ser patogênicos ou causar deterioração dos alimentos, mas ao mesmo tempo, pode diminuir sua qualidade nutricional. Com a adição de Tri-sódio Fosfato (TSP), anti-oxidantes e/ou redutores à carne moída, antes da irradiação, as contagens bacterianas podem ser reduzidas em até 99,9% e os pigmentos de cor e as moléculas lipídicas podem ser protegidas da oxidação, conseqüentemente estendendo a validade comercial. A irradiação, quando utilizada em combinação com TSP, anti-oxidantes e/ou redutores, faz com que a carne moída tenha uma validade comercial estendida e uma maior segurança para o consumo (DUONG et al., 2008).

Pré-aquecimento, seguido de irradiação gama produziram um efeito sinérgico em uma cultura pura de esporos *Clostridium perfringens* ATCC 13124. A irradiação na dose de 9 kGy também eliminou o *Clostridium perfringens* da tripa bovina pronta para consumo durante a estocagem a 5 °C e 15 °C, provavelmente por causar lesão permanente ao sistema de pós-germinação do esporo de *Clostridium perfringens* ATCC 13124. A irradiação também reduziu significativamente os valores da contagem padrão de placas na tripa bovina pronta para o consumo. Além disso, a embalagem a vácuo aliada à irradiação gama na dosagem de 9 kGy e à refrigeração apropriada podem ser usadas para produzir tripas bovinas prontas para consumo seguras, desde que a população microbiana inicial seja baixa. No entanto, a dose de 9 kGy pode alterar as características sensoriais do produto irradiado (PARRY-HANSON et al., 2008).

2.6 EFEITOS DA IRRADIAÇÃO SOBRE COLORAÇÃO, ODOR E pH DAS CARNES

Nanke et al. (1998) demonstraram em um experimento que a irradiação não tem ação dose-dependente sobre a luminosidade (L^*) da carne bovina, de perus e de suínos, na análise instrumental de cor. A vermelhidão da carne é afetada pela irradiação nas carnes suínas e de perus, mostrando-se dose-dependente para o suíno,

entre 0 e 10,5 kGy. Em perus, os valores de a^* cresceram e mostraram-se dose dependentes entre 0 e 4,5 kGy. A coloração mais avermelhada medida por valores de a^* ocorreu na dosagem de 4,5 kGy e, entre 4,5 e 10,5 kGy, um pequeno declínio foi observado. Em relação à carne bovina, as alterações foram contrárias ao encontrado nas carnes suínas e de perus. Os valores de a^* diminuíram conforme a dosagem aumentava de 0 a 4,5 kGy. Quando os valores aumentaram entre 4,5 e 10,5 kGy, os valores de a^* tiveram um leve aumento. No mesmo estudo, observou-se que os valores de vermelhidão diminuíram e os de pigmentação castanha aumentaram em níveis de dose tão baixa quanto 1,5 kGy em carne bovina embalada a vácuo. Nas carnes suínas e de perus, a irradiação, juntamente com a embalagem a vácuo, resultou em uma coloração mais avermelhada e produtos mais estáveis. Em relação ao amarelecimento da carne (valores de b^*), a carne suína teve aumento dose-dependente entre 0 e 4,5 kGy, mantendo-se inalterada em qualquer dose. Em perus, os valores aumentam gradativamente entre 0 e 7,5 kGy. Na carne bovina, os valores se mantiveram relativamente constantes, até a dosagem de 10,5 kGy, quando um aumento no amarelecimento foi observado. Em um painel sensorial, os resultados encontrados confirmaram os observados na análise instrumental de cor.

Em um estudo realizado com cortes comerciais de bovino, suíno e cordeiro, Millar et al. (2000) determinaram que o pH médio encontrado para as amostras de cordeiro foi de 5,56. Metade das amostras foi irradiada na dose de 5 kGy e embalada em filme plástico permeável ao oxigênio, sendo em seguida estocada a 4 °C. A metade restante (não-irradiada) foi embalada em filme plástico permeável ao oxigênio e também estocada a 4 °C. A carne de cordeiro irradiada foi analisada nos dias 2, 5 e 7 após a irradiação. Os resultados permitiram que os autores observassem que, após a estocagem, houve um aumento significativo nos valores de L^* e uma diminuição nos valores de a^* , b^* e C^* . A irradiação provocou uma diminuição significativa nos valores de L^* , a^* , b^* e C^* . A interação irradiação/superfície mostrou que o efeito da irradiação nos valores de L^* é provocada inicialmente pelos valores de L^* da superfície externa da carne de cordeiro. A interação entre irradiação/dia/superfície para valores de b^* , mostra que para a superfície fresca (recém cortada) de cada dia não existe diferença

significativa por causa da irradiação. Os valores de b^* da superfície exterior das carnes não irradiadas, entretanto, foram significativamente mais altos a cada dia de análise do que aqueles das amostras irradiadas. A diferença foi maior no dia 2 do que nos dias 5 e 7. O rápido declínio nos valores de a^* , b^* e C^* na superfície exterior de ambas amostras, irradiadas e não irradiadas pode ser explicado pelo nível mais alto de consumo de oxigênio da carne de cordeiro, comparativamente com a carne de boi.

A manutenção da cor ideal, durante o processo de irradiação, pode ser melhorada com uma combinação de fatores, como oferecimento de anti-oxidantes ao animal imediatamente antes do abate, boas condições da carne a ser irradiada (pH e relação entre os níveis de oximioglobina e metamioglobina), adição de anti-oxidantes diretamente sobre o produto, controle de atmosfera, embalagem e de temperatura (BREWER, 2004).

Alguns efeitos da irradiação, tais quais sabores e odores desagradáveis e alterações de cor têm prejudicado a expansão da comercialização de carne fresca irradiada. Dentre essas alterações, o aparecimento de colorações indesejáveis ou inesperadas, sob o ponto de vista dos consumidores, é crítica, pois a cor da carne é de vital importância para a decisão de adquiri-la ou não. A cor da carne fresca depende da quantidade e estado do pigmento e da sua capacidade de dispersão e balanço entre a penetração de oxigênio, processos oxidativos e os sistemas de redução no interior da massa muscular. Com o uso da irradiação, se espera um efeito uniforme sobre a carne, com mudanças de cor sendo observadas na superfície exterior, dependendo do nível de difusão e profundidade de penetração do oxigênio. É difícil explicar completamente as mudanças que ocorrem na carne bovina e de cordeiro após a irradiação. Uma das explicações seria a formação de pigmento irradiado, como a carboximioglobina, por toda a carne inicialmente. Dessa forma, se a carboximioglobina é o pigmento formado inicialmente durante a irradiação da carne, ele pode retardar a formação de metamioglobina até o limite de penetração do oxigênio e na razão pela qual essa camada se move através da superfície durante a estocagem (MILLAR et al., 2000).

A irradiação promove o aparecimento de odores desagradáveis em carnes suínas, oriundos de compostos voláteis sulfurados, e não daqueles resultantes da oxidação de lipídios, como se acreditava anteriormente. A produção desses compostos sulfurados não é dose-dependente e está relacionada com a degradação radiolítica dos aminoácidos. A alteração de odor que ocorre, semelhante a de milho assado, é geralmente aceitável, considerando que o consumidor tende a não rejeitar o produto (AHN et al., 2000a). AL-BACHIR; MEHIO (2004) indicaram que as dosagens de 4 kGy não são capazes de induzir alterações de sabor na carne embutida, cozida e estocada por 14 semanas entre 1 e 3 °C.

O uso da embalagem a vácuo é mais vantajoso do que o uso de embalagens aeróbicas para carnes irradiadas, porque ela acarreta um grau menor de oxidação no produto. As embalagens aeróbicas não são apropriadas para carnes armazenadas por longos períodos, mas podem ser úteis para cortes suínos irradiados em pequenos períodos de estocagem, pois as concentrações dos compostos responsáveis por odores desagradáveis podem diminuir com o tempo de estocagem (AHN et al., 2000b).

Emprega-se o termo “off-odor” para caracterizar um odor estranho e que está relacionado com substância voláteis produzidas durante o processo de irradiação em carnes. Estudos permitiram aos autores sugerir que a produção desses compostos voláteis aumenta em carnes bovina, suína e de peru com a irradiação, proporcionalmente à dose, devido à radiólise de proteínas e lipídios, indicando que uma combinação de doses mais baixas e embalagem a vácuo poderia minimizar esse efeito (KIM et al., 2002).

A carne de cordeiro atinge um pH final entre 5,5 e 5,8, de 12 a 24 horas após o abate, de acordo com Prates (2000) e Pardi et al. (2001). O pH final da carne depende do teor de glicogênio no músculo, além de influenciar na capacidade de retenção de água (YU et al., 2005). Na carne de cordeiro, um pH final após o *Rigor mortis*, superior a 5,8, é indesejável. Raças diferentes não influenciam o valor de pH da carne de cordeiro (TEIXEIRA et al., 2005).

A irradiação a baixas temperaturas permite reduzir as alterações de odor e aroma em carnes, uma vez que a geração de radicais livres e a sua dispersão são também diminuídas (BREWER, 2009).

2.7 EFEITOS DA IRRADIAÇÃO SOBRE OS LIPÍDIOS

Hampson et al. (1996) realizaram um estudo onde cortes de carne suína, cordeiro e bovina (*Longissimus dorsi*), além de cortes de peito e coxa de peru, foram irradiados e analisados para atestar a ação da irradiação sobre sua composição lipídica. Foram analisados os valores de TBARS e peróxidos. Todos os cortes de carne analisados, exceto a coxa de peru, apresentaram valores de peróxido acima de zero mililitros de tiosulfato de sódio, antes mesmo da irradiação. Os dados obtidos permitiram aos pesquisadores atestar que, em doses de até 10 kGy, não houve aumento significativo nos valores de peróxido encontrados. Sob estocagem a 4 °C, houve um aumento nos valores de peróxido superior àquele medido nas carnes não irradiadas. No entanto, esse aumento aparentemente não foi dependente da dose. Os radicais livres produzidos pela irradiação também atacaram as ligações duplas existentes entre os ácidos graxos insaturados nos lipídios, contudo, não foi observada uma perda mensurável dessas ligações, nem dependência da dose para esse efeito entre zero e 10 kGy. Também era esperado que lipídios insaturados fossem mais susceptíveis a quebras induzidas pela irradiação, mas isso não foi observado no estudo. Embora tenha sido observada a presença de malonaldeído antes da irradiação, não foi observado um aumento de sua concentração com o aumento da dose.

Os ácidos graxos poliinsaturados da fração fosfolipídica, os quais representam de 0,5 a 1,0% do total de lipídios da carne, são os que mais contribuem para o desenvolvimento de rancidez durante a estocagem da carne e são os mais susceptíveis durante a irradiação. Nenhum ácido graxo essencial é perdido de forma tão extensa que possa se transformar em um problema nutricional. A única perda nutricional

significante em carnes com a irradiação é a tiamina, a qual desaparece em maiores quantidades nas carnes cozidas (GIROUX; LACROIX, 1998).

Hampson et al. (1996) demonstraram que os valores de peróxido não são dependentes da dose de irradiação e o malonaldeído somente apresenta dependência da dose no peito de peru. Existem várias explicações para esses resultados. Inicialmente, sabia-se que a autooxidação de gorduras insaturadas não acontecem normalmente em células animais, devido à ação inibitória de anti-oxidantes, como a vitamina E, além de, possivelmente, a vitamina C. Existe também um período entre a irradiação e as reações entre as cadeias de radicais livres, podendo a análise ter sido realizada durante esse período.

Uma das maiores preocupações com a irradiação de alimentos relaciona-se com seus efeitos sobre a oxidação lipídica, coloração e odores indesejáveis na carne (AHN et al., 2000b). As gorduras estão entre os componentes menos estáveis dos alimentos, sendo muito susceptíveis a radiações ionizantes, o que pode induzir a auto-oxidação. A irradiação gera radicais livres e acelera a oxidação dos ácidos graxos insaturados, o que pode acarretar algumas mudanças bioquímicas na carne e influenciar sua qualidade, principalmente o seu valor nutricional (DU et al., 2000).

A percepção de que uma carne é saudável está se tornando um ponto chave para o consumidor e está diretamente relacionada com seu conteúdo de gordura e a sua composição em ácidos graxos. O conteúdo de gordura presente na carne é um fator primário na determinação da validade comercial estável da carne ou de um produto cárneo. A classe do lipídio e a composição de ácidos graxos da carne são também importantes na determinação das características da qualidade da carne, como seu valor nutricional, sabor e textura. Nenhuma diferença significativa foi observada entre os perfis lipídicos da carne irradiada e da não-irradiada (KANATT et al., 2006).

Segundo Alfaia et al. (2007), o processo de irradiação de carne congelada de cordeiros na dose de 7 kGy não afetou a porcentagem de nenhum dos ácidos graxos analisados, tanto saturados (palmítico e esteárico), quanto monoinsaturados (oléico) e

poliinsaturados (linoléico). Além disso, nenhum resíduo de ácidos graxos desconhecidos, nem outros artefatos provenientes da irradiação de carne embalada a vácuo foram detectados pela cromatografia gasosa. Nenhuma alteração significativa em lipídios totais, ácidos graxos totais e em várias somas parciais de ácidos graxos foi observada entre as amostras irradiadas e as não-irradiadas (controle). Os dados obtidos no estudo também permitiram aos autores sugerir que os valores nutricionais de ácidos graxos na carne para a dieta humana não são significativamente perdidos.

Kanatt et al. (2006) demonstraram que a oxidação lipídica na carne de carneiro é dependente da dose, pois a comparação com as amostras não-irradiadas com 2,5 e 5 kGy apresentaram um valor de TBARS aumentado de 34 e 89%, respectivamente. Os valores mais altos de TBARS para a carne irradiada ocorrem devido ao fato de que a autooxidação da gordura é acelerada pelos radicais livres produzidos durante a irradiação, que formam hidroperóxidos que se quebram em vários produtos de decomposição, incluindo aldeídos, dos quais o malonaldeído é a maior substância TBARS-reativa. Segundo os autores, o teste de TBARS, mesmo com suas limitações, permanece como o teste mais comum para analisar oxidação lipídica na carne, especialmente em uma base comparativa.

Os mesmos autores concluíram que os valores de TBARS são afetados pelo período e temperatura de estocagem. Na temperatura entre zero e 3°C ocorre um aumento nos valores de TBARS na ordem de 40% no caso da perna de cordeiro irradiada na dose de 5 kGy. Nas dosagens utilizadas, entre zero e 5 kGy, não ocorreram mudanças na escala de ácidos graxos dos lipídios, mas na escala de fosfolipídios, ocorreu uma redução no conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados. A rancidez oxidativa aumentou com a irradiação. Os benefícios da tecnologia de irradiação de alimentos poderão ser mais amplos se essas alterações nos lipídios forem minimizadas, talvez pela adição de anti-oxidantes ou alterando as condições da embalagem, itens que deverão ser investigados posteriormente.

Segundo Kanatt et al. (2007), a oxidação lipídica é responsável pela perda de qualidade, juntamente com a deterioração microbiológica. Tais processos ocorrem durante o processamento e a estocagem das carnes e de seus derivados. Os produtos da peroxidação lipídica afetam adversamente cor, sabor, textura e os nutrientes da carne. É necessário controlar essas alterações para se obter um produto de melhor qualidade. A adição de antioxidantes é uma das formas mais simples para assegurar a estabilidade oxidativa da carne irradiada. O nível de malonaldeído, um produto da peroxidação lipídica deve ser sempre medido, para determinar a extensão da rancidez ocorrida em sistemas biológicos. Em seus estudos, Kanatt e colaboradores observaram que o tratamento com anti-oxidante reduziu significativamente a oxidação lipídica em todas as amostras irradiadas durante um período de estocagem de quatro semanas sob refrigeração. Os valores de TBARS encontrados nas amostras irradiadas e tratadas com Menta (antioxidante) foi cerca da metade dos valores encontrados nas amostras irradiadas e não tratadas com antioxidantes.

Em seus estudos, Souza et al. (2007), observaram que a irradiação e o tempo de armazenamento influenciaram nos valores de TBARS da carne de cordeiro para todas as dietas usadas. Após 15 dias de armazenamento, os valores de TBARS aumentaram significativamente para todas as amostras estudadas, irradiadas ou não. Os valores médios de TBARS variaram de 0,27 a 0,51mg no início do experimento, e de 3,51 a 5,72mg de Malonaldeído ao fim dos 15 dias de armazenamento, sendo o período de estocagem um fator preponderante para o mesmo.

2.8 EFEITO DA IRRADIAÇÃO SOBRE A ATIVIDADE DE ÁGUA DAS CARNES.

Segundo Pardi et al. (2001), atividade de água é uma terminologia usada para indicar a intensidade de forças que unem as moléculas de água a outros componentes não-aquosos, formando água disponível para o crescimento de microrganismos através de reações químicas e bioquímicas.

Segundo Jay (1994), a atividade de água (Aa) é extremamente favorável para o crescimento microbiano, sem importar a variabilidade encontrada. Segundo Ordoñez et al. (2005), a atividade de água (Aa) encontra-se na faixa de 0,98 para a carne fresca. Essa quantidade é observada como ótima para o crescimento microbiano, tornando-se então importantíssima a presença de outros métodos que dificultem a contaminação microbiana.

Um estudo realizado por Nortjé et al. (2006), permitiu que os autores verificassem a atividade de água (Aa) em carne bovina irradiada. As análises permitiram observar uma redução significativa produzida pela irradiação, embora pouco expressiva na prática e que conseqüentemente não teve impacto sobre a proliferação microbiana. Desta forma, os autores consideraram que a atividade de água, embora reduzida, mantendo-se quantitativamente alta, permitiria o crescimento microbiano. Com a diminuição da quantidade de microrganismos encontrados, foi demonstrada pelos autores a sensibilidade dos mesmos à irradiação.

2.9 DETECÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE CARNES IRRADIADAS

As doses máximas usadas são estabelecidas por cada país que faz uso da tecnologia de irradiação. É importante que se domine a tecnologia para não incorrer em erros em sua aplicação. O uso desnecessário de altas doses tem implicação econômica, pois o custo aumenta com o aumento da dose. Da mesma maneira, as agências de controle e vigilância alimentar devem assegurar que o alimento irradiado receba a dose mínima necessária para seus propósitos (DIEHL, 1990).

Várias pesquisas realizadas usam a Espectroscopia de Ressonância de Elétrons (ERE) para a identificação de carne irradiada contendo tecido ósseo, através da detecção de radicais livres produzidos no tratamento por irradiação. Entretanto esse método não pode ser usado com amostras cárneas sem a presença de tecido ósseo, pois a irradiação gama produz um sinal característico no osso, derivado do radical CO_2^- preso na fração hidroxiapatita do osso irradiado (CHAWLA et al., 1999).

Embora as políticas sobre irradiação de alimentos variem de país para país, o desenvolvimento de métodos analíticos para a correta identificação de amostras de alimentos irradiados é importante, visando ao controle da dose utilizada e sua correta rotulagem, além de reforçar a confiança do consumidor. O uso da Espectroscopia de Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE) tem sido descrito em vários trabalhos como sendo eficiente na detecção de carnes irradiadas, por ser simples e não-destrutivo. Seu uso baseia-se na detecção de radicais livres, formados após o uso da irradiação, a partir de amostras de carne irradiada contendo tecido ósseo (SIN et al., 2005).

Como a irradiação pouco altera quimicamente os alimentos, torna-se geralmente difícil afirmar se um dado alimento recebeu esse tratamento. O processo produz radicais livres, os quais tem curta duração na carne, porém persistem nos ossos, sendo então detectados pela Espectroscopia de Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE). Produtos radiolíticos do DNA podem ser detectados em concentrações de até 10^{-15} moles. A Diidrotimidina é formada em anoxia pela interação de radicais derivados da água e Timidina, sendo um índice específico da irradiação que também pode ser usado (LAWRIE, 2005).

2.10 IRRADIAÇÃO DE CARNES E A ANÁLISE SENSORIAL

Stone e Sidel (1993) classificaram os métodos de avaliação sensorial de três formas: testes discriminativos, que determinam a diferença entre dois produtos; testes afetivos, que avaliam atitudes subjetivas do consumidor, como a aceitação do produto pelo consumidor e, por fim, testes descritivos de avaliação sensorial, que selecionam e treinam julgadores para identificar, descrever e quantificar os atributos sensoriais de um produto.

Um exemplo de teste afetivo é o de aceitação, onde o objetivo é determinar o “status afetivo” do alimento, isto é, o quanto o alimento é apreciado pelos

consumidores, fornecendo uma indicação provável de sua aceitação no caso de um novo produto ou alteração na formulação de um já existente. Outro exemplo seria o teste de preferência, onde o objetivo seria a ordenação objetiva de amostras preferidas, em detrimento de outras menos preferidas ou rejeitadas. Um exemplo de teste discriminativo seria a comparação múltipla, com dois objetivos: um para determinar se existe diferença entre duas amostras e um controle e outro para determinar a intensidade de tal diferença, se existente, usado quando a diferença entre amostras pode ser detectada, além de influenciar na decisão do consumidor (DELLA MODESTA, 1994).

