UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos

RAUL PEREIRA FREGONESI

"RADIAÇÃO GAMA APLICADA PARA ESTENDER A VIDA ÚTIL DA CARNE DE CORDEIRO EMBALADA A VÁCUO E ARMAZENADA SOB REFRIGERAÇÃO"

Pirassununga

2013

Raul Pereira Fregonesi

“RADIAÇÃO GAMA APLICADA PARA ESTENDER A VIDA ÚTIL DA CARNE DE CORDEIRO EMBALADA A VÁCUO E ARMAZENADA SOB REFRIGERAÇÃO”

(VERSÃO CORRIGIDA)

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Área de Concentração: Ciências da Engenharia de Alimentos

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Trindade

Pirassununga

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo

F859r

Fregonesi, Raul Pereira
Radiação gama aplicada para estender a vida útil da carne de cordeio embalada a vácuo e armazenada sob refrigeração / Raul Pereira Fregonesi. -- Pirassununga, 2013.
81 f.
Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo.
Departamento de Engenharia de Alimentos.
Área de Concentração: Ciências da Engenharia de Alimentos.
Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Trindade.

1. Longissimus dorsi 2. Irradiação de alimentos 3. Estabilidade. I. Título.

Dedico este trabalho as pessoas especiais que fazem parte da minha vida:

Aos meus pais, Nelo e Maria Aparecida, pelo amor e dedicação; a vocês minha eterna gratidão. À minha filha Victória, pela compreensão e carinho. À minha esposa Daiene que com seu amor, companheirismo, amizade e incentivo tornou-se a pessoa de fundamental importância em minha vida, sem você nada disso seria possível!

Agradecimentos

Agradeço a todos que me incentivaram e apoiaram nesses dois anos de muito trabalho e conquistas: meus pais, minha filha Vi, minha querida irmã Pri, meu cunhado Nei e minha esposa Daiene.

Aos meus sogros Iko e Terê pelo apoio, incentivo, orações e conselhos.

Aos professores Dr[a]. Daniele Martins e Dr. Carlos Eduardo Ambrósio pela apresentação, conselhos e incentivo.

À professora Dr[a]. Andrezza Maria Fernandes pela oportunidade dada, pelos ensinamentos na área de microbiologia, paciência, dedicação e pelo espaço cedido no laboratório de microbiologia.

Ao professor Dr. Marco Antonio Trindade pela oportunidade e disponibilidade de desenvolver um novo projeto, por todo o tempo dedicado a me ensinar e orientar nesses dois anos de pós-graduação. Também o agradeço pela liberação do laboratório e ensinamentos nas análises físico-químicas e sensoriais.

Ao Professor Dr. Valter Arthur, juntamente a todos do IPEN, pelo auxilio na irradiação das amostras.

À professora Dr[a]. Cintia Bernardo Gonçalves.

Às estagiarias Raquel de Gouvêa Portes, Ana Maria Miranda Aguiar e Larissa Canducci Figueiredo por toda dedicação, responsabilidade e compromisso com o desenvolvimento de todo o projeto.

Ao técnico de laboratório Guilherme de Souza Silva e ao especialista de laboratório Marcelo Thomazini pela amizade e auxilio nas análises microbiológicas.

À ex-técnica de laboratório Grazi pela grande ajuda nas análises físico-químicas (TBARS e composição centesimal).

À técnica de laboratório Flavia Simone Munin pelas longas conversas e conselhos, amizade e incentivo.

À técnica de laboratório Silvia Helena e a pós-doutoranda Sabrina, que sempre estavam dispostas a ajudar e incentivar a pesquisa.

Aos amigos da pós-graduação Mariana, Leandro, Gerson, Karen, Luciana, Tiara, Joseane, pela amizade e por compartilhar seus conhecimentos e experiências em todas as disciplinas cursadas.

Aos amigos do laboratório Erika “Pluke”, Ju Baldin, Euder, Curió (João), Cadu, Anna Alencar pela amizade.

Aos amigos de São Carlos, Uli (Ulysses), Big (Rafael), Pumba (Eduardo), Lixo (Diego), Zini (Daniel), Hugo, Getúlio, César, pela amizade e por compartilhar varias “finoses ou pergaminhos” (resoluções) do Moisés, Thomas, Anton, Sears, Halliday’s e outras coisas bizarras que tivemos que fazer durante a graduação.

Aos amigos não ligados a vida acadêmica, mas de grande importância em minha vida: Piruca (Rogerio), Magrelo (Tiago), Álvaro, Calé, Renatinho, Léo e Bianca, Patrícia e Paulo, Naligia, Tati, Milly e Jean, Carol e Misso (Emerson), Rosado (Rafael) e Fran, Vesk (Wiliam) e Amanda, Vitão, pela companhia em todos esses anos, pelos churrascos, festas, confraternizações, viagens... enfim, pela amizade e companheirismo.

Peço desculpas aos que aqui omiti!

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”.

(Albert Einstein)

Índice de figuras:

Figura 1: Radura, símbolo utilizado em produtos irradiados 27
Figura 2: Foto do irradiador do IPEN.....38
Figura 3: Montagem das amostras para o processo de irradiação.....52
Figura 4: Curva analítica para o calculo do Malonaldeido (MDA) nas amostras. 54
Figura 5: Ficha de avaliação da análise sensorial.....59
Figura 6: Resultados, em porcentagem, da composição centesimal 60
Figura 7: Curva de crescimento para bactérias mesófilas anaeróbias. 63
Figura 8: Curva de crescimento para bactérias láticas.....64
Figura 9: Curva de crescimento para bactérias psicrotróficas anaeróbias. 65
Figura 10: Aumento do valor médio de b* ao longo do tempo.....68
Figura 11: Decaimento do valor médio de pH ao longo do tempo.....70

Índice de tabelas:

Tabela 1: Unidades de doses de irradiação e radioatividade. 24
Tabela 2: Contagem de microrganismos deteriorantes**.**.....43
Tabela 3: Resultados médios das contagens microbiológicas. 62
Tabela 4: Resultados da análise de cor objetiva (L*, a*, b*). 67
Tabela 5: Resultados médios obtidos para os valores de pH 69
Tabela 6: Resultados médios obtidos para os valores de perdas por cozimento. 70
Tabela 7: Resultados médios obtidos para os valores de TBARS 71
Tabela 8: Resultados para o teste de aceitação sensorial 72

SUMÁRIO

RESUMO GERAL 10
General Abstract 12
CAPÍTULO I 14
1. Justificativa 15
2. Revisão de Literatura 16
2.1. Características Microbiológicas 16
2.1.1. Problemas de contaminação microbiológica 17
2.2. Características físico-químicas 18
2.2.1. Potencial hidrogeniônico 18
2.2.2. Textura 19
2.2.3. Oxidação lipídica 20
2.2.4. Cor 20
2.2.5. Capacidade de Retenção de agua (CRA) 21
2.3. Irradiação de alimentos 22
2.4. Efeitos da irradiação em microrganismos 25
2.5. Legislação 26
3. Referências 28
CAPÍTULO II 34
1. Introdução 36
2. Material e Métodos 37
2.1. Obtenção das amostras 37
2.2. Irradiação das Amostras 38
2.3. Análises Microbiológicas 39
2.3.1. Bactérias anaeróbias psicrotróficas 39
2.3.2. Coliformes à 45ºC 40
2.3.3. *Staphylococcus aureus* 40
2.3.4. Bactérias láticas 41
2.3.5. *Salmonella* spp. 41
3. Resultados e Discussão 42
4. Conclusões 44
5. Referências 45

CAPÍTULO III 47
1. Introdução 50
2. Material e Métodos 51
2.1. Matérias-primas 51
2.2. Irradiação 51
2.3. Avaliação dos lombos ovinos 52
2.3.1. Análises microbiológicas 52
2.3.1.1. Bactérias anaeróbias mesófilas 53
2.3.2. Análises físico-químicas 53
2.3.2.1. Oxidação lipídica - Análise de TBARS 53
2.3.2.2. Análise de cor objetiva 54
2.3.2.3. Análise de pH 55
2.3.2.4. Perdas por cozimento (PPC) e força de cisalhamento 55
2.3.2.5. Determinação da composição centesimal 55
2.3.2.5.1. Umidade 56
2.3.2.5.2. Cinzas 56
2.3.2.5.3. Lipídeos 56
2.3.2.5.4. Proteínas 57
2.3.3. Determinação da aceitação sensorial 58
2.4. Análises estatísticas 59
3. Resultados e Discussão 60
3.1. Determinação da composição centesimal 60
3.2. Estabilidade microbiológica 61
3.3. Estabilidade físico-química 66
3.4. Aceitação Sensorial 72
4. Conclusão 74
5. Referências 75
ANEXO 78

RESUMO GERAL

FREGONESI, R.P. **“Radiação gama aplicada para estender a vida útil da carne de cordeiro embalada a vácuo e armazenada sob refrigeração”.** 2013. 85p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2013.

O Estado de São Paulo vem experimentando nos últimos anos um expressivo aumento da produção, oferta e consumo de carne ovina. Com a tendência atual de procura por produtos de maior conveniência, com rapidez e facilidade de preparo, vislumbra-se a necessidade do mercado investir na oferta de carne ovina na forma de cortes resfriados. Nesse sentido, a irradiação com energia ionizante poderia ser uma alternativa viável para a comercialização dos cortes resfriados de cordeiro. O objetivo deste trabalho foi estudar a aplicação de diferentes doses de radiação gama visando estender a vida útil microbiológica da carne de cordeiro embalada a vácuo e armazenada sob refrigeração. Para isso, primeiramente foi realizado um experimento preliminar visando se estabelecer parâmetros como a dose e o tempo de estocagem. As amostras foram irradiadas com doses de 1,0, 3,0 e 5,0 kGy e submetidas a análises microbiológicas por um período de 60 dias a uma temperatura de 1 °C. De acordo com os resultados pôde-se concluir que a dose de 3,0 kGy deve ser utilizada como dose máxima. Assim, iniciou-se o experimento final, e para isso, as amostras de lombo de cordeiro foram embaladas a vácuo e irradiadas com as doses zero (controle), 1,5 kGy e 3,0 kGy e estocadas sob refrigeração a 1 °C. Foram realizadas nos tempos de zero, 14, 28, 42 e 56 dias análises microbiológicas e análises físico-químicas. Também foi realizado um teste sensorial de aceitação com 63 provadores, no qual foram avaliados os atributos de aroma, textura, suculência, sabor e qualidade global. Todos os dados foram estatisticamente avaliados através de contrastes entre as médias, com um nível de significância de 5%. Os resultados obtidos para os testes microbiológicos foram de ausência de *Salmonella* sp., contagens esporádicas de coliformes a 45 °C e *Staphylococcus aureus* (< 10 (est) UFC/g) para todas as amostras. Para as demais análises microbiológicas houve efeitos significativos ($p<0,05$) de tratamento e tempo. Entretanto, nas características físico-químicas, houve apenas efeitos significativos ($p<0,05$) ao longo do tempo de zero a 28 dias, para pH e cor b* (amarelo), os quais decaíram e aumentaram,

respectivamente. Na aceitação sensorial, as amostras não diferiram (p>0,05) em nenhum dos atributos avaliados. Assim, pôde-se concluir que a irradiação gama nos lombos de cordeiro foi eficiente em diminuir a proliferação de microrganismos sem prejudicar as características físico-químicas, e ainda, que a aceitação do consumidor também não foi prejudicada pela irradiação. Ao final do experimento, foi possível afirmar que a dose 3,0 kGy foi a mais indicada, pois conseguiu estender a vida de prateleira de 14 para 56 dias do lombo de cordeiro irradiado e armazenado a 1°C.

Palavras-chave: *Longissimus dorsi*, irradiação de alimentos, estabilidade, vida de prateleria.

GENERAL ABSTRACT

FREGONESI, R.P. **“Gamma radiation applied to extend the shelf-life of lamb meat vacuum packed and stored under refrigeration”.** 2013. 85p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2013.

The State of São Paulo has experienced in recent years a significant increase in production, supply and consumption of lamb meat. With the current trend of demand for products of greater convenience, with speed and ease preparation, there is the need to invest in the market supply of refrigerated lamb cuts. Accordingly, irradiation with ionizing energy could be a viable alternative for the marketing of refrigerated cuts of lamb meat. The aim of this work was to study the application of different doses of gamma radiation in order to extend the stability of lamb meat vacuum packed and stored under refrigeration. For this, first a preliminary experiment was conducted aiming to determine parameters such as irradiation dose and storage time. The lamb loins (Longissimus dorsi) were vacuum packed, irradiated with doses of 1,0, 3,0 and 5,0 kGy and stored under refrigeration in cooling chamber at 1 °C. According to the results, a dose of 3,0 kGy may be indicated as the maximum dose of irradiation. After establishing these parameters, the final experiment began, and for that, the lamb loin samples were vacuum packaged and irradiated with doses zero (control), 1,5 kGy and 3,0 kGy and stored under refrigeration at 1 °C. In predetermined periods (zero, 14, 28, 42 and 56 days) microbiological and physical-chemical analysis were carried out. Also, a sensory acceptance test was conducted, with 63 consumers, which evaluated aroma, texture, juiciness, flavor and overall quality atributes. All data were statistically evaluated using contrasts between means, with a significance level of 5%. The results obtained for microbiological testing of all samples were absence of Salmonella sp. and sporadic counts of coliforms at 45 °C and Staphylococcus aureus (<10 (est) CFU/g). For other microbiological analysis there were significant effects ($p < 0,05$) of treatment, and time. However, for the physicochemical characteristics, there were only differences ($p < 0,05$) of time from zero to 28 days for pH and color b * (yellow), which declined and increased, respectively, over this period. In the sensory acceptance test, the samples did not differ ($p > 0,05$) in any of the evaluated attributes. Thus, it was concluded that

gamma irradiation in the lamb loins was effective in decreasing the proliferation of microorganisms without damaging its physical and chemical characteristics. At the end of the experiment, it was possible to say that the 3.0 kGy dose was indicated because could extend the shelf life of 14 to 56 days of loin of lamb irradiated and stored at 1 °C

Keywords: *Longissimus dorsi*, food irradiation, stability, shelf-life.

CAPÍTULO I

1. Justificativa

O Estado de São Paulo vem experimentando nos últimos anos um expressivo aumento da produção, oferta e consumo de carne ovina. A procura por cortes padronizados de carne ovina está se tornando cada vez maior, principalmente em áreas com população de alto poder aquisitivo. A maior oferta poderá provavelmente ampliar o consumo para outras camadas da população e aumentar também o consumo médio brasileiro, que atualmente é pequeno, em torno de 0,7 kg/habitante/ano (NOGUEIRA e JUNIOR, 2008).

Este aumento da produção e consequentemente da oferta de carne ovina nos mercados brasileiros traz um novo desafio. Com a tendência atual de maior procura por produtos de conveniência, com maior rapidez e facilidade de preparo, vislumbra-se a necessidade do mercado investir na oferta de carne ovina na forma de cortes resfriados. Esta perspectiva de oferecimento da carne ovina resfriada foi confirmada por meio de contatos pessoais com diversos agentes atuantes na cadeia da ovinocultura do Estado de São Paulo. No entanto, além de um período de vida útil muito menor se comparada com a carne congelada, que pode permanecer estocada por vários meses, a carne ovina resfriada, mesmo quando embalada a vácuo, é susceptível a alterações físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais de forma mais acelerada do que a carne bovina, por exemplo, o que poderia prejudicar a dinâmica de distribuição e comercialização deste tipo de produto.

Dentre as diversas tecnologias disponíveis para extensão da vida útil de alimentos, é possível destacar a irradiação de alimentos com energia ionizante. As regras da primeira irradiação em carnes foram publicadas pela USDA, em 1985, para inativar *Trichinella spiralis* em carcaça suína e em 1997, a irradiação de carne moída vermelha foi autorizada. Foi promovida pela FAO no Codex Alimentarius em 2003 e foi bem aceito em 50 países, especialmente nos EUA, América Latina, Egito e China (AYMERICH et al., 2008). Após 40 anos de pesquisa, a FAO e a OMS concluíram que o alimento irradiado é seguro e saudável. (FUMENTO, 1994).

Segundo Zhou (2010), em 1980 a Organização Mundial da Saúde (OMS), propôs que a dose máxima de irradiação aplicada em alimentos deve ser de 10kGy,

devendo ser aceita como um processo de preservação da maioria das categorias de alimentos. Uma dose máxima de 10kGy representa uma baixa quantidade de energia, equivalente para aumentar a temperatura de 1g de água em 2,4°C, que pode ser considerada como uma tecnologia não-termal, preservando ainda as propriedades físico-químicas da carne.

Determinar o efeito de irradiação sobre o tempo de vida útil da carne ovina quando armazenada sob refrigeração apresenta-se como uma fonte importante e necessária de informações, visando favorecer o crescimento e fortalecimento da cadeia da ovinocultura no estado de São Paulo e no Brasil. Além disto, a realização desta pesquisa é considerada extremamente importante principalmente pela escassez de estudos realizados no Brasil sobre a qualidade e estabilidade durante o armazenamento da carne ovina.

2. Revisão de Literatura

2.1. Características Microbiológicas

O conhecimento das populações microbianas associadas à deterioração da carne é extenso. Os organismos mais comumente envolvidos na deterioração da carne são *Pseudomonas* spp., *Enterobacteriaceae, Brochothrix thermosphacta* e as bactérias ácido lácticas (PENNACHIA et al., 2011), esta última muito importante em alimentos embalados a vácuo.

A sobrevivência e proliferação de microrganismos estão relacionadas com a composição gasosa da atmosfera ao redor da carne. É bem conhecido que o armazenamento aeróbico pode acelerar a deterioração devido ao rápido crescimento das *Pseudomonas* spp., enquanto que alimentos embalados a vácuo e com atmosfera modificada podem favorecer a dominância de uma população de bactérias anaeróbias facultativas incluindo bactérias ácido lácticas, que são reconhecidas como importantes concorrentes dos outros grupos de microrganismos deteriorantes, sob tais condições. Similarmente, microrganismos psicrófilos e

psicrotróficos são confirmados como agentes causadores de deterioração em carnes refrigeradas. (DOULGERAKI et al., 2012).

