

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM HIGIENE VETERINÁRIA E
PROCESSAMENTO TECNOLÓGICO DE PRODUTOS DE
ORIGEM ANIMAL

CAROLINA CRISTINA COLÃO BARCELLOS

ANÁLISE BACTERIOLÓGICA E SENSORIAL DE FILÉS
DE CORVINA (*Micropogonias furnieri*)
(PERCIFORMES: SCIAENIDAE) REFRIGERADOS E
IRRADIADOS, DESEMBARCADOS NO MUNICÍPIO DE
NITERÓI, RIO DE JANEIRO.

NITERÓI
2015

CAROLINA CRISTINA COLÃO BARCELLOS

**ANÁLISE BACTERIOLÓGICA E SENSORIAL DE FILÉS DE CORVINA
(*Micropogonias furnieri*) (PERCIFORMES: SCIAENIDAE)
REFRIGERADOS E IRRADIADOS, DESEMBARCADOS NO
MUNICÍPIO DE NITERÓI, RIO DE JANEIRO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal Fluminense. Área de Concentração: Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária.

Orientadora:

ELIANA DE FÁTIMA MARQUES DE MESQUITA

Coorientadores:

ROBSON MAIA FRANCO

MAURO CARLOS LOPES SOUZA

SHIZUKO KAJISHIMA

ANA BEATRIZ MONTEIRO FONSECA

Niterói, RJ
2015

CAROLINA CRISTINA COLÃO BARCELLOS

**ANÁLISE BACTERIOLÓGICA E SENSORIAL DE FILÉS DE CORVINA
(*Micropogonias furnieri*) (PERCIFORMES: SCIAENIDAE)
REFRIGERADOS E IRRADIADOS, DESEMBARCADOS NO
MUNICÍPIO DE NITERÓI, RIO DE JANEIRO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal Fluminense. Área de Concentração: Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária.

Aprovada em 09 de fevereiro de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Eliana de Fátima Marques de Mesquita – UFF
Orientadora

Prof. Dr. Mauro Carlos Lopes Souza – UEZO
Coorientador

Prof. Dr. Robson Maia Franco – UFF
Coorientador

Niterói
2015

Aos que me ensinaram o caminho para chegar até aqui,
meus dois maiores amores dessa e de todas as minhas existências.

À Juarez e Teresa

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pela pureza e grandiosidade desse amor, o qual me dedicam e com o qual me criam. Por servirem de inspiração para que eu queira ser melhor a cada dia. Aos meus irmãos e Gabi por serem peças essenciais dessa “grande família” e da minha história.

Ao meu namorado, por hoje fazer parte da minha família, pela dádiva de dividir comigo a sua, e por ser fundamental para a construção do futuro da “nossa”. Você foi o meu apoio maior e com quem dividi cada angústia e sucesso dessa etapa. Por ter sido tão companheiro nesses tantos anos que se passaram e certamente nos tantos próximos que virão.

Aos meus avós, permanecerei eternamente agradecendo aos quatro, pelo amor enorme, de vocês e por vocês, e pelos inúmeros ensinamentos. Por terem sido os melhores e por estarem sempre me acompanhando tão de perto.

Aos meus amigos “extra” UFF, a vocês o meu “muito obrigada” por existirem, por me fazerem mais feliz e por serem tão bons em me distrair e desfocar, quando necessário.

Aos meus queridos companheiros de mestrado e grandes amigos André Medeiros, Bruna Rodrigues, Camila Cutrim, Claudius Cabral e Raphael Barros, fundamentais para conclusão de mais essa etapa, por todas as risadas, o bom humor, o profissionalismo e o apoio, direta e indiretamente. Sem esquecer da querida, Raquel Sant’Anna e de muitas outras pessoas queridas que tive a oportunidade de conviver mais de perto durante esse período de retorno à UFF.

Aos professores responsáveis pelos Laboratórios de Aves e Ovos e pelo de Tecnologia de Carnes e Derivados, por cederem prontamente os espaços e os materiais para execução do experimento que foram de toda importância para o sucesso do trabalho. Sem esquecer das professoras Ana Beatriz Monteiro Fonseca e Shizuko Kajishima, pois sem o auxílio, tempo e devoção das mesmas, esse experimento não seria possível.

Ao professor Mauro Carlos Lopes Souza, por ter sido de toda importância para a execução desse projeto, para meu aprendizado e entrosamento com a tecnologia aplicada, sou muito grata pela atenção e empenho dedicados.

Ao professor Robson Maia Franco, pelo qual tenho enorme admiração desde a graduação. Por toda informação compartilhada e pela dedicação, carinho e entusiasmo com que me ajudou a conduzir todo o experimento.

À minha querida professora Eliana de Fátima Marques de Mesquita, por ter sido acima de tudo amiga e compreensiva, ter proporcionado um ambiente de trabalho tranquilo e fértil, além de servir de base para a formação de uma equipe que trabalha em conjunto e na mesma sintonia. Agradeço pelo presente de tê-la como minha orientadora, por todo talento, competência e todos os conhecimentos passados ao longo desses dois anos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela oportunidade a auxílio financeiro, em forma de bolsa de estudos, oferecidos.

Em especial, à Empresa de Irradiação Industrial Acelétron, sobretudo ao gerente geral Gabriel Fernando Alo, por ter oferecido as instalações da empresa para execução de todas as irradiações com feixe de elétrons realizadas no presente trabalho, e à Karina Garcia, gerente de qualidade, pela sua presteza não só durante as nossas visitas, como também para confecção do trabalho. Enfatizando ainda que a Acelétron, vem há bastante tempo contribuindo para o desenvolvimento da pesquisa e da ciência da Irradiação nas Universidades do Rio de Janeiro.

“Toda ideia nova forçosamente encontra oposição e nenhuma há que se implante sem lutas. Ora, nesses casos, a resistência é sempre proporcional à importância dos resultados previstos, porque, quanto maior ela é, tanto mais numerosos são os interesses que fere.”

Allan Kardec (2012)

RESUMO

A corvina (*Micropogonias furnieri*) se encontra entre as principais espécies capturadas no litoral fluminense, sobretudo no município de Niterói, RJ. No ano de 2012 foi estudada pelo Programa de Monitoramento da Pesca no Estado do Rio de Janeiro, devido sua posição de destaque para a pesca industrial. Assim como outras espécies de peixes, possui uma carga microbiana inicial oriunda do ambiente em que vive, principalmente por habitar águas costeiras. Além disso, a deterioração do pescado se inicia pouco tempo após seu abate, o que é facilitado pela presença de microrganismos. Para retardar esse processo, diminuir as perdas e os riscos eminentes à saúde coletiva como, por exemplo, a propagação de agentes etiológicos de doenças alimentares, são empregados diferentes métodos de conservação. Entre as tecnologias disponíveis para obtenção de produtos inócuos estão as radiações ionizantes. A irradiação de alimentos já é utilizada em vários países, sendo eficaz na redução da contagem/enumeração bacteriana, na melhora de alguns atributos sensoriais e até mesmo na extensão da validade comercial. No trabalho objetivou-se contribuir para a avaliação da eficiência do processo de irradiação por feixe de elétrons no aumento da validade comercial de filés de corvina refrigerados, desembarcados no município de Niterói. Para realização das análises bacteriológicas foram utilizadas 30 unidades amostrais contendo 100g de filé em cada, de forma que os peixes inteiros foram adquiridos no cais de Itaipú, filetados no mercado, embalados a vácuo e mantidos à $\pm 4^{\circ}\text{C}$. As amostras foram divididas em três grupos: controle; irradiado a 0,7 kGy; e irradiado a 1,0 kGy. Os três grupos foram avaliados quanto à Contagem de Bactérias Heterotróficas Aeróbias Mesófilas e Bactérias Heterotróficas Aeróbias Psicrotólicas, Enumeração de *Enterococcus* spp. e sensorialmente. Embora não tenha sido encontrada diferença estatisticamente significativa entre os três grupos ($p > 0,05$) em nenhuma das análises bacteriológicas, verificou-se redução no crescimento dos três grupos bacterianos estudados no dia zero das amostras dos grupos irradiados. As amostras do grupo irradiado a 1,0 kGy possuíram diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) ao serem comparadas com as dos outros dois grupos. Concluiu-se, portanto, que o emprego dessa tecnologia é eficaz no aumento da validade comercial do pescado em questão.

Palavras-chave: Corvina. Pescado. Irradiação de alimentos. Validade comercial.