A análise sensorial tem sido usada com mais frequência nos últimos anos, devido à ampla difusão desta ciência, que está presente na maioria das publicações relacionadas à qualidade dos alimentos (ALMEIDA et al., 1999).

O sabor é considerado uma sensação complexa, pois são admitidas combinações dos quatro sabores básicos ou sensações rápidas primárias: doce, salgado, amargo e ácido. Contudo, admite-se que possam existir outras classes ou subclasses de sensações primárias menos evidentes. O odor se caracteriza pela percepção durante a inspiração do ar, através da qual são captadas partículas voláteis pelo epitélio olfativo, enquanto o aroma é produzido pela mastigação e pelo calor da cavidade bucal, liberando substâncias voláteis que ascendem para as narinas, onde são captadas. Portanto, é a sensação causada pela interpretação cerebral das substâncias voláteis, que passam pela boca, não somente na cavidade retronasal (GUYTON; HALL, 2002).

Estudos permitiram aos autores comprovar que o uso de altas doses de irradiação (acima de 10 kGy), alteram significativamente as propriedades sensoriais de pequenas porções de carne irradiada (CHANDER et al., 2003).

Segundo Freitas (2005), na análise sensorial são encontrados fundamentos que fazem com que a mesma receba uma classificação de ciência, embora também deva

ser observada como tecnologia, devido à sua grande utilização prática. Ao contrário do normal, que é a tecnologia ter origem em atributos científicos, na análise sensorial, resultou da necessidade de formulação de novas técnicas visando à solução prática de questões existentes, muito antes que houvesse um embasamento científico, que permitisse a modelagem adequada dos problemas.

As alterações sensoriais são dependentes da dose, de tal forma que o odor e o sabor são afetados pela produção de gás sulfídrico, mercaptans, carbonilas e aldeídos, sendo piores em carnes bovinas do que em suínas ou ovinas. As alterações dos pigmentos para metamioglobina ou sulfamioglobina e na melhoria da textura (amaciamiento) e capacidade de retenção de água pelos efeitos no colágeno só seriam detectados em carnes irradiadas com doses superiores a 50 kGy, o que as tornaria impróprias para o consumo (LAWRIE, 2005).

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA SOBRE A CONTAMINAÇÃO DA CARNE RESFRIADA DE CORDEIRO SANTA INÊS

Efeito da radiação gama sobre a contaminação da carne resfriada de cordeiro Santa Inês

Fernando Joaquim Xavier Alves*, Teófilo J. Pimentel da Silva**, Robson Maia Franco**, Mônica Queiroz de Freitas**, Hélio de Carvalho Vital***

Resumo

A irradiação é uma tecnologia alternativa para preservação de alimentos, capaz de aumentar a segurança alimentar para o consumidor final. Trinta e seis amostras de cortes de perna ou pernil com osso congeladas a - 18 °C, de seis cordeiros Santa Inês, abatidos em um matadouro frigorífico sob inspeção estadual – SIE/RJ – 553, foram embaladas a vácuo, sendo 12 amostras controle, 12 tratadas com radiação gama na dose de 3 kGy e 12 com 5 kGy, e armazenadas em geladeira com temperatura controlada de 0 a 2 °C. Foram realizadas contagem de bactérias heterotróficas aeróbias psicotróficas e enumeração de *Enterococcus* spp. nos dias 01, 15 e 30 de estocagem, além da medição do pH. A análise estatística foi efetuada levando-se em consideração o tratamento e o período de estocagem. A contagem de psicotróficas e a enumeração de *Enterococcus* spp. apresentaram maiores valores nas amostras controle, embora ainda em condições de consumo. A radiação foi eficiente, tornando a carne mais segura para o consumidor e minimizando a proliferação bacteriana. O efeito da radiação não foi dependente da dose, portanto, a exposição à radiação gama na dose de 3 kGy seria a mais indicada por minimizar as alterações sensoriais no produto.

Palavras-chave: cordeiros, radiação gama, análises microbiológicas, qualidade da carne.

Abstract

Irradiation is an alternative process for preservation of food, capable of enhancing food safety for the final consumer. Thirty-six samples of frozen ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) leg cuts with bone, from six Santa Inês lambs, slaughtered at a abattoir under state inspection - SIE/RJ - 553, vacuum packed, being 12 control samples, 12 irradiated with 3 kGy and 12 with 5 kGy, and refrigerated at $0\text{ to }2\text{ }^{\circ}\text{C}$ and submitted to microbiological analysis. Plate counting for psychrotrophic heterotrophic aerobic bacteria and enumeration of *Enterococcus* spp were accomplished on the first day, 15 days and 30 days of storage, besides the measurement of pH. The statistical analysis was made taking in consideration the treatment and the storage period. The psychrotrophic count and the enumeration of *Enterococcus* spp. presented larger values in control samples, although still in appropriate conditions for consumption. Irradiation was efficient, keeping the meat safe for the consumer and minimizing the bacterial growth. The dose of 3 kGy was found to yield the same effects as the dose of 5 kGy, with the advantage of keeping the sensorial properties of the product practically unchanged.

Keywords: lamb, irradiation, microbiological analysis, meat quality.

Introdução

O ovino foi um dos primeiros animais a serem domesticados, sendo encontrado em diferentes áreas geográficas do mundo. O ovino da raça Santa Inês é de origem nordestina, oriunda do cruzamento das raças Bergamácia com a Crioula e Morada Nova, de grande porte e prolífera, bem adaptada aos climas quentes e com grande potencial para carne e pele (Bressan et al., 2001). Por outro lado, o crescimento do número de casos de doenças transmissíveis por alimentos através de agentes etiológicos nos últimos anos constitui uma preocupação das agências sanitárias e das indústrias de carne. A irradiação é uma tecnologia alternativa para preservação de alimentos, sendo adotada mundialmente. A legislação brasileira define irradiação de alimentos como o processo físico de tratamento que consiste em submeter o alimento, já embalado ou a granel, a doses controladas de radiação ionizante, com finalidades sanitárias, fitossanitária e ou tecnológica (Brasil, 2001).

Doses de 2 a 7 kGy de radiação ionizante, dependendo do tipo de alimento, pode eliminar bactérias potencialmente patogênicas e saprófitas, aumentando o prazo de validade comercial dos alimentos (Farkas, 1998; Satin, 2002). A quantidade e o tipo de microrganismos que se desenvolvem na carne dependem de vários fatores, como condições de abate, estresse dos animais, evisceração correta, entre outros (Franco; Landgraf, 2004). Os *Enterococcus* spp. surgem com muita importância em alimentos, devido à sua grande resistência a antimicrobianos, promovendo um aumento na proliferação de doenças veiculadas por alimentos, além de se envolverem em infecções hospitalares (Giraffa et al., 2000). São resistentes a baixas temperaturas (-5 °C), mas sua temperatura ótima de crescimento está em torno de 35 °C, o que não inviabiliza o

seu crescimento a 0 °C (Jett et al., 1994; Domig et al., 2003). Khan et al. (2005) isolaram trinta amostras positivas para *Enterococcus* spp. em vários produtos, como cama de frango e peru e leite de vaca, resistentes a vários fármacos. Nas amostras, após isolamento com métodos bioquímicos, foram identificadas 25 como *Enterococcus gallinarum* e 09 como *Enterococcus faecalis*, sendo que a maioria resistiu a vancomicina, gentamicina, streptomina, tetraciclina, etc. Segundo Cousin et al. (2001), as contagens de bactérias psicrófilas são muito importantes para vários alimentos, pois muitas estirpes são responsáveis pela redução da validade comercial de alimentos e, conseqüentemente, sua deterioração. Microrganismos psicrófilos são aqueles capazes de se multiplicar em alimentos mantidos entre 0 °C e 7 °C, sendo sua temperatura ótima de multiplicação superior a 20 °C (Franco; Landgraf, 2004). Entre essas bactérias encontram-se as espécies responsáveis pela deterioração de alimentos cárneos e que, portanto, apresentam grande importância na redução do prazo comercial de alimentos refrigerados (Cousin et al., 2001; Miyaguscú, 2003). As bactérias Gram-positivas são mais resistentes à irradiação que as Gram-negativas, e uma das mais resistentes à irradiação é o *Enterococcus faecium*, principalmente em ausência de oxigênio (Jay, 1994).

Sob condições tropicais, a carne fresca de cordeiros é altamente susceptível à contaminação microbiana e torna-se imprópria para o consumo após 16 a 18 horas. Quando mantida em temperaturas entre 0 e 3 °C, a deterioração ocorre em poucos dias, devido ao crescimento bacteriano, resultando em limosidade superficial, descoloração e odor desagradável. A irradiação pode reduzir a população bacteriana e aumentar a validade comercial da carne fresca de ovinos (Narasimha e Sreenivasamurthy, 1977; Pushpa et al., 1990; Chawla, 1999).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência da exposição da carne de cordeiro à radiação gama nas doses de 3 kGy e 5 kGy, com relação às mudanças bacteriológicas (Bactérias Psicrótróficas e *Enterococcus* spp.) ocorridas durante sua estocagem a 0 – 2 °C por 30 dias.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado no período de 08/2006 a 09/2006, usando seis cordeiros abatidos aos seis meses de idade em um matadouro frigorífico sob inspeção estadual – SIE/RJ - 553. Após o resfriamento das carcaças, as amostras de pernas ou pernis foram removidas e congeladas por 24 horas. As peças foram então serradas com serra fita, em porções de carne com osso na espessura de 5 a 10 cm, identificadas e embaladas individualmente a vácuo e acondicionadas em caixas isotérmicas com gelo e transportadas diretamente para o Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados da Universidade Federal Fluminense, sendo mantidas à temperatura de congelamento (– 18 °C) até o momento da irradiação. Foram separados 36 cortes, sendo 12 irradiados com 3 kGy e 12 com 5 kGy, na Seção de Defesa Nuclear do Centro Tecnológico do Exército (CTEx), em Guaratiba – RJ, para tratamento por radiação gama emitida por uma fonte de ¹³⁷Cs (Césio-137). Os 12 cortes restantes foram utilizados como controle. As amostras irradiadas foram transportadas em caixas isotérmicas com gelo para o laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense, onde foram armazenadas em geladeira com temperatura controlada de 2 °C, visando a realização de análises bacteriológicas e de pH .

Inicialmente foram aplicadas as técnicas de assepsia com álcool 70% na bancada e nas embalagens das amostras. Uma alíquota de 25 gramas foi retirada e homogeneizada por cinco minutos em 225 mL de Solução Salina Peptonada – SSP a 0,1% em um stomacher obtendo a diluição 10^{-1} . Desse frasco foram retirados 100 μ L, com pipeta esterilizada, e vazados em um “ependorff” contendo 900 μ L de SSP a 0,1 % e assim obteve-se a diluição 10^{-2} . A partir desta, repetiu-se o procedimento, formando as demais diluições decimais 10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5} .

Para a contagem de bactérias heterotróficas aeróbias psicotróficas (APHA, 2001), após a obtenção das diluições, foi retirada, com pipeta esterilizada, uma alíquota de 200 μ L das três últimas diluições (10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5}) e vazada 100 μ L em cada placa de Petri, tendo sido efetuada duplicata para cada diluição nas amostras controle. Para as amostras irradiadas, foram utilizadas apenas as duas primeiras diluições (10^{-1} e 10^{-2}). Utilizando a técnica de plaqueamento em profundidade, foram vertidos nas placas aproximadamente 20 mL de ágar padrão contagem previamente fundido e mantido em banho-maria a aproximadamente 49°C. Logo após ter sido vertido o ágar, homogeneizava-se o inóculo ao ágar com movimentos circulares sobre a bancada, cinco vezes em sentido horário e cinco vezes em sentido anti-horário. Assim que o ágar semeado solidificou, as placas foram incubadas em geladeira mantida à temperatura de $6\pm 1^\circ\text{C}$ em posição invertida e colocadas em incubação por dez dias. Depois deste prazo as placas foram removidas e selecionadas aquelas que apresentaram entre 25-250 Unidades Formadoras de Colônias - UFC para contagem. O número de UFC contadas foi multiplicado por dez (devido ao uso de 100 μ L ao invés de 1 mL para semeadura) e pelo inverso do fator de diluição das placas escolhidas. Obtinha-se a média das duas placas e o resultado foi expresso em \log_{10} UFCs/g.

Para a enumeração de *Enterococcus* spp., foi usada a técnica do Número Mais Provável – NMP, conforme Merck (2002), modificado por Franco e Leite (2005). Uma alíquota de 100 µL de cada diluição foi inoculada em três séries de três endorfes, cada um com 1.000 µL de caldo Chromocult Merck. Em ato contínuo, os endorfes foram incubados em estufa microbiológica a 45 °C por 48 horas. Resultados positivos foram devidos à ação da azida sódica, que inibiu a microbiota acompanhante e ao substrato Bromo-4-cloro-3-indol-β-glucuronidase que produziu uma coloração levemente azulada. Os resultados positivos de cada diluição foram comparados na tabela de Mc Crady (APHA, 2001) e os resultados expressos em log₁₀ NMP/g.

Para análise de pH, após pesagem de cinco gramas da amostra em Becker, foi adicionado um volume de 50 mL de água recém destilada, homogeneizando com bastão de vidro. O pH foi determinado aos 1°, 15° e 30° dias no potenciômetro, com o cuidado de ajustar com soluções tampão pH 4,0 e 7,0 antes do uso. Os resultados foram adotados de acordo com o seguinte critério (Brasil, 1997): pH até 6,2 – Carne boa para consumo; pH 6,4 - Carne para consumo imediato e pH acima de 6,4 – Início de decomposição.

Os resultados das análises bacteriológicas (bactérias psicotróficas e *Enterococcus* spp.) e de pH foram tratados usando ANOVA em fatorial 3³ (três tratamento e três tempos de estocagem) para testar o efeito da irradiação (tratamento), da estocagem e da interação entre estes. Os resultados que apresentaram diferenças significativas foram testados pela ANOVA segundo delineamento inteiramente casualizado (DIC) por dose de radiação e tempo de estocagem, seguido do teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade (SAS, 1999).

Resultados e Discussão

Interpretando-se a Tabela 1, observou-se a evolução dos resultados das contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas em amostras de perna ou pernil de cordeiros, submetidas a diferentes doses de radiação gama e tempos de estocagem.

Tabela 1: Valores médios das contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas (\log_{10} UFC/g) das amostras resfriadas de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias).

Tratamento	Tempo de Estocagem		
	01 dia	15 dias	30 dias
Controle	4,71 ± 0,09aA	4,84 ± 0,06aA	4,93 ± 0,07aA
3 kGy	2,13 ± 0,35aB	2,33 ± 0,13aB	2,86 ± 0,21aB
5 kGy	1,80 ± 0,45aB	2,00 ± 0,16aB	2,31 ± 0,05aB

^a Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem ($p < 0,05$).

^{A,B} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

Com relação à contagem de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas, observou-se que o processo de irradiação foi um método de conservação eficiente, pois diminuiu significativamente ($p < 0,05$) a microbiota presente nas amostras submetidas às doses

de 3 kGy e 5 kGy em relação as amostras controle (não irradiadas). A maior taxa de crescimento nas amostras irradiadas provavelmente deveu-se à menor população e, conseqüentemente, à menor competição entre as bactérias psicrotróficas. Constatou-se também que as amostras analisadas possuíam inicialmente uma boa qualidade em função das baixas contagens encontradas em todas as amostras. Comparando o período inicial e final de estocagem a 0 a 2 °C por 30 dias, a contaminação por bactérias psicrotróficas não apresentou aumento significativo nas amostras irradiadas, corroborando o efeito preservativo da irradiação. Os resultados obtidos na contagem de bactérias psicrotróficas foram equivalentes aos encontrados no estudo de Nortjé et al. (2006), que permitiram aos autores atestar a eficiência do processo de irradiação, através da redução significativa de todas as contagens bacterianas em carne bovina “biltong” com o uso de radiação gama por Cobalto⁶⁰ na dose de 4 kGy. Nortjé e seus colaboradores encontraram contagens de bactérias de até 7,21 log₁₀ UFC/cm² após inoculação de culturas de *Staphylococcus aureus* nas amostras não irradiadas, enquanto que em amostras irradiadas as contagens não ultrapassaram os valores de 0,73 log₁₀ UFC/cm². Os resultados do presente trabalho também corroboram os resultados obtidos por Narasimha e Sreenivasamurthy (1977), Pushpa et al. (1990) e Chawla (1999) em estudos realizados em laboratório e que permitiram a seus autores atestarem que a carne de cordeiro irradiada com uma dose mínima de 2,5 kGy e conservada sob refrigeração entre 0 e 3 °C, apresentou validade comercial de cerca de quatro semanas, em relação a amostras não irradiadas e estocadas sob as mesmas temperaturas, que apresentaram uma validade comercial de cerca de duas semanas. Os resultados das amostras controle (não irradiadas) também são semelhantes aos obtidos por Sierra et al.(1997), que encontraram resultados variando entre 3,10 e 5,38

log₁₀ UFC/cm² em amostras de carne de cordeiro não irradiadas. Conforme o código sanitário do estado de São Paulo (São Paulo, 1992), mesmo as amostras não irradiadas mantiveram-se aptas para o consumo, pois o mesmo estabelece como limite 6,48 log₁₀ UFC/g para bactérias psicrotróficas.

Verificou-se na Tabela 2 a evolução dos resultados de Número Mais Provável (NMP) para *Enterococcus* spp. em amostras de perna ou pernil de cordeiros, submetidas a diferentes doses de radiação gama e tempos de estocagem.

Tabela 2: Valores médios da enumeração de *Enterococcus* spp. (log₁₀ NMP/g) das amostras resfriadas de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias).

Tratamento	Tempo de Estocagem		
	01 dia	15 dias	30 dias
Controle	1,70 ± 0,93aA	1,97 ± 0,81bA	2,33 ± 0,73cA
3 kGy	Ausência aB	Ausência aB	Ausência aB
5 kGy	Ausência aB	Ausência aB	Ausência aB

^a Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem (p<0,05).

^{A,B} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento (p<0,05).

Com relação à enumeração de *Enterococcus* spp., observou-se também a eficiência da irradiação, visto que a redução ocorrida nas amostras irradiadas com 3 kGy e 5 kGy foi significativa em relação ao controle, diminuindo a microbiota presente nas amostras analisadas. Tais resultados são semelhantes aos descritos por Valente (2004) em amostras de mexilhões irradiados, tanto para amostras irradiadas com 3 kGy como para amostras irradiadas com 5 kGy. É importante frisar que o resultado encontrado e expresso como ausência, indica que na amostra não se encontraram células capazes de promover a viragem do meio, modificando a coloração do meio de chromochult nos tubos de eppendorf, caracterizando-as como negativas ou ausência. No Brasil não há legislação estipulando limites para a presença de *Enterococcus* spp. em alimentos.

Evidenciou-se na Tabela 3 que a queda do pH da amostra controle foi mais pronunciada do que as das amostras irradiadas. Isso provavelmente ocorreu devido a uma maior degradação das proteínas em moléculas menores e a reorganização intramolecular dessas proteínas que determinaram modificações de suas cargas elétricas durante a maturação, conforme relatos de Oliveira e seus colaboradores (1998).

Tabela 3: Valores médios da medição de pH das amostras resfriadas de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias).

Tratamento	Tempo de Estocagem		
	01 dia	15 dias	30 dias

Controle	5,77 ± 0,03 aA	5,71 ± 0,04 abA	5,65 ± 0,03 bA
3 kGy	5,77 ± 0,07 aA	5,74 ± 0,06 aA	5,69 ± 0,04 aA
5 kGy	5,78 ± 0,05 aA	5,76 ± 0,03 aA	5,71 ± 0,03 aA

^a Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem ($p < 0,05$).

^{A,B} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

As amostras irradiadas não apresentaram diferença significativa de pH em relação à amostra controle, sendo semelhantes aos encontrados por Millar et al. (2000), que permitiram ao autor atestar que não houve diferença significativa no pH entre amostras irradiadas e não irradiadas de carne bovina, suína e ovina. No presente estudo foi encontrada diferença significativa apenas entre os tempos de estocagem de 1 dia e 15 dias, nas amostras controle (não irradiadas). Não foram encontradas diferenças significativas entre as amostras irradiadas em relação ao tempo de estocagem. Não houve diferença significativa em relação ao tratamento entre as amostras irradiadas e as não irradiadas. As doses de 3 kGy e 5 kGy não se diferenciaram significativamente. Os valores observados em todos os tratamentos e períodos de estocagem encontravam-se dentro dos valores admitidos para o consumo, considerado os parâmetros inclusos na legislação (Brasil, 1997).