Santos et al. (2003), ressaltam que apesar do aparecimento de novos microrganismos no cenário das doenças transmitidas por alimentos, a *Salmonella* ainda ocupa lugar de destaque nas estatísticas epidemiológicas dessas doenças. Na América Latina, *Salmonella sp.* foi a segunda causa de doenças bacterianas veiculadas por alimentos no período de 1995 a 1998, ficando atrás apenas de *Staphylococcus sp*.

2.1.1. Problemas de contaminação microbiológica

Diversos pesquisadores apresentam como a contaminação bacteriana afeta os alimentos de consumo humano de forma relevante.

A poluição do meio ambiente, tendo como principais responsáveis insetos, roedores, pássaros, águas, entre outros, constitui parte importante do ciclo infeccioso, no qual o homem e animais, portadores ou doentes, apresentam um importante papel. Esses ciclos parecem responsáveis por uma taxa de contaminação cada vez mais alta, sendo responsabilizados pelo grande número de infecções em homens e animais (TANINGA et al.,1978). A aplicação correta de métodos adequados de conservação reduz o desperdício e as perdas causadas por insetos, roedores e microrganismos que, dessa maneira, têm suas fontes de alimentos cortadas, o que por sua vez ajuda a controlar essas populações (RIEDEL, 1996).

Segundo Roitman e Travassos (1987) os grupos de microrganismos mesófilos e psicrófilos são utilizados para avaliar bacteriologicamente o alimento, com o objetivo de se estimar sua qualidade higiênico-sanitária, fazendo uma verificação da eficiência do sistema de limpeza e desinfecção na indústria para avaliar o tempo de vida útil dos produtos, entre outros parâmetros. Confirmado o número elevado de bactérias desses grupos é um forte indício de produto alterado, independente do seu efeito sobre a saúde do consumidor.

A presença de coliformes nos alimentos é de grande importância para a indicação de contaminação durante o processo de fabricação ou mesmo pós-processamento (FERREIRA, 2010). Isso pode indicar uma deficiência nos processos de limpeza, saneamento, tratamento térmico e multiplicação durante o processamento ou estocagem (SILVA JUNIOR, 2001).

De acordo com Franco e Landgraf (1996), os microrganismos indicadores são grupos ou espécies que, quando presentes em alimentos, podem fornecer informações sobre a ocorrência de contaminação fecal, além de poder indicar condições sanitárias inadequadas durante o processamento, produção ou armazenamento.

2.2. Características físico-químicas

2.2.1. Potencial hidrogeniônico

A carne pode ser definida como o produto resultante das contínuas transformações que ocorrem no músculo após a morte do animal. Em situações em que se respeitam as condições de bem-estar do animal *ante mortem*, o pH do músculo após a morte do animal diminui de aproximadamente 7 para 5,5. Isso ocorre devido a abundancia de glicogênio, que é transformando em ácido láctico, causado pela ausência de oxigênio nas células, resultando em reações bioquímicas *post mortem* e na transformação de músculo em carne (PINHEIRO et al., 2009).

O pH final da carne é o principal indicador para a qualidade da carne a nível comercial, uma vez que pode afetar as características de qualidade importantes, como a capacidade de retenção de água, perdas de peso por cocção, e cor (MILLER, 2002). De acordo com os estudos realizados por Sheridan et al. (1997), durante o armazenamento sob refrigeração e a vácuo, deve ocorrer uma diminuição nos valores de pH devido a uma alta proliferação de bactérias anaeróbias como as bactérias acido lácticas.

2.2.2. Textura

Suculência e maciez influenciam o sabor da carne. Para o consumidor, de um ponto de vista sensorial, a característica de qualidade mais importante, no momento do consumo, é a textura. Aumentar a maciez parece aumentar o prazer durante as refeições (RISTIC e MISCEVIC, 2012). Por isso proporcionar uma carne macia, suculenta e com bom sabor é fundamental para uma boa aceitação do consumidor.

A maciez da carne está relacionada com o sistema enzimático denominado calpaína que é considerado o principal mecanismo relacionado com a proteólise que conduz ao amaciamento da carne (ALVES et al., 2005). Tal sistema tem demonstrado ser um importante contribuinte para a degradação de proteínas miofibrilares durante o armazenamento de carne (HOPKINS e THOMPSON, 2002; KOOHMARAIE e GEESINK, 2006). A μ-calpaína e m-calpaína são considerados as principais enzimas envolvidas no amaciamento proteolítico da carne, e a sua atividade é regulada pelo inibidor calpastatina. (POMPONIO e ERTBJERG, 2012).

O efeito regulador da calpastatina é realizado não apenas pela inibição da atividade da calpaína, mas também pela quantidade de modulação da protease translocada e ativada na membrana celular, por meio da formação do complexo de calpaína-calpastatina. (DE TULLIO et al., 2009). Assim, um maior amaciamento, por um grande período de maturação, ocorre em músculos que contêm grandes quantidades de calpaínas (principalmente, μ-calpaína) ou baixa atividade de calpastatina. Baixa atividade de calpastatina está diretamente associada com maior maciez *post-mortem* (ALVES et al., 2005).

Segundo Silva Sobrinho et al. (2005) e Gularte et al. (2000), o sexo e idade de cordeiros também influenciam na maciez da carne, pois ambos associaram carne mais dura com animais mais velhos. A textura e o diâmetro das fibras musculares da carne ovina são menores quando comparados a carne de outros animais. Entretanto, a área das fibras musculares aumenta com a idade, independentemente da espécie, proporcionando uma carne mais firme (PINHEIRO et al., 2008).

2.2.3. Oxidação lipídica

A oxidação lipídica em alimentos está associada com o desenvolvimento de rancidez e deterioração oxidativa. Como consequência da deterioração oxidativa, hidro peróxidos lipídicos são formados, os quais são instáveis e se decompõem em aldeídos, cetonas, álcoois, ácidos ou hidrocarbonetos (ST. ANGELO, 1996). Estes, os chamados produtos de oxidação secundários, podem alterar a qualidade dos alimentos, ou seja, cor, textura, sabor e odor (FERNÁNDEZ et al., 1997). Um dos mais importantes produtos da oxidação é o malonaldeido (MDA), o qual é muitas vezes utilizado como marcador de dano oxidativo em amostras biológicas e de alimentos (MENDES et al., 2009, citando KINTER et al., 1995, e ST ANGELO, 1996)

O método mais amplamente usado para a determinação de MDA é a determinação espectrofotométrica da rosa fluorescente ácido MDA-tiobarbitúrico (MDA-TBA) complexo produzidos após reação com o ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) a pH baixo e temperatura elevada (MENDES et al., 2009, citando BERGAMO et al., 1998).

2.2.4. Cor

A cor é um sinal visual importante que denota o frescor e a qualidade da carne para os consumidores. A intenção de compra por estes se dá por uma carne que é vermelha intensa e não na cor marrom. Em um cenário comercial, fatores que causam mudanças de cor durante a exposição de varejo operam em diferentes partes da cadeia de suprimentos de carne de cordeiro, mas potencialmente ainda interage um ao outro. Por exemplo, a cor pode ser associada com temperatura de rigor quando a carne é fresca, mas não depois de um prolongado período de envelhecimento (JACOB e THOMSON (2012), citando BENDALL (1972) e ROSENVOLD e WIKLUND (2011)).

Tal atributo é resultante da concentração de pigmentos (hemoglobina, mioglobina), os seus estados químicos e as propriedades de dispersão da luz na

carne (LAWRIE, 2002; MCDOUGALL, 1983). A mioglobina possui uma cor vermelho-arroxeada e quando na presença de oxigênio se torna vermelho-brilhante, é uma proteína composta de globina e ferro heme. O comportamento da mioglobina está relacionado com a sua função biológica - armazenar oxigênio - e a química necessária para aperfeiçoar essa função. O armazenamento de oxigênio é permitido pela capacidade do ferro heme de sofrer redução, ou seja, reação de transferência de elétrons (BREWER, 2004).

A descoloração de carnes compromete a sua aparência devido à conversão de oximioglobina para metamioglobina. Esta alteração resulta de uma diminuição da estabilidade redox heme, em vez de a oxidação de resíduos de aminoácidos específicos. A oxidação de ácidos graxos insaturados em fosfolipídios e triacilgliceróis, conhecida como a oxidação lipídica, contribuem para sabores desagradáveis. As reações bioquímicas diretamente responsáveis pela oxidação da mioglobina e oxidação lipídica geram produtos que podem acelerar ainda mais a oxidação de um modo geral. (FAUSTMAN et al., 2010)

2.2.5. Capacidade de Retenção de agua (CRA)

A capacidade de retenção de água da carne consiste na habilidade de retenção da água durante a aplicação de força ou tratamento externo.

De acordo com Poullane e Halonem (2010), a água é o mais importante componente natural ou agregado de quase todos os alimentos. Pesquisas em carnes sempre foram mais interessadas na prática em aplicações e efeitos macroscópicos do que em fatores internos e externos em relação à retenção de água.

O teor de água e sua distribuição, também têm grande influência sobre as propriedades da carne, em especial a sua dureza, suculência e aparência (OFFER et al., 1989). Por esta razão, a capacidade de retenção de água (CRA) é um parâmetro físico-químico de grande interesse para a conservação, filetagem, cozimento e processamento de carne. Imediatamente após o abate, a carne contém

cerca de 75% de água (LAWRIE, 1991), embora esta porcentagem varia entre diferentes raça ou tipo de músculo. Uma parte desta água é perdida através de tratamentos tecnológicos na carne, por gotejamento, evaporação, descongelamento ou cozimento. A perda de água é causada por alterações na as miofibrilas, induzidas pelo declínio do pH. (TEJERINA et al., 2012, citando OFFER et al. (1989) e LAWRIE, (1991)).

2.3. Irradiação de alimentos

A indústria alimentícia recorre ao emprego de radiações eletromagnéticas com distintas finalidades. Todas elas são transmitidas em formas de onda, sem necessidade de suporte material ou meio de propagação, a uma velocidade de 300.000 km/s ou $3x10^8$ m/s. Entretanto, dependendo da energia associada, do comprimento de onda e da frequência de emissão, o efeito decorrente de sua interação com determinado material é muito diferente. Em tecnologia de alimentos, impõe-se a diferenciação entre tratamentos com radiações não ionizantes (ultravioleta, infravermelho) e aqueles com radiações ionizantes (raios gama, feixe de elétrons, raios-X) (ORDÓÑEZ, 2005).

A tecnologia de irradiação em produtos alimentares foi sugerida pela primeira vez em 1897 e, um ano após a descoberta dos raios X por Roentgen's, patenteada na Inglaterra em 1905. A partir de 1940 a 1960, foi conduzida uma investigação no laboratório do exército dos EUA para fornecer latas esterilizadas para o exército americano (AYMERICH et al., 2008).

O uso da radiação gama em alimentos tem por objetivo conservar os produtos, protegendo-os contra os agentes da deterioração e consequentemente aumentando a vida de prateleira. A irradiação é um processo semelhante à pasteurização ou à esterilização, dependendo da dose radioativa aplicada (SILVA, 2000).

A principal vantagem da irradiação de alimentos é o fato de esta técnica destruir bactérias prejudiciais, assim como outros microrganismos passiveis de

causar intoxicações alimentares, por causar lesões no material genético da célula. De forma geral, inibe o crescimento microbiano, como de bactérias, fungos e leveduras, pois a irradiação impede que estas realizem de forma eficaz os processos biológicos essenciais para a sua existência (CALÇADA et al., 2010).

A irradiação atua evitando ou retardando processos de infestação, contaminação ou decomposição do alimento. É um tratamento seguro, eficiente e relativamente de baixo custo que preserva o alimento sem aumento de temperatura e sem uso de aditivos químicos.

Dentre os principais alimentos de fácil deterioração, destaca-se a carne e seus produtos industrializados, que dependem de muitos fatores ou atributos para que sejam de boa qualidade: atratividade, palatabilidade, valor nutritivo e inocuidade. Esta deterioração se deve ao fato da carne constituir um excelente meio de cultivo para numerosos microrganismos: elevada umidade, pH quase neutro e abundância de nutrientes. Por isso, poderá ser foco de vários tipos de bactérias causadoras de intoxicação alimentar (BORGES, 2002).

No Brasil, as primeiras pesquisas com irradiação de alimentos foram feitas na década de 50, pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), em Piracicaba (SP). Em junho de 1965, em uma audiência do comitê de energia atômica, foi estabelecido que todos os alimentos irradiados com doses até 5,6 Mrad (56 kGy) usando fonte de cobalto-60 ou elétrons com energias de até 10MeV (milhões de elétron-volts) eram seguros e adequados nutricionalmente para o consumo. Tal conclusão se baseou em uma série de estudos, onde cada possibilidade de dano foi considerada com cuidado, mas nenhum dano foi encontrado (ESTEVES, 1997; KUNSTADT et al.,1993; OMAYE,2004).

Desde 1986, a unidade de dose absorvida, no Sistema Internacional, é o Gray (Gy), que representa a quantidade de radiação correspondente a absorção de Joule de energia por quilograma. O Gray substitui a unidade anterior, o rad (radiation absorved dose), que correspondia a absorção de 1 Berg de energia por grama de material (COUTO e SANTIAGO, 2010). Na Tabela 1 estão mostradas as unidades de dose absorvida e radioatividade, juntamente com os fatores para a conversão de unidades.

Tabela 1: Unidades de doses de irradiação e radioatividade.

	Dose absorvida	**Radioatividade**
Unidade	Gray (Gy)	Bequerel (Bq)
Definição	1 Gy = 1J/kg	1Bq = 1 desintegração/seg
Unid. antiga	Rad	Curie (Ci)
Conversão	1 rad = 0,01Gy	1 Ci = $3,7x10^{10}$ Bq = 37 GBq
	1krad = 10 Gy	1 Ci= 37 TBq
	1 Mrad = 10kGy	1 kCi = 37 PBq

(Fonte – ICGFI, 1999)

O termo radiação é utilizado para designar a energia radiante que se move através do espaço na forma de ondas eletromagnéticas. A irradiação de alimentos emprega uma faixa de energia eletromagnética conhecida como radiação ionizante (SARTORI, 2010).

Radiações ionizantes são partículas ou fótons com energia suficiente para produzirem eletricamente cargas carregadas (íons) nos materiais com os quais entram em contato (CENA, 2010). Existem três tipos de energia radiante utilizada para a irradiação de alimentos: feixe de elétrons, raios X e raios gama. Os dois primeiros utilizam eletricidade como fonte de energia, enquanto para a radiação gama são utilizadas fontes radioativas como o cobalto 60 e o césio 137 (SAPTCHENCO, 2003).

A irradiação pode eliminar os microrganismos patogênicos e tornar os alimentos seguros para o consumo, além de aumentar seu tempo de estocagem devido à diminuição da microbiota bacteriana (SOUZA, 2009). Estudos têm relatado os efeitos da irradiação na qualidade da carne e também mudanças na coloração relacionadas com a dose, tipo de carne e embalagem (LIU et al., 2003). Os efeitos da radiação ionizante dependem da dose total absorvida, taxa de absorção e as condições do meio, como a temperatura, presença de oxigênio, entre outras, no momento da irradiação (BREWER, 2004).

2.4. Efeitos da irradiação em microrganismos

Existem na literatura diversos relatos sobre a aplicação da irradiação em diversos alimentos como tecnologia de controle e esterilização de microrganismos, conforme descrito a seguir.

Al-Bachir e Zeinou (2009) obtiveram resultados de que a irradiação gama pode ser usada para reduzir as contagens totais de mesófilos e coliformes totais na carne de camelo e aumentar a sua a vida útil de menos de 2 semanas (controle) para mais de 6 semanas (amostras irradiadas com 2, 4 ou 6 kGy).

Ferreira (2010) obteve uma baixa contagem de coliformes termo tolerantes e totais, estafilococos, mesofilos e ausência de Salmonella nas amostras de feijão pré-cozido irradiado com 2 e 3 kGy.

Schilling et al (2009) estudaram dois tipos de irradiação, raios-X e feixe de elétrons, e ainda um outro método a pressão hidrostática, na eliminação de *E.coli* O157:H7 em amostras de carne moída. Constataram que os dois tipos de irradiação foram eficazes na eliminação de *E.coli* e a pressão hidrostática se mostrou ineficaz na eliminação deste microrganismo.

Martins (2004) concluiu que o processo de irradiação gama mostrou ser factível para melhorar a segurança microbiológica de agrião minimamente processado, pois a dose obtida necessária para reduzir a população de *Salmonella spp* em 5 ciclos logarítmicos foi de 2,15kGy com vida de prateleira entre 9 e 16 dias. E ainda disse que a dose tolerada é de 3kGy aceita pelos membros do painel sensorial até o dia 9, com redução de 7 ciclos logarítmicos.

Spoto et al (1999) concluíram que doses de radiação de até 8,0kGy não proporcionaram a eliminação dos microrganismos contaminantes dos filés de frango num período de 28 dias sob refrigeração, entretanto, a dose de 2,0kGy permitiu uma redução de 3 ciclos logarítmicos na contagem microbiana, enquanto que as doses de 4,0; 6,0 e 8,0kGy permitiram uma redução de 6 ciclos logarítmicos no mesmo período. A irradiação é um processo eficiente para a redução da carga microbiana da carne de frango porque a dose de radiação de 4,0kGy foi suficiente para manter

os filés de frango refrigerados com uma população microbiana de 10^1UFC/g até vinte e oito dias de armazenamento.

Lopes (2004) verificou que o uso da radiação gama proporcionou maior vida útil e segurança microbiológica durante o armazenamento de camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*). As doses de 1 e 3,5 kGy apresentaram uma redução na população de *Staphylococcus* (0,4 log UFC/g), coliformes totais(1,7 log NMP/g) e termotolerantes (0,3 log NMP/g), psicrotróficos (3,5 log UFC/g) e mesófilos (2,2 log UFC/g) e ainda não afetaram as características sensoriais.