ABSTRACT

The croaker (*Micropogonias furnieri*) is among the main species caught in the Rio de Janeiro coast, especially in the city of Niterói, RJ. In the year 2012 it was studied by the Fisheries Monitoring Program in the State of Rio de Janeiro - Fisheries Statistics, due to its importance position for industrial fishing. Similar to other fish species can load an initial microbiota from the environment, especially for living in coastal waters. Furthermore, the deterioration of fish starts shortly after death, facilitated by the presence of microorganisms. To slow this process, diminish losses and eminent risk to public health as, for example, the etiological agents of foodborne diseases, different methods of preservation are employed. Among the technologies available to obtain safe products are ionizing radiation. Food irradiation is already used in several countries and is effective in reducing the count/ bacterial enumeration, the improvement of some sensory attributes and even the extent of the commercial validity. This study aimed to contribute to the evaluation of the efficiency of electron beam irradiation in increasing the commercial validity of chilled croaker fillets, from Niterói. Bacteriological analyzes were carried out for 30 sampling units containing 100g of croaker fillet on each, so the whole fish were purchased at the Itaipú pier, filleted at the market, vacuum packed and kept at ± 4 °C. The samples were divided into three groups: control; irradiated at 0.7 kGy; and irradiated at 1.0 kGy. The three groups were evaluated for Mesophylic and Psicotrophic Heterotrophic Aerobic Bacteria Counting, Enumeration of *Enterococcus* spp. and sensorially. Although no statistically significant difference among the three groups ($p > 0.05$) in any of bacteriological analyzes was found, occurred reduction in the growth of the three bacterial groups studied on day zero of the samples of irradiated groups. Samples of the irradiated group to 1.0 kGy owned a statistically significant difference ($p < 0.05$) when comparing with the other two groups. Therefore, it was concluded that the application of this technology is effective in increasing the commercial validity of croaker.

Key words: Croaker. Fisheries. Food irradiation. Shelf life.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Fig. 1 Desenho ilustrativo da corvina (*Micropogonias furnieri*), p. 20
- Fig. 2 Mapa de representação das áreas de distribuição da corvina (*Micropogonias furnieri*), p. 21
- Fig. 3 Captura global de *Micropogonias furnieri*, p. 21
- Fig. 4 Métodos de captura da corvina (*Micropogonias furnieri*): A) Arrasto de tangones; B) Rede de cerco; C) Redes de emalhe; D) Espinhéis, p. 22
- Fig. 5 Representação esquemática de um irradiador de raios gama, p. 30
- Fig. 6 Esquema de câmara de irradiação de tratamento contínuo por radiação gama, p. 31
- Fig. 7 Três técnicas básicas para o processamento por radiação – intervenção de elétrons, raios x e raios gama, p. 32
- Fig. 8 Representação de um irradiador por feixe de elétrons, p. 33
- Fig. 9 Esquema de câmara de irradiação por feixe de elétrons, p. 33
- Fig. 10 Esquema representativo do poder de penetração dos raios alfa, beta e gama, p. 34
- Fig. 11 Faixas de doses empregadas para eliminação de diferentes organismos vivos, p. 38
- Fig. 12 Radura: símbolo Internacional para identificação de alimento submetido ao processo de conservação pelas radiações ionizantes, p. 41
- Fig. 13 Foto ilustrativa da corvina (*Micropogonias furnieri*), p. 42
- Fig. 14 Esquema representativo do posicionamento dos dosímetros no filé destinado para realização da dosimetria, com a utilização de apenas um irradiador, p. 42
- Fig. 15 Irradiação dos filés de corvina (*Micropogonias furnieri*) devidamente embalados, Empresa Acelétron - Irajá, Rio de Janeiro, 17/03/2014, p. 42
- Fig. 16 Preparo asséptico das diluições a partir da coleta de 25 g de amostra, no Laboratório de Controle Microbiológico de POA, UFF, 17/03/14, p. 42
- Fig. 17 Colônias características de Bactérias Heterotróficas Aeróbias Mesófilas, no Laboratório de Controle Microbiológico de POA, UFF, 18/03/14, p. 42
- Fig. 18 Contagem de Bactérias Heterotróficas Aeróbias Psicotróficas realizada no Laboratório de Controle Microbiológico de POA, UFF, 24/03/14, p. 42

Fig. 19 Sequência de tubos positivos e negativos para *Enterococcus* spp. em meio “Chromocult Enterococci Broth”, no Laboratório de Controle Microbiológico de POA, UFF, 18/03/14, p. 42

Fig. 20 Termo de consentimento livre e esclarecido. Material cedido pela Prof^a Shizuko Kajishima, UFF, 2014, p. 42

Fig. 21 Ficha técnica de preparação. Material cedido pela Prof^a Shizuko Kajishima, UFF, 2014, p. 42

Fig. 22 Esquema de apresentação das amostras, juntamente com copo de água mineral e biscoito tipo água, Laboratório de Aves e Ovos, UFF, 2014, p. 42

Fig. 23 Ficha de teste triangular. Material cedido pela Prof^a Shizuko Kajishima, UFF, 2014, p. 42

Fig. 24 Gráfico em linha da média da CBHAM dos três grupos amostrais estudados, p. 42

Fig. 25 Gráfico em linha comparando a CBHAM dos três grupos amostrais analisados, p. 42

Fig. 26 Distribuição da CBHAM quanto à análise das amostras dos três grupos estudados, p. 42

Fig. 27 Gráfico em linha da média da CBHAP dos três grupos amostrais estudados, p. 42

Fig. 28 Gráfico em linha comparando a CBHAP dos três grupos amostrais analisados, p. 42

Fig. 29 Distribuição da CBHAP quanto à análise das amostras dos três grupos estudados, p. 42

Fig. 30 Gráfico em linha da média do NMP de *Enterococcus* spp. dos três grupos amostrais estudados, p. 42

Fig. 31 Gráfico em linha comparando a enumeração de *Enterococcus* spp. dos três grupos amostrais analisados, p. 42

Fig. 32 Distribuição da Enumeração de *Enterococcus* spp. quanto à análise das amostras dos três grupos estudados, p. 42

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Representação da produção pesqueira, em toneladas, das principais espécies e/ou categorias desembarcadas no Estado do Rio de Janeiro, nos anos de 2011 e 2012, e os respectivos percentuais em relação à produção total anual, p. 24

TABELA 2 - Valores obtidos em UFC/g na CBHAM após análise dos filés dos três grupos amostrais, p. 67

TABELA 3 - Valores obtidos em UFC/g na CBHAP após análise dos filés dos três grupos amostrais, p. 71

TABELA 4 - Valores obtidos em UFC/g na enumeração de *Enterococcus* spp. após análise dos filés dos três grupos amostrais, p. 77

TABELA 5 - Valores obtidos pela soma dos julgamentos indicativos de diferença nos atributos entre as amostras fornecidas em cada teste, p. 83

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APC	Ágar Padrão para Contagem
Art.	Artigo
BVT	Bases Voláteis Totais
CBHAM	Contagem de Bactérias Heterotróficas Aeróbias Mesófilas
CBHAP	Contagem de Bactérias Heterotróficas Aeróbias Psicotróficas
cm	Centímetros
CMEIA	Comitê Misto de Especialistas em Irradiação de Alimentos
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
Co ⁶⁰	Cobalto - 60
CO ₂	Dióxido de carbono
Cs ¹³⁷	Césio - 137
CTEX	Centro Tecnológico do Exército
EsVE	Escola de Veterinária
EUA	Estados Unidos da América
eV	Elétron volt
FAERJ	Federação da Agricultura, Pecuária e Pesca do Estado do Rio de Janeiro
FAO	“Food and Agriculture Organization”
FDA	“Food and Drug Administration”
FIPERJ	Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro
Fpm	“Feet per minute”
g	Gramas
Gy	Gray
h	hora
H ₂ S	Gás sulfídrico
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICGFI	“International Consultive Group on Food Irradiation”
ICMSF	“International Commission on Microbiological Specifications for Foods”

IPE	Instituto de Projetos Especiais
JECFI	“Joint Experts Committee on Food Irradiation”
kg	Quilograma
kGy	Quilogray
Kw	Quilowatt
LINAC	Linear Particle Accelerator
log	Logarítmica
meV	Milhão de elétrons volt
mg	Miligramas
min	Minuto
mL	Mililitro
n°	Número
NH ₃	Amônia
nm	Nanômetro
NMP	Número Mais Provável
OMS	Organização Mundial de Saúde
pH	Potencial hidrogeniônico
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RIISPOA	Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal
RJ	Rio de Janeiro
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
seg	Segundo
spp.	Espécies
SSP	Solução Salina Peptonada
t _{1/2}	Meia vida
t	Tonelada
UFC	Unidade Formadora de Colônia
UFF	Universidade Federal Fluminense
WHO	World Health Organization
ZEE	Zona Econômica Exclusiva
β ⁻	Beta negativo
γ	Gama