Conclusão

As contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas possuíam valores maiores nas amostras controle, porém ainda dentro de valores adequados para o consumo. Entretanto, a irradiação com 3 kGy e 5 kGy reduziu em quase dois ciclos logarítmicos a população de bactérias psicrotróficas, tornando a carne mais segura para o consumidor. O tratamento por radiação ionizante também foi eficiente para a inativação das bactérias do gênero *Enterococcus* no período de estocagem. Como não houve diferença significativa na redução da microbiota entre o tratamento com 3 kGy e o tratamento com 5 kGy, a dose de 3 kGy seria a mais indicada por não alterar significativamente as propriedades sensoriais do produto. Não houve alteração significativa de pH devido à irradiação. A carne de cordeiros permaneceu própria para o consumo durante todo o experimento.

Agradecimentos

À CAPES, ao CTEEx, seus funcionários e pesquisadores, ao prof. Dr. Helio Carvalho Vital e ao matadouro frigorífico (SIE/RJ-553) no estado do Rio de Janeiro.

Referências Bibliográficas

APHA. American Public Health Association. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. 4 ed. APHA: Washington – DC, p. 63-67 e p. 159-165, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. *Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal* (aprovado pelo decreto 30.691 de 29/03/1952 alterado pelos decretos nº 1.255 de 25/06/1962, 1.236 de 02/09/1994, 1.812 de 08/02/1996 e 2.244 de 05/06/1997). DIPOA-MAPA, Brasília-DF, 1997, 241p.

BRASIL. Resolução RDC nº 21, de 26 de jan. de 2001. Aprova o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília, D.F. nº 20-E, 29 de janeiro de 2001. Seção 1, p. 35.

BRESSAN, M.C., PRADO, O.V., PEREZ, J.R.O., LEMOS, A.L.S.C, BONAGURIO, S. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características físico-químicas da carne. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.21, n.3, p. 293-303, 2001.

CHAWLA, S.P., PAUL, P., THOMAS, P., BABU, Y., SASTRY, M.D. Detection of irradiated lamb meat with bone: effect of chilled storage and cooking on ESR signal strength. *International Journal of Food Science and Technology*. v. 34, n. 1, p. 41-45, 1999.

COUSIN, M.A.; JAY, J.M.; VASAVADA, P.C. Psycrotrophic Microorganism in DOWNES, F.P.; ITO, K. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 4 ed., Washington: American Public Health Association (APHA), 2001. 676 p. cap. 13, p. 159-166.

DOMIG, K. J.; MAYER, H. J.; KNEIFEL, W. Methods used for the isolation, enumeration, characterization and identification of *Enterococcus* spp. sp 1. Media for isolation and enumeration. *International Journal of Food Microbiology*. v. 88, p. 147-164, 2003.

FARKAS, J. Irradiation as a method for decontamination food: a review. *International Journal of Food Microbiology*. v. 44, n. 3, p. 189-204, 1998.

FRANCO, B. D. G. M. ; LANDGRAF, M. *Microbiologia de Alimentos*. São Paulo: Livraria Atheneu, 2004.128p.

FRANCO, R.M.; LEITE, A.M.O. *Enumeração e Identificação de Enterococcus spp e Cepas de E. coli Patogênicas em Coxas de Frango e Estudo da Atividade Antimicrobiana das Cepas Isoladas*. XV Seminário de Iniciação Científica e Prêmio UFF – Vasconcellos Torres de Ciência e Tecnologia, 07-11/11/2005. CD.

GIRAFFA, G.; OLIVARI, A . M.; NEVIANI, E .Isolation of vancomycin resistant *Enterococcus* spp. faecium from Italian cheeses. *Food Microbiology*. v. 17, p. 671-677, 2000.

JAY, J.M. *Microbiologia moderna de los alimentos*. 3 ed., Zaragoza: Acribia, 1994, 712 p.

JETT, B. D.; HUYCKE, M. MM.; GILMORE, M. S. *Clinical Microbiological Reviews*, 1994, p.462-478.

KHAN, S. A. et al. Molecular characterization of multidrug-resistant *Enterococcus* spp. from poultry and dairy farms: detection of virulence and vancomycin resistance gene markers by PCR. *Molecular and Celular Probes*. V.19, p. 27-34, 2005

MERCK. *Microbiological Manual*. Berlin, Germany, 407 p., 2002.

MILLAR, S. J., MOSS, B. W., STEVENSON, M. H. The effect of ionising radiation on the colour of beef, pork and lamb. *Meat Science*. v. 55, n.3, p. 349-360, 2000.

MIYAGUSCU, L., CHEN, F., LEITÃO, M. F. F., BAFFA, O. Avaliação sensorial da vida útil de cortes de peito de frango irradiados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. v. 23, p. 7-16, 2003.

NARASINMHA RAO, D., SREENIVASAMURTHY, V. A note on microbial spoilage of sheep meat at ambient temperature. *Journal of Applied Bacteriology*. v. 58, p. 457, 1977.

NORTJÉ, K., BUYS, E.M., MINNAAR, A. Use of γ -irradiation to reduce high levels of *staphylococcus aureus* on casey-whein protein coated moist beef biltong. *Food Microbiology*. v. 23, n. 8, p. 729-737, 2006.

OLIVEIRA, L.B.; SOARES, G.J.D; ANTUNES, P.L. Influência da maturação de carne bovina na solubilidade do colágeno e perdas de peso por cozimento. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.4, n. 3, 166-171, 1998.

PUSHPA, P., VENUGOPAL, V., NAIR, P.M. Shelf-life enhancement of Lamb Meat under refrigeration by gamma irradiation. *Journal of Food science*, v. 55, n. 3, p. 865-866, 1990.

SÃO PAULO, *Código Sanitário*: Decreto nº 12.342 de 27 de setembro de 1978. Imprensa Oficial do Estado, 1992.

SAS, INSTITUTE. *SAS User's guide statistics*. Cary, 1999, 959p.

SATIN, M. Use of irradiation for microbial decontamination of meat: situation and perspectives. *Meat Science*. v. 62, n. 3, p. 277-283, 2002.

SIERRA, M., SHERIDAN, J.J., MCGUIRE, L. Microbial quality of lamb carcasses during processing and the acridine orange direct count technique (a modified DEFT) for rapid enumeration of total viable counts. *International Journal of Food Microbiology*. v. 36, n. 1, p. 61-67, 1997.

VALENTE, A. M. Efeito da irradiação sobre mexilhões [*Perna perna* (Linnaeus, 1758)]: coliformes termotolerantes e *Enterococcus*; ação antimicrobiana e análise sensorial das amostras. Niterói – RJ, UFF – Faculdade de veterinária, Tese de Mestrado, 85p., 2004.

3.2 EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA SOBRE A CONTAMINAÇÃO DA CARNE CONGELADA DE CORDEIRO SANTA INÊS

Efeito da radiação gama sobre a contaminação da carne congelada de cordeiro Santa Inês

Fernando Joaquim Xavier Alves*, Teófilo J. Pimentel da Silva**, Robson Maia Franco**, Mônica Queiroz de Freitas**, Hélio de Carvalho Vital***

Resumo

A tecnologia da irradiação é um processo físico muito eficaz no controle de doenças de origem alimentar, causadas por microrganismos patogênicos presentes em alimentos, podendo ser aplicada diretamente em produtos congelados. Quarenta e oito amostras de cortes de perna ou pernil com osso congeladas a - 18 °C, de seis cordeiros Santa Inês abatidos em um matadouro frigorífico sob inspeção estadual – SIE/RJ – 553, foram embaladas a vácuo, sendo 16 cortes controle, 16 tratadas com radiação gama na dose de 3 kGy e 16 com 5 kGy e armazenadas em freezer com temperatura controlada de - 18 °C. Foram realizadas contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas, enumeração de *Enterococcus* spp. nos dias 01, 180, 360 e 540 de estocagem e medição do pH. A análise estatística levou em consideração tratamento e período de estocagem. As contagens de bactérias psicrotróficas e a enumeração de *Enterococcus* spp. foram mais elevadas nas amostras não irradiadas, mostrando a eficiência do processo de irradiação na manutenção da segurança alimentar e redução da proliferação bacteriana. O uso do congelamento unido à irradiação mostrou grande eficiência na redução da microbiota da carne.

Palavras-chave: cordeiros, irradiação gama, análises microbiológicas, qualidade da carne.

Abstract

Irradiation is a physical process that has been efficiently used to control diseases of food origin, caused by pathogenic microorganisms presents in food. It can also be used to treat frozen products. Forty-eight frozen leg cuts with bone frozen (- 18 °C), from six Santa Inês lambs, slaughtered at a abattoir under state inspection - SIE/RJ - 553, vacuum packed, being 16 cuts control, 16 treated with irradiation with dose of 3 kGy and 16 with 5 kGy and stored in freezer at - 18 °C. Plate counting for psychrotrophic heterotrophic aerobic bacteria and enumeration of *Enterococcus* spp were accomplished on days 01, 180, 360 and 540 of storage, besides measurement of pH. The statistical analysis took in consideration treatment and storage period. The psychrotrophic bacterial counts and the enumeration of *Enterococcus* spp. were higher in unirradiated samples (controls), proving the efficiency of irradiation to keep lamb meat safe by reducing the populations of microorganisms. The use of freezing in combination with irradiation yielded a higher efficiency in the reduction of microorganisms in the samples.

keywords: lamb, irradiation, microbiological analysis, meat quality.

Introdução

O ovino da raça Santa Inês é de origem nordestina, deslanado, de grande porte e prolífero, bem adaptado aos climas quentes e com grande potencial para carne e pele (Bressan et al., 2001). O processo de irradiação pode ser visto como um método de pasteurização a frio (sem produção de aquecimento), utilizado para controlar doenças de origem alimentar causadas por microrganismos patogênicos e parasitas, em alimentos que são consumidos crus ou parcialmente processados, além de possuir a característica única de aplicação em alimentos congelados (Farkas, 1998; Loaharanu, 1996). No Brasil, a resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001, aprovou o “Regulamento Técnico para a Irradiação de Alimentos”, o qual permite a irradiação de qualquer alimento, com a condição de que a dose máxima absorvida seja inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e/ou atributos sensoriais do alimento e que a dose mínima absorvida seja suficiente para alcançar o objetivo pretendido (Brasil, 2001).

Uma de suas vantagens é o fato de, em nenhum momento, o produto entrar em contato direto com a fonte de irradiação, não havendo, portanto, a possibilidade de contaminação. Além disso, não ocorre a indução de radioatividade no alimento. Dessa forma, pode-se afirmar que, ao ser irradiado, o alimento não se torna radioativo. O período de tempo pelo qual o alimento permanece exposto à fonte de radiação determina a dose absorvida, a qual é expressa em kiloGrays (Satin, 2002). A radurização é o tipo de tratamento por radiação mais comumente utilizado, sendo caracterizada como tratamento do alimento com uma dose de radiação ionizante capaz de manter ou aumentar a qualidade do alimento, reduzindo substancialmente o número

de microrganismos deteriorantes específicos e viáveis, e corresponde a doses entre 1 e 5 kGy. Os gêneros *Pseudomonas*, *Acinetobacter* e *Moraxella* são destruídas com doses inferiores a 1 kGy, ao passo que leveduras são destruídas com 5 kGy e esporos bacterianos permanecem viáveis na radurização (Urbain, 1986). Os *Enterococcus* spp. são bactérias muito importantes em alimentos, responsáveis pela deterioração das carnes e constituem um dos maiores desafios, por serem bactérias oportunistas e terem mais de 20 espécies conhecidas, além de predominarem na microbiota do trato intestinal de seres humanos, de outros animais e no ambiente (Teixeira e Trabulsi, 2005; Holzapfel et al., 1998). São resistentes a baixas temperaturas (5 °C), mas sua temperatura ótima de crescimento está em torno de 35 °C, o que não inviabiliza o seu crescimento a 0 °C (Jett et al., 1994; Domig et al., 2003). As enterobactérias psicotróficas estão relacionadas com a produção de gás na deterioração de carnes embaladas a vácuo. Entretanto, episódios de deterioração por enterobactérias estão mais comumente associados à presença de odores desagradáveis do que à produção de gás. A proliferação de enterobactérias em carnes embaladas a vácuo está comumente limitada a alimentos com pH superior a 5,8 e ocorre mais comumente em produtos que sofreram abusos de temperatura. A presença de enterobactérias em carnes embaladas a vácuo é de particular significância devido a seu alto potencial de deterioração e aos riscos provocados por alguns membros desse grupo para a segurança alimentar. Microrganismos psicotróficos são aqueles capazes de se multiplicar em alimentos mantidos entre 0 °C e 7 °C, sendo sua temperatura ótima de multiplicação superior a 20 °C (Franco; Landgraf, 2004). As temperaturas de congelamento estão entre -18 °C ou inferiores. Em circunstâncias normais, o crescimento de todos os microrganismos é inibido pelas temperaturas de congelamento, embora

alguns microrganismos sejam capazes de crescer nessa escala, mas a um ritmo bem lento. A temperatura mais baixa onde foi observado o crescimento de um microrganismo (uma levedura rosada) foi de $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$. As bactérias Gram-positivas são mais resistentes a irradiação que as Gram-negativas, e uma das mais resistentes a radiação é o *Enterococcus faecium*, principalmente em ausência de oxigênio (Jay, 1994). De acordo com Jay (1994), a atividade de água (Aa) é extremamente favorável para o crescimento microbiano, sem importar a variabilidade encontrada. Ordoñez et al. (2005), relataram que a atividade de água (Aa) encontra-se na faixa de 0,98 para a carne fresca. Essa quantidade é observada como ótima para o crescimento microbiano, tornando-se então importantíssima a presença de outros métodos que dificultem a contaminação microbiana.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência da radiação gama, nas doses de 3 kGy e 5 kGy, na carne de cordeiro, com relação às mudanças bacteriológicas (Bactérias Psicotróficas e *Enterococcus* spp.) ocorridas durante sua estocagem a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por até 540 dias.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado no período de 08/2006 a 02/2008, usando cordeiros abatidos aos seis meses de idade, em um matadouro frigorífico sob inspeção estadual – SIE/RJ - 553. Após o resfriamento das carcaças, as pernas ou pernis foram removidas, congeladas por 24 horas e então serradas com serra fita em porções de carne com osso na espessura de 5 a 10 cm, identificadas e embaladas individualmente a vácuo,

aconicionados em caixas isotérmicas com gelo, as quais foram transportadas diretamente para o Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados da Universidade Federal Fluminense e mantidas à temperatura de congelamento ($- 18\text{ }^{\circ}\text{C}$) até o momento da irradiação. Foram separados 48 cortes, sendo 16 irradiados com 3 kGy e 16 com 5 kGy, na Seção de Defesa Nuclear do Centro Tecnológico do Exército (CTEx), em Guaratiba – RJ, para tratamento por radiação gama com fonte de ^{137}Cs (césio-137). Os 16 cortes restantes foram utilizados como controle. As amostras foram transportadas em caixas isotérmicas com gelo para o laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense, onde foram armazenadas em freezer com temperatura controlada de $- 18\text{ }^{\circ}\text{C}$, visando à realização de análises bacteriológicas nos dias 01, 180, 360 e 540 e pH nos dias 01, 90 e 540.

Inicialmente foram aplicadas as técnicas de assepsia com álcool 70% na bancada e nas embalagens das amostras. Uma alíquota de 25 gramas foi retirada e homogeneizada por cinco minutos em 225 mL de Solução Salina Peptonada – SSP a 0,1% em um stomacher obtendo a diluição 10^{-1} . Desse frasco foram retirados 100 μL , com pipeta esterilizada, e vazados em um “ependorff” contendo 900 μL de SSP a 0,1 % e assim obteve-se a diluição 10^{-2} . A partir desta, repetiu-se o procedimento, formando as demais diluições decimais 10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5} .

Para a contagem de bactérias heterotróficas aeróbias psicotróficas (APHA, 2001), após a obtenção das diluições, foi retirada, com pipeta esterilizada, uma alíquota de 200 μL das três últimas diluições (10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5}) e vazada 100 μL em cada placa de Petri, tendo sido efetuada duplicata para cada diluição nas amostras controle. Para as amostras irradiadas, foram utilizadas apenas as duas primeiras diluições (10^{-1} e 10^{-2}).

Utilizando a técnica de plaqueamento em profundidade, foram vertidos nas placas aproximadamente 20 mL de ágar padrão contagem previamente fundido e mantido em banho-maria a aproximadamente 49°C. Logo após ter sido vertido o ágar, homogeneizava-se o inóculo ao ágar com movimentos circulares sobre a bancada, cinco vezes em sentido horário e cinco vezes em sentido anti-horário. Assim que o ágar semeado solidificou, as placas foram incubadas em geladeira mantida à temperatura de $6\pm 1^\circ\text{C}$ em posição invertida e colocadas em incubação por dez dias. Depois deste prazo as placas foram removidas e selecionadas aquelas que apresentaram entre 25-250 Unidades Formadoras de Colônias - UFC para contagem. O número de UFC contadas foi multiplicado por dez (devido ao uso de 100 μL ao invés de 1 mL para semeadura) e pelo inverso do fator de diluição das placas escolhidas. Obtinha-se a média das duas placas e o resultado foi expresso em \log_{10} UFCs/g.

Para a enumeração de *Enterococcus* spp., foi usada a técnica do Número Mais Provável – NMP, conforme Merck (2002), modificado por Franco e Leite (2005). Uma alíquota de 100 μL de cada diluição foi inoculada em três séries de três endorfes, cada um com 1.000 μL de caldo Chromocult Merck. Em ato contínuo, os endorfes foram incubados em estufa microbiológica a 45°C por 48 horas. Resultados positivos foram devidos à ação da azida sódica, que inibiu a microbiota acompanhante e ao substrato Bromo-4-cloro-3-indol- β -glucuronidase que produziu uma coloração levemente azulada. Os resultados positivos de cada diluição foram comparados na tabela de Mc Crady (APHA, 2001) e os resultados expressos em \log_{10} NMP/g.

Para análise de pH, após pesagem de cinco gramas da amostra em Becker, foi adicionado um volume de 50 mL de água recém destilada, homogeneizando com bastão de vidro. O pH foi determinado aos 1°, 90° e 540° dias no potenciômetro, com o

cuidado de ajustar com soluções tampão pH 4,0 e 7,0 antes do uso. Os resultados foram adotados de acordo com o seguinte critério (Brasil, 1997): pH até 6,2 – Carne boa para consumo; pH 6,4 - Carne para consumo imediato e pH acima de 6,4 – Início de decomposição.

Para testar o efeito da irradiação (tratamento) e da estocagem, os resultados das análises bacteriológicas (bactérias psicotróficas e *Enterococcus* spp.) foram tratados usando ANOVA em fatorial 3⁴ (três tratamentos e quatro tempos de estocagem) e os resultados das análises de pH foram tratados usando ANOVA em fatorial 3³ (três tratamentos e três tempos de estocagem). Os resultados que apresentaram diferenças significativas foram testados pela ANOVA, segundo delineamento inteiramente casualizado (DIC), por dose de radiação e tempo de estocagem, seguido do teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade (SAS, 1999).

Resultados e Discussão

Na visualização da Tabela 1, observou-se o efeito sobre a contagem de bactérias heterotróficas aeróbias psicotróficas em amostras de perna ou pernil de cordeiros, submetidas a diferentes doses de radiação gama e tempos de estocagem.

Tabela 1: Valores médios das contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicotróficas (log₁₀ UFC/g) em carne de cordeiro congelada (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em relação ao tempo de estocagem (01 dia, 180 dias, 360 dias e 540 dias).

Tratamento	Tempo de estocagem			
	001 dia	180 dias	360 dias	540 dias
Controle	2,73 ± 0.53 ^{aA}	3,91 ± 0.47 ^{aA}	4,49 ± 0.04 ^{bA}	3,05 ± 0.89 ^{abA}
3 kGy	0,37 ± 0.53 ^{aB}	0,43 ± 0.22 ^{bB}	Ausência ^{aB}	Ausência ^{aB}
5 kGy	0,32 ± 0.45 ^{aB}	0,37 ± 0.53 ^{aB}	Ausência ^{aB}	Ausência ^{aB}

^{ab} Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem ($p < 0,05$).

^{AB} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

As contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas permitem verificar a eficiência da irradiação na conservação dos alimentos, através da diminuição significativa ($p < 0,05$) dos valores (\log_{10}) encontrados nas amostras irradiadas com 3 kGy e 5 kGy. Os resultados encontrados são semelhantes aos observados na pesquisa de Prachasitthisadky et al. (1984), que encontraram valores menores que 2,8 e menores que 1,8 \log_{10} , respectivamente, para as doses de 3 kGy e 4 kGy aplicadas à carne de frango congelada. Constatou-se também, pela obtenção dos resultados, que a partir dos 360 dias, ocorreu ausência de colônias na contagem de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas, o que pode ser explicado pela ação concomitante do congelamento que, mesmo nas amostras controle, não irradiadas, apresentou uma queda entre o dia 360 e o dia 540. Além disso, interpretando-se os resultados observou-se que, inclusive nas amostras controle (não irradiadas), a carne de cordeiro apresentava condição satisfatória para o consumo, mesmo após 540 dias de estocagem. De acordo com o código sanitário do estado de São Paulo (São Paulo, 1992), os resultados permitiram constatar que todas as amostras apresentaram-se

apropriadas para o consumo durante o armazenamento, pois o mesmo estabelece como limite 6,48 log₁₀ UFC/g para bactérias psicotróficas.