Lima (2003) concluiu em seu trabalho que as cenouras minimamente processadas submetidas à irradiação gama nas doses de 0,5; 0,75 e 1,0 kGy apresentaram redução da ordem de 3 a 4 ciclos logarítmicos na contagem total de mesófilos, no tempo zero de armazenamento. Além disso, constatou um aumento na vida útil da do produto de aproximadamente três vezes em relação ao controle não irradiado.

Através de sua pesquisa Oliveira et al. (2009) concluíram que a radiação gama é eficiente na eliminação de *Salmonella* sp., no controle da população de microrganismos mesófilos aeróbios restritos e facultativos viáveis, coliformes totais e termo tolerante. A radiação gama é pouco eficiente no controle de bolores e leveduras em peito de frango armazenado sob refrigeração (4°C), em embalagem convencional ou a vácuo.

2.5. Legislação

Segundo Zhou et al. (2010), em 1980 a Organização Mundial da Saúde (OMS), propôs que a dose máxima de irradiação aplicada em alimentos deve ser de 10 kGy, devendo ser aceita como um processo de preservação da maioria das categorias de alimentos. Uma dose máxima de 10 kGy representa uma baixa quantidade de energia, equivalente para aumentar a temperatura de 1g de água em 2,4°C, que pode ser considerada como uma tecnologia não-termal, preservando ainda as propriedades físico-químicas da carne.

Os alimentos irradiados foram aprovados pelas autoridades de saúde em 40 países, entre eles o Brasil. Mesmo com a permissão, em 1985, do uso da irradiação para conservação de alimentos, os processos se restringiram quase que exclusivamente às instituições de pesquisas, uma vez que o país contava com um número restrito de especialistas (ORNELLAS et al., 2006).

A regulamentação sobre irradiação de alimentos, no Brasil, existe desde 1973 e portarias complementares foram editadas em 1985 e 1989. A Portaria nº 09 de 08 de março de 1985, determinou as normas gerais sobre irradiação de alimentos, a qual prevê o limite superior de irradiação de 10 kGy, e a lista dos produtos aprovados para irradiação e suas respectivas doses (LEAL et al., 2004)

Atualmente, todas as normas para o emprego desta tecnologia estão descritas na Resolução nº 21 de 26 de janeiro de 2001, aprovada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que não restringe quais alimentos podem ser irradiados, desde que a dose máxima absorvida seja inferior àquela que comprometa as qualidades funcionais e sensoriais do alimento e a dose mínima seja suficiente para alcançar o objetivo pretendido (BRASIL, 2001).

Também por intermédio da Resolução RDC 21, ficou estabelecido que todo produto tratado por energia ionizante deve ser rotulado e em seu rótulo constar a frase: “alimento tratado por processo de irradiação" (MOURA, 2005). A ANVISA, seguindo o Codex Alimentarium (CODEX-STAN, 2005) deixa como opcional a inclusão do símbolo internacional do uso da radiação ionizante, a Radura, que está ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Radura, símbolo utilizado em produtos irradiados

Contudo, o FDA (Food and Drug Administration) americano, desde 1986, tornou compulsório o uso da Radura (juntamente com o texto escrito) nos alimentos irradiados que são comercializados nos EUA.

3. Referências

1. AL-BACHIR M.; R. ZEINOU: Effect of gamma irradiation on microbial load and quality characteristics of minced camel meat. **Meat Science**, (2009) v.82 p.119-124.3
2. ALVES, D.D.; GOES, R.H.T.B.; MANCIO, A.B.; "Maciez da carne bovina", **Ciência Animal Brasileira** v. 6, n. 3, p.135-149, jul./set. 2005.
3. AYMERICH T., PICOUET P.A.; MONFORT J.M.; Decontamination technologies for meat products. **Meat Science**, v.78 p.114–129, (2008)
4. BENDALL, J. "Consumption of oxygen by the muscle of beef animals and related species, and its effect on the colour of meat I. Oxygen consumption in pre-rigor muscle". **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 23(1), (1972), 61–72.
5. BERGAMO, P., FEDELE, E., BALESTRIERI, M., ABRESCIA, P., & FERRARA, L. "Measurement of malondialdehyde levels in food by high-performance liquid chromatography with fluorometric detection". **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 46, (1998), p2171–2176.
6. BORGES, A. **Tese de doutorado**: "Avaliação bacteriológica da linguiça de frango frescal submetida a radiação gama", Universidade Federal Fluminense, Niterói (2002).
7. BRASIL. Resolução RDC n.21, de 26 de Janeiro de 2001. Seção 1, p.35. [**Agência Nacional de Vigilância Sanitária Aprova o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos**], 2001.
8. BREWER, S.; "Irradiation effects on meat color – a review". **Meat Science**, 68 (2004) p1–17.
9. CALÇADA, A.; AMARAL, A.; MARTINS I.; JORDÃO L.; MENDES M. Escola Superior Agrária de Coimbra - **Processamento Geral de Alimentos** – Módulo 2.
10. CENA, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba-SP (2010). Disponível em HTTP://www.cena.usp.br/irradiacao/index.asp
11. CODEX-STAN - 1. Labelling of Prepacked Food, disponível em http://www.codexalimentarius.net/download/standards/32/CXS_001e.pdf, 2005.

12. COUTO, R.R.; SANTIAGO, A.J.; “Radioatividade e Irradiação de Alimentos”. **Revista de Ciências Exatas e Naturais**, v.12 (2010).
13. DE TULLIO, R.; CANTONI, C.; BROGGIO, C.; PRATO, C.; STIFANESE, R.; AVERNA, M.; ANTOLINI, R.; PONTREMOLI, S.; MELLONI, E.; “Involvement of exon 6-mediated calpastatin intracellular movements in the modulation of calpain activation”. **Biochimica et Biophysica Acta 1790** (2009) 182–187;
14. DOULGERAKI, A.I.; ERCOLINI, D.; VILLANI, F.; NYCHAS, G.J.N. “Spoilage microbiota associated to the storage of raw meat in different conditions” International **Journal of Food Microbiology** 157 (2012) 130–141.
15. ESTEVES, M.P.G.C.S. Irradiação de Especiarias. Métodos de Detecção do Tratamento e Estudo das Alterações em que se Baseiam. **Tese de Douorado**, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 1997
16. FAUSTMAN, C.; SUN, Q.; MANCINI, R.; SUMAN, S.P. “Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control” **Meat Science** 86 (2010) 86–94;
17. FERNÁNDEZ, J., PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A., & FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. (1997). “Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat”. **Food Chemistry**, 59(3),(1997) p345–353.
18. FERREIRA, A. C. P.; **Tese de doutorado**: “Feijão pré-cozido irradiado com raios gama do Cobalto-60: uma alternativa de consumo”, Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba-SP (2010).
19. FRANCO, B. D. G.M.; LANDGRAF, M. “Microbiologia dos alimentos”. 1. Ed. São Paulo: Atheneu, 1996, 182p.
20. FUMENTO, M.; “Irradiation: a winning recipe for wholesome beef”. **Priorities**, v. 6, n. 2, p. 37-39,(1994).
21. GULARTE, M.A.; TREPTOW,R.O.; POUEY, J.L.F.; OSÓRIO, J.C. “Idade e sexo na maciez da carne de ovinos da raça corriedale”, **Ciência Rural**, v. 30, n. 3, 2000.
22. HOPKINS, D. L., & THOMPSON, J. M. “Factors contributing to proteolysis and disruption of myofibrillar proteins and the impact on tenderisation in beef and sheep meat”. **Australian Journal of Agricultural Research**, 53, 149–166, 2002.
23. JACOB, R.H.; THOMSON, K.L.; “The importance of chill rate when characterising colour change of lamb meat during retail display” **Meat Science**, 90 (2012) p478–484.
24. KINTER, M. Analytical technologies for lipid oxidation products analysis. **Journal of Chromatography**, 671, 223–236, 1995.
25. KOOHMARAIE, M., & GEESINK, G. H. “Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system”.**Meat Science**, 74, 34–43.

26. KUNSTADT, P.; COLYN, S.; BEAULIEU, D. Economics of Food Irradiation. ***Radiat Phys Chem***, v.42, pp. 259-268, 1993.

27. LAWRIE, R. A. The eating quality of meat. In **Meat science** (5th ed., pp. 173–176, 184–188) (2002).

28. LAWRIE, R.A.; **Meat Science**, 5th ed. Pergamon Press, Oxford (1991).

29. LEAL, A.S.; KRAMBROCK, K.; GUEDES, K.; RODRIGUES, R.R. "Ressonância Paramagnética Eletrônica - RPE Aplicada à Análise de especiarias Irradiadas (com Radiação Gama)", ***Ciencia Tecnol Alime*** v.24, pp.427-430, 2004

30. LIMA, K.S.C.; LIMA, A.L.S; LUCHESE, R.H.; GODOY, R.L.O; SABAA-SRUR, A.U.O.; "Cenouras minimamente processadas modificadas e tratadas com radiação gama: avaliação microbiológica, físico-quimica e química" **Ciênc Tecnol. Aliment.**, v.23 (2003) p.240-250.

31. LIU, Y.; FAN, X.; CHEN, Y.R.; THAYER, D.W. "Changes in structure and color characteristics of irradiated chicken breast as a function of dosage and storage time". **Meat Science**, v. 63, n. 3, p. 301-330, 2003.

32. LOPES,T.G.G.; **Dissertação de mestrado**: "Efeito sinergístico da radiação gama e da refrigeração na conservação do camarão branco do pacífico (*Litopenaeus vannamei*)". Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba,SP (2004).

33. MARTINS, C.G.; **Dissertação de mestrado**: Irradiação de agrião (*nasturtium officinale*) minimamente processado: aspectos microbiológicos e sensoriais. Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, São Paulo (2004).

34. MCDOUGALL, D. B. (1983). Instrumental assessment of the appearance of foods. In A. A. Williams & K. K. Atkin (Eds.), **Sensory Quality in foods and Beverages**. Definition, Measurement and Control (pp.121–139). Chichester, UK: Ellis Horwood, Publishers.

35. MENDES, R.; CARDOSO, C.; PESTANA, C.; "Measurement of malondialdehyde in fish: A comparison study between HPLC methods and the traditional spectrophotometric test" **Food Chemistry**, 112 (2009) p1038–1045

36. MILLER, R. K. "Factors affecting the quality of raw meat". In J. Kerry, & D. Ledward (Eds.), **Meat processing: Improving quality** (pp. 27–63). Cambridge: CRC Press LLC and Woodhead Publishing Ltd. 2002.

37. MOURA, N.C.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; SPOTO, M.H.F.; ARTHUR, V. Avaliação Sensorial do Feijão Preto Submetido à Radiação de Cobalto-60, ***Ciencia Tecnol Alime*** v. 25, pp.370-374, 2005.

38. NOGUEIRA, E. A.; JUNIOR, S. N. “Ovinos e caprinos avançam em São Paulo”. Instituto de Economia Agrícola – APTA. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Disponível em: http://www.iea.sp.gov.br/OUT/verTexto.php?codTexto=4136 Acesso em: 19 Dez. 2008.
39. OFFER, G., KNIGHT, P., JEACOCKE, R., ALMOND, R., COUSINS, T., ELSEY, J., PARSONS, N.; SHARP, A., STARR, R., PURSLOW, P. “The structural basis of the water-holding, appearance and toughness of meat and meat products”. **Food Microstruct.** 8, 151–156, 1989.
40. OLIVEIRA A.L.; PEREIRA M.T.; BUENO P.H.S.; R.B.P. Oliveira; F.C. Pinto; R.F. Correia; M.M. Machado; Qualidade microbiologica da carne de frango irradiada em embalagem convencional e a vácuo, ***Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.***, v.61, n.5, p.1210-1217, 2009.
41. OMAYE, S.T. **Food and Nutritional Toxicology**. 1 ed. New York, CRC Press LLC, 2004.
42. ORDÓÑEZ, J.A. **“Tecnologia de Alimentos: Componentes dos Alimentos e Processos”** vol. 1(2005), 294p.
43. ORNELLAS, C.B.D.; GONÇALVES, M.P.J.; SILVA, P.R.; MARTINS, R.T. Atitude do Consumidor Frente à Irradiação de Alimentos. ***Ciencia Tecnol Alime*** v.26, pp.211-213, 2006.
44. PENNACCHIA, C.; ERCOLINI, D.;VILLANI, F. “Spoilage-related microbiota associated with chilled beef stored in air or vacuum pack”. **Food Microbiology** 28 (2011), p.84-93.
45. PINHEIRO, R.S.B.; SILVA SOBRINHO, A.G.; SOUZA, H.B.A.; YAMAMOTO, S.M. “Qualidade de carnes provenientes de cortes da carcaça de cordeiros e de ovinos adultos” **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1790-1796, 2009.
46. PINHEIRO, R.S.B.; SILVA SOBRINHO, A.G.; SOUZA, H.B.A.; YAMAMOTO, S.M. “Características sensoriais da carne de cordeiros não castrados, ovelhas e capões” **Rev. Bras. Saúde Prod. An**., v.9, n.4, p. 787-794, (2008).
47. POMPONIO, L.; ERTBJERG, P. “The effect of temperature on the activity of μ- and m-calpain and calpastatin during post-mortem storage of porcine longissimus muscle” **Meat Science** 91 (2012) 50–55.
48. PUOLANNE, E.; HALONEN, M. “Theoretical aspects of water-holding in meat” **Meat Science** 86 (2010) 151–165;
49. RIEDEL, G. ***Controle Sanitário dos Alimentos***. 2ª ed., São Paulo: ed. Atheneu, 1996. 320 p.
50. RISTIC, M., & MISCEVIC, B. (2012). Survey of the tenderness of meat of beef, pork, poultry and rabbit — A comparison. **Fleichwirtschaft,** 92(2), 100–104.

51. ROITMAN, I.; TRAVASSOS, L. **"Tratado de Microbiologia"**. São Paulo: Loyola, 1987. 445 p
52. ROSENVOLD, K., & WIKLUND, E. "Retail colour display life of chilled lamb as affected by processing conditions and storage temperature". **Meat Science**, 88, (2011), P354–360;
53. 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". **Ciênci. Tecnol. Aliment**., Campinas, 23(2): 200-205, 2003.
54. SAPTCHENCO, N. As Tecnologias de Feixe de Elétrons e Raios-X da Surebeam. Campinas: **Instituto de Tecnologia de Alimentos**, 2003. P. 58-70
55. SARTORI, T.C.F.T.; **Tese de doutorado**: "Efeitos da radiação gama nas qualidades nutricionais, sensoriais e na resistencia a *Lasioderma serricorne* (F.) e *Plodia interpunctella* (H.) em grãos de soja *Glycine Max* (L.)" Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba-SP (2010).
56. SCHILLING, M.W.; YOON, Y.; TOKARSKYY, O.; PHAM, A.J.; WILLIAMS, R.C.; MARSHALL, D.L.; Effects of ionizing irradiation and hydrostatic pressure on Escherichia coli O157:H7 inactivation, chemical composition, and sensory acceptability of ground beef patties**; Meat Science** v.81 (2009) p.705–710.
57. SHERIDAN, J.J.; DOHERTY, A.M.; ALLEN, P.; MCDOWELL, D.A.; BLAIR, S.; HARRINGTON, D. "The Effect of Vacuum and Modified Atmosphere Packaging on the Shelf-life of Lamb Primals, Stored at Different Temperatures". **Meat Science**, Vol. 45, No. I. 107-117, 1997
58. SILVA JUNIOR, E. A. Manual de controle higiênico-sanitário em alimentos. 4. Ed. Sao Paulo, 2001 477p.
59. SILVA SOBRINHO, A.G.; PURCHAS,R.W.; KADIM, I.T.; YAMAMOTO, S.M. "Características de Qualidade da Carne de Ovinos de Diferentes Genótipos e Idades ao Abate" R. Bras. Zootec., v.34, n.3, p.1070-1078, (2005).
60. SILVA, J.A. **Tópicos da Tecnologia de Alimentos**. Varela: São Paulo, (2000). 232 p.
61. SOUZA, A.M.R.; ARTHUR, V; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. "Influência da radiação gama e de diferentes dietas na qualidade da carne de cordeiros Santa Inês". **Ciência e Tecnologia de Alimentos** Campinas, v.29 (4): 709-715p, out.-dez. 2009.
62. SPOTO, M.H.F.; GALLO, C.R.; DOMARCO,R.E.; ALCARDE, A.R.; WALDER, J.M.M.; Lucimara BLUMER, L. Radiação gama na redução da carga microbiana de filés de frango. **Ciênc. Tecnol. Aliment**. v.19 n.3 (1999).
63. ST. ANGELO, A. J. "Lipid oxidation in foods". **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 36 (1996) 175–224.

64. TANINGA, S. K.; BEUMER, R. R.; KAMPELMACHER, E. H. “Microrganism in foods”. **Journal of Hygiene**, Cambridge, v. 80, p. 143, 1978.
65. TEJERINA, D.; GARCIA-TORRES, S.; CAVA, R. “Water-holding capacity and instrumental texture properties of m. Longissimus dorsi and m. Serratus ventralis from Iberian pigs as affected by the production system”. **Livestock Science** 148 (2012) 46–51.
66. ZHOU, G.H.; XU, X.L.; LIU, Y. “Preservation technologies for fresh meat – A review”. Lab of Meat Processing and Quality Control, EDU, Nanjing Agricultural University, P. R. China. **Meat Science** 86 (2010) p.119-128.

CAPÍTULO II

RESUMO

FREGONESI, R.P. **"Efeito de diferentes doses de radiação gama sobre a estabilidade microbiológica do lombo ovino, embalado a vácuo e armazenado sob refrigeração – estudos preliminares".** 2013. 85p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2013.