%	Percentual
>	Maior
<	Menor
±	Mais ou menos
®	Marca registrada
°C	Grau Celsius

SUMÁRIO

RESUMO, p. 7

ABSTRACT, p. 8

LISTA DE ILUSTRAÇÕES, p. 9

LISTA DE TABELAS, p. 11

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS, p. 12

1 INTRODUÇÃO, p. 17

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA, p. 19

2.1 TAXONOMIA E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA, p. 19

2.2 ÁREAS DE PESCA E CAPTURA, p. 23

2.3 MERCADO E VALOR NUTRICIONAL, p. 25

2.4 RADIAÇÕES IONIZANTES, p. 26

2.4.1 **Histórico no mundo e no Brasil**, p. 26

2.4.2 **Conceito e sua aplicabilidade em alimentos**, p. 29

2.4.3 **Legislações**, p. 39

2.5 MICROBIOTA ACOMPANHANTE E DETERIORAÇÃO, p. 42

2.5.1 **Bactérias mesófilas e bactérias psicotróficas**, p. 44

2.5.2 ***Enterococcus spp.***, p. 46

2.5.3 **Análise sensorial**, p. 48

3 MATERIAL E MÉTODOS, p. 51

3.1 COLETA, PREPARAÇÃO E TRANSPORTE DAS AMOSTRAS, p. 51

3.2 IRRADIAÇÃO DAS AMOSTRAS, p. 52

3.3 ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS, p. 54

3.3.1 **Preparo das diluições**, p. 55

3.3.2 **Contagem de Bactérias Heterotróficas Aeróbias Mesófilas**, p. 56

3.3.3 **Contagem de Bactérias Heterotróficas Aeróbias Psicotróficas**, p. 57

3.3.4 **Número Mais Provável de *Enterococcus spp.***, p. 58

3.4 ANÁLISE SENSORIAL, p. 59

3.4.1 **Caracterização dos provadores**, p. 61

3.4.2 **Preparo das amostras**, p. 61

3.4.3 **Condições dos testes**, p. 63

3.4.4 **Teste triangular**, p. 63

3.4.5 **Análise estatística**, p. 65

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO, p. 66

4.1 **ANÁLISE BACTERIOLÓGICA**, p. 66

4.1.1 **Bactérias Heterotróficas Aeróbias Mesófilas e Bactérias Heterotróficas Aeróbias Psicrotróficas**, p. 67

4.1.2 ***Enterococcus spp.***, p. 77

4.2 **ANÁLISE SENSORIAL**, p. 82

5 CONCLUSÕES, p. 86

6 OBRAS CITADAS, p. 87

7 OBRAS CONSULTADAS, p. 94

8 ANEXOS, p. 95

8.1 **TABELA 38**, p. 95

1 INTRODUÇÃO

Em tempos passados o pescado já possuía destaque na alimentação humana, principalmente pelo seu elevado valor proteico, e a pesca, conseqüentemente, como uma atividade econômica de grande importância para uma parcela significativa da população de diversos estados.

No estado do Rio de Janeiro ocorre grande parte do desembarque da pesca da região sudeste, tendo no município de Niterói, a corvina (*Micropogonias furnieri*) entre as espécies mais capturadas.

A corvina, manjuba, sardinha e até mesmo, em menor escala, o camarão, são peixes denominados como de segunda linha e adquiridos normalmente, pelas classes menos favorecidas. Independente da classe social, o pescado é consumido por toda a população, ainda que no Brasil esse não seja um costume diário, devido entre outros fatores ao menor custo de outras fontes de proteína de origem animal e também à cultura de valorização da carne bovina. Ademais, atualmente, o consumidor possui forte consciência e cuidado quanto à qualidade e origem do produto, o que desperta um maior interesse na compra de produtos frescos em prejuízo dos congelados (TONONI, 2013).

Os peixes possuem enzimas autolíticas que fazem com que a decomposição ocorra rapidamente, e ainda mais depressa quando associado à contaminação da superfície externa, ao estresse no momento da captura e à manipulação inadequada. Por isso o emprego dos métodos de conservação deve ser feito o mais prontamente possível, retardando a instalação da deterioração e mantendo o produto fresco por um período maior.

Em comparação a outros países, o Brasil despertou para a importância da irradiação de alimentos mais tarde e começa agora a voltar sua atenção para a aplicação do processo em insumos de origem agrícola e pecuária. Afinal tendo o país um Produto Interno Bruto altamente dependente dessas mercadorias, o emprego dessa tecnologia se faz muito importante, visto que sua utilização possui benefícios como o de elevar o prazo comercial dos alimentos.

A radiação age nos componentes do alimento e nas células bacterianas, produzindo partículas eletricamente modificadas capazes de causar alterações físico-químicas e biológicas, garantindo a comercialização de produtos alimentícios seguros e, conseqüentemente, prevenindo danos à saúde coletiva. Também mantém a qualidade, reduzindo consideravelmente as perdas pós-colheita e durante o período de estocagem, assegurando o abastecimento no período entressafra.

Merece destaque também o fato de não causar danos ao meio ambiente, de permitir um uso mais comedido dos defensivos agrícolas e de não gerar riscos toxicológicos, microbiológicos ou nutricionais quando aplicado em doses de até 10 kGy. Além disso, a aplicação por meio de feixe de elétrons apresenta a vantagem de possuir uma distribuição mais uniforme e do equipamento poder ser paralisado a qualquer momento.

Objetivou-se nesse estudo através de análises bacteriológicas e sensoriais, contribuir para a avaliação da eficiência do processo de irradiação por feixe de elétrons no aumento da validade comercial de filés de corvina (*Micropogonias furnieri*) (PERCIFORMES: SCIAENIDAE) refrigerados e desembarcados no município de Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir são desenvolvidos temas relevantes para o melhor entendimento sobre as características inerentes à corvina (*Micropogonias furnieri*), objeto deste estudo, com relação à captura e à comercialização dessa espécie no estado do Rio de Janeiro (RJ); ao processo de radiação ionizante empregado na indústria alimentícia e sua interferência na qualidade microbiológica e sensorial do pescado em questão.

2.1 TAXONOMIA E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

A corvina (*Micropogonias furnieri*) teve sua espécie descrita originalmente por Desmarest em 1823 (FAO, 2013), pertence à ordem dos Perciformes e família SCIAENIDAE (MORAES et al., 2009).

Os mergulhadores a observam com frequência devido ao fato de não ser uma espécie arisca. Ambos os sexos produzem roncões através de músculos relacionados com a bexiga natatória (CARVALHO FILHO, 1992).

A espécie possui a coloração composta por prateado, dourado e cinza, com estrias escuras oblíquas, que se destacam do restante do corpo, e escamas ao longo da superfície externa, estendendo-se até um pouco abaixo da linha lateral e também parte da coluna vertebral de barbatana dorsal com ausência de pontos escuros (FAO, 2013). Possuem ainda estrias escuras e oblíquas no dorso e flancos, nadadeiras que variam de pálidas a amareladas, sendo a dorsal espinhosa e escurecida, a caudal rombóide e o ventre amarelado (CARVALHO FILHO, 1992). A dorsal apresenta um corte profundo e possui dez espinhos; anal, dois e peitoral, 19 (FAO, 2013).

Além disso, sua morfologia é caracterizada por corpo ligeiramente alongado; boca posicionada na parte inferior, quase que horizontal; dentes em forma de *villus* dando origem à arcada superior e inferior, com o maxilar superior possuindo a linha externa um pouco ampliada; queixo com três a cinco pares de pequenas barbelas ao longo da borda interna da mandíbula inferior; focinho com sete a oito poros; margem

pré-opercular serrilhada, com três a cinco espinhos em ângulo; 22 a 29 guelras curtas e duras no primeiro arco branquial, escamas ctenóides no corpo e topo da cabeça e ciclóides no focinho, face e opérculo (FAO, 2013) (Figura 1).

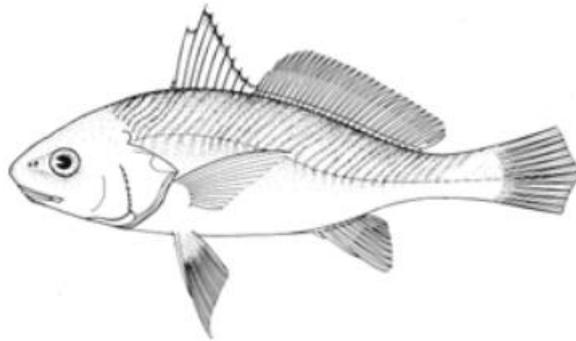


Fig. 1: Desenho ilustrativo da corvina (*Micropogonias furnieri*).
Fonte: FAO (2013).