Na observação da Tabela 2, pode-se visualizar a ação sobre a enumeração de *Enterococcus* spp. em amostras de perna ou pernil de cordeiros, submetidas a diferentes doses de radiação gama e tempos de estocagem.

Tabela 2: Valores médios da enumeração de *Enterococcus* spp. (log₁₀ NMP/g) em carne de cordeiro congelada (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em relação ao tempo de estocagem (01 dia, 180 dias, 360 dias e 540 dias).

Tratamento	Tempo de estocagem			
	001 dia	180 dias	360 dias	540 dias
Controle	2,27 ± 0.33 ^{aA}	3,91 ± 0.47 ^{aA}	Ausência ^{bA}	Ausência ^{bA}
3 kGy	Ausência ^{aB}	Ausência ^{aB}	Ausência ^{aA}	Ausência ^{aA}
5 kGy	Ausência ^{aB}	Ausência ^{aB}	Ausência ^{aA}	Ausência ^{aA}

^{ab} Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem (p<0,05).

^{AB} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento (p<0,05).

Nos resultados obtidos na enumeração de *Enterococcus* spp., observa-se a eficiência da radiação gama sobre as bactérias presentes na carne de cordeiro, através da redução significativa (p<0,05) dos valores (log₁₀) nas amostras irradiadas com as doses de 3 kGy e 5 kGy a níveis não detectáveis pela técnica do Número Mais Provável em relação às amostras controles, nos dias 1 e 180. Nos dias 360 e 540, não houve diferença significativa entre as amostras irradiadas e não irradiadas, provavelmente

devido à ação concomitante do congelamento e da radiação gama. A ausência encontrada não pode ser caracterizada como zero absoluto, visto que podem ainda existir bactérias, mas em número incapaz de promover a viragem do meio de chromochult usado para sua detecção. No Brasil não há legislação estipulando limites para a presença de *Enterococcus spp* em alimentos.

Verifica-se na Tabela 3 que o aumento do pH da amostra controle foi mais pronunciado do que os das amostras irradiadas.

Tabela 3: Valores médios da medição de pH das amostras congeladas a – 18 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 90 dias e 540 dias).

Tratamento	Tempo de Estocagem		
	01 dia	90 dias	540 dias
Controle	5,56 ± 0,01 aA	5,68 ± 0,03 bA	5,80 ± 0,05 cA
3 kGy	5,45 ± 0,02 aB	5,49 ± 0,02 aB	5,53 ± 0,02 bB
5 kGy	5,53 ± 0,04 aA	5,59 ± 0,03 aC	5,64 ± 0,02 bC

^{ab} Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem ($p < 0,05$).

^{AB} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

Conforme os dados obtidos, o aumento do pH foi detectado em todas as amostras, irradiadas ou não, sendo mais acentuado nas amostras controle (não irradiadas), do início ao fim das análises. Os valores de pH diferenciaram-se significativamente em relação aos tempos de estocagem, mas notadamente aos 540 dias. Ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos aplicados nas amostras, principalmente aos 90 e 540 dias de estocagem. No primeiro dia de estocagem após a irradiação, as amostras controle não diferiram significativamente das amostras irradiadas com 5 kGy, mas diferiram significativamente das amostras irradiadas com 3 kGy. As amostras irradiadas diferiram significativamente em todos os períodos de estocagem. Entretanto, os valores observados em todos os tratamentos e períodos de estocagem encontram-se dentro dos valores admitidos para o consumo, quando considerado apenas esse parâmetro (Brasil, 1997).

Observa-se que na Tabela 4 a redução da atividade de água da amostra controle foi mais pronunciada que nas amostras irradiadas.

Tabela 4: Valores médios da Atividade de água das amostras congeladas a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 90 dias e 540 dias).

Tratamento	Tempo de Estocagem	
	01 dia	540 dias
Controle	$0,96 \pm 0,01$ aA	$0,94 \pm 0,01$ aA
3 kGy	$0,96 \pm 0,01$ aA	$0,95 \pm 0,01$ aA

5 kGy	0,96 ± 0,01 aA	0,95 ± 0,01 aA
-------	----------------	----------------

^{ab} Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem ($p < 0,05$).

^{AB} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

Embora não significativa ($p > 0,05$), a redução da atividade de água foi ligeiramente mais acentuada na amostra controle. Esses resultados são coincidentes aos obtidos por Nortjé et al. (2006), que sugeriu que a redução da atividade de água pela irradiação não seria capaz, por si só, de reduzir a proliferação bacteriana nas amostras.

Conclusão

As contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas apresentaram valores maiores nas amostras controle, porém ainda dentro de valores adequados para o consumo. A irradiação produziu redução da microbiota, tornando a carne mais segura para o consumidor. A radiação gama foi eficiente para a inativação das bactérias do gênero *Enterococcus* spp. no período de estocagem, mas ao mesmo tempo, observou-se que o uso da tecnologia de congelamento permitiu que não houvesse detecção de *Enterococcus* spp. aos 540 dias de estocagem. Não foram observadas diferenças significativas entre os efeitos das diferentes doses (3 e 5 kGy), portanto, a dose de 3 kGy seria mais indicada por minimizar as alterações sensoriais no produto. A carne de cordeiros permaneceu própria para o consumo durante todo o experimento.

Agradecimentos

A CAPES, ao CTEEx e ao matadouro frigorífico (SIE/RJ-553) no estado do Rio de Janeiro.

Referências Bibliográficas

APHA. American Public Health Association. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. 4 ed. APHA: Washington – DC, p. 63-67 e p. 159-165, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. *Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal* (aprovado pelo decreto 30.691 de 29/03/1952 alterado pelos decretos nº 1.255 de 25/06/1962, 1.236 de 02/09/1994, 1.812 de 08/02/1996 e 2.244 de 05/06/1997). DIPOA-MAPA, Brasília-DF, 1997, 241p.

BRASIL. Resolução RDC nº 21, de 26 de jan. de 2001. Aprova o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília, D.F. nº 20-E, 29 de janeiro de 2001. Seção 1, p. 35.

BRESSAN, M.C., PRADO, O.V., PEREZ, J.R.O., LEMOS, A.L.S.C, BONAGURIO, S. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características

físico-químicas da carne. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.21, n.3, p. 293-303, 2001.

DOMIG, K. J.; MAYER, H. J.; KNEIFEL, W. Methods used for the isolation, enumeration, characterization and identification of *Enterococcus* spp. sp 1. Media for isolation and enumeration. *International Journal of Food Microbiology*. v. 88, p. 147-164, 2003.

FARKAS, J. Irradiation as a method for decontamination food: a review. *International Journal of Food Microbiology*. v. 44, n. 3, p. 189-204, 1998.

FRANCO, B. D. G. M. ; LANDGRAF, M. *Microbiologia de Alimentos*. São Paulo: Livraria Atheneu, 2004.128p.

FRANCO, R.M.; LEITE, A.M.O. *Enumeração e Identificação de Enterococcus spp e Cepas de E. coli Patogênicas em Coxas de Frango e Estudo da Atividade Antimicrobiana das Cepas Isoladas*. XV Seminário de Iniciação Científica e Prêmio UFF – Vasconcellos Torres de Ciência e Tecnologia, 07-11/11/2005. CD.

HOLZAPFEL, W.H.; HABERER, P.J.; SNEL, J.; SCHILLINGER, U.; HUIS IN'T VELD, J.H.J. Overview of gut flora and probiotics. *International Journal of Food Microbiology*. v. 41, n. 2, p. 85-101, 1998.

JAY, J.M. *Microbiología moderna de los alimentos*. 3 ed., Zaragoza: Acribia, 1994, 712 p.

JETT, B. D.; HUYCKE, M. MM.; GILMORE, M. S. *Clinical Microbiological Reviews*, 1994, p.462-478.

LOAHARANU, P. Irradiation as a cold pasteurization process of food. *Veterinary Parasitology*. v. 64, n. 1-2, p. 71-82, 1996.

MERCK. *Microbiological Manual*. Berlin, Germany, 407 p., 2002.

NORTJÉ, K., BUYS, E.M., MINNAAR, A. Use of γ -irradiation to reduce high levels of *staphylococcus aureus* on casey-whein protein coated moist beef biltong. *Food Microbiology*. v. 23, n. 8, p. 729-737, 2006.

ORDOÑEZ, J.A., RODRIGUEZ, M.I.C., ALVAREZ, L.F., SANZ, M.L.G., MINGUILLÓN, G.DG.F., PERALES, L., CORTECERO, M.D.S. *Alimentos de origem animal*. Porto Alegre – RS: Editora Artmed, 2005, 2279 p.

PRACHASITTHISAKDI, Y., MOSSEL, D.A.A., DE VRIES, J., VAN NETTEN, P., WILLIAMS, J.L., STEGEMAN, H., FARKAS, J.. Lethality and flora shift of the psychrotrophic and mesophilic bacterial associations of frozen shrimps and chicken after radication. In: Kiss, I., Deak, T., Incze, K. (Eds.), *Microbial Associations and Interactions in Food*. Akademiai Kiado, Budapest, p. 417–428, 1984.

SÃO PAULO, *Código Sanitário*: Decreto nº 12.342 de 27 de setembro de 1978.

Imprensa Oficial do Estado, 1992.

SAS, INSTITUTE. *SAS User's guide statistics*. Cary, 1999, 959p.

SATIN, M. Use of irradiation for microbial decontamination of meat: situation and perspectives. *Meat Science*. v. 62, n. 3, p. 277-283, 2002.

TEIXEIRA, L.M.; TRABULSI, L.R. Enterococcus faecalis. In: TRABULSI, L.R.;

ALTERTHUM, F. *Microbiologia*. 4 ed. São Paulo: Atheneu, 2005. 585 p. Cap. 26, p. 213-216.

URBAIN, W. *Food Irradiation*. Academic Press, 1986, 351 p.

3.3 EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA NA VALIDADE COMERCIAL DA CARNE RESFRIADA DE CORDEIRO SANTA INÊS

Efeito da radiação gama na validade comercial da carne resfriada de cordeiro Santa Inês

Fernando Joaquim Xavier Alves*, Teófilo J. Pimentel da Silva**, Eliane Teixeira Mársico**, Mônica Queiroz de Freitas**, Hélio de Carvalho Vital***,

Resumo

A irradiação é uma das mais eficientes tecnologias para preservação de alimentos e inativação da microbiota contaminante de carne crua e processada. Trinta e seis amostras de cortes de perna ou pernil com osso congeladas (- 18 °C), de seis cordeiros Santa Inês, abatidos em um matadouro frigorífico sob inspeção estadual – SIE/RJ – 553, foram embaladas a vácuo, sendo 12 cortes controle, 12 tratadas com radiação gama na dose de 3 kGy e 12 com 5 kGy, os quais foram armazenados em geladeira com temperatura controlada de 0 a 2 °C. Foram realizadas análises de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), índice de peróxido (IP), análise sensorial pelo teste afetivo de aceitação nos dias 01, 15 e 30 de estocagem, além de medição do pH. A análise estatística foi efetuada levando-se em consideração o tratamento e o período de estocagem. Os valores de TBARS e peróxidos aumentaram durante o período de estocagem, mas não provocaram rejeição ao produto irradiado, em conformidade com os resultados da análise sensorial, caracterizando a viabilidade do uso da irradiação na conservação da carne de cordeiro resfriada.

Palavras-chave: Irradiação, cordeiros, TBARS, peróxidos, análise sensorial.

Abstract

Irradiation is one of the most efficient technologies for preservation of food and inactivation of microorganisms in raw and processed meat. Thirty-six frozen (- 18 °C) leg cuts with bone, from six Santa Inês lambs, slaughtered at a abattoir under state inspection - SIE/RJ - 553, vacuum packed, being 12 control cuts, 12 treated with irradiation with dose of 3 kGy and 12 with 5 kGy, were stored in refrigerator with temperature at 0 – 2 °C. Analysis of substances reactive to thiobarbituric acid (TBARS), peroxides index (IP), sensorial analysis for affective test of acceptance on the first day, 15 days and 30 days of storage were accomplished, in addition to pH measurement. The statistical analysis included correlations for the different treatments and storage period. TBARS and peroxides values increased during the storage period, but they did not lead to the rejection of the irradiated samples in agreement with the results from the sensorial analysis, confirming the effectiveness of the use of irradiation for conservation of fresh lamb meat.

Keywords: Irradiation, lamb, TBARS, peroxides, sensorial analysis.

Introdução

O ovino da raça Santa Inês vem sendo difundido em grande parte do Brasil tropical, devido à sua rusticidade, produtividade e habilidade materna nos diversos climas brasileiros. É uma raça de duplo propósito: produção de carne e pele. (ACCOBA, 2008). Hampson et al. (1996) realizaram um estudo onde cortes de carne suína, cordeiro e bovina (*Longissimus dorsi*), além de cortes de peito e coxa de peru, foram irradiados e analisados para atestar a ação da irradiação sobre sua composição lipídica. Foram analisados os valores de TBARS e peróxidos. Todos os cortes de carne analisados, exceto a coxa de peru, apresentaram valores de peróxido acima de zero mililitros de tiosulfato de sódio, antes mesmo da irradiação. Os ácidos graxos poliinsaturados da fração fosfolipídica, os quais representam de 0,5 a 1,0% do total de lipídios da carne, são os que mais contribuem para o desenvolvimento de rancidez durante a estocagem da carne e são os mais susceptíveis durante a irradiação. Nenhum ácido graxo essencial é perdido de forma tão extensa que possa se transformar em um problema nutricional. A única perda nutricional significativa em carnes com a irradiação é a tiamina, a qual desaparece em maiores quantidades nas carnes cozidas (Giroux e Lacroix, 1998). Uma das maiores preocupações em relação à irradiação de alimentos relaciona-se com seus efeitos sobre a oxidação lipídica, coloração e odores indesejáveis na carne (Ahn et al., 2000). Kanatt et al. (2006) demonstraram que a oxidação lipídica na carne de carneiro é dependente da dose, pois a comparação com as amostras não-irradiadas com 2,5 e 5 kGy apresentaram um valor de TBARS aumentado de 34 e 89%, respectivamente. Em seus estudos, Souza et al. (2007), observaram que a irradiação e o tempo de armazenamento influenciaram nos valores

de TBARS da carne de cordeiro para todas as dietas usadas. Segundo Vital et al. (2008), as alterações nutricionais em alimentos irradiados são comparáveis àquelas que ocorrem nos métodos convencionais de processamento, sendo que os carboidratos, proteínas e gorduras são muito pouco afetados pela irradiação, mesmo em doses da ordem de dezenas de kGy (kJ/kg). Em estudo realizado com cortes comerciais de bovino, suíno e cordeiro, Millar et al. (2000) determinaram que o pH médio encontrado para as amostras de cordeiro foi de 5,56. A irradiação é uma das tecnologias alternativas para preservação de alimentos, sendo adotada mundialmente. Segundo Brasil (2001), a legislação brasileira define irradiação de alimentos como o processo físico de tratamento que consiste em submeter o alimento, já embalado ou a granel, a doses controladas de radiação ionizante, com finalidades sanitárias, fitossanitária e ou tecnológica.

Stone e Sidel (1993) classificaram os métodos de avaliação sensorial de três formas: testes discriminativos, que determinam a diferença entre dois produtos; testes afetivos, que avaliam atitudes subjetivas do consumidor, como a aceitação do produto pelo consumidor e, por fim, testes descritivos de avaliação sensorial, que selecionam e treinam julgadores para identificar, descrever e quantificar os atributos sensoriais de um produto. Conforme Della Modesta (1994), um exemplo de teste afetivo é o de aceitação, onde o objetivo é determinar o “status afetivo” do alimento, isto é, o quanto o alimento é apreciado pelos consumidores, fornecendo uma indicação provável de sua aceitação no caso de um novo produto ou alteração na formulação de um já existente. Outro exemplo seria o teste de preferência, onde o objetivo seria a ordenação objetiva de amostras preferidas, em detrimento de outras menos preferidas ou rejeitadas. Um exemplo de teste discriminativo seria a comparação múltipla, com dois objetivos: um

para determinar se existe diferença entre duas amostras e um controle e outro para determinar a intensidade de tal diferença, se existente, usado quando a diferença entre amostras pode ser detectada, além de influenciar na decisão do consumidor.

Esse trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da irradiação nas doses de 3 kGy e 5 kGy, na perna ou pernil de cordeiros, com relação às mudanças físico-químicas e sensoriais ocorridas durante sua estocagem a 0 – 2 °C por 30 dias.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado no período de 08/2006 a 09/2006, usando seis cordeiros abatidos aos seis meses de idade, em um matadouro frigorífico sob inspeção estadual – SIE/RJ - 553. Após o resfriamento das carcaças, as pernas ou pernis foram removidas e congeladas por 24 horas. As peças foram então serradas com serra fita, em porções de carne com osso na espessura de 5 a 10 cm, identificadas, embaladas individualmente a vácuo, acondicionadas em caixas isotérmicas com gelo, transportadas diretamente para o Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados da Universidade Federal Fluminense e mantidas à temperatura de congelamento (– 18 °C) até o momento da irradiação. Foram separados 36 cortes, tendo sido 12 irradiados com 3 kGy e 12 com 5 kGy, no Instituto de Projetos Especiais do Centro de Tecnologia do Exército (CTEx), em Guaratiba – RJ, para tratamento por irradiação gama com fonte de ¹³⁷Cs (césio-137). Os 12 cortes restantes foram utilizados como controle. Todas as amostras foram transportadas em caixas isotérmicas com gelo para o laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados da Faculdade de Veterinária da Universidade

Federal Fluminense, sendo armazenadas em geladeira com temperatura controlada de 2 °C, visando a realização de análises físico-químicas e sensoriais.

Para a determinação do número de ácido tiobarbitúrico – TBARS (Talardgis et al., 1960; Torres e Okani, 1997), inicialmente preparou-se uma curva de resposta usando uma solução estoque pesando 0,22g de 1,1',3,3' tetraetoxipropano (TEP, CAS Number 122-31-6) a qual foi transferida quantitativamente para um balão volumétrico de 100 mL, completando o volume com água e pipetando-se 10 mL desta solução para um balão de 1000 mL. Para o desenvolvimento da análise, preparou-se uma diluição pipetando-se 10 mL da solução estoque e elevando-se o volume para 100 mL (2.20×10^{-6} g/mL). A concentração final foi de aproximadamente 1×10^{-8} a 8×10^{-8} Mol por 5 mL de destilado. A curva de resposta foi construída, pipetando-se alíquotas de 1, 2, 3, 4 e 5 mL de TEP em tubos de ensaio com tampa de rosca, tendo sido completado o volume para 5 mL com água destilada, sendo então adicionados 5 mL de solução de ácido 2-tiobarbitúrico 0.02 M (TBA, CAS Number 504-17-6). Os tubos foram fechados, agitados e colocados em banho de água fervente por 35 minutos para o desenvolvimento da cor. Decorrido o tempo de reação, os tubos foram imediatamente resfriados em água corrente e a absorbância determinada em espectrofotômetro UV-VIS (Cary 1E Varian®) em comprimento de onda de 532 nm. Preparou-se uma prova em branco com 5 mL de água destilada e 5 mL de TBA, tratados da mesma forma que os demais tubos. A análise foi feita a partir de dez gramas da amostra, que foram pesados em um copo de homogeneizador (OMNI-MIXER, Sorvall®). A seguir foram adicionados 25 mL de água destilada, homogeneizados por dois minutos a 400 rpm. O homogeneizado foi transferido para um tubo Kjeldahl com o auxílio de 23,75 mL de água destilada e 1,25 mL de ácido clorídrico (1:2) e pérolas de vidro para evitar ebulição tempestuosa. O

volume obtido foi colocado em destilador onde no final do condensador um erlenmeyer de 50 mL recebia o destilado em aproximadamente 20 minutos. Após homogeneização, removeu-se um volume de cinco mL do destilado para um tubo de ensaio onde foram adicionados cinco mL de TBA. Foi preparado um branco com cinco mL de água destilada e cinco mL de TBA. Os tubos de ensaio foram vedados com rolhas e levados para banho de água fervente por 35 minutos. Após resfriamento rápido, o volume foi transferido para as cubetas do espectrofotômetro tendo sido feita leitura de absorção contra o branco no espectrofotômetro em 530 nm. O valor obtido, após a diferença com o branco, foi multiplicado por 7,8 e os resultados foram expressos como mg de malonaldeído por kg de amostra – mg Mal/kg.