A comercialização de carne ovina no Brasil ocorre predominantemente na forma de cortes congelados, pois esta carne apresenta vida útil curta quando armazenada sob refrigeração. Com o intuito de suprir o mercado com produtos de maior conveniência, se faz necessário a comercialização de cortes ovinos refrigerados. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar diferentes doses de radiação gama visando estender a estabilidade microbiológica da carne de cordeiro armazenada sob refrigeração. Para tanto, cortes de lombo ovino (*Longissimus dorsi*) foram embalados a vácuo e irradiados com as seguintes doses: 1,0 kGy, 3,0 kGy e 5,0 kGy. As carnes foram armazenadas sob temperatura de 1 ºC em câmara fria por um período de 60 dias. Em períodos pré-determinados (0, 30 e 60 dias) foram realizadas as análises microbiológicas para, contagens de microrganismos deteriorantes (psicrotróficos anaeróbios, bactérias láticas) e indicadores de condições higiênicas e sanitarias (coliformes a 45 ºC, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella* sp.). A pesquisa de *Salmonella* sp. foi ausente em todos os tratamentos. Na dose de 1,0 kGy, foi observada proliferação somente de psicrotróficos anaeróbios e bactérias lácticas, com contagens máximas na ordem de 10^6 e 10^7 UFC/g, respectivamente. Nas doses de 3,0 kGy e 5,0 kGy foram obtidas contagens < 10 UFC/g (est) para todos os microrganismos analisados. Os resultados obtidos comprovam a efetividade da irradiação gama como inibidora da proliferação microbiana nos alimentos. Notou-se também que a dose de 3,0 kGy obteve a mesma eficiência do que a dose de 5,0 kGy para os microrganismos testados, o que permite concluir-se que a dose de 3,0 kGy deve ser utilizada, pois é menos agressiva às características sensoriais do alimento e com menor custo do que a de 5,0 kGy.

Palavras-chave: radiação gama, carne ovina, *Longissimus dorsi*,

1. Introdução

A carne é um produto extremamente perecível, pois é composta por diferentes constituintes, tais como água, proteínas, lipídeos, carboidratos e minerais, que a tornam um excelente meio de cultura, além de apresentar também outros fatores que favorecem o crescimento microbiano, como alta atividade de água (Aa) e pH próximo à neutralidade (CANHOS e DIAS, 1983; FRANCO e LANDGRAF, 1996; BONAGURIO, 2001). Quando existe um grande número de microrganismos presentes na carne ocorrem alterações indesejáveis, tornando-a pouco atraente e inadequada para consumo humano (DOULGERAKI et al., 2012 citando FUNG et al., 2010; GRAM et al, 2002).

A carne ovina resfriada é susceptível a alterações físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais de forma mais acelerada do que a carne bovina. Enquanto cortes refrigerados de carne bovina apresentam vida útil em torno de 60 dias quando embalados à vácuo, a vida útil do lombo de cordeiro nestas mesmas condições de armazenamento, segundo Fernandes et al., (2012), é de aproximadamente 14 dias. Devido a esta baixa estabilidade sob armazenamento refrigerado, a comercialização da carne ovina no Brasil ocorre predominantemente na forma de cortes congelados. Porém, com o aumento da procura por produtos de maior conveniência como vem ocorrendo atualmente, parece necessário que o mercado venha a ofertar esta carne na forma de cortes refrigerados.

Uma forma de se evitar ou retardar o crescimento microbiano em produtos cárneos é a utilização da radiação ionizante, raios gama. A irradiação gama pode ser aplicada para reduzir o número de microrganismos e estender a vida de

prateleira de carnes e produtos cárneos durante o armazenamento sob refrigeração (HUI, 2012). É um processo não termal, que se assemelha à pasteurização ou à esterilização, dependendo da dose radioativa aplicada Silva et al., (2000). Uma dosagem de 10 kGy (quilo Gray) representa uma baixa quantidade de energia, demonstrando o porquê de esta tecnologia ser considerada não termal, preservando assim o frescor e a qualidade nutricional de carnes e produtos cárneos quando comparada com métodos termais. (AYMERICH et. al., 2008).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi estudar a aplicação de diferentes doses de radiação gama visando estender a estabilidade microbiológica da carne de cordeiro embalada a vácuo e armazenada sob refrigeração.

2. Material e Métodos

2.1. Obtenção das amostras

Foram obtidas de um frigorífico local, amostras de lombo ovino (Longissimus dorsi), com massa entre 150 a 250 gramas, embalados a vácuo contendo um lombo por embalagem, com um filme de multicamadas e alta barreira ao oxigênio (marca Sealed Air –Cryovac – FoodPacking Systems: BB494; vide Anexo V). As amostras foram transportadas do frigorifico ao laboratório em caixas de isopor com gelo. Todo processo foi realizado na Universidade de São Paulo – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), e os lombos foram armazenados sob refrigeração, em câmara incubadora (Tipo B.O.D.), à temperatura de 1 ± 1ºC.

2.2. Irradiação das Amostras

As amostras foram separadas em três grupos: controle (não irradiada), 1,5 e 3,0 kGy. O processo de irradiação gama ocorreu no irradiador de Cobalto-60, Irradiador Comercial Multipropósito, tipo compacto, instalado no IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares), localizado na cidade de São Paulo (Figura 2).

Figura 2: Foto do irradiador do IPEN

Foi utilizado uma taxa dose de 12 kGy/h (quilo Gray/hora), na modalidade estática. As amostras estavam acondicionadas, lado a lado, em caixas térmicas para não haver alteração na temperatura. Os dosímetros foram fixados na parte frontal e na parte traseira da caixa (ver Anexo II). Para garantir a homogeneidade da irradiação, foi realizada a inversão de 0°-180°.

2.3. Análises Microbiológicas

Em períodos pré-determinados (0, 30 e 60 dias) foram realizadas análises microbiológicas com a investigação de indicadores de condições higiênico-sanitárias e bactérias deteriorantes.

A qualidade microbiológica da carne ovina foi avaliada através da contagem de microrganismos psicrotróficos, coliformes a 45 °C, *Staphylococcus aureus*, bactérias láticas e da pesquisa de *Salmonella*. O preparo das amostras foi realizado dentro de um fluxo laminar. Foram retirados por meio de cortes superficiais no lombo ovino e pesados dentro de um saco plástico esterilizado (Whirl-pak) 25g de carne, em seguida foi acrescentado 225 mL de agua peptonada (0,1%) formando a primeira diluição. Diluições posteriores foram obtidas através de uma diluição seriada, a partir de tubos de ensaio com 9 mL de agua peptonada. Vale salientar que, para os microrganismos submetidos a contagem, ao longo do tempo o numero de diluições foi aumentando devido a alta proliferação dos microrganismos testados, fazendo-se necessário se basear na analise anterior para decidir qual diluição utilizar para se obter contagens viáveis entre 25 e 250 colônias e os resultados foram calculados em UFC/g (unidades formadoras de colônias por grama de amostra). As análises estão descritas a seguir.

2.3.1. Bactérias anaeróbias psicrotróficas

A contagem de psicrotróficos anaeróbios nas amostras foi realizada de acordo com as técnicas preconizadas por Silva et al. (2010), sendo utilizado o plaqueamento em superfície em ágar padrão para contagem (PCA), com inoculação de 0,1 mL da diluição da amostra foram pipetados em placas petri. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em jarros de anaerobiose, com gerador de anaerobiose (ANAEROBAC - marca PROBAC), e incubadas a 7 ± 2 ºC por 10 dias.

2.3.2. Coliformes à 45ºC

Na determinação de coliformes foi utilizado o método oficial AFNOR (método validado 3M^{TM} numero 01/2-09/89C), utilizando placas 3M™ Petrifilm™ (E. coli/Coliform Count Plates). Para a inoculação, foram utilizados 1,0 mL da diluição das amostras e incubados a 44 ± 1 ºC, por 24 horas. Após este período deverá ser observada a formação de colônias nas placas. Em presença de colônias e após a contagem destas, as placas deverão ser novamente incubadas por mais 24 horas com o intuito de observar o crescimento de novas colônias.

2.3.3. *Staphylococcus aureus*

Na determinação de *Staphylococcus aureus* foi utilizado o método oficial da AOAC (2003.11) como meio de cultura as placas Petrifilm^{TM} Staph Express da 3M^{TM}. Para a inoculação, foram utilizados 1,0 mL da diluição das amostras e incubados a

37 ± 1 ºC, por 24 ± 2 horas. Após este período deverá ser observada a formação de colônias típicas vermelho-violetas nas placas. Para confirmação do gênero será utilizado disco Petrifilm^{TM} Staph Express o qual será novamente incubado a 37 ± 1 ºC, de 1 a 3 horas. Esse disco contém um indicador e um ácido desoxirribonucleico (DNA) que quando inserido na placa o *S. aureus* produz um halo rosado indicando sua positividade.

2.3.4. Bactérias láticas

Para a determinação de bactérias láticas foi utilizado o método de plaqueamento em profundidade, conforme descrito por Silva e Pires (2008), em ágar MRS (De Man, Rogosa, Sharpe). Para tanto, 1,0 ml da diluição da amostra foi pipetado em placa petri com a adição do meio MRS. Após isso, as amostras foram acondicionadas em jarros de anaerobiose, com gerador de anaerobiose (ANAEROBAC - marca PROBAC), e incubadas a 37 ± 1 ºC, por 48 ± 3 horas.

2.3.5. *Salmonella* spp.

A análise de Salmonella foi feita através do BAX® System da Dupont/Qualicon, baseado na automação das análises de alimentos por Reação de Polimerase em Cadeia (PCR), conforme método descrito por Kushida (2005). O “kit” completo possui todos os reagentes na forma de tabletes, que requer apenas um

período de enriquecimento (35°C/18 –24 h), seguida da lise e aplicação do PCR, que demanda 4 horas adicionais.

O pré enriquecimento da amostra foi realizado em água peptonada 1% (diluição 10-1, sendo 25 g de amostra triturada para 225 mL de água peptonada) incubada por 24 horas a 35ºC. Após esse período, serão transferidos 5µL de cada amostra para tubos contendo 200µl de tampão de lise. Os tubos foram fechados e colocados em banho-maria a 37ºC por 20 minutos, posteriormente a 95ºC por 10 minutos e em seguida transferidos para banho em água com gelo por 5 minutos no mínimo. Após este processo as amostras serão submetidas ao final do ensaio do processo de PCR.

3. Resultados e Discussão

As contagens obtidas para os microrganismos indicadores foram < 10 UFC/g (unidades formadoras de colônias por grama de carne) (est) para coliformes a 45 ºC e *Staphylococcus aureus* em todas as amostras. Também não foi detectada a presença de *Salmonella* sp. em nenhuma amostra. Estes resultados se assemelham aos encontrados por Fernandes et al. (2012), que também não detectaram contagens de estafilococos e obtiveram contagens esporádicas de 3,5 e $2,0x10^1$ UFC/g de coliformes em lombo de cordeiro embalado em diferentes sistemas de atmosfera modificada armazenado a 4 ºC durante 28 dias .

Também se assemelham com os encontrados por Kanatt et al. (1997), os quais não quantificaram *Staphylococcus* spp. até 3 semanas, e na quarta semana as

colônias (2,90 log UFC/g) encontradas não eram potencialmente patogênicas, em carne de cordeiro irradiada com uma dose de 2,5 kGy e armazenada a uma temperatura de 0 a 3 ºC . Diante dos resultados obtidos, observou-se que as amostras atenderam à legislação de Brasil (2001), não ultrapassando os limites microbiológicos, os quais devem ser: ausência de salmonela, contagens abaixo de 10^4 UFC/g para coliformes e $5x10^3$ UFC/g para estafilococos.

Os resultados obtidos para as bactérias psicrotróficas anaeróbias e bactérias lácticas estão descritos na Tabela 2. Seguindo a ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods, 1986) as contagens totais de microrganismos deteriorantes não devem ultrapassar o limite de 10^7 UFC/g, o que indica alta deterioração como odores desagradáveis e limosidade.

Tabela 2: Contagem de microrganismos deteriorantes**.**

Microrganismos Analisados	**Dose de Irradiação (kGy)**	**Contagem (UFC/g)**		
		Dia 0	**Dia 30**	**Dia 60**
Bactérias Lácticas	1,0	$5,3 \times 10^3$	$1,3 \times 10^7$	$6,3 \times 10^6$
	3,0	0	0	0
	5,0	0	0	0
Psicrotróficos Anaeróbios	1,0	0	$1,0 \times 10^6$	$3,8 \times 10^5$
	3,0	0	0	0
	5,0	0	0	0

A dose mais baixa de irradiação não foi suficiente para inibir o crescimento bacteriano, ainda assim, não ultrapassou o limite estipulado pela ICMSF (1986), para psicrotróficos anaeróbios ao longo de 60 dias de estocagem. Entretanto, para bactérias lácticas, as contagens atingiram o limite de 10^7 UFC/g em 30 dias de

estocagem. De acordo com Fernandes et al., 2012 o limite de 10^7 UFC/g foi atingido com 14 dias de estocagem, para lombo de cordeiro resfriado. Alves (2008), obteve uma diminuição de dois ciclos logaritmos na contagem para psicrotróficos nas doses de 3,0 kGy e 5,0 kGy para amostras de pernil de cordeiro resfriado a uma temperatura que variava entre 0 e 2 ºC. Segundo Kanatt et al. (1997), o efeito imediato de uma dose de 2,5 kGy foi uma diminuição de 2 ciclos log para contagem total de microrganismos, para carne de cordeiro resfriada entre 0 e 3 ºC.

4. Conclusões

A aplicação de irradiação gama aumentou a estabilidade microbiológica da carne de cordeiro para as doses de 3,0 e 5,0 kGy quando comparadas com a aplicação da dose de 1,0 kGy. Como a dose de 3,0 kGy obteve a mesma eficiência do que a dose de 5,0 kGy para os microrganismos testados pode-se recomendar a dose de 3,0 kGy para carne de cordeiro embalado a vácuo e armazenada sob refrigeração.

5. Referências

1. ALVES, F.J.X. “Efeito da radiação gama na validade comercial da carne de cordeiros santa ines embalada a vácuo e frigorificada”; 2008. 144 pag. **Tese de Doutorado** – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008
2. AYMERICH T., PICOUET P.A.; MONFORT J.M.; Decontamination technologies for meat products. **Meat Science**, v.78 p.114–129, (2008)
3. BONAGURIO, S. “Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos” 2001. 150 f. **Dissertação de Mestrado** – Curso de Pós-graduação em Nutrição de ruminantes - UFLA, Lavras, 2001.
4. BRASIL. Leis, decretos, etc. Resolução RDC nº 12, 02 de jan. 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial, Brasília**, 10 jan. 2001, Seção 1, p.45-47.
5. CANHOS, D. A. L.; DIAS, E. L. Tecnologia de Carne Bovina e Produtos Derivados. São Paulo: **Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia**, 1983. p. 95-114; 119-126;
6. DOULGERAKI, A.I.; ERCOLINI, D.; VILLANI, F.; NYCHAS, G.J.E. “Spoilage microbiota associated to the storage of raw meat in different conditions” International Journal of **Food Microbiology**, Review 12p., 2012
7. FERNANDES, R.P.P.; FREIRE, M.T.A.; GUERRA, C.C.; CARRER, C.C.; BALIEIRO, J.C.C.; TRINDADE, M.A. “Estabilidade físico-química, microbiológica e sensorial de carne ovina embalada a vácuo estocada sob refrigeração” **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.4, p.724-729, abr, 2012.
8. FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996, 182p.
9. FUNG, D.Y., 2010. “Microbial hazards in food: food-borne infections and intoxications”. In: Toldra, F. (Ed.), **Handbook of Meat Processing**. Blackwell Publishing, USA, pp. 481–500.
10. GRAM, L., DAGLAARD, P., 2002. “Fish spoilage bacteria-problems and solutions”. **Current Opinion in Biotechnology,** v.13, p.262–266.
11. HUI, Y.H.; 2012; In. **Handbook of Meat and Meat Processing**, Second Edition, p.381-398.
12. ICMSF, **International Commission on Microbiological Specifications for Foods** “Microorganisms in Foods 2: Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Specific Applications” 2nd ed., 1986, p.127-278.
13. KANATT, S.R.; PAUL, P.; D'SOUZA, S.F.; THOMAS, P. “Effect of gamma irradiation on the lipid peroxidation in chicken, lamb and buffalo meat during chilled storage”. **Journal of Food Safety** 17 (1997) 283-294.

14. KUSHIDA, M. M. “Validação de métodos laboratoriais: avaliação do sistema bax de análise de Salmonella sp em alimentos por reação de polimerase em cadeia (PCR)”. 2005. 194p. **Tese de Doutorado** – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2005 2005
15. SILVA, L. F.; PIRES, C. C. “Avaliações Quantitativas e Predição das Proporções de Osso, Músculo e Gordura da Carcaça em Ovinos”. **Rev. bras. zootec**., v. 29, n. 4, p. 1253-1260, 2008.
16. SILVA, N. et al. **“Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água”**. Varela: São Paulo, 624p., 2010.

CAPÍTULO III

RESUMO

FREGONESI, R.P. **“Estabilidade físico-química e microbiológica e aceitação sensorial da carne de cordeiro irradiada embalada a vácuo armazenada sob refrigeração”.** 2013. 85p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2013.