Dependendo da época do ano, possuem escamas negras, as quais talvez estejam relacionadas ao ciclo reprodutivo (CARVALHO FILHO, 1992).

A fêmea da espécie executa a desova mais de uma única vez no decorrer do período reprodutivo, acontecimento que recebe o nome de desova parcelada. Além disso, a reprodução começa quando as fêmeas alcançam 29 e os machos 24 cm (FIPERJ, 2013a).

São mais comumente encontradas com 45 cm (FAO, 2013), mas podem alcançar até 60 cm e quase 4 kg. Atingem os 35 cm por volta de 1 ano de idade e costumam vir a óbito depois de transcorrido o segundo ano de reprodução, quando possuem cerca de quatro anos. As larvas por sua vez, só apresentam todas as suas nadadeiras aparentes quando atingem 1 cm de comprimento (CARVALHO FILHO, 1992).

Quanto à sua distribuição aparecem no Atlântico Ocidental, do Caribe Central e Sul à Argentina (ibid.). Já segundo a FAO (2013) são encontradas no Atlântico Ocidental, pegando a maioria das Antilhas e seguindo ao longo da costa sul do Caribe e da costa atlântica da América do Sul, de Costa Rica à Argentina (Figura 2).



Fig. 2: Mapa de representação das áreas de distribuição da corvina (*Micropogonias furnieri*).
Fonte: FAO (2013).

É um pescado importante e normalmente comercializado fresco ou salgado, apresentando em 1996, segundo estimativas do site da FAO (2013), uma captura total de 78.698 t, sendo Uruguai e Argentina os países em destaque com 25.745 t e 23.514 t, respectivamente (Figura 3).

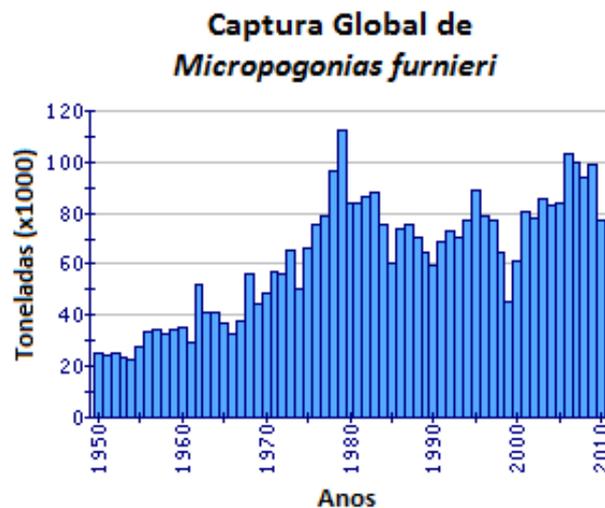


Fig. 3: Captura global de *Micropogonias furnieri*.
Fonte: FAO (2013).

Os métodos de captura utilizados são redes de arrasto de fundo, arrasto de tangones, rede de cerco, rede de emalhe e espinhel (FAO, 2013) (Figura 4).

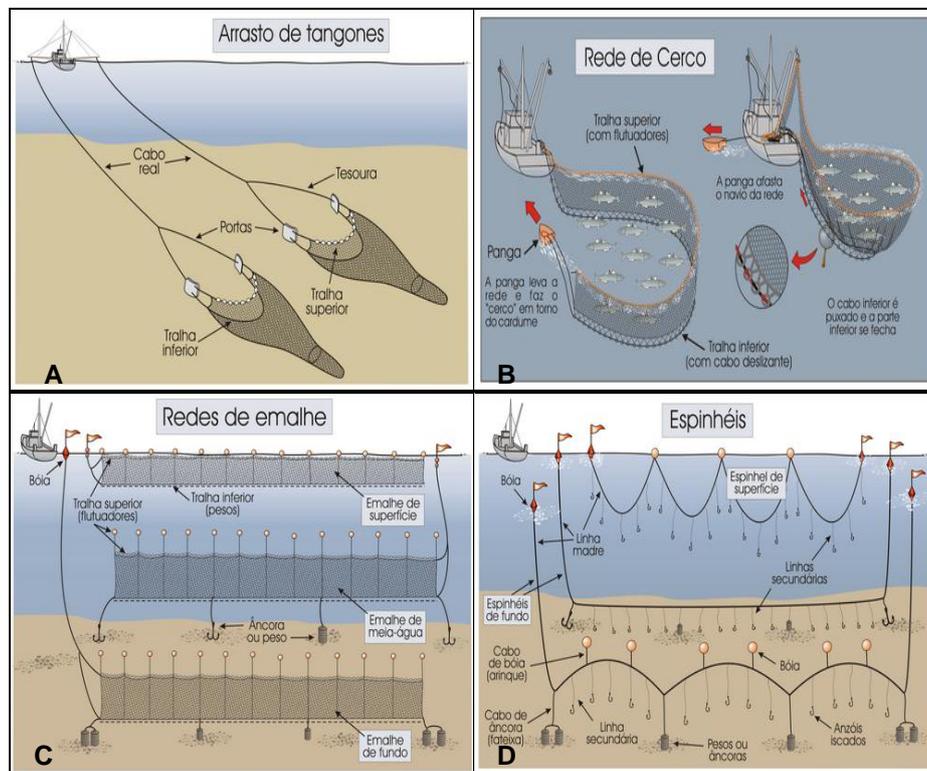


Fig. 4: Métodos de captura da corvina (*Micropogonias furnieri*): A) Arrasto de tangones; B) Rede de cerco; C) Redes de emalhe; D) Espinhéis.
Fonte: GEOPROF (2013).

A alimentação varia de acordo com o desenvolvimento ontogenético e com as características sazonais, os jovens se alimentam de crustáceos bentônicos migratórios e moluscos chatos sésseis, enquanto que os adultos são bentófagos e ocasionalmente ingerem peixes (ibid.). Segundo Carvalho Filho (1992), além dos crustáceos, moluscos e peixes pequenos os vermes também estão incluídos na sua alimentação, enquanto que os jovens se alimentam de zooplâncton.

Realizam migração sazonal, mas geralmente habitam águas costeiras de fundo arenoso e mais lamacento, a cerca de 60 metros de profundidade (FAO, 2013). Além disso, podem ser avistadas em estuários, mais comumente as formas jovens, as quais se alimentam e crescem nesse ambiente (MENEZES;

FIGUEIREDO, 1980). São encontradas em grupos ou cardumes (CARVALHO FILHO, 1992).

2.2 ÁREAS DE PESCA E CAPTURA

A pesca é considerada uma das mais remotas atividades econômicas praticadas pelos seres humanos e hodiernamente, a última fundamentada no extrativismo animal que é executada em escala industrial. No entanto, há uma grande discrepância quando são comparados os interesses do extrativismo e os da indústria, o que se agrava ainda mais quando se trata de um local com os atributos do estado fluminense, e que torna essa atividade tão complexa (FAERJ; SEBRAE, 2009).

Essa atividade está intimamente associada a outros importantes elementos - histórico-culturais, ambientais, sociais, políticos e econômicos - os quais precisam ser estudados de forma complementar, afim de fornecer um panorama mais incorporado da pesca e de suas particularidades (ibid.).

A intensa exploração da pesca no estado do Rio de Janeiro pelo setor industrial sem atentar com os cuidados exigidos pela matéria-prima e mercado consumidor, geraram um declínio na produtividade pesqueira e aumento dos gastos gerados com a captura, elevando, portanto, o preço desses produtos e reduzindo sua competitividade quando em paralelo com carnes de outras espécies animais, como aves e suínos, as quais tiveram seus preços reduzidos (ibid.).

No Rio de Janeiro a pesca é considerada uma atividade socioeconômica em evidência, tendo como um dos fatores o seu importante posicionamento em relação à produção de pesca marinha, sendo responsável por cerca de 80 mil t/ano, conquistando a 4ª posição na produção brasileira e 2º maior mercado consumidor do país, além de empregar um grande número de trabalhadores (FIPERJ, 2011; FIPERJ, 2013a).

A costa marítima do estado possui um fenômeno natural denominado ressurgência, que consiste no afloramento de águas frias e ricas em nutrientes para

camadas mais superficiais, enriquecendo as águas da plataforma e garantindo a diversidade e produtividade de muitas espécies (FIPERJ, 2013a).