Para a determinação do valor do índice de peróxidos (Pearson, 1976), foi pesada cerca de um grama de gordura, previamente fundida em tubo de ebulição no qual havia sido adicionado 1 g de iodeto de potássio e 20 mL de solução de clorofórmio e ácido acético (1:2), tendo sido mantido em água fervente por um minuto. A seguir, o líquido foi vertido em erlenmeyer com 20 mL de iodeto de potássio a 5% lavando-se o tubo de ebulição inicialmente com 15 mL e, em seguida, com mais 10 mL de água destilada. Em seguida foram adicionados 2 mL de solução de amido a 0,5% e realizada a titulação com solução de tiosulfato de sódio 0,002 N até o desaparecimento da coloração azul, mas de forma que o valor não excedesse 10 mL. O resultado foi calculado usando-se a seguinte fórmula:

Índice de peróxidos em mEq/kg = $2V / p$, onde:

V=mL da solução de tiosulfato de sódio 0,002 N gastos na titulação;

p = massa da amostra em gramas

Durante o armazenamento, o índice de peróxidos da maioria dos óleos e gorduras apresenta um pequeno aumento nas primeiras etapas, conhecido como período de indução, depois aumentando sensivelmente. Nesta técnica, índices de 10 a 20 são considerados sinônimos de ranço.

Para a análise de pH, após pesagem de cinco gramas da amostra em Becker, foi adicionado um volume de 50 mL de água recém destilada, homogeneizando-se com bastão de vidro. O pH foi determinado aos 1°, 15° e 30° dia no potenciômetro, com o cuidado de ajustar usando soluções tampão com valores de pH 4,0 e 7,0 antes do uso. Os resultados foram adotados de acordo com o seguinte critério (Brasil, 1997): pH até 6,2 – Carne boa para consumo; pH 6,4 - Carne para consumo imediato; pH acima de 6,4 – Início de decomposição.

No teste afetivo de aceitação (Della Modesta, 1994), foi verificada a apreciação dos tratamentos nos períodos de estocagem (1, 15 e 30 dias) por meio de um teste de aceitação através de delineamento em blocos casualizados (DBC). Este teste foi realizado por 90 julgadores, homens e mulheres, variando entre 21 e 45 anos e divididos em 30 julgadores para cada período de armazenamento, no Laboratório de Análise Sensorial da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense – UFF. Os julgadores foram pessoas que estavam disponíveis durante o experimento e apreciavam o produto analisado. Os cortes foram desossados e limpos, picados em fragmentos de aproximadamente 1 cm³, acrescidos de 1% de sal, sendo cozidos em forno por aproximadamente 20 minutos. Para cada tratamento, foram apresentadas aos provadores amostras individuais e devidamente codificadas com números aleatórios de três dígitos, tendo sido disponibilizados aos julgadores: um copo descartável com volume de 50 mL com a amostra, guardanapos, palitos de dentes e um copo

descartável com volume de 300 mL com água filtrada para viabilizar a rinçagem da boca entre as amostras. O julgador, após degustar uma amostra de cada vez, identificava sua aceitação quanto a sabor e odor, para as amostras tratadas termicamente, e quanto à cor, para as amostras cruas, além da aceitação global para cada amostra, em uma ficha própria. Na identificação, o julgador marcava sua aceitação seguindo a escala hedônica de nove escores, onde o escore 9 corresponde a “gostei extremamente”, o escore 1 corresponde a “desgostei extremamente” e o escore 5 a “indiferente”.

Os resultados das análises físico-químicas e sensoriais foram tratados usando ANOVA em fatorial 3^3 (três tratamentos e três tempos de estocagem) para testar o efeito da irradiação (tratamento) e da estocagem e da interação entre estes. Os resultados que apresentaram diferenças significativas foram testados pela ANOVA segundo delineamento em blocos casualizados (DBC) por dose de radiação e por tempo de estocagem, seguido do teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade (SAS, 1999).

Resultados e Discussão

Na Tabela 1, verificam-se os resultados da análise do número de ácido tiobarbitúrico em amostras de perna ou pernil de cordeiros resfriadas e submetidas a diferentes doses de radiação gama e tempos de estocagem.

Tabela 1: Valores médios do número de ácido tiobarbitúrico (mg Mal/kg) das amostras resfriadas de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias).

Tratamento	Tempo de Estocagem		
	01 dia	15 dias	30 dias
Controle	0,69 ± 0,02aA	0,74 ± 0,02aA	0,86 ± 0,04bA
3 kGy	0,84 ± 0,01aB	0,91 ± 0,02bB	1,16 ± 0,06cB
5 kGy	1,14 ± 0,03aC	1,32 ± 0,03aC	1,67 ± 0,24bC

^a Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem ($p < 0,05$).

^{A,B} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

Com relação aos valores médios do número de ácido tiobarbitúrico, os resultados permitiram observar uma elevação em todas as amostras, com o aumento do tempo de estocagem. O aumento dos valores de ácido tiobarbitúrico apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) dentro de cada tempo de estocagem em relação às doses aplicadas, sendo mais acentuado nas amostras irradiadas. Dentre elas, foi maior nas amostras irradiadas com 5 kGy do que nas amostras irradiadas com 3 kGy. Isso provavelmente ocorreu devido ao processo de degradação lipídica durante a estocagem de todas as amostras, tendo sido maior a taxa de degradação nas amostras irradiadas, visto que a radiação age sobre os lipídios da carne, promovendo sua degradação mais acentuada (Kanatt et al., 2006). Os tempos de estocagem também

apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$), principalmente entre os dias 15 e 30, mesmo nas amostras não irradiadas. Os resultados encontrados são semelhantes àqueles obtidos em um estudo realizado por Kanatt et al.(2006), que demonstrou a dose-dependência dos valores de número de ácido tiobarbitúrico encontrados e que foram de 0,6 e 0,9 mg Mal/kg em amostras irradiadas e resfriadas de perna de cordeiro com 2,5 kGy com 0 e 7 dias de estocagem, respectivamente e 0,8 e 1,6 mg Mal/kg em amostras irradiadas e resfriadas de perna de cordeiro com 5 kGy com 0 e 7 dias de estocagem, respectivamente, após a irradiação. Esses resultados discordam dos resultados apresentados por Duong et al.(2008) em seu estudo, onde no primeiro dia após a irradiação de carne moída resfriada a 4 °C, obteve resultados de 2,0 mg de malonaldeído/kg em amostras irradiadas com 2 kGy. Esse resultado se deve, provavelmente, ao fato da carne utilizada ter sido moída, o que aumentaria a degradação lipídica, como foi explicado por Strange et al.(1974) em um estudo que demonstrou que a degradação lipídica aumentaria cerca de duas a três vezes em carne moídas, em relação a carnes não moídas. Os resultados encontrados na presente pesquisa também são semelhantes aos obtidos por Souza et al. (2007) em seu estudo, onde encontrou resultados entre 0,41 e 0,52 mg Mal/kg em amostras de carne de cordeiro resfriadas (4 °C), irradiadas com 2kGy e 4 kGy e estocadas por 15 dias.

Observa-se na Tabela 2 a evolução dos valores do índice de peróxidos (Meq/g) em perna ou pernil resfriado de cordeiros, submetidas a diferentes doses de radiação gama e tempos de estocagem.

Tabela 2: Valores médios do índice de peróxido (Meq O₂/g) das amostras resfriadas a 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias).

Tratamento	Tempo de Estocagem		
	01 dia	15 dias	30 dias
Controle	6,25 ± 0,29aA	7,38 ± 0,30bA	11,80 ± 0,50cA
3 kGy	8,30 ± 0,34aB	11,70 ± 0,45bB	16,40 ± 0,45cB
5 kGy	8,67 ± 0,43aB	12,25 ± 0,17bB	17,68 ± 0,30cC

^a Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem ($p < 0,05$).

^{A,B} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

Os resultados obtidos demonstraram a ação da radiação sobre a oxidação lipídica, elevando de forma significativa ($p < 0,05$) os valores encontrados e de forma proporcional à dose. O tempo de estocagem também contribuiu nos resultados obtidos, aumentando significativamente ($p < 0,05$) os valores encontrados nas amostras irradiadas em relação às amostras não irradiadas. Os valores encontrados são superiores aos obtidos por Hampson et al. (1996) em carne de cordeiro irradiada, estocada a 4 °C onde foram observados os valores de 2,41 Meq O₂/g na dose de irradiação de 2,83 kGy e de 3,27 Meq O₂/g na dose de 5,66 kGy. Os resultados obtidos por eles apresentaram-se diferentes, possivelmente pela análise ter sido efetuada logo em seguida à irradiação, o que pode ter contribuído para uma menor degradação

lipídica. Segundo Pearson (1976), valores entre 10 e 20 Meq O₂/g são característicos de ranço. Valores dentro dessa escala foram encontrados na presente pesquisa, entretanto, a análise sensorial efetuada por provadores não demonstrou essa diferença, devido a não ter havido rejeição ao produto no momento da degustação.

Verifica-se na Tabela 3 que a queda do pH da amostra controle foi mais pronunciada do que os das amostras irradiadas. Isso provavelmente ocorreu devido a uma maior degradação das proteínas em moléculas menores e à reorganização intramolecular dessas proteínas que determinaram modificações de suas cargas elétricas durante a maturação (Oliveira et al., 1998).

Tabela 3: Valores médios da medição de pH das amostras resfriadas de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias).

Tratamento	Tempo de Estocagem		
	01 dia	15 dias	30 dias
Controle	5,77 ± 0,03 aA	5,71 ± 0,04 abA	5,65 ± 0,03 bA
3 kGy	5,77 ± 0,07 aA	5,74 ± 0,06 aA	5,69 ± 0,04 aA
5 kGy	5,78 ± 0,05 aA	5,76 ± 0,03 aA	5,71 ± 0,03 aA

^a Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem (p<0,05).

^{A,B} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento (p<0,05).

Entretanto, as amostras irradiadas não apresentaram resultados de pH diferentes significativamente ($p > 0,05$) em relação à amostra controle. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Millar et al., (2000), que permitiram ao autor atestar que não houve diferença significativa entre as amostras irradiadas e as não irradiadas. As diferenças oriundas dos diferentes tempos de estocagem e das doses de irradiação também não foram significativas. Houve diferença significativa apenas para as amostras controle ao considerar-se o período de estocagem. As doses de 3 kGy e 5 kGy não se diferenciaram significativamente. Em conformidade com a legislação nacional (Brasil, 1997), os valores observados para todas as amostras pesquisadas encontram-se dentro dos limites admitidos para o consumo, quando considerado apenas esse parâmetro.

Em relação aos atributos sensoriais, as Tabelas 4, 5, 6 e 7 apresentam os resultados observados. Na Tabela 4 observam-se os resultados em relação ao atributo aroma de pernas ou pernis resfriados de cordeiros, submetidas a diferentes doses de irradiação e tempos de estocagem.

Tabela 4: Valores médios do teste de aceitação sensorial referente ao atributo aroma da carne de cordeiro resfriada de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias).

Tratamento	Tempo de Estocagem		
	01 dia	15 dias	30 dias
Controle	5,53 ± 1,50aA	5,83 ± 1,70aA	6,03 ± 1,45 aA

3 kGy	5,47 ± 1,65aA	5,73 ± 1,44 aA	6,40 ± 1,77 aA
5 kGy	6,77 ± 1,57 aA	5,83 ± 1,72 aA	6,73 ± 1,41aA

^{a,b} Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem ($p < 0,05$).

^{A,B} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

Os resultados obtidos não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$), mostrando não haver diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras irradiadas e as não irradiadas. Os resultados encontrados permitem atestar a inexistência de rejeição ao produto irradiado. O resultado obtido no tempo de estocagem de 30 dias sugere que a irradiação produziu uma provável melhoria na qualidade da carne, visto que os resultados, mesmo não significativos, apresentam melhor escore para as amostras irradiadas com 3 kGy e 5 kGy em relação às amostras não irradiadas. Todas as amostras apresentaram escores entre 5,47 e 6,77, o que equivaleria na escala hedônica aos conceitos entre “indiferente” e “gostei ligeiramente”. Em concordância com os achados desse trabalho, Lacroix et al. (2002) não encontraram alterações de aroma em carne suína embalada á vácuo e irradiada com 6 kGy.

Na Tabela 5 podem ser observados os resultados obtidos em relação ao atributo sabor de pernas ou pernis resfriados de cordeiros, submetidas a diferentes doses de irradiação e tempos de estocagem.

Tabela 5: Valores médios do teste de aceitação sensorial referente ao atributo sabor da carne de cordeiro resfriada de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias).

Tratamento	Tempo de Estocagem		
	01 dia	15 dias	30 dias
Controle	6,27 ± 1,23abA	6,03 ± 1,77aA	7,00 ± 1,20 abA
3 kGy	5,60 ± 2,04aA	6,10 ± 1,95 aA	6,43 ± 1,77 aA
5 kGy	6,43 ± 1,67 bA	6,30 ± 1,66 aA	7,27 ± 1,36bA

^{a,b} Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem ($p < 0,05$).

^{A,B} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

Os resultados obtidos não diferem significativamente entre si, mostrando não haver diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras irradiadas e as não irradiadas. Estes achados obtidos permitem atestar a inexistência de rejeição ao produto irradiado, visto que foram melhores na amostra irradiada com 5 kGy para os tempos 1 dia, 15 dias e 30 dias. Em relação aos tempos de estocagem, houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os períodos de estocagem de 01 e 30 dias em relação ao período de 15 dias, tanto nas amostras controle como nas amostras irradiadas com 5 kGy. O resultado obtido no tempo de estocagem de 30 dias sugere que a radiação foi capaz de induzir a uma provável melhoria na qualidade da carne, visto que os resultados, embora não significativos, apresentam melhor escore para as amostras irradiadas em relação às

amostras não irradiadas, exceto nas amostras com 3 kGy, nos tempos de estocagem de 1 dia e 30 dias, que foram menores do que os resultados obtidos nas amostras controle. Todas as amostras apresentaram escores entre 5,60 e 7,27, o que equivaleria na escala hedônica entre os conceitos “indiferente” e “gostei moderadamente”. Os resultados obtidos na análise de sabor permitem concordar com os obtidos por Al Bachir e Mehio (2001), os quais revelaram que doses de 4 kGy não são capazes de induzir alterações de sabor da carne embutida cozida, estocada de 1 a 3 °C durante 14 semanas.

Na Tabela 6 observam-se os resultados obtidos em relação ao atributo cor (para carne crua) de pernas ou pernis resfriados de cordeiros, submetidas a diferentes doses de irradiação e tempos de estocagem.

Tabela 6: Valores médios do teste de aceitação sensorial referente ao atributo cor (carne crua) da carne de cordeiro resfriada de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias).

Tratamento	Tempo de Estocagem		
	01 dia	15 dias	30 dias
Controle	6,40 ± 1,16 ^{aA}	6,37 ± 1,45 ^{aA}	6,57 ± 1,36 ^{aA}
3 kGy	6,00 ± 1,49 ^{aA}	6,97 ± 1,52 ^{aA}	7,07 ± 1,39 ^{aA}
5 kGy	6,17 ± 1,44 ^{aA}	6,27 ± 1,44 ^{aA}	6,77 ± 1,67 ^{aA}

^{a,b} Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem (p<0,05).

^{A,B}Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

Os resultados obtidos não diferem significativamente entre si, mostrando não haver diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras irradiadas e as não irradiadas. Os resultados obtidos permitem atestar a inexistência de rejeição ao produto irradiado, visto que foram melhores na amostra irradiada com 3 kGy para os tempos 15 dias e 30 dias. Em relação aos tempos de estocagem, também não houve diferença significativa ($p > 0,05$). A amostra controle apresentou escore superior apenas no primeiro dia após a irradiação. Interpretando-se os dados obtidos durante a estocagem por 30 dias, observa-se que a irradiação produziu uma provável melhoria na qualidade da carne, visto que os resultados, embora não significativos, apresentam melhor escore para as amostras irradiadas com 3 kGy em relação às amostras não irradiadas, exceto nas amostras irradiadas com 3 kGy, nos tempos de estocagem de 1 dia e 30 dias, que foram menores do que os resultados obtidos nas amostras controle. Todas as amostras apresentaram escores entre 6,00 e 7,07, o que equivaleria na escala hedônica a um conceito entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”. Embora os julgadores não tenham detectado mudanças da cor da carne crua e irradiada em relação à amostra controle, é de conhecimento geral que alterações de cor foram observadas em amostras de carnes bovina, suína e de peru, irradiadas, embaladas a vácuo e resfriadas de 0 – 2 °C por até 12 semanas, conforme dados de Nanke et al., 1998.

Na Tabela 7 verificam-se os resultados obtidos em relação ao atributo impressão global de pernas ou pernis resfriados de cordeiros, submetidas a diferentes doses de irradiação e tempos de estocagem.

Tabela 7: Valores médios do teste de aceitação sensorial referente ao atributo impressão global da carne de cordeiro resfriada de 0 – 2 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em função do tempo de estocagem (01 dia, 15 dias e 30 dias).

Tratamento	Tempo de Estocagem		
	01 dia	15 dias	30 dias
Controle	6,27 ± 1,05aA	5,93 ± 1,66aA	6,73 ± 1,11aA
3 kGy	5,73 ± 1,68aA	6,03 ± 1,85aA	6,60 ± 1,43aA
5 kGy	6,23 ± 1,50aA	6,17 ± 1,42aA	7,07 ± 1,41aA

^{a,b} Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem ($p < 0,05$).

^{A,B} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

Os resultados obtidos não diferem significativamente entre si, mostrando não haver diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras irradiadas e as não irradiadas. Os resultados obtidos permitem atestar a inexistência de rejeição ao produto irradiado, visto que foram melhores na amostra irradiada com 5 kGy para os tempos 15 dias e 30 dias. Em relação aos tempos de estocagem, também não houve diferença significativa

($p > 0,05$). A amostra controle apresentou escore superior apenas no primeiro dia após a irradiação, embora não diferindo significativamente. Os dados obtidos no tempo de estocagem de 30 dias levam a interpretação de que a irradiação produziu uma provável melhoria na qualidade da carne, visto que os resultados, embora não significativos, apresentam melhor escore para as amostras irradiadas com 5 kGy em relação às amostras não irradiadas, nos tempos de estocagem de 15 dias e 30 dias. Todas as amostras apresentaram escores entre 5,73 e 7,07, o que equivaleria na escala hedônica aos conceitos entre “indiferente” e “gostei moderadamente”. Kim et al. (2002) não encontraram diferenças significativas nos escores de aceitação entre carnes bovinas, suínas e de peru irradiadas e não irradiadas dessas três espécies. Isso indica que os efeitos da irradiação sobre a oxidação lipídica, odor e características sensoriais da carne de diferentes espécies animais são ao menos similares, se não os mesmos.

Conclusão

As amostras irradiadas com 3 e 5 kGy apresentaram maiores valores de TBARS e índice de peróxidos do que as amostras não irradiadas. Esses valores, embora maiores e diferentes significativamente ($p < 0,05$), não provocaram rejeição do produto irradiado, pelo que se observou na análise sensorial. O aumento nos valores de TBARS e índice de peróxidos mostrou-se dose-dependente, principalmente para peróxidos. A carne de cordeiro permaneceu própria para o consumo durante o período de estocagem observado.

Agradecimentos

A CAPES, ao CTEEx e ao matadouro frigorífico (SIE/RJ-553) no estado do Rio de Janeiro.

Referências bibliográficas

ACCOBA – Associação dos Criadores de Caprinos e Ovinos da Bahia. *Santa Inês*.

Disponível em: http://www.accoba.com.br/ap_info_dc.asp?idInfo=195&idCategoria=1.

Acesso em: 01 dez. 2008.

AHN, D.U., JO, C., OLSON, D.G. Analysis of volatile components and the sensory characteristics of irradiated raw pork. *Meat Science*. v. 54, n.3, p. 209-215, 2000.

AL-BACHIR, M.; MEHIO. Irradiated luncheon meat: microbiological, chemical and sensory characteristics during storage. *Food Chemistry*. v. 75, n. 2, p. 169-175, 2001.

BRASIL. Resolução RDC nº 21, de 26 de jan. de 2001. Aprova o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília, D.F. nº 20-E, 29 de janeiro de 2001. Seção 1, p. 35.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. *Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal* (aprovado pelo decreto 30.691 de 29/03/1952 alterado pelos decretos nº

1.255 de 25/06/1962, 1.236 de 02/09/1994, 1.812 de 08/02/1996 e 2.244 de 05/06/1997). DIPOA-MAPA, Brasília-DF, 1997, 241p.

DELLA MODESTA, R.C. *Manual de análise sensorial de alimentos e bebidas*. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1994. 78 p.

DUONG, D.Q., CRANDALL, P.G., POHLMAN, F.W., O'BRYAN, C.A., BALENTINE, C.W., CASTILLO, A. Improving ground beef safety and stabilizing color during irradiation using antioxidants, redutancts or TSP. *Meat Science*. v. 78, n. 4, p. 359-368, 2008.

FREITAS, M.Q. *Análise sensorial de alimentos*. Universidade federal Fluminense, Faculdade de Veterinária, Departamento de tecnologia dos alimentos, Niterói – RJ, 2005, 81 p.

GIROUX, M., LACROIX, M. Nutritional adequacy of irradiated meat—a review. *Food Research International*. v. 31, n.4, p. 257-264, 1998.

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.