A carne é um produto extremamente perecível devido ao seu elevado teor nutritivo, alta atividade de água (Aa) e pH próximo à neutralidade. É composta por diferentes constituintes que a torna um excelente meio de cultura, tais como água, proteínas, lipídeos, carboidratos, minerais e outros fatores de crescimento microbiano. A eliminação de bactérias deteriorantes e patogênicas constitui um importante instrumento para a estabilidade microbiológica e segurança alimentar em carnes e produtos cárneos. Entretanto, necessita-se de técnicas não prejudiciais à estabilidade físico-química e aos atributos sensoriais do alimento. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar diferentes doses de radiação gama sobre a vida útil da carne ovina embalada a vácuo e armazenada resfriada, avaliando a estabilidade microbiológica, físico-química e sensorial do alimento. Para isso, cortes de lombo ovino (*Longissimus dorsi*) foram embalados a vácuo e irradiados com as seguintes doses: zero (controle), 1,5 kGy e 3,0 kGy. As amostras foram armazenadas a 1 ºC em câmara fria por 56 dias. Em dias pré-determinados (0, 14, 28, 42 e 56 dias) foram realizadas análises microbiológicas: contagem de bactérias lácticas, mesófilos anaeróbios, psicrotróficos anaeróbios, coliformes a 45ºC, *Staphylococcus aureus* e determinação da presença de *Salmonella* spp; e análises físico-químicas: oxidação lipídica, cor objetiva, pH, perdas de peso por cocção e força de cisalhamento. Os resultados obtidos foram ausência de *Salmonella* spp. em todo o período analisado, contagens esporádicas de < 10 (est) para coliformes a 45 °C e *Staphylococcus aureus.* Para os microrganismos deteriorantes foi observado efeito significativo ($p<0,05$) de tempo e tratamento, indicando que a proliferação microbiana diminui conforme a dose de irradiação aumenta, porém cresce ao longo do tempo de estocagem. Nos parâmetros físico-químicos estudados, observou-se apenas efeito de tempo ($p<0,05$) para pH e cor b* (amarelo), os quais diminuíram e aumentaram, respectivamente, com o tempo de armazenamento. Vale salientar que a aceitação do consumidor em relação ao lombo ovino também não foi prejudicada ($p>0,05$) por

estas doses de irradiação. De acordo com os resultados obtidos pôde-se afirmar que a irradiação gama nas doses de 1,5 e 3,0 kGy foi eficiente em diminuir a proliferação de microrganismos sem prejudicar as características físico-químicas avaliadas, e ainda, a dose de 3,0 kGy foi a mais indicada ao final do experimento, pois obteve maior eficácia em relação às demais.

Palavras-chave: *Longissimus dorsi*, radiação gama, vida de prateleira.

1. Introdução

De acordo com Leão et al. (2012) o agronegócio brasileiro tem um grande potencial para desenvolver a ovinocultura no país devido ao aumento da demanda de carne ovina. Segundo Fernandes (2012), apesar de um progressivo aumento do consumo, a carne ovina é comercializada, na maioria dos casos, principalmente no estado de São Paulo, na forma congelada. Ainda segundo a mesma autora com a tendência atual de maior procura por produtos de conveniência, vislumbra-se a necessidade do mercado começar a ofertar a carne ovina na forma de cortes resfriados.

No entanto, a carne resfriada apresenta uma vida útil muito inferior à da carne congelada, o que pode representar sérios problemas na distribuição deste produto. Há três principais fatores que reduzem o período de vida útil de carnes, inclusive a ovina. O fator mais importante é a contaminação e a proliferação microbiana, que pode afetar não só a cor, mas também a segurança da carne como alimento. Os outros dois fatores são os efeitos oxidativos sobre a mioglobina, que provoca a deterioração da cor, e oxidação dos lipídios, que causa a rancidez. Todos esses fatores contribuem para os efeitos secundários de sabores e odores indesejáveis (DUONG et al., 2008).

Como uma tentativa de sanar esse problema, a irradiação gama pode ser aplicada para reduzir o número de microrganismos deteriorantes e estender a vida de prateleira da carne e produtos cárneos durante a estocagem refrigerada (HUI , 2001). Tratar alimentos com energia ionizante é um processo bem conhecido e tem como foco principal melhorar a segurança de uma ampla gama de produtos, prolongando sua vida útil (STEFANOVA et al., 2011; ARVANITOYANNIS, 2010; FARKAS, 1998, 2006; DIEHL, 2002).

Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi estudar diferentes doses de radiação gama sobre a vida útil da carne ovina embalada a vácuo e armazenada resfriada avaliando a estabilidade microbiológica, físico-química e sensorial do alimento.

2. Material e Métodos

2.1. Matérias-primas

Foram obtidas de um frigorífico local, amostras de lombo ovino (*Longissimus dorsi*), com massa entre 150 a 250 gramas, embalados a vácuo e contendo quatro lombos por pacote. As amostras foram transportadas do frigorifico ao laboratório em caixas de isopor com gelo. Tais pacotes foram abertos e os lombos foram novamente embalados, contendo um lombo por embalagem, com um filme de multicamadas e alta barreira ao oxigênio (marca Sealed Air –Cryovac – FoodPacking Systems: BB494, em ANEXO V). Todo processo foi realizado na Universidade de São Paulo – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), e os lombos foram armazenados sob refrigeração, em câmara incubadora (Tipo B.O.D.), à temperatura de 1 ± 1ºC.

2.2. Irradiação

As amostras foram separadas em três grupos e submetidas ao processo de irradiação gama no irradiador de Cobalto-60, Irradiador Comercial Multipropósito, tipo compacto, instalado no IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares), localizado na cidade de São Paulo.

Foi utilizado uma taxa dose de 12 kGy/h (quilo Gray/hora), na modalidade estática. As amostras estavam acondicionadas, lado a lado, em caixas térmicas para não haver alteração na temperatura (Figura 3). Os dosímetros foram fixados na parte frontal e na parte traseira da caixa. Para garantir a homogeneidade da irradiação, foi realizado a inversão de 0°-180°. Os dosímetros utilizados para que as amostras receberam as seguintes doses: zero (controle), 1,5 e 3,0 kGy (vide Anexo III).

Figura 3: Montagem das amostras para o processo de irradiação.

2.3. Avaliação dos lombos ovinos

As análises para verificar a vida útil das carnes e a quantidade ou presença dos microrganismos foram realizadas a cada 14 dias, totalizando 5 pontos (intervalos), correspondentes aos tempos consecutivos de armazenamento (0, 14, 28, 42 e 56 dias).

As análises foram conduzidas nos laboratórios de Qualidade e Estabilidade de Carnes e Produtos Cárneos, Tecnologia de Alimentos e Multiusuário de Microbiologia, disponíveis no Departamento de Engenharia de Alimentos (ZEA) e no Departamento de Ciências Básicas (ZAB), pertencentes à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da Universidade de São Paulo (USP).

2.3.1. Análises microbiológicas

A qualidade microbiológica da carne ovina foi avaliada através da contagem de microrganismos mesófilos, psicrotróficos, coliformes a 45^{o}C, *Staphylococcus* aureus, bactérias láticas e da detecção de *Salmonella* sp.. Todas as análises foram

detalhadas no capitulo anterior no item 2.3, com exceção dos microrganismos mesófilos que estão descritas a seguir.

2.3.1.1. Bactérias anaeróbias mesófilas

Para a contagem de mesofilos anaeróbios, seguindo Silva (2010), foi realizado o plaqueamento em profundidade em ágar padrão para contagem (PCA). Para tanto, 1,0 ml da diluição da amostra foi pipetado em placa de petri com a adição do meio PCA. Após isso, as amostras foram acondicionadas em jarros de anaerobiose com geradores de anaerobiose (ANAEROBAC - marca PROBAC) e incubadas a 37 ± 1ºC por 48 horas.

2.3.2. Análises físico-químicas

2.3.2.1. Oxidação lipídica - Análise de TBARS

O método de Vyncke (1970) foi utilizado para medir o desenvolvimento de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Para tanto, foram preparadas duas soluções de reagentes: Solução TCA: acido tricloroacético 7,5% (Marca Synth) adicionado de sal dissódico EDTA 0,1% (marca Synth) e n-propilgalato 0,1% (marca Synth), e solução TBA: acido tiobarbitúrico (0,02M) (marca Fluka).

A carne foi primeiramente triturada em um multiprocessador de alimentos (modelo RI7620, marca PHILIPS-WALITA) por um tempo de 1,5 minutos. Em seguida foram pesados 5,0 g em balança semi-analítica (Modelo BL3200H, Marca SHIMADZU) de cada amostra, em triplicata, diluída em solução TCA e homogeneizada em um Turratec (Modelo TE-102, marca Tecnal) por 2 minutos a 14000 rpm. Esta solução foi filtrada em papel filtro (Marca WHATMAN), por aproximadamente 20 minutos, até que toda a amostra fosse igualmente filtrada. Posteriormente, foram retirados 5 ml do filtrado e colocado em tubos de ensaio, em duplicata, no qual foram adicionados 5 ml de solução TBA e colocado em banho

ultra termo estatizado (Modelo MA 085, Marca MARCONI) a uma temperatura de 98 ºC por 40 minutos. Após esse tempo, foram realizadas as leituras de absorbância no espectrofotômetro (Modelo SP-22, Marca BIOSPECTRO) a 538nm.

A curva analítica foi preparada através de uma solução padrão de TEP (tetraetoxipropano) na concentração de 0,0002203g de TEP por mL de TCA, variando de 0,1 mL a 5,0 mL, em duplicata, de solução e completando com solução de TCA até que obtivesse 5ml no total. Em seguida foi adicionado 5ml da solução TBA, para iniciar a reação, completando 10mL de solução final.

Através desta curva analítica (Figura 4), obteve-se uma equação de reta e através desta equação de reta foi possível calcular a concentração de valores de TBARS em mg de malonaldeido (MDA) por kg de amostra.

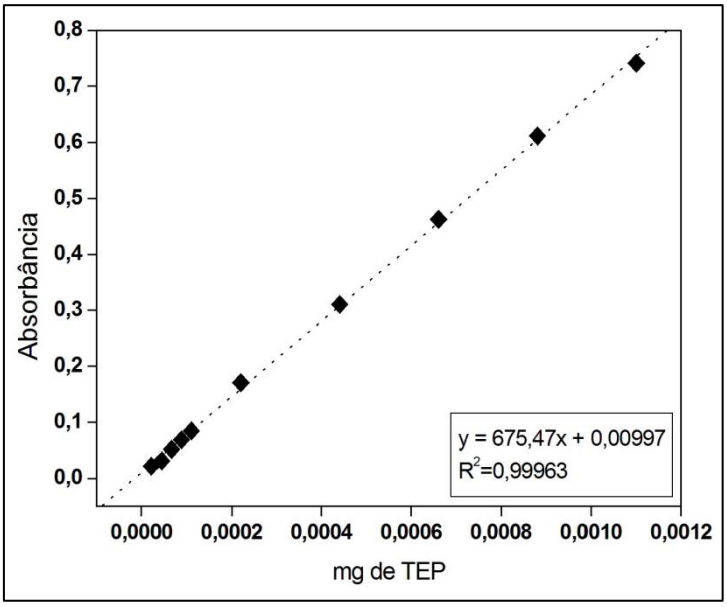


Figura 4: Curva analítica para o calculo do Malonaldeido (MDA) nas amostras.

2.3.2.2. Análise de cor objetiva

As amostras de cada tratamento foram submetidas à avaliação de cor, após 30 minutos de exposição ao ar atmosférico, utilizando-se um colorímetro portátil (mod. MiniScan XE, marca HunterLab), através dos parâmetros L^*, a^*, b^*, do sistema

CIELAB, utilizando-se o iluminante D_{65}, ângulo de observação de 10° e abertura de célula com 30 mm, para cálculo dos valores médios de 10 leituras.

2.3.2.3. Análise de pH

As medições de pH foram realizadas com a utilização de um pHmetro (modelo HI99163, marca HANNA) com eletrodo combinado para leitura em triplicata de cada tratamento.

2.3.2.4. Perdas por cozimento (PPC) e força de cisalhamento

Inicialmente as carnes foram pesadas e logo depois assadas em um forno elétrico à temperatura de 180ºC até atingir uma temperatura interna, no centro geométrico da amostra, de 72 ºC. As carnes foram retiradas do forno e deixadas à temperatura ambiente por cerca de 30 minutos, até a temperatura de aproximadamente 40°C, quando foram novamente pesadas, sendo determinada a perda de peso por cozimento através da fórmula:

$$PPC = \left[\frac{Peso\ inicial - Peso\ final}{Peso\ inicial}\right] \cdot 100$$

Após o cozimento, as amostras cozidas foram cortadas em 10 paralelepípedos de dimensões 2 x 1 x 1 cm no sentido paralelo às fibras musculares para cada uma das amostras e foi utilizado um texturômetro com acessório *Warner Bratzler* para a determinação da textura objetiva, expressa em kg.

2.3.2.5. Determinação da composição centesimal

As amostras submetidas a determinação da composição centesimal foram congeladas e não foram submetidas ao processo de irradiação, ou seja, apenas a

amostra controle. A metodologia oficial da AOAC, (1998) foi utilizada para determinação de proteína (981.10), lipídios (991.36), umidade (950.46) e cinzas (920.153).

2.3.2.5.1. Umidade

As amostras foram descongeladas à uma temperatura de 7 °C por um período de 24h. Primeiramente as amostras de carne, aproximadamente 600g, foram desembaladas e colocadas com o exsudado em um multiprocessador (Modelo RI7620, Marca Philips Walita) por 2 minutos. Em seguida uma massa de 4 a 5g de carne triturada em cada placa petri. Depois disso, foram colocadas na estufa a 105 ± 5 °C por 24 horas para a secagem da carne, e em seguida pesadas para assegurar o quanto de agua havia evaporado. Foram realizadas pesagens sucessivas, a cada 60 min, até que atingisse o peso constante.

2.3.2.5.2. Cinzas

Cadinhos de cerâmica foram lavados e calcinados por um período de 24h em mufla (Modelo MA 385, Marca MARCONI) à 550 °C. Após tal procedimento, foi adicionado 1 a 1,5 gramas de carne triturada e seca. As amostras foram submetidas a carbonização para evitar perdas de amostra na mufla. Os cadinhos foram colocados em mufla à temperatura de 550 °C até os resíduos se tornarem brancos, para posterior pesagem em balança analítica de minerais totais presentes.

2.3.2.5.3. Lipídeos

A determinação dos lipídeos foi realizada através do método de Bligh e Dyer (1959), baseado na extração de gordura a partir de solventes orgânicos. Inicialmente

foram pesadas 2,5 gramas de amostra seca diretamente em tubos de ensaio de 70 mL. Nos mesmos tubos foram adicionados 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol e 8 mL de agua destilada, sendo estes tampados e submetidos a agitação em agitador tipo vortex (Modelo MA 162, Marca Marconi) por um tempo de 20 minutos. Foram adicionados mais 10mL de clorofórmio e 10 mL de d sulfato de sódio 1,5% (m/v) e em seguida 1 grama de sulfato de sódio anidro, sendo agitados para remoção de traços de agua. Filtrou-se rapidamente em papel filtro de 125 mm de diâmetro nº. 1 (Marca Whatman) para Becker de 50 mL previamente pesado. Os béqueres foram colocados em estufa a 85 ± 5 °C e as amostras foram pesadas em intervalos pré-determinados de tempo até que atingisse peso constante.

2.3.2.5.4. Proteínas

Para determinação da proteína bruta, foi utilizado o método AOAC 981.10, que é baseado na determinação de nitrogênio total. Realizou-se a digestão de 0,1 gramas de amostra com H_2SO_4 (ácido sulfúrico) concentrado, adicionando-se também 1,5 gramas de catalisador (96% K_2SO_4; 4% $CuSO_4.5H_2O$). Foi feito o ensaio em branco em duplicata, em que era adicionado apenas o H_2SO_4 e o catalisador. Os tubos foram colocados em bloco digestor (Modelo TE 040/25-1, marca Tecnal) inicialmente em uma temperatura de aquecimento à 100 °C por uma hora, sendo aumentada gradativamente de 50 em 50 °C até 350 °C, por um período de aproximadamente 6h, controlada através de um controlador de temperatura (Modelo TE 007D, marca Tecnal). Esta etapa foi acompanhada até se obter uma solução límpida e transparente, sem pontos pretos.

A destilação foi realizada em destilador de nitrogênio (Modelo MA 036, Marca Marconi). Para tanto, empregou-se solução de hidróxido de sódio (NaOH) 40% (m/v). Para a coleta do gás amônia (NH_3) produzido empregou-se 25mL de solução de acido bórico (H_3BO_3) 2% contendo indicador de proteínas (vermelho de metila + verde de bromocresol).

Para quantificação titulo métrica do nitrogênio empregou-se solução padronizada da HCl 0,10M. Em seguida foi determinada a quantidade de proteínas aplicando o fator de correção de 6,25 de acordo com a fórmula:

$$M_{proteinas} = 6{,}25 * M_{nitrogênio}$$

2.3.3. Determinação da aceitação sensorial

Todos os procedimentos da análise sensorial realizada neste trabalho foram avaliados e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FZEA/USP (ver anexo IV).

Para a análise sensorial foi realizado um teste afetivo de aceitação com as três amostras (controle, 1,5 kGy e 3,0 kGy), com 63 consumidores de carne ovina, no tempo zero do armazenamento, após as confirmações da segurança microbiológica. A maioria dos provadores eram alunos do curso de Engenharia de alimentos e do curso de Zootecnia. Este teste sensorial foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial da Universidade de São Paulo – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (USP/FZEA).

Para tanto, primeiramente a carne foi marinada em uma solução aquosa com uma concentração de 10% de um tempero especial para carne de cordeiro (tipo Doreflavor de Cordeiro, marca Doremus – especificações no Anexo I). Após 30 minutos de salga, o lombo foi retirado e assado em bandejas de alumínio no forno a aproximadamente 180 °C ate que atingisse a temperatura interna de 72 °C, com uma virada em 36 °C para melhor homogeneização do cozimento da amostra.

Ao término do cozimento, as amostras foram retiradas do forno e fatiadas em paralelepípedos com dimensões de 2 x 1 x 1 cm e armazenadas em estufa (aprox. 60ºC) para que não perdessem sua temperatura, e servidas aos provadores. Estes, por sua vez, receberam e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido com informações para participar da análise. Em seguida entravam nas cabines e

julgavam as amostras utilizando escala hedônica de nove pontos, avaliando os atributos aroma, textura, suculência, sabor e qualidade global (Figura 5).