Niterói e São Gonçalo são municípios que merecem destaque quando o assunto é pesca, por serem considerados os principais locais de desembarque da captura, para posterior escoamento para a Central de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro – CEASA, localizada no bairro de Irajá (ibid.).

Entre as principais espécies capturadas no município de Niterói/RJ estão: sardinha-verdadeira, bonito-listrado, dourado, corvina e merluza (FIPERJ, 2011) (tabela 1).

Tabela 1: Representação da produção pesqueira, em toneladas, das principais espécies e/ou categorias desembarcadas no Estado do Rio de Janeiro, nos anos de 2011 e 2012, e os respectivos percentuais em relação à produção total anual.

Estado do Rio de Janeiro					
2011			2012		
Pescado	Produção (t)	%	Pescado	Produção (t)	%
Sardinha-verdadeira	44.628	56,5	Sardinha-verdadeira	40.604	44,8
Bonito-listrado	4.028	5,1	Cavalinha	14.738	16,3
Sardinha-laje	2.482	3,1	Bonito-listrado	5.927	6,5
Savelha	2.222	2,8	Savelha	4.134	4,6
Galo	1.912	2,4	Dourado	1.681	1,9
Dourado	1.839	2,3	Xerelete	1.499	1,7
Xerelete	1.531	1,9	Merluza	1.455	1,6
Corvina	1.370	1,7	Corvina	1.144	1,3
Merluza	1.049	1,3	Trilha	992	1,1
Atum	954	1,2	Peruá-chinelo	949	1,0
Outros	16.977	21,5	Outros	17.566	19,4
Total	78.991	100,0	Total	90.689	100,0

Fonte: FIPERJ (2013a).

A arte de pesca utilizada para a captura passiva da corvina é a emalhe, caracterizada por uma rede extensa, presa a boias que marcam sua posição,

podendo ser fixa ou à deriva, na superfície ou no fundo, também empregada na pesca de peixe-sapo, peruá, anchova e bonito (FIPERJ, 2013b).

Podem ser utilizadas ainda, redes de arrasto de porta, de espera e cercos para captura desses animais (CARVALHO FILHO, 1992).

No ano de 2011, a maioria das corvinas desembarcadas foi capturada pelos métodos de emalhe de fundo (61%) e cerco (32%), enquanto que em 2012 o cerco foi responsável por 69% e o emalhe por 22%. Em ambos os anos, a terceira posição foi ocupada pelo arrasto duplo com 4% (FIPERJ, 2013a).

Levando em consideração a crise oriunda das operações realizadas pelas embarcações cerqueiras, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) criou a Portaria nº 43, de 24 de setembro de 2007, a qual estabelece a proibição da captura, transporte e desembarque da corvina (*Micropogonias furnieri*) entre outras espécies, por este tipo de embarcação (traineiras) no Mar Territorial e Zona Econômica Exclusiva - ZEE das regiões Sudeste e Sul, legislação essa que vai de encontro com o destaque do cerco nos anos de 2011 e 2012, como principal arte de pesca para captura dessa espécie (BRASIL, 2007; FIPERJ, 2013a).

No ano de 2012, no Programa de Monitoramento da Pesca no Estado do Rio de Janeiro – Estatística Pesqueira, foram realizados estudos por amostragens biológicas utilizando três espécies de grande importância para a pesca industrial, a corvina (*Micropogonias furnieri*), o peixe-sapo (*Lophius gastrophysus*) e a sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*). Em relação ao desembarque de 2.524 viagens, verificaram uma captura de 1.142.248 kg de corvina, correspondente a 1,26% da produção global de pescado (FIPERJ, 2013a).

2.3 MERCADO E VALOR NUTRICIONAL

A carne de peixe constitui em muitos países a proteína de origem animal de maior consumo, com destaque para os pertencentes aos continentes, Europeu e Asiático. Fato esse que se deve ao alto valor biológico de suas proteínas, as quais

trazem benefícios à saúde tão quanto à carne bovina (GERMANO; GERMANO, 2011).

O comércio da corvina possui destaque no litoral sudeste, devido ao grande volume de animais desembarcados nos portos dessa região (MENEZES; FIGUEIREDO, 1980). Ademais, a carne é bem aceita e admirada, auxiliando a indústria pesqueira no Atlântico Ocidental, com ênfase para o Sudeste do Brasil (CARVALHO FILHO, 1992).

Quando fresca, sua composição, considerando uma porção de 100 g possui uma maior proporção de proteína (20,80 g), em seguida vêm os lipídeos (1,20 g), além de Fósforo (198 mg), Cálcio (38 mg) e Ferro (1,10 mg), correspondendo no total a 100 calorias (FRANCO, 1998).

2.4 RADIAÇÕES IONIZANTES

2.4.1 Histórico no mundo e no Brasil

No decorrer dos anos e após a publicação de inúmeros estudos sobre a energia nuclear e as radiações ionizantes, diversas técnicas foram criadas e as suas aplicações visando beneficiar a humanidade são indiscutíveis, principalmente, no que diz respeito aos avanços na saúde (médica e farmacêutica) e na agricultura. Dessa forma, uma das grandes vantagens dessa tecnologia é a possibilidade de se irradiar alimentos, prática essa que está em constante crescimento em todo o mundo.

Logo após a descoberta da radioatividade por Henri Becquerel em 1895, surgiu o interesse na aplicação da radiação para outros fins (SATIN, 1997). A irradiação de alimentos teve início no século XX, pouco depois da descoberta dos raios X, em 1895 por Wilhelm Conrad Röntgen (GOLDBLITH¹, 1966 apud SIRENO, 2004).

¹ GOLDBLITH, S. A. *Historical Development of food irradiation*. In: Joint international atomic energy agency and food and agriculture organization of united nations and help food irradiation. Proceedings of the international simposium of food irradiation. Vienna, IAEA, 1966.

Com o passar dos anos, o processo foi testado para diferentes tipos de alimentos e finalidades. Aos poucos, a aplicabilidade dessa tecnologia começou a se mostrar eficaz, de forma a diminuir as perdas de produtos durante o período de estocagem, principalmente cereais; eliminar insetos, ovos e larvas de folhas de tabaco, e também *Trichinella spirallis* da carne suína. Além disso, em 1930, O. Wüst já falava na destruição total de bactérias em alimentos embalados, pelo uso da utilização de raios X. No entanto, a não viabilidade da aplicação a nível comercial fez com que a ideia não fosse aceita naquele momento (DIEHL, 1990; SATIN, 1997).

Um dos fatores determinantes para o retardo da aceitação e aplicação dessa tecnologia, até os dias atuais, é o fato de que mesmo que a irradiação de alimentos só tenha alavancado a partir do início da década de 50, não deixou de ser considerada, para os que a desconheciam, como uma técnica vinculada à bomba atômica e a radiação nuclear (SATIN, 1997).

A partir do final da Segunda Guerra Mundial, deu-se início há uma nova etapa dos estudos em irradiação de alimentos, dentre outros motivos, pelo desenvolvimento tecnológico proporcionado por esse momento histórico. E já em 1947, surgiu o interesse pela irradiação através de aceleradores de elétrons, devido a uma publicação de dois cientistas alemães, Arno Brasch and Wolfgang Huber (DIEHL, 1990).

Muitos estudos foram realizados em diversos países até que a irradiação de alimentos fosse considerada um processo executável em nível comercial, e permaneceram sendo realizados para a comprovação da segurança dessa tecnologia (SATIN, 1997).

Ainda no pós-guerra, em 1953, foi implantado o programa “Átomos para a Paz”, administrado pela Assembleia Geral das Nações Unidas. Outros países também se inseriram com a finalidade de descobrir formas de utilização da energia atômica que não oferecessem risco, entre as quais a utilização na conservação de alimentos (MOLINS, 2001).

Desde 1953, no Exército dos Estados Unidos da América (EUA) ocorreu o empenho em pesquisas com destaque para a conservação de alimentos utilizando-

se a irradiação. A partir de 1960 os experimentos foram direcionados para o desenvolvimento de produtos cárneos esterilizados com a utilização dessa tecnologia, afim de utilizá-los como ração militar, no lugar de enlatados e congelados. Foi o sucesso em diversos estudos americanos que chamou a atenção, da metade para o final dos anos 50, para que países como a Bélgica, Canadá, França, Alemanha, Países Baixos, Polônia, União Soviética e Reino Unido, se conscientizassem sobre a importância do processo e também investissem em pesquisas sobre a aplicação de radiações ionizantes em alimentos (DIEHL, 1990).