KANATT, S.R., CHANDER, R., SHARMA, A. Effect of radiation processing of lamb meat on its lipids. *Food Chemistry*. v. 97, n. 1, p. 80-86, 2006.

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

LACROIX, M.L., HASHIM, I.B., RESSURECCION, A.V.A., MCWATERS, K.H. Consumer acceptance of irradiated pork meat. *Meat Science*. v. 74, p. 1287- 1294, 2002.)

MILLAR, S. J., MOSS, B. W., STEVENSON, M. H. The effect of ionising radiation on the colour of beef, pork and lamb. *Meat Science*. v. 55, n.3, p. 349-360, 2000.

NANKE, K.E., SEBRANEK, J.G., OLSON, D.G. Color characteristics of irradiated vacuum-packaged pork, beef and turkey. *Journal of Food Science*. v. 63, n. 6, p. 1001-1006, 1998.

OLIVEIRA, L.B.; SOARES, G.J.D; ANTUNES, P.L. Influência da maturação de carne bovina na solubilidade do colágeno e perdas de peso por cozimento. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.4, n. 3, 166-171, 1998.

PEARSON, D. *Técnicas de laboratório para el analisis de alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1976. Cap.5: Indice de aceites y enranciamiento, p.137-139.

SAS, INSTITUTE. *SAS User's guide statistics*. Cary, 1999, 959p.

SOUZA, A.R.M., ARTHUR, V., CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Efeito da radiação gama e do armazenamento na oxidação lipídica e no colesterol de carne de cordeiros da raça santa inês. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas – SP, v. 27, n. 1, p. 67-71, 2007.

STONE, H., SIDEL, J.L. *Sensory Evaluation Practices*. 2 ed., Orlando – Florida: Academic Press, 1993, 337 p.

STRANGE, E.D., BENEDICT, R.C., GUGGER, R.C., METZER, V.G., SWIFT, C.E. Simplified methodology for measuring meat colour. *Journal of Food Science*. v. 39, p. 988-992, 1974.

TARLADGIS, B.G., WATTS, B.M., YOUNATHAN, M.T., DUGAM, L.R. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of American Oil Chemistry Society*. v. 37, p. 44-48, 1960.

TORRES, E. A. F. S.; OKANI, E. T. Teste de TBA: Ranço em alimentos. *Revista Nacional da Carne*. n. 243 , p. 68-74, 1997.

VITAL, H.C., HERNANDES, N.K., SANTOS, A. A conservação de alimentos por irradiação. *Revista do CTEEx P & D*. Centro Tecnológico do Exército, Rio de Janeiro – RJ. Ano II, n. 2, p. 45 – 50, 2008.

3.4 EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA NA VALIDADE COMERCIAL DA CARNE CONGELADA DE CORDEIRO SANTA INÊS

Efeito da radiação gama na validade comercial da carne congelada de cordeiro Santa Inês

Fernando Joaquim Xavier Alves*, Teófilo J. Pimentel da Silva**, Eliane Teixeira Mársico**, Mônica Queiroz de Freitas**, Hélio de Carvalho Vital***, Daniela de Grandi Castro Freitas***

Resumo

A irradiação é considerada como uma tecnologia de fácil aplicação e eficiente para a manutenção da qualidade de vários tipos de alimentos. Quarenta e oito amostras de cortes de perna ou pernil com osso congeladas (- 18 °C), de seis cordeiros Santa Inês, abatidos em um matadouro frigorífico sob inspeção estadual – SIE/RJ – 553, foram embaladas a vácuo, sendo 16 cortes controle (não irradiadas), 16 tratadas com radiação gama na dose de 3 kGy e 16 com 5 kGy, e armazenadas em freezer à temperatura de – 18 °C. Foram realizadas análises de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), índice de peróxido (IP), análise instrumental de cor, atividade de água e análise sensorial pelo teste afetivo de aceitação nos dias 01, 180, 360 e 540 dias de estocagem, além de medição do pH. A análise estatística foi efetuada levando-se em consideração o tratamento e o período de estocagem. Observou-se que os valores de TBARS e peróxidos aumentaram durante o período de estocagem, mas não provocaram rejeição ao produto irradiado, de acordo com os resultados da análise sensorial, atestando a eficácia do uso da irradiação na conservação da carne de cordeiro congelada.

Palavras-chave: cordeiros, radiação gama, análises físico-químicas, análise sensorial, qualidade da carne.

Abstract

Irradiation is considered an efficient technology of easy application for conservation of food. Forty-eight frozen ($- 18\text{ }^{\circ}\text{C}$) leg cuts with bone, of six Santa Inês lambs, slaughtered at an abattoir under state inspection - SIE/RJ - 553, vacuum packed, being 16 control cuts, 16 treated with irradiation with dose of 3 kGy and 16 with 5 kGy, and stored in freezer at $- 18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Analysis of thiobarbituric acid reactive substances, peroxides index, instrumental analysis of color water activity and sensorial analysis for consumer affective test were accomplished on the day 1, day 180, day 360 and day 540 of storage, in addition to the measurement of pH. A statistical analysis was performed taking into consideration treatment and storage period. The values for TBARS and concentration of peroxides increased during storage, but did not lead to the rejection of the irradiated product, in agreement with the results from the sensorial analysis, proving the effectiveness of the use of irradiation for conservation of fresh lamb meat.

Keywords: lamb, irradiation, physical-chemical analysis, sensorial analysis, meat quality.

Introdução

O consumo da carne ovina, embora ainda não apresente o crescimento esperado no mercado, já vem recebendo hoje uma maior atenção, devido às recentes descobertas de que os músculos de ruminantes, especialmente do ovino, têm uma alta concentração de ácido linoléico conjugado, um microcomponente lipídico de grande interesse para os nutricionistas (Hasler, 2002).

A irradiação é uma das tecnologias alternativas para preservação de alimentos, sendo adotada mundialmente. A legislação brasileira define irradiação de alimentos como o processo físico de tratamento que consiste em submeter o alimento, já embalado ou a granel, a doses controladas de radiação ionizante, com finalidades sanitárias, fitossanitária e ou tecnológica (Brasil, 2001). A maior vantagem do processo de irradiação está nas poucas alterações provocadas nos componentes dos alimentos. Além disso, muitas dessas alterações ocorrem em outros processos, como congelamento, envasamento ou desidratação (Santos et al., 2003). A irradiação destaca-se como uma técnica promissora entre os recursos atuais disponíveis para a preservação de alimentos, pois atua como redutora das perdas causadas por processos fisiológicos (brotamento, envelhecimento e maturação), além de eliminar ou reduzir a população de microrganismos, parasitos e pragas, sem causar qualquer prejuízo ao alimento, tornando-os, portanto, mais seguros para o consumidor (Pereira, 2004).

Em um estudo realizado com cortes comerciais de bovino, suíno e cordeiro, Millar et al. (2000) determinaram que o pH médio encontrado para as amostras de cordeiro foi de 5,56. Alguns efeitos da irradiação, tais quais sabores e odores desagradáveis e alterações de cor têm prejudicado a expansão da comercialização de carne fresca

irradiada. Dentre essas alterações, o aparecimento de colorações indesejáveis ou inesperadas, sob o ponto de vista dos consumidores, é crítica, pois a cor da carne é de vital importância para a decisão de adquiri-la ou não. A cor da carne fresca depende da quantidade e estado do pigmento e da sua capacidade de dispersão e balanço entre a penetração de oxigênio, processos oxidativos e os sistemas de redução no interior da massa muscular. Com o uso da irradiação, espera-se um efeito uniforme sobre a carne, com mudanças de cor sendo observadas na superfície exterior, dependendo do nível de difusão e profundidade de penetração do oxigênio. As gorduras estão entre os componentes menos estáveis dos alimentos, sendo muito susceptíveis a radiações ionizantes, o que pode induzir a auto-oxidação. A irradiação gera radicais livres e acelera a oxidação dos ácidos graxos insaturados, o que pode acarretar algumas mudanças bioquímicas na carne e influenciar sua qualidade, principalmente o seu valor nutricional (Du et al., 2000). Nanke et al. (1998) demonstraram em um experimento que a irradiação não tem ação dose-dependente sobre a luminosidade (L^*) da carne bovina, de perus e de suínos, na análise instrumental de cor.

Estudos permitiram aos autores comprovar que o uso de altas doses de irradiação (acima de 10 kGy), alteram significativamente as propriedades sensoriais de pequenas porções de carne irradiada (Chander et al., 2003). Segundo Freitas (2005), na análise sensorial são encontrados fundamentos que fazem com que a mesma receba uma classificação de ciência, embora também deva ser observada como tecnologia, devido à sua grande utilização prática. Ao contrário do normal, que é a tecnologia ter origem em atributos científicos, a análise sensorial resultou da necessidade de formulação de novas técnicas visando à solução prática de questões

existentes, muito antes que houvesse um embasamento científico, que permitisse a modelagem adequada dos problemas.

Esse trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da radiação gama, nas doses de 3 kGy e 5 kGy, na perna ou pernil de cordeiros, com relação à mudanças físico-químicas e sensoriais ocorridas durante sua estocagem a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por até 540 dias.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado no período de 08/2006 a 02/2008, usando seis cordeiros abatidos aos seis meses de idade, em um matadouro frigorífico sob inspeção estadual – SIE/RJ - 553. Após o resfriamento das carcaças, as pernas ou pernis foram removidas e congeladas por 24 horas. As peças foram então serradas com serra fita, em porções de carne com osso na espessura de 5 a 10 cm, identificadas e embaladas individualmente a vácuo, acondicionados em caixas isotérmicas com gelo e transportadas diretamente para o Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados da Universidade Federal Fluminense e mantidas à temperatura de congelamento ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) até o momento da irradiação. Foram separados 48 cortes, sendo 16 irradiados com 3 kGy e 16 com 5 kGy, no Instituto de Projetos Especiais do Centro de Tecnologia do Exército (CTEx), em Guaratiba – RJ, para tratamento por radiação gama com fonte de ^{137}Cs (césio-137). Os restantes 16 cortes foram utilizados como controle. Estas amostras foram novamente transportadas em caixas isotérmicas com gelo para o laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense, onde foram armazenadas em freezer com

temperatura controlada de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, visando à realização de análises físico-químicas e sensoriais.

Para a análise de pH, após pesagem de cinco gramas da amostra em Becker, foi adicionado um volume de 50 mL de água recém-destilada, homogeneizando com bastão de vidro. O pH foi determinado aos 1° e 540° dia no potenciômetro, com o cuidado de ajustar com soluções tampão pH 4,0 e 7,0 antes do uso. Os resultados basearam-se no seguinte critério (Brasil, 1997): pH até 6,2 – Carne boa para consumo; pH 6,4 - Carne para consumo imediato; pH acima de 6,4 – Início de decomposição.

Para a determinação do número de ácido tiobarbitúrico – TBARS (Talardgis et al., 1960; Torres e Okani, 1997), inicialmente preparou-se uma curva de resposta usando uma solução estoque pesando 0,22g de 1,1',3,3' tetraetoxipropano (TEP, CAS Number 122-31-6) a qual foi transferida quantitativamente para um balão volumétrico de 100 mL, completando o volume com água, da qual pipetou-se 10 mL desta solução para um balão de 1000 mL. Para o desenvolvimento da análise, preparou-se uma diluição pipetando 10 mL da solução estoque e elevando para 100 mL (2.20×10^{-6} g/mL). A concentração final foi de aproximadamente 1×10^{-8} a 8×10^{-8} Mol por 5 mL de destilado. A curva de resposta foi construída pipetando-se alíquotas de 1, 2, 3, 4 e 5 mL de TEP em tubos de ensaio com tampa de rosca e completando-se o volume de 5 mL com água destilada. Nele foram então adicionados 5 mL de solução de ácido 2-tiobarbitúrico 0.02 M (TBA, CAS Number 504-17-6). Os tubos foram fechados, agitados e colocados em banho de água fervente por 35 minutos para o desenvolvimento da cor. Decorrido o tempo de reação, os tubos foram imediatamente resfriados em água corrente e a absorbância determinada em espectrofotômetro UV-VIS (Cary 1E Varian®) em comprimento de onda de 532 nm. Preparou-se uma prova em branco com 5 mL de

água destilada e 5 mL de TBA, tratados da mesma forma que os demais tubos. A análise foi feita a partir de dez gramas da amostra, que foram pesadas em um copo de homogeneizador (OMNI-MIXER, Sorvall®). A seguir, foram adicionados 25 mL de água destilada, os quais foram homogeneizados por dois minutos a 400 rpm. O homogeneizado foi transferido para um tubo Kjeldahl com o auxílio de 23,75 mL de água destilada e 1,25 mL de ácido clorídrico (1:2) e pérolas de vidro foram adicionadas para evitar ebulição tempestuosa. O volume obtido foi colocado em destilador, em cujo final do condensador um erlenmeyer de 50 mL recebia o destilado em aproximadamente 20 minutos. Após homogeneização, removeu-se cinco mL do destilado para um tubo de ensaio, ao qual adicionou-se um volume de cinco mL de TBA. Foi feito um branco com cinco mL de água destilada e cinco mL de TBA. Os tubos de ensaio foram vedados com rolhas e levados para banho de água fervente por 35 minutos. Após resfriamento rápido, o volume foi transferido para as cubetas do espectrofotômetro, tendo sido feita leitura de absorção contra o branco no espectrofotômetro em 530 nm. O resultado obtido após a diferença com o branco foi multiplicada por 7,8 e os resultados foram expressos como mg de malonaldeído por kg de amostra – mgMal/kg.

Para a determinação do valor do índice de peróxidos (Pearson, 1976), foi pesada cerca de um grama de gordura previamente fundida em tubo de ebulição, ao qual adicionou-se 1 g de iodeto de potássio e 20 mL de solução de clorofórmio e ácido acético (1:2) e que foi mantido em água fervente por um minuto. A seguir, o líquido foi vertido em erlenmeyer com 20 mL de iodeto de potássio a 5% lavando-se o tubo de ebulição com 15 mL, acrescida de mais 10 mL de água destilada. Em seguida, foram adicionados 2 mL de solução de amido a 0,5% e então foi realizada a titulação com solução de tiosulfato de sódio 0,002 N até o desaparecimento da coloração azul. O valor limite do

volume não deveria exceder 10 mL. O resultado foi calculado, usando-se a seguinte fórmula:

Índice de peróxidos em mEq/kg = $2V / p$, onde:

V=mL da solução de tiosulfato de sódio 0,002 N gastos na titulação;

p = massa da amostra em gramas

Durante o armazenamento, o índice de peróxidos da maioria dos óleos e gorduras apresenta um pequeno aumento nas primeiras etapas, conhecido como período de indução e depois aumenta sensivelmente. Nesta técnica, índices de 10 a 20 mEq/kg são considerados sinônimos de ranço.

A análise instrumental de cor foi efetuada no 90º dia e no 540º dia, tendo sido determinada por refletância em colorímetro fotoelétrico no sistema Hunter com abertura de 30 mm de diâmetro. Os parâmetros de cor medidos em relação à placa branca (L=90,21; a= -2,34 e b=1,39) foram: L=luminosidade (0=preto e 100=branco); a (-80 até zero = verde, do zero ao +100 = vermelho) ; b (-100 até zero=azul, do zero ao +70 = amarelo). As amostras foram constituídas de fragmentos de carne com aproximadamente dois cm³, tendo sido realizadas quatro repetições para cada análise.

No teste afetivo de aceitação (Della Modesta, 1994), foi verificada a apreciação dos tratamentos nos períodos de estocagem (01 dia, 180 dias, 360 dias e 540 dias) por meio de um teste de aceitação através de delineamento em blocos casualizados (DBC). Este teste foi realizado por 120 julgadores, homens e mulheres, variando entre 21 e 45 anos e divididos em 30 julgadores para cada período de armazenamento no Laboratório de Análise Sensorial da Faculdade Veterinária da Universidade Federal Fluminense – UFF. Os julgadores foram pessoas que estavam disponíveis durante o experimento e apreciavam o produto analisado. Os cortes foram desossados e limpos, picados em

fragmentos de aproximadamente 1 cm³, acrescidos de 1% de sal, tendo sido cozidos em forno por aproximadamente 20 minutos. Para cada tratamento, foram apresentadas aos provadores amostras individuais e devidamente codificadas com números aleatórios de três dígitos, tendo sido disponibilizado aos julgadores: um copo descartável – 50 mL com a amostra, guardanapos, palitos de dentes e um copo descartável - 300 mL com água filtrada para fazer a rinçagem da boca entre as amostras. O julgador, após degustar uma amostra de cada vez, identificava sua aceitação quanto a: sabor e odor, para as amostras tratadas termicamente, e quanto à cor para as amostras cruas, além da aceitação global para cada amostra, em uma ficha própria. Na identificação, o julgador marcava sua aceitação seguindo a escala hedônica de nove escores, onde o escore 9 equivale a “gostei extremamente”, o escore 1 é “desgostei extremamente” e o escore 5 é “indiferente”.

Os resultados das análises físico-químicas e sensoriais foram tratados usando ANOVA em fatorial 3⁴ (três tratamentos e quatro tempos de estocagem) para testar o efeito da radiação (tratamento), da estocagem e da interação entre estes. Os resultados que apresentaram diferenças significativas foram testados pela ANOVA segundo delineamento em blocos casualizados (DBC) por dose de radiação e tempo de estocagem, seguido do teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade (SAS, 1999).

Resultados e Discussão

Na Tabela 1, verificam-se os resultados da análise do número de ácido tiobarbitúrico em amostras de perna ou pernil de cordeiros resfriadas, submetidas a diferentes doses de radiação gama e tempos de estocagem.

Tabela 1: Valores médios do número de ácido tiobarbitúrico - TBARS (mg Mal/kg) das amostras congeladas a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 180 dias, 360 dias e 540 dias).

Tratamento	Tempo de estocagem			
	001 dia	180 dias	360 dias	540 dias
Controle	$0,57 \pm 0,02^{aA}$	$0,64 \pm 0,01^{bA}$	$0,72 \pm 0,02^{cA}$	$0,76 \pm 0,03^{cA}$
3 kGy	$0,82 \pm 0,04^{aB}$	$0,86 \pm 0,03^{aB}$	$0,95 \pm 0,04^{bB}$	$1,06 \pm 0,03^{cB}$
5 kGy	$1,06 \pm 0,06^{aC}$	$1,16 \pm 0,06^{bC}$	$1,24 \pm 0,03^{bC}$	$1,37 \pm 0,03^{cC}$

^{ab} Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem ($p < 0,05$).

^{AB} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

Os resultados permitem observar o aumento do número de ácido tiobarbitúrico em relação à dose e tempos de estocagem. Os resultados encontrados diferem

significativamente ($p < 0,05$) em quase todas as amostras, indicando a dose-dependência dos números de TBARS. Os valores encontrados também diferem significativamente ($p < 0,05$) em relação ao tempo de estocagem, indicando que quanto maior for o tempo de estocagem, maior será o número de ácido tiobarbitúrico encontrado. Nas amostras controle foram observados os menores valores de ácido tiobarbitúrico. Os resultados encontrados são similares aos obtidos por Hampson et al. (1996), que utilizou doses de até 10 kGy, para atestar a influência da radiação na oxidação lipídica de amostras de carne de diferentes espécies, como suínos, ovinos, bovinos e peito e coxa de peru, detectando valores crescentes de TBARS, proporcionais ao aumento da dose. Esses resultados também são semelhantes aos estudos de Kanatt et al. (2006) e Alfaia et al. (2007) que indicaram ser as doses de radiação de 2,5 kGy e 5,0 kGy responsáveis por um aumento na ordem de 34% e 89%, respectivamente, nos valores de TBA em amostras de carne.

Na Tabela 2, observa-se a evolução dos valores do índice de peróxidos (Meq/g) em perna ou pernil resfriado de cordeiros, submetidas a diferentes doses de radiação gama e tempos de estocagem.

Tabela 2: Valores médios do índice de peróxido (Meq O^2/g) das amostras congeladas a $-18\text{ }^\circ\text{C}$ (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 180 dias, 360 dias e 540 dias).

Tratamento	Tempo de estocagem			
	001 dia	180 dias	360 dias	540 dias
Controle	$6,42 \pm 0,52^{aA}$	$7,27 \pm 0,43^{aA}$	$8,45 \pm 0,26^{bA}$	$9,62 \pm 0,46^{cA}$

3 kGy	8,10 ± 0,42 ^{ab}	8,72 ± 0,43 ^{ab}	10,40 ± 0,16 ^{bB}	11,95 ± 0,52 ^{cB}
5 kGy	8,45 ± 0,26 ^{ab}	9,65 ± 0,37 ^{bc}	11,35 ± 0,37 ^{cC}	12,00 ± 0,60 ^{cB}

^{ab} Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem ($p < 0,05$).