Nome: _____ _____Data: _____ **Ficha** __

Você está recebendo uma amostra de **CARNE OVINA**. Por favor, avalie o produto e marque na escala o quanto você gostou ou desgostou das seguintes características:

Número da amostra _____

ESCALA		Nota	
1-Detestei 2-Desgostei muito 3-Desgostei moderadamente 4-Desgostei ligeiramente 5-Nem gostei/nem desgostei 6-Gostei ligeiramente 7-Gostei moderadamente 8-Gostei muito 9-Adorei	**AROMA**		**Comentários:**
	TEXTURA		**Comentários:**
	SUCULÊNCIA		**Comentários:**
	SABOR		**Comentários:**
	QUALIDADE GLOBAL		**Comentários:**

Figura 5: Ficha de avaliação da análise sensorial

2.4. Análises estatísticas

As análises estatísticas foram feitas utilizando o programa SAS versão 8.0. As médias foram analisadas por estudos de contrastes, assim foi possível estabelecer comparações entre o grupo de tratamentos. Foi realizada uma classificação dos seguintes contrastes:

Contraste 01

$Y_1 = (controle)\ vs\ (irradiadas)$, de zero dia até os 28 dias;

Contraste 02

$Y_2 = (1{,}5\ kGy)\ vs\ (3{,}0\ kGy)$, de zero dia até os 28 dias.

Contraste 03

$Y_3 = (1{,}5\ kGy)\ vs\ (3{,}0\ kGy)$, de 42 até os 56 dias.

Com essa classificação foi possível analisar efeito de tempo, tratamento e a interação entre eles. Posteriormente à classificação dos contrastes, foi realizada a análise de variância (ANOVA) para cada contraste no estudo de cada variável para diferenciar as amostras. É importante dizer que o experimento todo foi realizado três vezes (três repetições) e os valores apresentados a seguir são médias entre as três repetições.

3. Resultados e Discussão

3.1. Determinação da composição centesimal

Os resultados obtidos para a composição centesimal das amostras estão descritos na Figura 6.

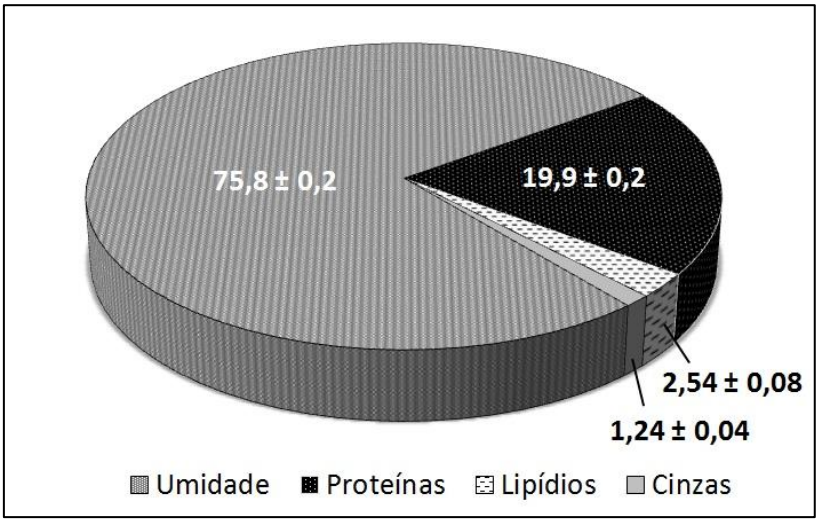


Figura 6: Resultados, em porcentagem, da composição centesimal

Tais valores estão próximos aos encontrados por diversos autores na literatura cientifica os quais obtiveram médias entre 74,05% e 76,2% para umidade, 18,85% a 20,6% para proteínas, 1,08% a 1,15% para cinzas e 2,1% a 2,4% para lipídios (PINHEIRO et al., 2008; ZAPATA et al., 2001; BONAGURIO et al., 2004; ZEOLA et al., 2004).

3.2. Estabilidade microbiológica

Os resultados obtidos para *Staphylococcus aureus* e coliformes a 45 °C nas amostras dos três tratamentos, em todos os intervalos avaliados, sempre foram contagens médias < 10 est. UFC/g de amostra. Não foi detectada a presença de *Salmonella* sp. em nenhuma análise realizada. De acordo com a ANVISA, resolução RDC12 - (BRASIL, 2001), para carnes embalados à vácuo, o limite microbiológico para *Salmonella* spp. é de ausência deste patógeno em 25g de carne. Para *Staphylococcus aureus* e Coliformes a 45 °C os limites estabelecidos pela mesma legislação são de contagens abaixo de 10^4 UFC/g e $5x10^3$ UFC/g, respectivamente. Portanto as amostras de todo os tratamentos atenderam aos limites estabelecidos pela legislação brasileira durante todo o período avaliado. Resultados similiares foram encontrados por Fernandes et al. (2012), que avaliaram o lombo de cordeiro com diferentes niveis de atmosfera modificada, com estocagem a 4 °C.

Os resultados obtidos para os microrganismos deteriorantes estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados médios das contagens microbiológicas.

Microrganismo	Tempo (dias)	Tratamentos								
		Controle	δ	1,5 kGy	δ	3,0 kGy	δ
Bactérias Láticas	0	5,82 **aA**	± 1,28	2,42 **bA**	± 1,28	2,08 **bA**	± 1,28
	14	7,80 **aB**	± 1,28	4,42 **bB**	± 1,28	2,67 **bB**	± 1,28
	28	8,50 **aC**	± 1,28	6,78 **bC**	± 1,28	5,43 **bC**	± 1,28
	42	--	± --	6,69 **b**	± 1,28	6,52 **b**	± 1,28
	56	--	± --	6,51 **b**	± 1,28	5,95 **b**	± 1,28
Bactérias Mesófilas Anaeróbicas	0	6,33 **aA**	± 1,28	4,12 **bA**	± 1,28	2,33 **cA**	± 1,28
	14	8,06 **aB**	± 1,28	5,69 **bB**	± 1,28	2,68 **cB**	± 1,28
	28	9,05 **aC**	± 1,28	7,01 **bC**	± 1,28	5,74 **cC**	± 1,28
	42	--	± --	6,99 **b**	± 1,28	6,78 **c**	± 1,28
	56	--	± --	6,77 **b**	± 1,28	6,18 **c**	± 1,28
Bactérias Psicrotróficas Anaeróbicas	0	5,50 **aA**	± 1,28	2,39 **bA**	± 1,28	1,92 **cA**	± 1,28
	14	7,48 **aB**	± 1,28	5,85 **bB**	± 1,28	4,05 **cB**	± 1,28
	28	8,24 **aC**	± 1,28	6,42 **bC**	± 1,28	5,45 **cC**	± 1,28
	42	--	± --	7,33 **b**	± 1,28	6,36 **c**	± 1,28
	56	--	± --	7,43 **b**	± 1,28	6,33 **c**	± 1,28

Valores em Log(UFC/g). O valor "δ" representa o erro padrão de cada análise. Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas de tratamento e letras maiúsculas em uma mesma coluna indicam diferenças significativas de tempo, para o referente microrganismo, a 5% de significância.

Podemos afirmar ainda, que para todos os microrganismos testados houve uma diminuição nas contagens iniciais das amostras irradiadas em relação ao controle. Assim, a diferença encontrada, entre as amostras controle e 3,0 kGy, foi de 3,74 ciclos logarítmicos para bactérias lácticas, 4,0 ciclo logs para bactérias mesófilas anaeróbicas e 3,58 ciclo logs para bactérias psicrotróficas anaeróbicas. A amostra 1,5 kGy sempre obteve valores médios intermediários em relação as demais.

A partir das contagens para as bactérias mesófilas anaeróbicas descritas na Tabela 3, foi possível montar as curvas de crescimento microbiano para tal microrganismo (Figura 7).

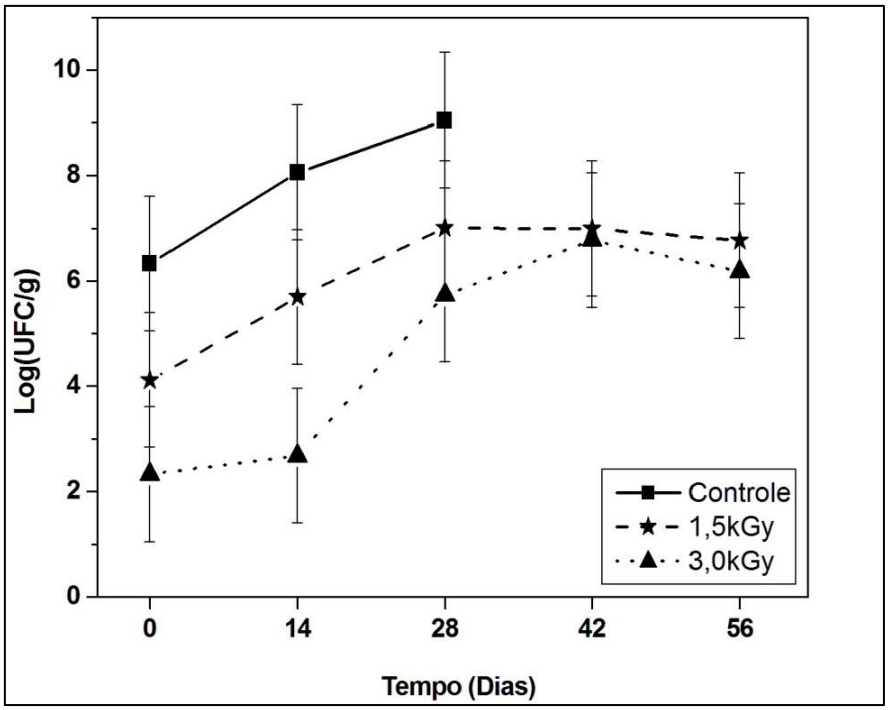


Figura 7: Curva de crescimento para bactérias mesófilas anaeróbias.

Como é possível observar na Figura 6, as contagens médias das amostras irradiadas foram menores que as do controle. Isso refletiu em uma diferença significativa ($p<0,05$) para efeito de tratamento no Contraste 01, do controle versus as amostras irradiadas. Ainda assim, houve diferença estatística ($p=0,039$) também para o Contraste 02, ou seja, as amostras 1,5 kGy e 3,0 kGy tiveram um crescimento microbiano estatisticamente significativo durante os 28 dias de estocagem.

Vale salientar que as duas amostras irradiadas não ultrapassaram a contagem de 10^7 UFC/g que é o limite estabelecido pela ICMSF (1986) para contagem total de microrganismos para cortes de carne, embora a amostra 1,5 kGy tenha atingido esse limite em 28 dias de estocagem.

As curvas de crescimento microbiano para bactérias láticas estão descritas na Figura 8.

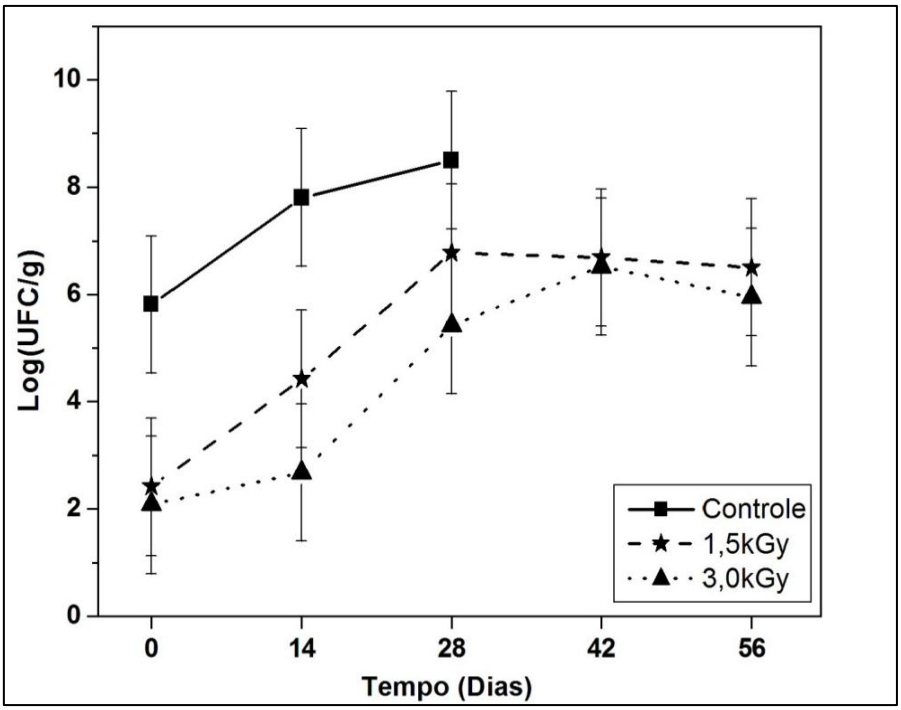


Figura 8: Curva de crescimento para bactérias láticas.

Para bactérias lácticas houve diferença significativa ($p<0,05$) para efeito de tratamento no Contraste 01, do controle versus as amostras irradiadas, como podemos visualizar na Figura 8. Entretanto, não houve diferença ($p>0,05$) entre as amostras irradiadas ao longo de todo o armazenamento, o que se torna visível no gráfico ao observar-se que os desvios padrão (barras verticais) estão próximos e sobrepondo-se para as amostras 1,5 kGy e 3,0 kGy. Já para o tempo de armazenamento, houve efeito significativo ($p<0,05$), sendo que entre zero e 28 dias houve o crescimento microbiano para todos os tratamentos. Similarmente aos microrganismos mesófilos anaeróbicos o limite de 10^7 UFC/g não foi atingido.

As contagens para as bactérias psicrotróficas anaeróbicas que foram descritas na Tabela 3, foram reapresentadas como curvas de crescimento microbiológico na Figura 9.

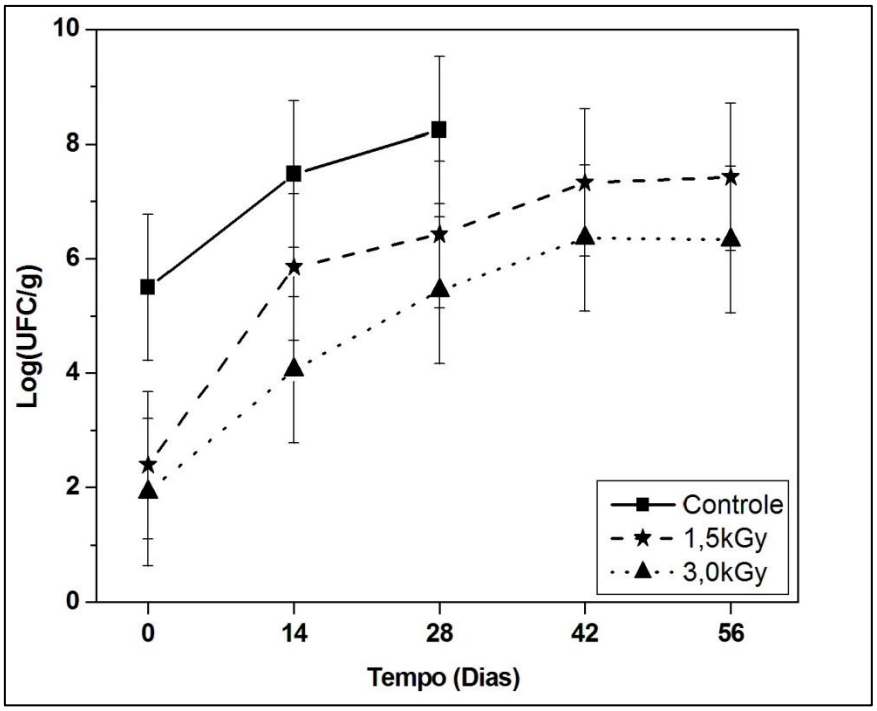


Figura 9: Curva de crescimento para bactérias psicrotróficas anaeróbias.

De acordo com os resultados para psicrotroficos anaerobios obtidos, é possivel dizer que para o Contraste 01 existiram diferenças significativas ($p<0,05$) entre as amostras irradiadas e o controle. Para o Contraste 02 as amostras 1,5 kGy e 3,0 kGy foram estatisticamente diferentes ($p<0,05$). Houve também efeito significativo de tempo ($p<0,05$), e evidentemente as contagens aumentaram com o tempo.

De uma maneira geral, em relação ao grupos de microrganismos deteriorantes avaliados, o lombo ovino não irradiado apresentou vida útil de no máximo 14 dias, quando apresentava contagens acima de 10^7 UFC/g, enquanto as amostras irradiadas com dose de 3,0 kGy apresentaram vida útil acima de 56 dias, apresentando contagens inferiores à 10^7 UFC/g mesmo após este período de armazenamento.

Tais resultados estão de acordo com os encontrados por Alves (2008) que obteve diminuição de contagem para psicrotróficos para amostras de pernil de cordeiro resfriado e congelado, com doses de 1,0, 3,0 e 5,0 kGy.

De forma semelhante, Miyagusku et al. (2003) obtiveram resultados para irradiação de filés de peito de frango com doses máximas de 7kGy e verificaram que, para esta dose de irradiação, houve uma sensível redução na contagem total de bactérias aeróbias psicrotroficas, bactérias aeróbias mesófilas, bolores e leveduras, *Pseudomonas* spp*,* enterobactérias totais, bactérias lácticas e NMP de *E.coli.* Sendo que entre os grupos avaliados, as bactérias láticas, bolores e leveduras apresentaram maior resistência. Já a vida-util dos filés de peito sobre refrigeração foi crescente, dependendo da dose de irradiação aplicada. Enquanto na amostra controle (não irradiada) ela foi de 5 dias, nas irradiadas estendeu-se por 15, 22 e 32 dias para doses de 1,5; 3,0 e 7,0 kGy, respectivamente.

Park et al (2010) concluíram que a irradiação gama pode ser mais eficaz na diminuição de populações de bactérias em relação à irradiação por feixe de elétrons para amostras de empanado e hambúrguer de carne bovina e ambos os tipos de irradiação não apresentaram efeitos adversos sobre a oxidação lipídica e demais características sensoriais (cor, textura, e gosto) até 5 kGy e 10 kGy, respectivamente. Portanto, a irradiação gama entre 05 – 10 kGy deve ser útil na redução da população bacteriana com nenhum efeito adverso na qualidade e na maioria das características sensoriais.

3.3. Estabilidade físico-química

Os resultados obtidos para determinar a estabilidade físico-química estão descritos e discutidos nesta sessão. Para tais parâmetros, não houve diferenças significativas ($p>0,05$), salvo algumas exceções, as quais serão elucidadas a seguir. Tal fato pode ser considerado como positivo, pois isso indica que a radiação gama não causou alterações indesejáveis às características físico-químicas do lombo de cordeiro.