Em 1958, no “Food and Drug Administration” (FDA) houve o pronunciamento contrário à irradiação de alimentos, o que promoveu a paralização de empresas que já o utilizavam comercialmente. Fato esse que acabou atrasando o processo cerca de 20 anos (MORROS, 2002).

Com o passar dos anos, os experimentos realizados desde o alerta do FDA foram estudados por um grupo formado pela “Food and Agriculture Organization” (FAO), Organização Mundial de Saúde (OMS) e a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), o qual foi denominado de Comitê Misto de Especialistas em Irradiação de Alimentos (CMEIA) ou “Joint Experts Committee on Food Irradiation” (JECFI), no qual por sua vez, em 1980, declarou-se que essa técnica não possuía riscos toxicológicos, microbiológicos e nutricionais desde que aplicada em doses de até 10 kGy (WHO, 1981). Contudo, alguns países ainda desconfiavam da falta de segurança desses produtos e se sentiam indecisos para a liberação à comercialização (DIEHL, 1990).

Segundo o *Codex Alimentarius* Commission (1995), a técnica foi normatizada em 1983 por esse órgão e é aplicada em muitos países para atender a demandas internas e externas.

Em 1960, tiveram início os estudos sobre a aplicação de radiações ionizantes em produtos alimentícios no Brasil, contudo em 1970 foram interrompidos e só em 1984 que voltaram a acontecer, devido à proibição do uso de tratamentos quarentenários com agentes fumigantes como, por exemplo, o brometo de metila,

que causaram a interrupção nas exportações de alguns produtos brasileiros como, mamão e manga para os EUA e para o Japão (AIEA, 1989² apud SIRENO, 2004).

Em 1969 o Exército Brasileiro em conjunto com a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e o grupo Interministerial de Trabalho (Ministério do Exército/ Ministério da Saúde/ Ministério da Agricultura), iniciou os experimentos na área de aplicação de radiações ionizantes em alimentos, criando o Plano Nacional de Irradiação de Alimentos, do qual fizeram parte também laboratórios oficiais, afim de analisar os produtos alimentícios submetidos ao processo. Em 1970 foi a vez da Escola de Veterinária (EsVE), localizada em São Cristóvão, se responsabilizar pelas análises biológicas em batata inglesa e milho determinadas pela AIEA. Em 1992, o IPE/CTEX, situado em Guaratiba/RJ ficou responsável pelos estudos, utilizando a radiação gama com Césio - 137 (Cs^{137}), sendo considerada a maior instalação utilizada apenas para pesquisas no país. E em 1999, foi criado o Curso de Especialização em Irradiação de Alimentos da Universidade Federal Fluminense (UFF), por um convênio com o Exército, afim de aproveitar os estudos anteriormente realizados por esse órgão (VITAL, 2000).

2.4.2 Conceito e sua aplicabilidade em alimentos

O conceito de radiações ionizantes segundo a RDC n° 21, de 26 de janeiro de 2001 é “qualquer radiação que ioniza átomos de materiais a ela submetidos, sendo consideradas como tal, apenas as de energia inferior ao limiar das reações nucleares que poderiam induzir radioatividade no alimento irradiado” e, portanto, irradiação de alimentos para essa mesma legislação é definido como “processo físico de tratamento que consiste em submeter o alimento, já embalado ou a granel, a doses controladas de radiação ionizante, com finalidades sanitária, fitossanitária e ou tecnológica” (BRASIL, 2001a).

Os alimentos podem ser submetidos a diferentes tipos de radiações ionizantes, as quais conforme as normas pertinentes foram autorizadas pela CNEN,

² AIEA. Agência Internacional de Energia Atômica. *Radiation Preservation of Fishery Products*. Viena, 1989.

como: radiação gama, a qual corresponde a raios gama oriundos de isótopos radioativos, onde os mais comumente utilizados são o Cs^{137} e o Cobalto - 60 (Co^{60}); irradiação por feixe de elétrons (até 10 meV) e raios X (até 5 meV) (BRASIL, 2001a; FELLOWS, 2006).

A radiação gama a partir do Cs^{137} e Co^{60} é mais comumente utilizada para irradiação comercial. No entanto, tal processo não pode ser interrompido, visto que a fonte que emite esse tipo de energia não pode ser desligada, e por isso é mantida submersa num tanque subterrâneo com água, onde a energia não se propaga, para que possa ocorrer a movimentação de profissionais na sala de irradiação (FELLOWS, 2006) (figuras 5 e 6).

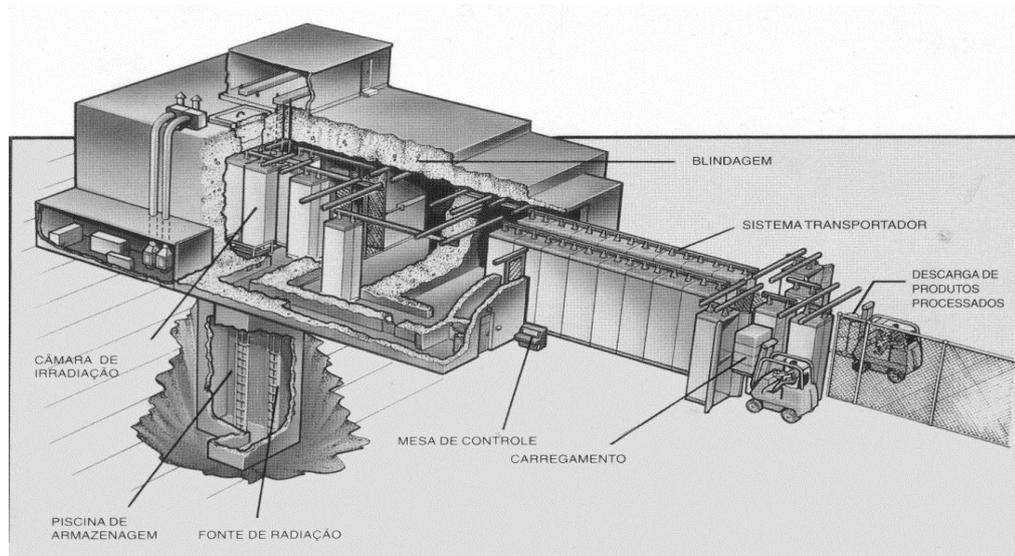


Fig. 5: Representação esquemática de um irradiador de raios gama.
Fonte: Crespo (2013).

As fontes de radiação gama, de Cs^{137} e Co^{60} , possuem elevado poder de penetração. As de Cs^{137} são subprodutos da fissão do U^{235} dos elementos combustíveis dos reatores nucleares e são obtidos pelo reprocessamento do

combustível irradiado. Além disso, emite radiação gama com energia de 0,696 MeV e possui uma meia vida ($t_{1/2}$) bastante longa, de 30,15 anos (informação verbal)³.

As de Co^{60} são obtidas pela irradiação do cobalto natural (Co^{59}), que é irradiado com nêutrons térmicos em reatores produtores de radioisótopos. Os nêutrons térmicos possuem energia média de 0,027 eV. O Co^{60} decai emitindo radiação β^- e γ , com energias de 1,17 MeV e 1,33 MeV. A meia vida do Co^{60} , diferente da do Cs^{137} , é bastante curta, de apenas 5,271 anos (ibid.).

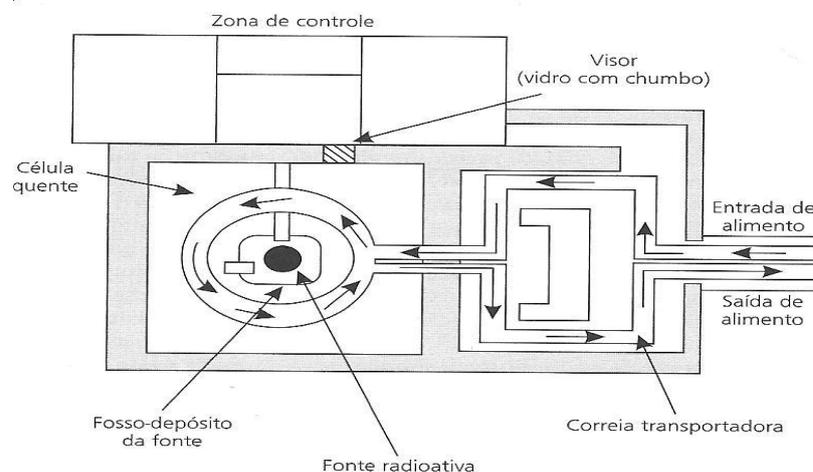


Fig. 6: Esquema de câmara de irradiação de tratamento contínuo por radiação gama.
Fonte: Ordóñez et al. (2005).