^{AB} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

Os resultados encontrados permitem avaliar a ação da radiação sobre os ácidos graxos encontrados na carne de carneiro. Esses resultados são equivalentes aos de Hampson et al. (1996), que em sua pesquisa obteve valores de 8,07 Meq O²/g em amostras de peito de peru irradiados com 2,83 kGy de radiação. Houve um aumento no índice de peróxidos, tanto em relação à dose como em relação ao tempo de estocagem, diferenciando-se significativamente ($p < 0,05$) as amostras irradiadas e não irradiadas. Os maiores valores foram encontrados nas amostras irradiadas com 5 kGy, principalmente após os 180 dias de estocagem. Mesmo nas amostras controle, houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao período de estocagem, após os 180 dias.

Nos resultados constantes na Tabela 3, interpreta-se que a queda do pH da amostra controle foi mais pronunciada do que os das amostras irradiadas. Isso provavelmente ocorreu devido a uma maior degradação das proteínas em moléculas menores e a reorganização intramolecular dessas proteínas que determinaram modificações de suas cargas elétricas durante a maturação, conforme relatos de Oliveira et al. (1998).

Tabela 3: Valores médios da medição de pH das amostras congeladas a – 18 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia, 90 dias e 540 dias).

Tratamento	Tempo de Estocagem
------------	--------------------

	01 dia	90 dias	540 dias
Controle	5,56 ± 0,01 aA	5,68 ± 0,03 bA	5,80 ± 0,05 cA
3 kGy	5,45 ± 0,02 aB	5,49 ± 0,02 aB	5,53 ± 0,02 bB
5 kGy	5,53 ± 0,04 aA	5,59 ± 0,03 aC	5,64 ± 0,02 bC

^{ab} Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem ($p < 0,05$).

^{AB} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

Considerando-se os dados obtidos, o aumento do pH ocorreu em todas as amostras, irradiadas ou não, sendo mais acentuado nas amostras controle (não irradiadas), do início ao fim das análises, sugerindo uma maior taxa de degradação das amostras irradiadas. Esse aumento é compatível com o resultados obtidos por Pereira et al. (2006), que apresentaram valores de 5,42 a 5,98 para amostras de carne de Ema após 60 dias de congelamento a $- 18$ °C. Os valores de pH diferenciaram-se significativamente ($p < 0,05$) em relação aos tempos de estocagem, mais notadamente aos 540 dias. Os tratamentos também permitiram observar diferenças significativas entre as amostras irradiadas com 3 kGy e as amostras controle, principalmente aos 90 e 540 dias de estocagem. No primeiro dia de estocagem após a irradiação, as amostras controle não diferiram significativamente ($p > 0,05$) das amostras irradiadas com 5 kGy, mas diferiram significativamente ($p < 0,05$) das amostras irradiadas com 3 kGy. As amostras irradiadas diferiram significativamente ($p < 0,05$) em todos os períodos de

estocagem. Contudo, os valores observados em todos os tratamentos e períodos de estocagem encontram-se dentro dos valores admitidos para o consumo, quando considerado apenas esse parâmetro (Brasil, 1997).

Tabela 4: Valores médios da análise instrumental de cor (L^* , a^* e b^*) das amostras congeladas a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) de pernas de seis cordeiros em função do tempo de estocagem (01 dia e 540 dias).

Tratamento	Tempo de Estocagem	
	01 dia	540 dias
Controle	$L^* 52,96 \pm 0,12 \text{ aA}$	$L^* 47,57 \pm 0,53 \text{ aA}$
	$a^* 12,33 \pm 0,58 \text{ aA}$	$a^* 10,37 \pm 0,78 \text{ aA}$
	$b^* 7,31 \pm 0,68 \text{ aA}$	$b^* 5,11 \pm 0,81 \text{ aA}$
3 kGy	$L^* 41,65 \pm 0,37 \text{ aA}$	$L^* 39,79 \pm 0,89 \text{ aA}$
	$a^* 13,37 \pm 0,48 \text{ aA}$	$a^* 11,96 \pm 0,94 \text{ aA}$
	$b^* 6,15 \pm 0,39 \text{ aA}$	$b^* 5,22 \pm 0,79 \text{ aA}$
5 kGy	$L^* 44,75 \pm 0,01 \text{ aA}$	$L^* 42,72 \pm 0,42 \text{ aA}$
	$a^* 14,34 \pm 0,47 \text{ aA}$	$a^* 12,74 \pm 0,30 \text{ aA}$
	$b^* 9,21 \pm 0,18 \text{ aA}$	$b^* 7,16 \pm 0,71 \text{ aA}$

^{ab} Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem ($p < 0,05$).

^{AB} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

Nessa análise, os resultados foram obtidos na forma de valores numéricos para os três atributos de cor: L (luminosidade), a (cores verde e vermelha) e b (cores azul e amarelo). Os valores observados para análise instrumental de cor não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) para as amostras irradiadas e não irradiadas nas diferentes doses e tempos de estocagem. Os valores de L^* , a^* e b^* diminuíram com o tempo de estocagem, embora não sendo significativos ($p > 0,05$). Os valores encontrados são semelhantes aos obtidos por Simitzis et al. (2008), que relatou valores de 48,8 (L^*), 11,3 (a^*) e 6,1 (b^*) para amostras de cordeiros resfriadas a 4 °C após 10 dias de estocagem.

Em relação aos atributos sensoriais, as tabelas 5, 6, 7 e 8 apresentam os resultados observados. Na tabela 5, estão inseridos os resultados obtidos em relação ao atributo aroma de pernas ou pernis resfriados de cordeiros, submetidas a diferentes doses de irradiação e tempos de estocagem.

Tabela 5: Valores médios do teste de aceitação sensorial referente ao atributo aroma da carne de cordeiro congelada a - 18 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em função do tempo de estocagem (01 dia, 180 dias, 360 dias e 540 dias).

Tratamento	Tempo de estocagem			
	001 dia	180 dias	360 dias	540 dias
T	5,33 ± 1,60 ^{aA}	5,87 ± 1,50 ^{aA}	5,87 ± 1,35 ^{aA}	5,87 ± 1,28 ^{aA}
3 kGy	5,77 ± 1,38 ^{aA}	6,20 ± 1,63 ^{aA}	5,80 ± 1,45 ^{aA}	5,73 ± 1,34 ^{aA}
5 kGy	6,50 ± 0,94 ^{bB}	5,93 ± 1,70 ^{aA}	6,53 ± 1,52 ^{bA}	6,60 ± 1,13 ^{bB}

^{ab} Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem ($p < 0,05$).

^{AB} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

Os resultados obtidos não diferem significativamente entre si entre os tratamentos controle e com 3 kGy. Entretanto, nas amostras irradiadas com 5 kGy, o período de 180 dias de armazenamento mostrou diferença significativa em relação aos outros períodos de armazenagem, caracterizando haver diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras irradiadas com 5 kGy e as amostras irradiadas com 3 kGy e as não irradiadas. Os resultados obtidos permitem atestar a inexistência de rejeição ao produto irradiado, visto que foram melhores na amostra irradiada com 5 kGy para os tempos 1 dia, 360 dias e 540 dias, sendo piores apenas no tempo 180 dias, onde a amostra irradiada com 3 kGy recebeu o melhor score. O resultado obtido no tempo de estocagem de 540 dias leva à interpretação que a irradiação produziu uma provável melhoria na qualidade da carne de cordeiro congelada, visto que os resultados foram significativos entre as amostras 3 e 5 kGy, embora apresentem melhor score para as amostras irradiadas com 5 kGy em relação às amostras não irradiadas. Em relação ao aroma, os dados obtidos corroboram os dados apresentados no estudo de Ahn et al. (1997), onde não se apresenta diferença significativa ($p > 0,05$) em termos de aroma para carne de peru

irradiada com 4 kGy. Todas as amostras ficaram entre 5,33 e 6,60, o que equivaleria na escala hedônica aos escores entre “indiferente” e “gostei ligeiramente”.

Na tabela 6, observam-se os resultados obtidos em relação ao atributo sabor de pernas ou pernis resfriados de cordeiros, submetidos a diferentes doses de irradiação e tempos de estocagem.

Tabela 6: Valores médios do teste de aceitação sensorial referente ao atributo sabor da carne de cordeiro congelada a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em função do tempo de estocagem (01 dia, 180 dias, 360 dias e 540 dias).

Tratamento	Tempo de estocagem			
	001 dia	180 dias	360 dias	540 dias
Controle	$6,00 \pm 1,26^{aA}$	$6,17 \pm 1,97^{aA}$	$6,20 \pm 1,30^{aA}$	$6,13 \pm 1,28^{aA}$
3 kGy	$6,27 \pm 1,64^{aAB}$	$6,80 \pm 1,58^{aAB}$	$6,43 \pm 1,38^{aA}$	$6,40 \pm 1,30^{aA}$
5 kGy	$6,83 \pm 1,15^{aB}$	$7,00 \pm 1,23^{aB}$	$6,60 \pm 1,25^{aA}$	$6,57 \pm 1,07^{aA}$

^{ab} Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem ($p < 0,05$).

^{AB} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

Os resultados obtidos diferem significativamente apenas entre os tratamentos e os tempos de 01 dia e 180 dias, mostrando haver diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras irradiadas e as não irradiadas nos referidos períodos. Os resultados obtidos permitem atestar a inexistência de rejeição ao produto irradiado, visto que foram melhores na amostra irradiada com 5 kGy em todos os tempos de armazenamento. Em relação aos tempos de estocagem, também não houve diferença significativa ($p > 0,05$).

O resultado obtido no tempo de estocagem de 540 dias sugere que a irradiação foi capaz melhorar sensivelmente as características sensoriais da carne, visto que os resultados, diferentes significativamente entre o tratamento controle e a irradiação na dose de 5 kGy, apresentam melhor escore para as amostras irradiadas em relação às amostras não irradiadas. Os valores observados na presente pesquisa vão ao encontro dos valores observados por Al-Bachir e Mehio (2001), que afirmam que a irradiação com dose de até 4 kGy não provocou alterações sensoriais significativas ($p > 0,05$). Todas as amostras ficaram entre 6,00 e 7,00, o que equivaleria na escala hedônica aos escores entre “gostei moderadamente” e “gostei ligeiramente”.

Na tabela 7 verificam-se os resultados obtidos em relação ao atributo cor (carne crua) de pernas ou pernis congelados de cordeiros, submetidas a diferentes doses de irradiação e tempos de estocagem.

Tabela 7: Valores médios do teste de aceitação sensorial referente ao atributo cor da carne de cordeiro congelada a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em função do tempo de estocagem (01 dia, 180 dias, 360 dias e 540 dias).

Tratamento	Tempo de estocagem			
	001 dia	180 dias	360 dias	540 dias
Controle	$6,13 \pm 1,25^{aA}$	$6,50 \pm 1,28^{aA}$	$6,93 \pm 0,86^{aA}$	$6,73 \pm 0,86^{aA}$
3 kGy	$6,23 \pm 1,33^{aA}$	$6,13 \pm 1,46^{aA}$	$6,53 \pm 1,20^{aA}$	$6,73 \pm 1,01^{aA}$
5 kGy	$6,50 \pm 1,11^{aA}$	$6,63 \pm 1,24^{aA}$	$6,63 \pm 1,16^{aA}$	$6,53 \pm 1,01^{aA}$

^{ab} Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem ($p < 0,05$).

^{AB}Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

Os resultados não diferem significativamente entre si, mostrando não haver diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras irradiadas e as não irradiadas. Os resultados obtidos permitem atestar a inexistência de rejeição ao produto irradiado, visto que foram melhores na amostra irradiada com 5 kGy para os tempos 1 dia e 180 dias, embora sem apresentar diferenças significativas. Os valores encontrados em relação ao atributo sensorial de cor se assemelham aos obtidos por Zhao et al. (1996), que observou que amostras irradiadas e mantidas em refrigeração por 4 semanas apresentaram escores mais altos do que as amostras controle. Em relação aos tempos de estocagem, também não houve diferença significativa ($p > 0,05$). A amostra controle apresentou escore superior apenas aos 360 dias após a irradiação. Todas as amostras ficaram entre 6,13 e 6,93, o que equivaleria na escala hedônica ao escore “gostei ligeiramente”.

Na tabela 8 constam os resultados obtidos em relação ao atributo impressão global de pernas ou pernis resfriados de cordeiros, submetidas a diferentes doses de irradiação e tempos de estocagem.

Tabela 8: Valores médios do teste de aceitação sensorial referente ao atributo impressão global da carne de cordeiro congelada a -18 °C (controle, irradiada com 3 kGy e irradiada com 5 kGy) em função do tempo de estocagem (01 dia, 180 dias, 360 dias e 540 dias).

Tratamento	Tempo de estocagem
------------	--------------------

	001 dia	180 dias	360 dias	540 dias
Controle	5,97 ± 1,03 ^{abA}	6,20 ± 1,77 ^{abA}	6,67 ± 1,37 ^{abA}	6,57 ± 0,77 ^{abA}
3 kGy	5,83 ± 1,60 ^{abA}	6,47 ± 1,48 ^{abA}	5,63 ± 1,45 ^{abB}	6,53 ± 0,78 ^{abA}
5 kGy	6,37 ± 1,35 ^{abA}	6,67 ± 1,15 ^{abA}	5,87 ± 1,65 ^{abAB}	6,70 ± 0,70 ^{abA}

^{ab} Médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras minúsculas diferem significativamente em relação ao tempo de estocagem ($p < 0,05$).

^{AB} Médias na mesma coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem significativamente em relação ao tratamento ($p < 0,05$).

Os resultados encontrados não diferem significativamente entre si, mostrando não haver diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras irradiadas e as não irradiadas, exceto no tempo de estocagem de 360 dias, que diferiram significativamente ($p < 0,05$) entre o tratamento controle e o tratamento na dose de 3 kGy. Os resultados atestam a inexistência de rejeição ao produto irradiado, visto que foram melhores na amostra irradiada com 5 kGy para os tempos 1 dia, 180 dias e 540 dias. Em relação aos tempos de estocagem, também não houve diferença significativa ($p > 0,05$), exceto aos 360 dias de estocagem. Os resultados desta pesquisa, quando comparados com os estudos de Santos (2006), permitem interpretar que doses de irradiação entre 1 e 3 kGy interferiram no atributo de impressão global para carne de avestruz apenas no tempo de estocagem de 360 dias. O resultado obtido no tempo de estocagem de 540 dias deixa subsídios para confirmar que a irradiação produziu uma provável melhoria na qualidade da carne, visto que os resultados, embora não significativos, apresentam melhor escore para as amostras irradiadas com 5 kGy em relação às amostras não irradiadas. Todas as amostras ficaram entre 5,83 e 6,87, o que equivaleria na escala hedônica aos escores entre “indiferente” e “gostei moderadamente”.

Conclusão

As amostras irradiadas com 3 e 5 kGy apresentaram maiores valores de TBARS e índice de peróxidos do que as amostras não irradiadas. Esses valores, maiores e diferentes significativamente ($p < 0,05$), não provocaram rejeição do produto irradiado, pelo que se observou na análise sensorial. Mesmo alguns valores de peróxidos encontrados aos 360 dias e 540 dias, que denotariam ranço (acima de 10 Meq O^2/g), também não foram indicados pelos julgadores na escala hedônica. O aumento nos valores de TBARS e índice de peróxidos mostrou-se dose-dependente, principalmente para peróxidos. Os atributos sensoriais permitiram observar a aceitação da carne irradiada por parte dos julgadores, em detrimento das amostras controle. A carne de cordeiro permaneceu própria durante o período de estocagem.

Agradecimentos

A CAPES, ao CTEEx e ao matadouro frigorífico (SIE/RJ-553) no estado do Rio de Janeiro.

Referências Bibliográfica

AHN, D.U., FISHWICK, M.J., WRIGHT, A.J. Dietary vitamin E affects lipid oxidation and total volatiles of irradiated raw turkey meat. *Journal of Food Science*, v. 62, p. 954-958, 1997.

AL-BACHIR, M.; MEHIO. Irradiated luncheon meat: microbiological, chemical and sensory characteristics during storage. *Food Chemistry*. v. 75, n. 2, p. 169-175, 2001.

ALFAIA, C.M.M., RIBEIRO, P.J.L.C., TRIGO, M.J.P., ALFAIA, A.J.I., CASTRO, M.L.F., FONTES, C.M.G.A., BESSA, R.J.B., PRATES, J.A.M. Irradiation effect on fatty acid composition and conjugated linoleic acid isomers in frozen lamb meat. *Meat Science*. v. 77, n. 4, p. 689-695, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. *Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal* (aprovado pelo decreto 30.691 de 29/03/1952 alterado pelos decretos nº 1.255 de 25/06/1962, 1.236 de 02/09/1994, 1.812 de 08/02/1996 e 2.244 de 05/06/1997). DIPOA-MAPA, Brasília-DF, 1997, 241p.

BRASIL. Resolução RDC nº 21, de 26 de jan. de 2001. Aprova o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília, D.F. nº 20-E, 29 de janeiro de 2001. Seção 1, p. 35.

CHANDER, R., CHAWLA, S.P., KANATT, S.R. The role of irradiation on microbiological safety and shelf-life extension of non-sterile and sterile convenience meat products stored at ambient temperatures. In: Radiation processing for safe, shelf-stable and ready-to-eat food. *Proceedings of a final Research Co-ordination Meeting held in Montreal, Canada, 10-14 july, 2000*. IAEA, 2003, 264 p.

DELLA MODESTA, R.C. *Manual de análise sensorial de alimentos e bebidas*. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1994. 78 p.

DU, M., AHN, D.U., NAM, K.C., SELL, J.L. Influence of dietary conjugated linoleic acid on volatile profiles, color and lipid oxidation of irradiated raw chicken meat. *Meat Science*. v. 56, n. 4, p. 387-395, 2000.

FREITAS, M.Q. *Análise sensorial de alimentos*. Universidade federal Fluminense, Faculdade de Veterinária, Departamento de tecnologia dos alimentos, Niterói – RJ, 2005, 81 p.

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.

HASLER, C.M. Functional foods: benefits, concerns and challenges – a position paper from the american council on science and health. *The Journal of Nutrition*. V. 132, n. 12, p. 3772-3781, 2002.

KANATT, S.R., CHANDER, R., SHARMA, A. Effect of radiation processing of lamb meat on its lipids. *Food Chemistry*. v. 97, n. 1, p. 80-86, 2006.

MILLAR, S. J., MOSS, B. W., STEVENSON, M. H. The effect of ionising radiation on the colour of beef, pork and lamb. *Meat Science*. v. 55, n.3, p. 349-360, 2000.

NANKE, K.E., SEBRANEK, J.G., OLSON, D.G. Color characteristics of irradiated vacuum-packaged pork, beef and turkey. *Journal of Food Science*. v. 63, n. 6, p. 1001-1006, 1998.

OLIVEIRA, L.B.; SOARES, G.J.D; ANTUNES, P.L. Influência da maturação de carne bovina na solubilidade do colágeno e perdas de peso por cozimento. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.4, n. 3, 166-171, 1998.

PEARSON, D. *Técnicas de laboratório para el analisis de alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1976. Cap.5: Índice de aceites y enranciamento, p.137-139.

PEREIRA, A. S. C. Irradiação em alimentos. *Revista Nacional da Carne*. v. 29, n. 324, p. 53-62, 2004.

PEREIRA, A.V.; ROMANELLI, P.F.; SCRIBONI, A.B.; BARBOZA, S.R. Estudo de estabilidade sob armazenamento da carne de ema (*Rhea americana*). *Ciência e tecnologia de alimentos*. v. 26, n. 2, p. 283-289, 2006

SANTOS, A.F., VIZEU, D.M., DESTRO, M.T., FRANCO, B.D.G.M., LANDGRAF, M. Determinação da dose de radiação gama para reduzir a população de *salmonella* spp. em carne de frango. *Ciência e Tecnologia de alimentos*. Campinas – SP, v. 23, n. 2, p. 200-205, 2003.

SANTOS, E.R. *Caracterização do processo de rigos mortis e da maciez dos músculos Gastrocnemius internus e Fibularis longus e efeito da radiação gama na vida comercial da carne de avestruz (Struthio camelus)*. Niterói, 2006, 145 p. Tese (Doutorado em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

SAS, INSTITUTE. *SAS User's guide statistics*. Cary, 1999, 959p.

SIMITZIS, P.E. et al., Effect of dietary oregano oil supplementation on lamb meat characteristics. *Meat Science*. v. 79, p. 217-223, 2008.

TARLADGIS, B.G., WATTS, B.M., YOUNATHAN, M.T., DUGAM, L.R. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of American Oil Chemistry Society*. v. 37, p. 44-48, 1960.

TORRES, E. A. F. S.; OKANI, E. T. Teste de TBA: Ranço em alimentos. *Revista Nacional da Carne*. n. 243 , p. 68-74, 1997.

ZHAO, Y.; SEBRANEK, J. G.; DICKSON, J.; LEE, M. Bacteriological, Physicochemical and sensory Quality of Fresh Pork chops with Low-dose Irradiation and Modified-Atmosphere Packaging *Journal of Food Protection* , v. 59, n. 5 , p.493-501, 1996.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas amostras resfriadas, as contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas apresentaram valores maiores nas amostras controle, porém ainda dentro de valores adequados para o consumo. Entretanto, a radiação fez com que não houvesse crescimento significativo, tornando a carne mais segura para o consumidor. A radiação foi eficiente para a inativação das bactérias do gênero *Enterococcus* spp. no período de estocagem. O efeito sobre os microrganismos não se apresentou dose-dependente, portanto, a dose de 3 kGy seria mais indicada por minimizar as alterações sensoriais no produto. A carne resfriada de cordeiros permaneceu própria para o consumo durante todo o experimento.