De acordo com a Tabela 4, pode-se observar que os índices de cor objetiva (L*, a* e b*) não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos, ou seja, a irradiação não provocou a oxidação dos pigmentos. Apenas

a cor b* (amarelo) apresentou um aumento significativo ao longo do tempo ($p<0,05$) de 28 dias, para todas as amostras, inclusive o controle.

Tabela 4: Resultados da análise de cor objetiva (L*, a*, b*).

Análise	Tempo (dias)	Tratamentos					
		Controle	δ	1,5 kGy	δ	3,0 kGy	δ
Cor L*	0	41,31 ± 2,67		38,52 ± 2,67		37,00 ± 2,67	
	14	37,73 ± 2,18		37,19 ± 2,18		33,38 ± 2,18	
	28	37,67 ± 2,18		36,61 ± 2,18		35,53 ± 2,18	
	42	-- ± --		38,88 ± 2,18		37,95 ± 2,18	
	56	-- ± --		38,43 ± 2,18		38,56 ± 2,18	
Cor a*	0	5,58 ± 2,12		6,96 ± 2,12		6,11 ± 2,12	
	14	10,16 ± 1,73		9,35 ± 1,73		9,04 ± 1,73	
	28	7,14 ± 1,73		8,2 ± 1,73		8,78 ± 1,73	
	42	-- ± --		10,46 ± 1,73		8,64 ± 1,73	
	56	-- ± --		13,19 ± 1,73		9,97 ± 1,73	
Cor b*	0	8,9 ± 1,19	**a**	9,79 ± 1,19	**a**	9,22 ± 1,19	**a**
	14	13,25 ± 0,97	**b**	12,21 ± 0,97	**b**	10,17 ± 0,97	**b**
	28	10,48 ± 0,97	**c**	11,66 ± 0,97	**c**	11,28 ± 0,97	**c**
	42	-- ± --		13,24 ± 0,97		11,77 ± 0,97	
	56	-- ± --		12,78 ± 0,97		13,61 ± 0,97	

Estão representadas as médias com seu erro padrão. Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferenças significativas a 5% de significância.

Como este fato foi observado em todas as amostras, isto indica que a irradiação gama não deteriorou os pigmentos da carne. Assim como pode-se observar na Figura 10 o aumento de b* ao longo dos 28 dias de estocagem e através de uma regressão quadrática.

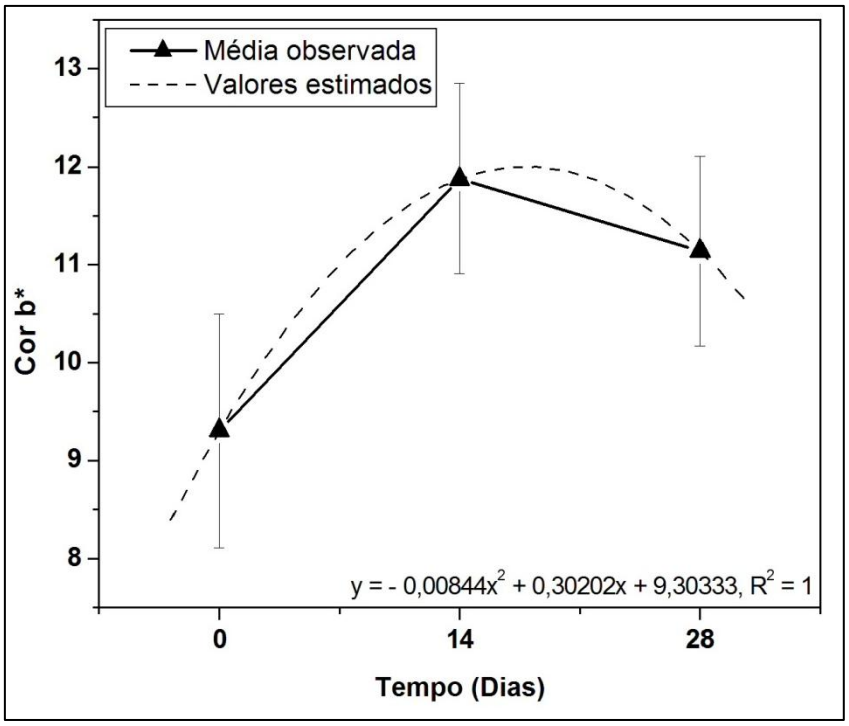


Figura 10: Aumento do valor médio de b* ao longo do tempo.

Os resultados obtidos neste trabalho se aproximam dos obtidos por Yang et al. (2011), que avaliaram amostras de hambúrgueres bovinos não irradiadas e irradiadas com 2,5 kGy, armazenadas a 4 °C por 7 dias. Para as amostras irradiadas, não encontraram diferenças significativas para cor L*, enquanto que para a cor a* e b* relataram apenas um declínio inicial, no dia zero, dos valores médios, mas que depois se mantiveram constantes. Porém os resultados obtidos, por estes autores, diferem dos apresentados na Tabela 4 quando analisamos os efeitos ao longo do tempo, pois não observaram mudanças significativas da cor b* ao longo do armazenamento. Entretanto, durante a estocagem os autores observaram um aumento significativo de L*, enquanto que para cor a* os valores permaneceram inalterados ao longo do período de 7 dias.

Esses resultados se assemelham com os de Luciano et al.(2009) que concluíram em seus experimentos, que a intensidade de amarelo b* aumentou ao longo de 14 dias de armazenamento em carne de ovinos alimentados com uma dieta de concentrado e uma dieta com taninos, em 14 dias de estocagem refrigerada com alta concentração de oxigênio.

Os resultados médios de pH estão representados na Tabela 5. Pode-se observar que não houve diferenças significativas (p>0,05) entre os tratamentos, com pH médio de 5,33.

Tabela 5: Resultados médios obtidos para os valores de pH

Análise	Tempo (dias)	Tratamentos								
		Controle	δ		1,5 kGy	δ		3,0 kGy	δ	
pH	0	5,57	± 0,1	**a**	5,56	± 0,1	**a**	5,68	± 0,1	**a**
	14	5,3	± 0,1	**b**	5,35	± 0,1	**b**	5,51	± 0,1	**b**
	28	5,21	± 0,1	**c**	5,13	± 0,1	**c**	5,25	± 0,1	**c**
	42	--	± --		5,13	± 0,1		5,32	± 0,1	
	56	--	± --		5,15	± 0,1		5,07	± 0,1	

O valor "δ" representa o erro padrão. Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferenças significativas a 5% de significância.

Observou-se apenas uma queda do pH ao longo do tempo para todas as amostras, como pode ser observado na Figura 11. Uma regressão linear foi realizada para estimar os valores de decaimento do pH ao longo do tempo.

O fato da diminuição do pH está relacionado com a proliferação de bactérias lácticas (Figura 8), pois estas, através de seu metabolismo, consomem o glicogênio celular e liberam acido láctico causando como consequência uma acidificação na carne (CAYRÉ et al., 2003). De acordo com Gonçalves et al.(2004), os valores desejáveis de pH para carne ovina estão entre 5,4 e 5,9, valores próximos dos encontrados neste experimento.

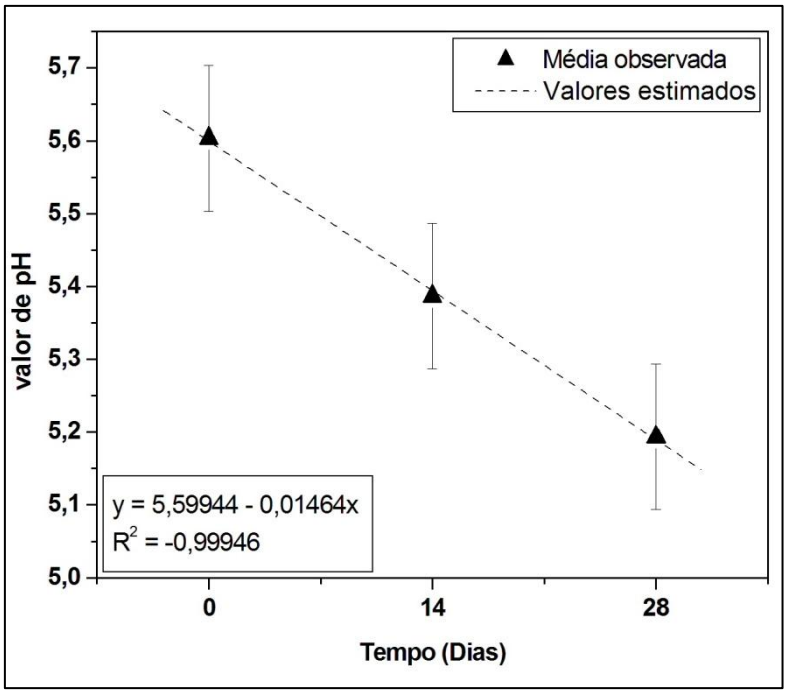


Figura 11: Decaimento do valor médio de pH ao longo do tempo.

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados para a força de cisalhamento e perdas de peso por cocção. Não foram observadas diferenças entre tratamentos ($p>0,05$) e nem ao longo tempo de armazenamento ($p>0,05$), demonstrando que a irradiação não afetou estes parâmetros.

Tabela 6: Resultados médios obtidos para os valores de perdas por cozimento.

Análise	Tempo (dias)	Tratamentos					
		Controle	δ	1,5 kGy	δ	3,0 kGy	δ
Força de cisalhamento (kg)	0	2,58	± 0,62	2,34	± 0,62	2,46	± 0,62
	14	2,01	± 0,62	3,22	± 0,62	2,98	± 0,62
	28	2,42	± 0,62	2,31	± 0,62	2,88	± 0,62
	42	--	± --	2,47	± 0,62	3,24	± 0,62
	56	--	± --	2,37	± 0,62	2,42	± 0,62
Perdas de peso por cocção (%)	0	22,6	± 3,55	25,77	± 3,55	22,64	± 3,55
	14	25,65	± 3,55	27,17	± 3,55	25,57	± 3,55
	28	26,77	± 3,55	23,52	± 3,55	25,84	± 3,55
	42	--	± --	28,29	± 3,55	23,01	± 3,55
	56	--	± --	24,72	± 3,55	29,30	± 3,55

O valor δ representa o erro padrão.

O valor médio de perdas após a cocção foi de 25,60% o que se aproximou do valor médio de Fernandes et al. (2012), que obtiveram um valor médio de 24,33% e também não observaram diferenças significativas para lombo de cordeiro armazenado a 4°C com diferentes concentrações de oxigênio para atmosfera modificada ao longo de 28 dias de estocagem. Resultados semelhantes foram encontrados por Gonçalves et al. (2004), cujo experimento avaliou o efeito do sexo e de tempo de maturação para os músculos *Longissimus dorsi* e *Semi menbranosus* de cordeiros machos inteiros, machos castrados e fêmeas, com uma temperatura de estocagem de 2 °C por um período de 14 dias. Tal estudo não encontrou efeito significativo de tempo com valores médios que variaram entre 17,67 e 24,59%.

Em relação à força de cisalhamento (maciez), o lombo de cordeiro não apresentou ser significativamente diferente (p>0,05) com valores médios próximos aos publicados por GULARTE et al. (2000), nos quais encontraram uma força de cisalhamento de 2,6 kgf e 2,3 kgf para ovinos machos e fêmeas, respectivamente.

Os resultados de oxidação lipídica estão descritos na Tabela 7 e não apresentaram diferenças significativas (p>0,05) entre os tratamentos nem ao longo do período de armazenamento avaliado,, apresentando valor médio de 0,094 mg de MDA por kg de amostra. Embora a irradiação gama seja conhecida como um fator pró-oxidante, baixas doses como as aplicadas neste experimento não provocaram mudanças significativas nas amostras. Vale salientar que isso deve estar relacionado com a baixa concentração de lipídios (2,54%, Figura 6) nos lombos de cordeiro utilizados neste experimento.

Tabela 7: Resultados médios obtidos para os valores de TBARS

Análise	**Tempo (dias)**	**Tratamentos**					
		Controle	**δ**	**1,5 kGy**	**δ**	**3,0 kGy**	**δ**
TBARS (mg MDA/kg amostra)	0	0,15	± 0,05	0,09	± 0,05	0,09	± 0,05
	14	0,04	± 0,05	0,06	± 0,05	0,03	± 0,05
	28	0,19	± 0,05	0,17	± 0,05	0,17	± 0,05
	42	--	± --	0,08	± 0,05	0,05	± 0,05
	56	--	± --	0,06	± 0,05	0,04	± 0,05

O valor δ representa o erro padrão.

Resultados similares foram encontrados por Park et al. (2010), que avaliaram os efeitos dos raios gama (GR) e feixe de elétrons (EB) e não encontraram efeitos adversos sobre a oxidação lipídica em salsichas durante o armazenamento acelerado a 30 ºC por 10 dias e irradiados com as doses de 0, 5, 10, 15, e 20 kGy.

Gomes et al. (2003), também encontraram resultados semelhantes para todas suas amostras, carne de frango mecanicamente desossada, indicando que não detectaram interferências particulares como resultado do teste de TBA para as doses de 4,0 kGy, 5 kGy e controle (zero kGy).

Hampson et al. (1996), avaliaram cinco tipos de carnes tratadas com radiação gama até uma dose de 10 kGy. O músculo *Longissimus dorsi* de cordeiro, suíno e bovino foi irradiado, bem como coxa e peito de peru. Os resultados obtidos por esses autores foram significativos apenas para o peito de peru, nos quais eles concluíram haver uma relação de dependência da dose de irradiação com a formação do malonaldeido, indicando assim que para lombo de cordeiro a radiação gama pode ser utilizada sem causar efeito pró-oxidante.

3.4. Aceitação Sensorial

Os resultados do teste de aceitação, realizado com 63 provadores estão descritos na Tabela 8.

Tabela 8: Resultados para o teste de aceitação sensorial

Atributo	**Tratamentos**					
	Controle	**δ**	**1,5kGy**	**δ**	**3,0kGy**	**δ**
Aroma	6,78	± 1,34	6,71	± 1,52	6,89	± 1,36
Textura	7,40	± 1,47	7,16	± 1,55	7,44	± 1,25
Suculência	7,43	± 1,33	7,34	± 1,41	7,40	± 1,26
Sabor	7,27	± 1,37	7,2	± 1,2	7,2	± 1,3
Q. Global	7,25	± 1,29	7,19	± 1,23	7,25	± 1,15

O valor δ representa o erro padrão para os atributos de aroma, textura, suculência e qualidade global.

De acordo com estes resultados não houve diferenças significativas ($p>0,05$) entre as amostras, ou seja, a irradiação gama não prejudicou as características sensoriais da carne de cordeiro. Vale lembrar que estas análises foram realizadas

no chamado Tempo Zero de armazenamento após a obtenção dos resultados das análises microbiológicas, que neste caso se referiu a quatro dias após a irradiação.

Park et al. (2010), avaliaram sensorialmente hambúrgueres embalados a vácuo e irradiadas com doses de 0, 5, 10, 15 e 20 kGy para uma estocagem acelerada a 30°C por 10 dias. Nos resultados obtidos por eles também não houve diferenças estatísticas ($p>0,05$) para cor, mastigabilidade, sabor, para as amostras irradiadas com raios gama para uma dose de 10,0 kGy e a qualidade global para a dose de 5kGy.

Alves (2008), avaliou paleta e pernil de cordeiro irradiados com doses de 1,0, 3,0 e 5,0 kGy e armazenados a 2°C por 30 dias, e não obtiveram diferenças significativas ($p>0,05$) entre as amostras irradiadas e não irradiadas, para os atributos de aroma, sabor, cor e impressão global.

Miyagusku et al. (2003) avaliaram cortes de peito de frango sem pele e sem osso, submetidos a irradiação gama a doses de 1,0, 3,0 e 7,0 kGy e armazenados por 39 dias a 5 °C. Os autores concluíram que o aumento da irradiação provocou alterações sensoriais nos filés de frango, embora esse odor tenha diminuído com o passar do tempo. Assim afirmaram que a dose mais indica é a de 3,0 kGy, pois com essa irradiação a vida útil foi aumentada de 5 dias para 22 dias sem comprometer os atributos sensoriais do alimento.

4. Conclusão

De acordo com os resultados obtidos é possível afirmar que a irradiação gama foi eficiente em diminuir a proliferação de microrganismos sem prejudicar as características físico-químicas e sensoriais avaliadas. Ainda, a dose de 3,0 kGy foi mais eficiente do que 1,5 kGy na redução da proliferação microbiana, tornando-a assim, a mais indicada para estender a vida útil lombo de cordeiro, embalado à vácuo e armazenado sob refrigeração a 1 ± 1 ºC, de 14 para 56 dias de armazenamento.

5. Referências

1. ALVES, F.J.X.; **Tese de doutorado**: “Efeito da Radiação Gama na Validade Comercial da Carne de Cordeiros Santa Inês Embalada a Vácuo e Frigorificada”, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ (2008).
2. AOAC. **Official Methods of Analysis** (16th Edition. 4th revision). Washington, DC, USA: Association of Official Analytical Chemists. 1998.
3. ARVANITOYANNIS, I.S. **“Irradiation of Food Commodities: Techniques, Applications, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion”** First Edition, 2010, 707p.
4. BLIGH, E.G.; DYER, W.J. “A rapid method of total lipid extration and purification”. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v.37, n.8, p.911-917, 1959.,
5. BOLEMAN, S.J.; BOLEMAN, S.L.; MILLER, R.K.; TAYLOR, J.F.; CROSS, H.R.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D.; MILLER, M.F.; WEST, R.L.; JOHNSON, D.D.; SAVELL, J.W. “Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness”. **J. Anim. Sci.** v. 75, n. 6, p. 1521-1524, 1997.
6. BONAGURIO, S.; PÉREZ, J.R.O.; FURUSHO-GARCIA, I.F.; SANTOS, C.L.; LIMA, A.L. “Composição Centesimal da Carne de Cordeiros Santa Inês Puros e de seus Mestiços com Texel Abatidos com Diferentes Pesos” **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2387-2393, 2004.
7. BRASIL. Leis, decretos, etc. Resolução RDC n° 12, 02 de janeiro de 2001 da Agencia Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial**, Brasília, 10 de janeiro de 2001, Seção 1, p.45-47.
8. CAYRÉ, M.E.; VIGNOLO, G.; GARRO, O. “Modeling lactic acid bacteria growth in vacuum-packaged cooked meat emulsions stored at three temperatures” **Food Microbiology** 20 (2003) 561–566.
9. DEVINE, C.E.; GRAAFHUIS, A.E.; MUIR, P.D.; CHRYSTALL, B.B. “The effect of growth rate and ultimate pH on meat quality of lambs.” **Meat Science**, v. 35, n. 1, p. 63-77, (1993).
10. DIEHL, J. F. “Food irradiation – past, present and future” **Radiation Physics and Chemistry** 63 (2002) 211–215.
11. 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** 78 (2008) 359–368.
12. FARKAS, J. “Irradiation as a method for decontaminating food – A review**” International Journal of Food Microbiology** 44 (1998) 189–204.