Enquanto que os aceleradores de elétrons utilizam energia elétrica e possuem um cátodo aquecido para fornecer elétrons e um tubo com vácuo, onde os elétrons são acelerados por um campo eletrostático de alta voltagem, e para a formação dos raios X é colocado um alvo de metal pesado, onde esses elétrons incidem e os produzem (JAY, 2005) (figura 7).

³ Comunicação feita por Mauro Carlos Lopes Souza em fevereiro de 2013 na Universidade Federal Fluminense.

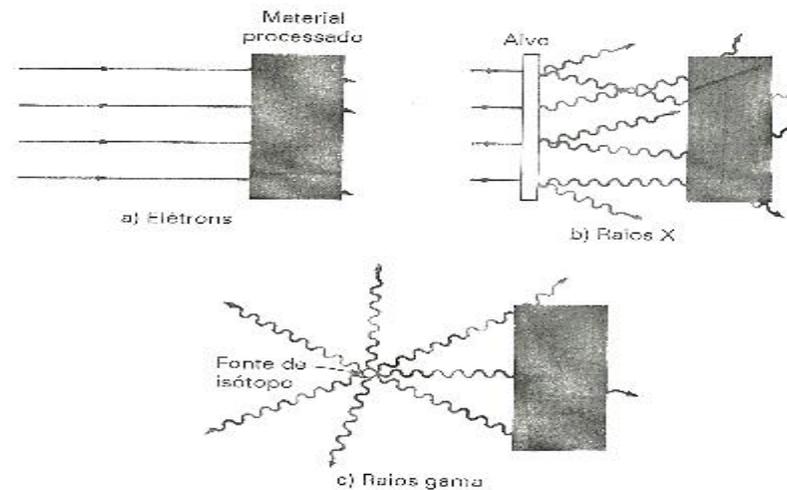


Fig. 7: Três técnicas básicas para o processamento por radiação – intervenção de elétrons, raios x e raios gama.
 Fonte: Koch e Eisenhower⁴ (1965) apud Jay (2005).

Como vantagens da aplicação dos feixes, destaca-se o fato do acelerador ser um equipamento que pode ser desativado a qualquer momento, interrompendo o processo e o reiniciando quando for necessário. Além disso, também possui benefícios como: a capacidade de direcionamento dos feixes, garantindo uma aplicação homogênea (FELLOWS, 2006) (figuras 8 e 9), a alta eficiência do processo, o transporte desse tipo de fonte poder ser realizado sem exigir a presença de um escudo de radiação, a corrente e a energia do raio serem ajustáveis conforme o objetivo do tratamento desejado e a opção de convertê-los em raios X, quando forem aplicados em produtos com espessura superior às que seriam alcançadas pelos feixes (JAY, 2005).

⁴ KOCH, H. W.; EISENHOWER, E. H. Radiation preservation of foods. In: _____. *Electron accelerators for food processing*. Washington, DC: National Research Council, National Academy of Science. 1965. p. 149-180.

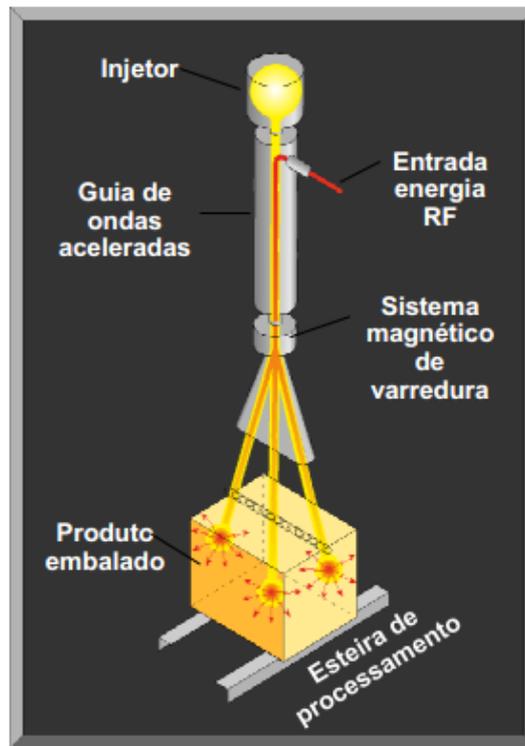


Fig. 8: Representação de um irradiador por feixe de elétrons.
Fonte: Prado (2009).

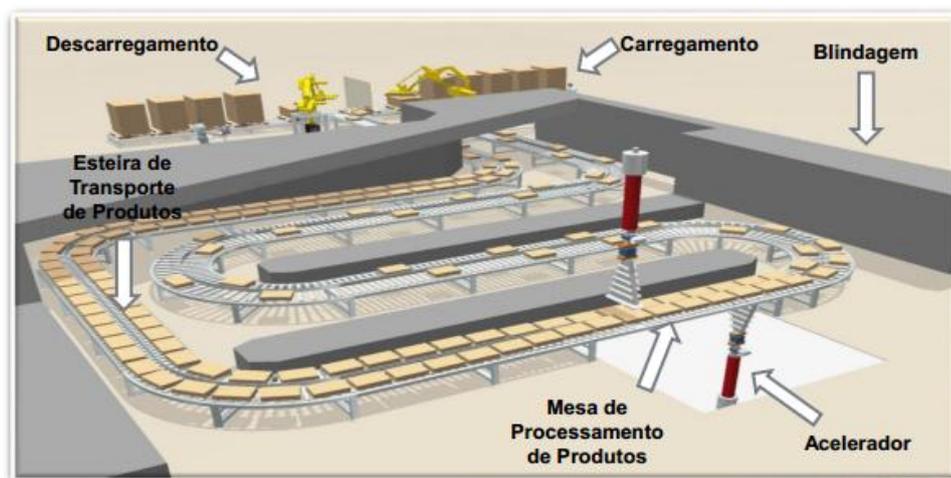


Fig. 9: Esquema de câmara de irradiação por feixe de elétrons.
Fonte: Prado (2009).

A unidade que indica a dose absorvida pelo produto irradiado é conhecida como “Gray” (Gy) (equivalente a absorção de 11 Joule/kg do alimento), a qual é comumente expressa em kGy (mil vezes maior). Do mesmo modo é importante o

conhecimento de que a energia adquirida por um elétron em movimento através de um potencial de 1 V é classificada como elétron volt (eV). O eV é considerado uma das medidas de intensidade de irradiação sendo normalmente representado por uma unidade um milhão de vezes maior, o meV (JAY, 2005). Além disso, existe o conceito de taxa de dose, a qual corresponde à variação de dose no tempo, sendo representada por Gray por hora (Gy/h) ou Gray por minuto (Gy/min) (SCHABERLE; SILVA, 2014).

Segundo a legislação vigente no país, dose é a “quantidade de energia absorvida pelo alimento por unidade de massa”, sendo a dose mínima absorvida estabelecida como a suficiente para alcançar a finalidade pretendida e a máxima, a inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e ou os atributos sensoriais do alimento (BRASIL, 2001a).

Os feixes de elétrons, também classificados como um tipo de radiação beta, são produzidos por geradores de Van de Graaff ou “Linear Particle Accelerator” (LINAC). Possuem um poder de penetração inferior à radiação gama, no entanto, a velocidade das partículas produzidas por um acelerador desse tipo é de 10^3 a 10^6 Gy/seg, enquanto que do Co^{60} é de 1 a 100 Gy/min (JAY, 2005) (figura 10). A taxa de dose dos aceleradores permanece constante, variando-se a dose pela velocidade da esteira transportadora e conseqüentemente o tempo de exposição do produto ao feixe (ACELÉTRON, 2014).

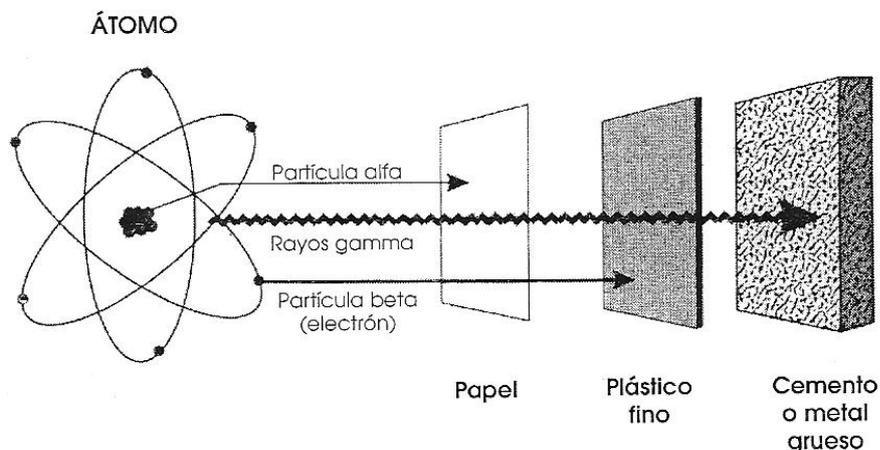


Fig. 10: Esquema representativo do poder de penetração dos raios alfa, beta e gama.
Fonte: Satin (1997).