Nas amostras congeladas, as contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas apresentaram valores maiores nas amostras controle, porém ainda dentro de valores adequados para o consumo. A radiação fez com que não houvesse crescimento significativo, tornando a carne mais segura para o consumidor. A radiação foi eficiente para a inativação das bactérias do gênero *Enterococcus* spp. no período de estocagem, mas ao mesmo tempo, observou-se que o uso da tecnologia de congelamento permitiu que não houvesse detecção de *Enterococcus* spp. aos 540 dias de estocagem, mesmo nas amostras controle. O efeito sobre os microrganismos não se apresentou dose-dependente, portanto, a dose de 3 kGy seria mais indicada por minimizar as alterações sensoriais no produto. A carne congelada de cordeiros permaneceu própria para o consumo durante todo o experimento.

Nas amostras resfriadas, aquelas irradiadas com 3 e 5 kGy apresentaram valores de TBARS e índice de peróxidos maiores do que as amostras não irradiadas. Esses valores, embora maiores e significativamente diferentes ($p < 0,05$), não provocaram rejeição do produto irradiado, pelo que se observou na análise sensorial. O aumento nos valores de TBARS e índice de peróxidos mostrou-se dose-dependente, principalmente para peróxidos. A carne resfriada de cordeiros permaneceu própria para consumo em todas as etapas dessa pesquisa.

Nas amostras congeladas, as amostras irradiadas com 3 e 5 kGy apresentaram maiores valores de TBARS e índice de peróxidos do que as amostras não irradiadas. Esses valores, maiores e diferentes significativamente ($p < 0,05$), não provocaram rejeição do produto irradiado, pelo que se observou na análise sensorial. Mesmo alguns valores encontrados de peróxidos aos 360 dias e 540 dias, que denotariam ranço (acima de 10 Meq O^2/g) também não foram indicados pelos julgadores na escala hedônica. O aumento nos valores de TBARS e índice de peróxidos, mostrou-se dose-dependente, principalmente para peróxidos. Os testes sensoriais permitiram observar a melhor aceitação da carne irradiada em comparação com as amostras controle. A carne de cordeiros permaneceu própria para consumo em todas as etapas da pesquisa.

O desenvolvimento dessa pesquisa foi fundamental importância para a comunidade científica pois permitiu visualizar a importância do uso da tecnologia de irradiação como um importantíssimo processo para conservação dos alimentos. Um dos pontos principais foi a boa aceitação das amostras irradiadas, denotando que as alterações encontradas, principalmente as indicativas de degradação lipídica, não influenciaram na degustação, oferecendo resultados satisfatórios para a pesquisa.

5 BIBLIOGRAFIA CITADA

ASSOCIAÇÃO DOS CRIADORES DE CAPRINOS E OVINOS DA BAHIA - ACCOBA. *Santa Inês*. Disponível em: http://www.accoba.com.br/ap_info_dc.asp?idInfo=195&idCategoria=1. Acesso em: 01 dez. 2008.

Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) – Aplicación de radiaciones ionizantes a los alimentos. *AESAN-2003-004*, Comitê Científico, 22 de setembro de 2004, disponível em: http://www.aesan.msc.es/AESAN/docs/docs/evaluacion_riesgos/comite_cientifico/C.C_i onizantes.pdf Acesso em: 01 de setembro de 2008.

AHN, D.U., JO, C., OLSON, D.G. Analysis of volatile components and the sensory characteristics of irradiated raw pork. *Meat Science*. v. 54, n.3, p. 209-215, 2000a.

AHN, D.U., JO, C., DU, M., OLSON, D.G., NAM, K.C. Quality characteristics of pork patties irradiated and stored in different packaging and storage conditions. *Meat Science*. v. 56, n. 3, p. 203-209, 2000b.

AL-BACHIR, M.; MEHIO, A. Irradiated luncheon meat: microbiological, chemical and sensory characteristics during storage. *Food Chemistry*. v. 75, n. 2, p. 169-175, 2001.

ALFAIA, C.M.M., RIBEIRO, P.J.L.C., TRIGO, M.J.P., ALFAIA, A.J.I., CASTRO, M.L.F., FONTES, C.M.G.A., BESSA, R.J.B., PRATES, J.A.M. Irradiation effect on fatty acid composition and conjugated linoleic acid isomers in frozen lamb meat. *Meat Science*. v. 77, n. 4, p. 689-695, 2007.

ALMEIDA, T.C.A., HOUGH, G., DAMASIO, M.H., SILVA, M.A.A.P. *Avanços em análise sensorial*. São Paulo: Livraria Varela, 1999, 286 p.

APHA. American Public Health Association. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. 4 ed. APHA: Washington – DC, p. 63-67 e p. 159-165, 2001.

AYMERICH, T., PICOUET, P.A., MONFORT, J.M. Decontamination technologies for meat products. *Meat Science*. v. 78, n. 1, p. 114-129, 2008.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Quantidade de Abate Estadual por Ano/Espécie, 2007* – Disponível em:
http://sigsif.agricultura.gov.br/sigsif_cons/lap_abate_estaduais_cons?p_select=SIM).
Acessado em: 25 de agosto de 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal - LANARA. *Métodos analíticos oficiais para controle de produção de origem animal e seus ingredientes I – Métodos microbiológicos*. Brasília, D. F., 1981.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. *Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal* (aprovado pelo decreto 30.691 de 29/03/1952 alterado pelos decretos nos 1.255 de 25/06/1962, 1.236 de 02/09/1994, n01.812 de 08/02/1996 e n0 2.244 de 05/06/1997). DIPOA-MAPA, Brasília-DF, 1997, 241p.

BRASIL. Resolução RDC nº 21, de 26 de jan. de 2001. Aprova o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília, D.F. nº 20-E, 29 de janeiro de 2001. Seção 1, p. 35.

BREWER, M.S. Irradiation effects on meat flavour: a review. *Meat Science*. v. 81, n. 1, p. 1-14, 2009.

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

BRIGHTWELL, G., CLEMENS, R., URLICH, S., BOEREMA, J. Possible involvement of psychrotolerant enterobacteriaceae in blown pack spoilage of vacuum-packaged raw meats. *International Journal of Food Microbiology*. v. 119, n. 3, p. 334-339, 2007.

BRYHNI, E.A., BYRNE, D.V., RODBOTTEN, M., CLAUDI-MAGNUSSEN, C., AGERHEM, H., JOHANSSON, M., LEA, P., MARTENS, M. Consumer perceptions of pork in Denmark, Norway and Sweden. *Food Quality and Preference*. v. 13, n.5, p. 257-266, 2002.

CHANDER, R., CHAWLA, S.P., KANATT, S.R. The role of irradiation on microbiological safety and shelf-life extension of non-sterile and sterile convenience meat products stored at ambient temperatures. In: Radiation processing for safe, shelf-stable and ready-to-eat food. *Proceedings of a final Research Co-ordination Meeting held in Montreal, Canada, 10-14 july, 2000*. IAEA, 2003, 264 p.

CHAWLA, S.P., PAUL, P., THOMAS, P., BABU, Y., SASTRY, M.D. Detection of irradiated lamb meat with bone: effect of chilled storage and cooking on ESR signal strength. *International Journal of Food Science and Technology*. v. 34, n. 1, p. 41-45, 1999.

CHAWLA, S.P., THOMAS, P., BONGIRWAR, D.R. Factors influencing the yield of radiation induced electron spin resonance (ESR) signal in lamb bones. *Food Research International*. v. 35, n. 5, p. 467-473, 2002.

COUSIN, M.A.; JAY, J.M.; VASAVADA, P.C. Psycrotrophic Microorganism in DOWNES, F.P.; ITO, K. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 4 ed., Washington: American Public Health Association (APHA), 2001. 676 p. cap. 13, p. 159-166.

DAINTY, R.H. Chemical/biochemical detection of spoilage. *International Journal of Food Microbiology*. v. 33, n. 1, p. 19-33, 1996.

DELLA MODESTA, R.C. *Manual de análise sensorial de alimentos e bebidas*. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1994. 78 p.

DEMPSTER, J.F. Radiation preservation of meat and meat products: a review. *Meat Science*. v. 12, n. 2, p. 61-89, 1985.

DERUITER, F.E., DWIER, J. Consumer acceptance of irradiated foods: dawn of a new era? *Food Service Technology*. v. 2, n.2, p. 47-58, 2002.

DESROSIERS, M. F, Estimation of the absorbed dose in radiation-processed food – 2. Test of the EPR response function by an exponential fitting analysis. *Applied Radiation Isotopes*, v. 42, n. 7, p. 617-619, 1991.

DIEHL, J.F. *Safety of irradiated foods*. New York: Marcel Denker, 1990, 345 p.

DOWNES, F. P., ITO, K. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 4 ed. Washington: American Public Health Association (APHA). 2001. 676 p.

DU, M., AHN, D.U., NAM, K.C., SELL, J.L. Influence of dietary conjugated linoleic acid on volatile profiles, color and lipid oxidation of irradiated raw chicken meat. *Meat Science*. v. 56, n. 4, p. 387-395, 2000.

DUONG, D.Q., CRANDALL, P.G., POHLMAN, F.W., O'BRYAN, C.A., BALENTINE, C.W., CASTILLO, A. Improving ground beef safety and stabilizing color during irradiation using antioxidants, reductants or TSP. *Meat Science*. v. 78, n. 4, p. 359-368, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *The third research co-ordination meeting of the co-ordinated research programme on the development of safe, shelf-stable and ready-to-eat food through high dose radiation processing*. Canada, 10 to 14 July 2000.

FARKAS, J. Irradiation as a method for decontamination food: a review. *International Journal of Food Microbiology*. v. 44, n. 3, p. 189-204, 1998.

FOX, J.A., DERMOT, J.H., SHOGREN, J.F. Consumer preferences for food irradiation: how favorable and unfavorable descriptions affect preferences for irradiated pork in experimental auctions. *The Journal of Risk and Uncertainty*. v. 24, n. 1, p. 75-95, 2002.

FRANCO, R.M.; LEITE, A.M.O. *Enumeração e Identificação de Enterococcus spp e Cepas de E. coli Patogênicas em Coxas de Frango e Estudo da Atividade Antimicrobiana das Cepas Isoladas*. XV Seminário de Iniciação Científica e Prêmio UFF – Vasconcellos Torres de Ciência e Tecnologia, 07-11/11/2005. CD

FREITAS, M.Q. *Análise sensorial de alimentos*. Universidade federal Fluminense, Faculdade de Veterinária, Departamento de tecnologia dos alimentos, Niterói – RJ, 2005, 81 p.

GIROUX, M., LACROIX, M. Nutritional adequacy of irradiated meat—a review. *Food Research International*. v. 31, n.4, p. 257-264, 1998.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. *Tratado de Fisiologia Médica*. 10 ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002, 973 p.

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.

HASLER, C.M. Functional foods: benefits, concerns and challenges – a position paper from the american council on science and health. *The Journal of Nutrition*. V. 132, n. 12, p. 3772-3781, 2002.

HERNANDES, N.K; VITAL, H.C; SABAA-SRUR, A.U.O. Irradiação de alimentos: Vantagens e Limitações - *Bol. SBCTA*, Campinas, 37(2): 154-159, jul.-dez. 2003.

HOLZAPFEL, W.H.; HABERER, P.J.; SNEL, J.; SCHILLINGER, U.; HUIS IN'T VELD, J.H.J. Overview of gut flora and probiotics. *International Journal of Food Microbiology*. v. 41, n. 2, p. 85-101, 1998.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - IAEA. *Radiation processing for safe, shelf-stable and ready-to-eat food*. Austria, January, 2003, 264 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Censo Agropecuário 2006 - resultados preliminares*. Rio de Janeiro: IBGE, 2007, 146 p.

JAY, J. M. *Microbiologia moderna de los alimentos*. 3 ed., Zaragoza: Acribia, 1994, 712 p.

KANATT, S.R., CHANDER, R., SHARMA, A. Effect of radiation processing of lamb meat on its lipids. *Food Chemistry*. v. 97, n. 1, p. 80-86, 2006.

- KANATT, S.R., CHANDER, R., SHARMA, A. Antioxidant potential of mint (*Mentha spicata* L.) in radiation-processed lamb meat. *Food Chemistry*. v. 100, n. 2, p. 451-458, 2007.
- KERTH, C. R., MILLER, M. F., RAMSEY, C. B. Improvement of beef tenderness and quality traits with calcium chloride injection in beef loins 48 hours postmortem. *Journal of Animal Science*. v. 53, n. 6, p. 750-756, 1995.
- KIM, Y.H., NAM, K.C., AHN, D.U. Volatile profiles, lipid oxidation and sensory characteristics of irradiated meat from different animal species. *Meat Science*. v. 61, n. 3, p. 257-265, 2002.
- LAWRIE, R.A. *Ciência da Carne*. Porto Alegre: Editora Artmed, 6 ed., 2005, 384 p.
- LIU, Q., SCHELLER, K. K., SCHAEFER, D. M. Technical note: a simplified procedure for vitamin E determination in beef muscle. *Journal of Animal Science*. v. 74, p. 2406-2410, 1996.
- LOAHARANU, P. Irradiation as a cold pasteurization process of food. *Veterinary Parasitology*. v. 64, n. 1-2, p. 71-82, 1996.
- LOAHARANU, P. *Irradiated foods*. 5^a ed., American Council on Science and Health, 2003, 52 p.
- LUO, X., CUI, S., LI, Y., LI, Y. JIANG, T. A study on the use of irradiation in combination with vacuum packaging to produce non-sterile shelf-stable food, semi-dried meat, seafood and vegetables. In: Radiation processing for safe, shelf-stable and ready-to-eat food. *Proceedings of a final Research Co-ordination Meeting held in Montreal, Canada, 10-14 july, 2000*. IAEA, 2003, 264 p.
- MERCK. *Microbiological Manual*. Berlin, Germany, 407 p., 2002.

MILLAR, S. J., MOSS, B. W., STEVENSON, M. H. The effect of ionising radiation on the colour of beef, pork and lamb. *Meat Science*. v. 55, n.3, p. 349-360, 2000.

NANKE, K.E., SEBRANEK, J.G., OLSON, D.G. Color characteristics of irradiated vacuum-packaged pork, beef and turkey. *Journal of Food Science*. v. 63, n. 6, p. 1001-1006, 1998.

NEWSOME, R.L. Perspective on food irradiation. *Food Technology*. v. 41, n. 2, p. 100-101, 1987.

NORTJÉ, K., BUYS, E.M., MINNAAR, A. Use of γ -irradiation to reduce high levels of *staphylococcus aureus* on casey-whein protein coated moist beef biltong. *Food Microbiology*. v. 23, n. 8, p. 729-737, 2006.

ORDOÑEZ, J.A., RODRIGUEZ, M.I.C., ALVAREZ, L.F., SANZ, M.L.G., MINGUILLÓN, G.DG.F., PERALES, L., CORTECERO, M.D.S. *Alimentos de origem animal*. Porto Alegre – RS: Editora Artmed, 2005, 2279 p.

PARDI, M.C., SANTOS, I.F., SOUZA, E.R., PARDI, H.S. *Ciência, higiene e tecnologia de carne*. Goiânia: GEGRAF-UFG, 2 ed., v. 1, 2001, 623 p.

PARRY-HANSON, A., HALL, A., MINNAAR, A., BUYS, E.M. Use of γ -irradiation to reduce *Clostridium perfringens* on ready-to-eat bovine tripe. *Meat Science*. v. 78, n. 3, p. 194-201, 2008.

PEARSON, D. *Técnicas de laboratório para el analisis de alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1976. Cap.5: Indice de aceites y enranciamento, p.137-139.

PEREIRA, A. S. C. Irradiação em alimentos. *Revista Nacional da Carne*. v. 29, n. 324, p. 53-62, 2004.

PRATES, J.A.M. Maturação da carne dos mamíferos: 1. Caracterização geral e modificações físicas. *Revista Portuguesa de Ciências veterinárias*. v. 95, n. 533, p. 34-41, 2000.

REDMOND, G.A., MCGEEHIN, B., SHERIDAN, J.J., BUTLER, F. The effect of ultra-rapid chilling and subsequent ageing on the calpain/calpastatin system and myofibrillar degradation in lamb m. *Longissimus thoracis et lumborum*. *Meat Science*. v. 59, n. 3, p. 293-301, 2001.

SANTOS, A.F., VIZEU, D.M., DESTRO, M.T., FRANCO, B.D.G.M., LANDGRAF, M. Determinação da dose de radiação gama para reduzir a população de *salmonella* spp. em carne de frango. *Ciência e Tecnologia de alimentos*. Campinas – SP, v. 23, n. 2, p. 200-205, 2003.

SÃO PAULO, *Código Sanitário*: Decreto nº 12.342 de 27 de setembro de 1978. Imprensa Oficial do Estado, 1992.

SAS, INSTITUTE. *SAS User's guide statistics*. Cary, 1999, 959p.

SATIN, M. Use of irradiation for microbial decontamination of meat: situation and perspectives. *Meat Science*. v. 62, n. 3, p. 277-283, 2002.

SIERRA, M., SHERIDAN, J.J., MCGUIRE, L. Microbial quality of lamb carcasses during processing and the acridine orange direct count technique (a modified DEFT) for rapid enumeration of total viable counts. *International Journal of Food Microbiology*. v. 36, n. 1, p. 61-67, 1997.

SILVA, T.J.P. *Myofibrillar shortening and ultrastructural changes in prerigor heated beef triceps brachii muscle*. Tese de Doutorado, Purdue University, West Lafayette, IN, 1988. 145p.

SILVA, T.J.P.; ORCUTT, M.W.; FORREST, J.C.; JUDGE, M.D.; BRACKER, C.E. Effect of heating rate on shortening , ulltrastucture and fracture behavior of prerigor beef muscle. *Meat Science*. v. 33, n. 1, p. 1-27, 1993.

SIN, D.M., WONG, Y., YAO, M.W., MARCHIONI, E. Identification and stability study of irradiated chicken, pork, beef, lamb, fish and mollusk shells by electron paramagnetic resonance (EPR) spectroscopy. *European Food Research and Technology*. v. 221, n. 5, p. 684-691, 2005.

SOUZA, A.R.M., ARTHUR, V., CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Efeito da radiação gama e do armazenamento na oxidação lipídica e no colesterol de carne de cordeiros da raça santa inês. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas – SP, v. 27, n. 1, p. 67-71, 2007.

STONE, H., SIDEL, J.L. *Sensory Evaluation Practices*. 2 ed., Orlando – Florida: Academic Press, 1993, 337 p.

TALLENTIRE, A. The spectrum of microbial radiation sensitivity. *Radiation Physics and Chemistry*. v. 15, n. 1, p. 83-89, 1980.

TARLADGIS, B.G., WATTS, B.M., YOUNATHAN, M.T., DUGAM, L.R. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of American Oil Chemistry Society*. v. 37, p. 44-48, 1960.

TEIXEIRA, A., BATISTA, S., DELFA, R., CADAVEZ, V. Lamb meat quality of two breeds with protected origin designation. influence of breed, sex and live weight. *Meat Science*. v. 71, n. 3, p. 530-536, 2005.

TEIXEIRA, L.M.; TRABULSI, L.R. *Enterococcus faecalis*. In: TRABULSI, L.R.; ALTERTHUM, F. *Microbiologia*. 4 ed. São Paulo: Atheneu, 2005. 585 p. Cap. 26, p. 213-216.

TORRES, E. A. F. S.; OKANI, E. T. Teste de TBA: Ranço em alimentos. *Revista Nacional da Carne*. n. 243 , p. 68-74, 1997.

URBAIN, W. *Food Irradiation*. Academic Press, 1986, 351 p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Consumer acceptance of irradiated meat and poultry products. *Food Safety Economics*. n. 757, 2000, 8 p.

YU, L.H., LEE, E.S., JEONG, H.D., PAIK, H.D., CHOI, J.H., KIM, C.J. Effects of thawing temperature on the physicochemical properties of pre-rigor frozen chicken breast and leg muscles. *Meat Science*. v. 71, n. 2, p. 375-382, 2005.

VITAL, H.C., HERNANDES, N.K., SANTOS, A. A conservação de alimentos por irradiação. *Revista do CTEEx P & D*. Centro Tecnológico do Exército, Rio de Janeiro – RJ. Ano II, n. 2, p. 45 – 50, 2008.

ZAMORA, F., DEBITON, E., LEPETIT, J., LEBERT, A., DRANSFIELD, E., OUALI, A. Predicting variability of ageing and toughness in beef muscle *Longissimus lumborum et thoracis*. *Meat science*. v. 43, n. 3-4, p. 321-333, 1996.