13. FARKAS, J. "Irradiation for better foods". **Trends in Food Science and Technology**, 17, 148–152 (2006).
14. FERNANDES, R.P.P.; **Dissertação de Mestrado:** "Estabilidade da carne de cordeiro em diferentes condições de armazenamento", Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP (2011).
15. FERNANDES, R.P.P.; FREIRE, M.T.A.; GUERRA, C.C.; CARRER, C.C.; BALIEIRO, J.C.C.; TRINDADE, M.A. "Estabilidade físico-química, microbiológica e sensorial de carne ovina embalada a vácuo estocada sob refrigeração" **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.4, p.724-729, abr, 2012.
16. GOMES, H.A.; SILVA, E.N.; NASCIMENTO, M.R.L.; FUKUMA, H.T. "Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat" **Food Chemistry** 80 (2003) 433–437.
17. GONÇALVES, L.A.G.; ZAPATA, J.F.F.; RODRIGUES, M.C.P.; BORGES, A.S. "Efeitos do sexo e do tempo de maturação sobre a qualidade da carne ovina". **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 24(3): 459-467, 2004.
18. GULARTE, M.A.; TREPTOW,R.O.; POUEY, J.L.F.; OSÓRIO, J.C. "Idade e sexo na maciez da carne de ovinos da raça corriedale", **Ciência Rural**, v. 30, n. 3, 2000.
19. HAMPSON, J.W.; FOX, J.B.; LAKRITZ, L.; THAYER, D.W. "Effect of low dose gamma radiation on lipids in five different meats". **Meat Sience**, Vol. 42, No. 3, 271-276, 1996.
20. HUI, Y.H.; 2001; In. **"Handbook of Meat and Meat Processing"**, Second Edition, p.381-398.
21. ICMSF, **International Commission on Microbiological Specifications for Foods** "Microorganisms in Foods 2: Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Specific Applications" 2nd ed., 1986, p.127-278.
22. LEÃO, A.G.; SILVA-SOBRINHO, A.G.; MORENO, G.M.B., SOUZA, H.B.A.; GIAMPIETRO, A.; ROSSI, R.C.; PEREZ, H.L. "Características físico-químicas e sensoriais da carne de cordeiros terminados com dietas contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho e dois níveis de concentrado". **R. Bras. Zootec**., v.41, n.5, p.1253-1262, 2012.
23. LUCIANO, G.; MONAHAN, F.J.; VASTA, V.; BIONDI, L.; LANZA, M.; PRIOLO, A. "Dietary tannins improve lamb meat colour stability" **Meat Science** 81 (2009) 120–125.
24. MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. "Current research in meat color". **Meat Science**, 71, 100–121 (2005).
25. MIYAGUSKU, L.; CHEN, F.; LEITÃO, M.F. de F.; BAFFA, O.; "Avaliação microbiológica e sensorial da vida útil de cortes de peito de fangos irradiados**". Ciênc. Tecnol. Aliment**., v.23 (2003) p.07-16.
26. NIETO, G.; DÍAZ, P.; BAÑÓN, S.; GARRIDO, M.D. "Effect on lamb meat quality of including thyme (Thymus zygis ssp. gracilis) leaves in ewes' diet" **Meat Science** 85 (2010) 82–88.

27. PARK J.G.; YOON Y.; PARK J.N.; HAN I.J.; SONG B.S.; KIM J.H.; KIM W.G.; H.J. HWANG , S.B. HAN , J.W. LEE. “Effects of gamma irradiation and electron beam irradiation on quality, sensory,and bacterial populations in beef sausage patties**”. Meat Science**, v.85 (2010), p.368–372.
28. PINHEIRO, R.S.B.; JORGE, A.M., FRANCISCO, C.L.; ANDRADE, E.N. “Composição química e rendimento da carne ovina in natura e assada” **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 28(Supl.): 154-157, dez. 2008.
29. SILVA, N. **“Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água”**. Varela: São Paulo, 624p., 2010.
30. STEFANOVA, R.; TOSHKOV, S.; VASILEV, N.V.; VASSILEV, N.G., MAREKOV, I.N.“Effect of gamma-ray irradiation on the fatty acid profile of irradiated beef meat”. **Food Chemistry** 127 (2011) 461–466.
31. VINCKE, W.; “Direct of the Thiobarbituric Acid Value in Trichlorcetic Acid Extracts of Fish as a Measure of Oxidative Rancidity”. **Fette Seifen Anstrichmittel**, Leifekden, v.72, n.12 p1-84-1087, 1970.
32. YANG, H.S.; LEE, E.J.; MOON, S.H.; PAIK, H.D.; NAM, K.; AHN, D.A. “Effect of garlic, onion, and their combination on the quality and sensory characteristics of irradiated raw ground beef” **Meat Science** 89 (2011) 202–208.
33. ZAPATA, J.F.F.; NOGUEIRA, C.M.; SEABRA, L.M.J.; “Composição centesimal e lipídica da carne de ovinos do nordeste brasileiro” **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, 2001.
34. ZEOLA, N.M.B.L.; SILVA-SOBRINHO, A.G.S.; NETO, S.G.; MARQUES, C.A.T. “Composição centesimal da carne de cordeiros submetidos a dietas com diferentes teores de concentrado” **Ciência Rural**, v. 34, n. 1, jan-fev, 2004.

ANEXO

I. Especificações do tempero pronto da Marca Doremus:

Doremus Alimentos LTDA.
Rua Santa Maria do Pará, 32 - Bonsucesso
Guarulhos/SP - 07175-400
Tel:(11) 2436-3333 - Fax: (11) 2436-3334
E-mail: vendas@doremus.com.br
www.doremus.com.br

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			
Estabelecido por:	Viviane Cristina Ferreira Guimarães Desenvolvimento	Data da Emissão	14/07/09
		Data da Revisão	19/07/09
Aprovado por:	Fabio Flawn Bernier Desenvolvimento	Revisão	001
		Paginas:	Pág. 01/00

PRODUTO: DOREFLAVOR CARNEIRO DC001

Código Doremus: 734

Marca: DOREMUS

Tipo : DC001

Finalidade: CONDIMENTO LIQUIDO PARA CARNEIRO TEMPERADO

Modo de Uso: UTILIZAR 0,5 KG PARA 10 KG DE CARNE JUNTAMENTE COM 1 L DE VINHO BRANCO SECO.

Registro no Ministerio da Agricultura: DISPENSADO DE EMISSAO DE AUP CONFORME INSTRUCAO NORMATIVA NR. 49 DE 14/09/06.

Registro no Ministerio da Saude: DISPENSADO DE REGISTRO CONFORME RESOLUCAO NR 27 DE 06/08/10

Embalagens :

Externa: BALDE PLASTICO 4KG - Granel 4 Kg

Prazo de Validade: 180 Dias

Cuidados Especiais: ARMAZENAR EM LOCAL SECO E AREJADO, DENTRO DA EMBALAGEM ORIGINAL, EVITAR EXPOSICAO A LUZ E FECHAR BEM A EMBALAGEM APOS O USO

Composição: AGUA, ESPECIARIAS NATURAIS E DESIDRATADAS; SAL REFINADONAO IODADO;ESPESSANTE GOMA GUARREALCADOR DE SABOR GLUTAMATO MONOSSODICO; E AROMAS NATURAIS ;

ANAL MICROSCOPIA/MACROSCOPIA

ANÁLISES	PADRÕES
SUJIDADES/MATERIAIS ESTRANHOS	AUSENTES

Doremus Alimentos LTDA.
Rua Santa Maria do Pará, 32 - Bonsucesso
Guarulhos/SP - 07175-400
Tel:(11) 2436-3333 - Fax: (11) 2436-3334
E-mail: vendas@doremus.com.br
www.doremus.com.br

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			
Estabelecido por:	Viviane Cristina Ferreira Guimarães Desenvolvimento	Data da Emissão	14/07/09
		Data da Revisão	19/07/09
Aprovado por:	Fabio Flawn Bernier Desenvolvimento	Revisão	001
		Paginas:	Pág. 02

PRODUTO: DOREFLAVOR CARNEIRO DC001

Código Doremus: 734

ANALISES FISICO-QUIMICAS

ANÁLISES	PADRÕES
CLORETO DE SODIO	31,50 - 33,50%
PH DIRETO	5,50 - 6,50
UMIDADE (ID50 A 160°C)	40,00 - 45,00%

ANALISES MICROBIOLOGICAS

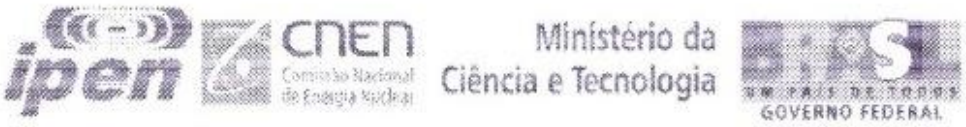
ANÁLISES	PADRÕES
COLIFORMES A 45°C (FECAL)	<100 UFC/G
SALMONELLA SP	AUSENCIA EM 25G

* DE ACORDO COM A RESOLUCAO RDC-12 DE 02/01/2001 - ANVISA

ANALISES SENSORIAIS

ANÁLISES	PADRÕES
ASPECTO	LIQUIDO PASTOSO
COR	MARROM
SABOR / ODOR	CARACTERISTICOS

II. Certificado de dosimetria – experimento preliminar



São Paulo, 02 de Junho de 2011.

CERTIFICADO DE DOSIMETRIA

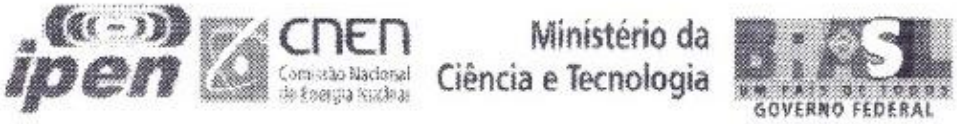
Certificado: LDPI- 175/2011
Amostra: Carne de cordeiro
Quantidade de Amostra: 03 caixas de Isopor contendo carne de cordeiro.
Irradiação em: 02/06/2011
Dose Solicitada: >1 kGy; 3 kGy; 5 kGy;(1 caixa por dose),
Tempo de Irradiação: 1h18min
Instalação Radiativa: Irradiador Multipropósito
Irradiação Estática: a 40 cm do protetor da fonte
Dosimetro: Gammachrome YR - 530 nm
Amber 3042 Perspex Batch S - 603 nm
Equipamento: Espectrofotômetro Genesys 20 (2)
Solicitante: Sr. Raul Pereira (Aluno do Prof. Valter Arthur) - CENA-USP - Piracicaba/SP

Dosimetria nº	1º Ciclo(2F) 18min (1º)		1º Ciclo(2F) 1h00 (1º)		1º Ciclo(2F) 1h18min (1º)		Dose Mínima (kGy)
	Posição (1º)	Dose[1] (kGy)	Posição (1º)	Dose[1] (kGy)	Posição(1º)	Dose[1] (kGy)	
1 k - F	2	1,06					1,06
1 k -T		1,10					
3 k - F	3		3	3,07			3,07
3 k -T				3,19			
5 k - F	2		2		2	5,57	5,02
5 k -T						5,02	

[1]A Rastreabilidade das Medidas de Dose é mantida pelas intercomparações com o Serviço Internacional de Garantia de Dose oferecido pela Agência Internacional de Energia Atômica

MSc.Celia Marina Napolitano
Pesquisadora Responsável
Laboratório de Dosimetria em Processos de Irradiação
Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento
Centro de Tecnologia das Radiações
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 - Cidade Universitária
Fone: (0XX11) 3133-9876/9878 Fax: (0XX11) 3133- 9765
05508-000 - São Paulo - Estado de São Paulo
e-mail:cmnapoli@ipen.br

III. Certificado de dosimetria – experimento final



São Paulo, 05 de Setembro de 2011.

CERTIFICADO DE DOSIMETRIA

Certificado: LDPI- 337/2011
Amostra: Carne de cordeiro
Quantidade de Amostra: 02 caixas de Isopor contendo carne de cordeiro.
Irradiação em: 03/09/2011
Dose Solicitada: >1,5 kGy; 3 kGy; (1 caixa por dose);
Tempo de Irradiação: 1h10min
Instalação Radiativa: Irradiador Multipropósito
Irradiação Estática: a 40 cm do protetor da fonte
Dosímetro: Gammachrome YR - 530 nm (1,5kGy)
Amber 3042 Perspex Batch S - 603 nm (3kGy)
Equipamento: Espectrofotômetro Genesys 20 (2)
Solicitante: Sr. Raul Pereira (Aluno do Prof. Valter Arthur) - CENA-USP - Piracicaba/SP

Dosímetro nº	1º Ciclo(2F) 24min (1º)		1º Ciclo(2F) 1h10 (1º)		Dose Mínima
	Posição (1º)	Dose[1] (kGy)	Posição (1º)	Dose[1] (kGy)	(kGy)
1,5 k - F	2	1,53			1,52
1,5 k -T		1,52			
3 k - F	3		3	3,03	3,02
3 k -T				3,02	

[1] A Rastreabilidade das Medidas de Dose é mantida pelas intercomparações com o Serviço Internacional de Garantia de Dose oferecido pela Agência Internacional de Energia Atômica.

MSc. Celia Marina Napolitano
Pesquisadora Responsável
Laboratório de Dosimetria em Processos de Irradiação
Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento
Centro de Tecnologia das Radiações
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 - Cidade Universitária
Fone: (0XX11) 3133-9876/9878 Fax: (0XX11) 3133- 9765
05508-000 - São Paulo - Estado de São Paulo
e-mail:cmnapoli@ipen.br

IV. Parecer do comitê de ética

Plataforma Brasil - Ministério da Saúde

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP

PROJETO DE PESQUISA

Título: EFEITO DE RADIAÇÃO GAMA SOBRE A VIDA ÚTIL E A DESCONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE LOMBO OVINO ARMAZENADO SOB REFRIGERAÇÃO

Pesquisador: Raul Pereira Fregonesi **Versão:** 1

Instituição: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP **CAAE:** 01037012.5.0000.5422

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Número do Parecer: 12064

Data da Relatoria: 12/04/2012

Apresentação do Projeto:

O projeto está bem apresentado, com boa introdução descrevendo o problema a ser estudado e adequada descrição da metodologia a ser realizada.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo deste projeto será estudar diferentes doses de radiação gama visando estender o tempo de vida útil da carne ovina armazenada sob refrigeração e reduzir e/ou eliminar os microrganismos indicadores, deteriorantes e patogênicos presentes.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não há possibilidade de risco ou qualquer tipo de desconforto em função da participação nesta pesquisa, uma vez que as análises sensoriais somente serão conduzidas após a obtenção dos resultados de análises microbiológicas que confirmem a inocuidade das carnes avaliadas.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de pesquisa envolvendo 60 seres humanos que realizarão avaliações sensoriais da carne de cordeiro irradiada com diferentes doses de radiação ionizantes. As doses empregadas neste projeto são reconhecidamente inóucas aos seres humanos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O TCLE apresentado está adequado, contendo todas as informações necessárias para os sujeitos da pesquisa. A Folha de Rosto contém todas as informações e assinaturas necessárias.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Em função do exposto apresento meu parecer favorável à aprovação deste projeto pelo CEP-FZEA.

PIRASSUNUNGA, 12 de Abril de 2012

Assinado por:
Marco Antonio Trindade

V. Especificações da embalagem

Sealed Air
CRYOVAC®
Food Packaging Systems

BB494

Incolor
Side Seal
Liso

Descrição

Sacos Barrier Bag com estrutura EVA multicamadas termo encolhível, apresentando boa resistência mecânica, brilho, barreira ao vapor d'água e alta barreira ao oxigênio.

Aplicações

Embalagem de carne resfriada e produtos cárneos processados como: bacon,lombo, salsicha, linguiça, salame, etc..

Regulamentação Sanitária

Min. da Saúde: *Cadastro OK*

Min. da Agricultura: *1631/06*

Características

Largura (mm):

Nominal	*Limites*
80 a 170	*-8 a + 13*
180 a 290	*-10 a + 15*
300 a 410	*-10 a +17*

Comprimento (mm):

Nominal	*Limites*
200 a 240	*-5 a + 20*
250 a 369	*-10 a + 20*
370 a 469	*-10 a + 25*
470 a 610	*-10 a + 30*

Espessura (μ): *48 a 62 (pontual)*

Encolhimento 85 °C (%): *min. 20 (longitudinal)* *min. 30 (transversal)*

Perm. ao oxigênio: *(1 atm/23 °C/ 0% UR)* $(cm^3/m^2.dia)$ *máx. 30*

Sealed Air
CRYOVAC®
Food Packaging Systems

BB494

Incolor
Side Seal
Liso

	Perm. ao vap. d'água: *máx. 10* (1 atm/38 °C/ 90% UR) ***($gH_2O/m^2.dia$)***
Transporte e Armazenamento	*Máximo de 27 °C, umidade relativa do ar 80%. Recomendamos transporte em caminhões fechados e isotérmicos.*
Validade	*18 meses desde que seguidas as condições e armazenamento.*