Assim como todo método de conservação, a aplicação da radiação ionizante tem suas restrições. Ademais, não possui efeito residual o que exige a posterior aplicação de outros métodos (RIEDEL, 2005).

Sua utilização objetivando a conservação de alimentos é permitida em 38 países, de forma a destruir microrganismos ou inibir alterações bioquímicas (FELLOWS, 2006). A destruição dos microrganismos é ocasionada por alterações em suas estruturas, as quais ocorrem pela remoção de elétrons de seus átomos. No entanto, não só esses organismos são atingidos, como também as moléculas que compõem o alimento, podendo ocorrer modificações sensoriais e até mesmo nutricionais (RIEDEL, 2005).

A interação da radiação com as células produz o que se chama de efeitos diretos e indiretos. Os diretos ocorrem quando há interação com os átomos da molécula de DNA, interferindo na reprodução celular, ou com alguma outra estrutura fundamental à manutenção da vida desses organismos. Já os efeitos indiretos surgem devido à interação da radiação com elementos como, por exemplo, a água, presente em grande proporção nas células, produzindo radiólise (USNRC, 2014).

Este fato acontece porque quando empregadas nos alimentos, seja por feixe de elétrons ou radiações gama, ocasionam a formação de íons, e estimulam átomos ou as próprias moléculas da matéria, correspondendo ao efeito primário da radiação. Enquanto que o secundário é resultante da agitação molecular que promove a formação de novas partículas eletricamente modificadas, além dos chamados radicais livres, que possuem a capacidade de se recombinar e dimerizar produzindo substâncias distintas das que inicialmente pertenciam à constituição do produto (ORDÓÑEZ et al., 2005). Esses radicais, muitas vezes, podem ser tóxicos e ocasionar a destruição celular, auxiliando conseqüentemente, na eliminação de alguns microrganismos (USNRC, 2014).

Alguns efeitos indesejáveis podem ocorrer nos produtos que sofreram o processo de irradiação, sejam eles ocasionados direta ou indiretamente. (JAY, 2005). A própria água, presente na composição dos alimentos, por sua vez, é acometida pelo processo de radiólise, o qual promove a quebra das ligações entre suas moléculas dando origem a novos compostos como, por exemplo: hidrogênio,

peróxido de hidrogênio e radicais hidrogênio, hidroxila e hidroxiperoxila (FELLOWS, 2006). Por esse motivo, células secas são menos sensíveis à radiação do que as úmidas, e as congeladas menos do que as não congeladas (FELLOWS, 2006; FRANCO; LANDGRAF, 2008).

As proteínas e os compostos nitrogenados de uma forma geral vêm demonstrando alta sensibilidade ao processo, havendo a formação de NH_3 , Hidrogênio, CO_2 , H_2S , amidas e carbonilas. No entanto, essa formação depende, entre outros elementos, da dose empregada, temperatura, concentração de oxigênio na embalagem ou no local, umidade (JAY, 2005), da espessura do produto, tipo de radiação empregada, velocidade da esteira rolante e presença de outras substâncias intrínsecas ao alimento.

Quando irradiados em embalagens a vácuo, ocorre uma diminuição da interferência nas características sensoriais do produto, no que diz respeito à formação de odores e sabores indesejáveis, pois a ausência do oxigênio dificulta a formação de peróxidos (ibid.).

Acredita-se que as reações ocasionadas pela radiólise, tanto nas proteínas quanto nos carboidratos, são facilitadas quando na presença da água, além disso, quanto maior a dose utilizada durante a irradiação, maior será o poder de solubilização do amido. No caso dos carboidratos, tendo como exemplo o amido, os compostos formados após ser submetido à radiação ionizante são as dextrinas, maltose e glicose, que acabam reduzindo a viscosidade dos polissacarídeos que se encontram em solução (FERREIRA, 1999).

Segundo Jay (2005), muitos autores já comprovaram que quando irradiados, os lipídeos e as gorduras também produzem compostos como as carbonilas e demais produtos de oxidação, principalmente quando o processo não é realizado a vácuo, o que acaba gerando alterações sensoriais e a mais fácil de ser identificada é o ranço oxidativo.

Diehl (1990) salientou que esse tipo de tratamento ocasiona alterações na composição química dos alimentos, o que pode acabar afetando o valor nutricional dos mesmos.

Em geral, os macronutrientes, como proteínas, carboidratos e lipídeos não têm seus valores nutricionais e sua digestibilidade significativamente alterados pela irradiação. Já no caso das vitaminas, algumas são mais sensíveis ao processo e conforme mais alta a dose empregada, maior serão as suas perdas e por isso devem-se aumentar os cuidados com esses alimentos. A vitamina C (ácido ascórbico) é a mais afetada pela radiação, podendo haver perda de até 50% em certos casos (DIEHL, 1990).

A interferência da irradiação sobre as vitaminas se deve a diversos fatores, tais como a dose de irradiação, a composição do alimento, a variação de tempo entre o momento em que o alimento foi submetido ao processo e a avaliação do percentual vitamínico, além das condições de armazenamento do produto após processamento. Ademais, as perdas nutricionais em alimentos irradiados podem ser semelhantes ou até em menor valor, do que quando comparadas a outros métodos tradicionais de conservação como o aquecimento e a secagem (ibid.).

Os minerais e os oligoelementos, ou elementos traços, não são afetados pela irradiação, de forma que não há evidências que comprovem que a biodisponibilidade desses elementos é afetada por esse método (ibid.).

Os radicais livres, quanto à sua carga, são moléculas neutras responsáveis por alterações no produto irradiado, reações essas denominadas como radiólise, as quais ocasionam a destruição de microrganismos, insetos e parasitas que podem estar presentes (FELLOWS, 2006) (figura 11).

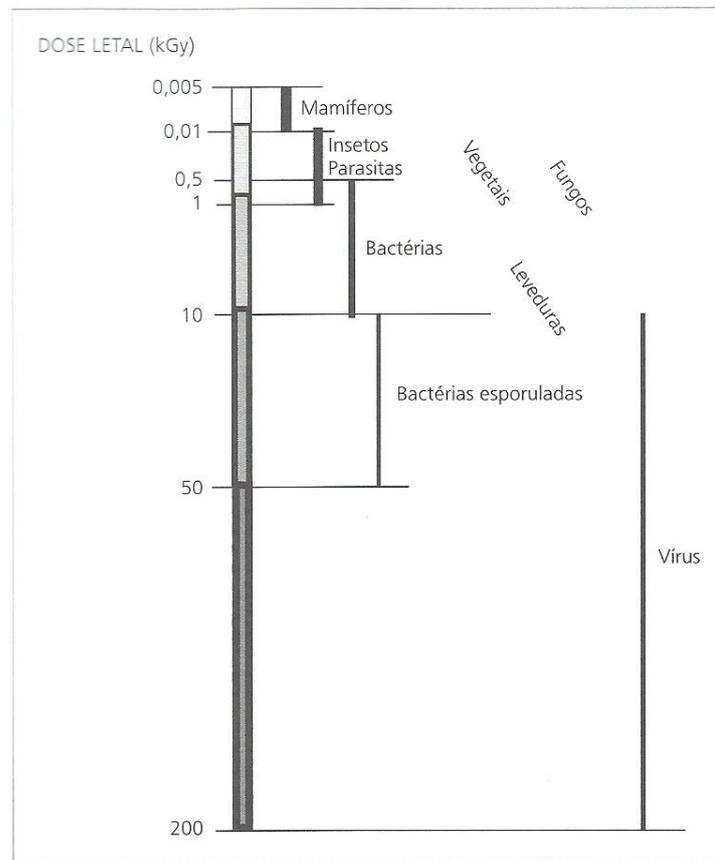


Fig. 11: Faixas de doses empregadas para eliminação de diferentes organismos vivos.
Fonte: Ordóñez et al. (2005).

A radiação bem aplicada é quando se atinge o efeito desejado, aumentando a validade comercial do alimento e utilizando a dose que produza o menor efeito possível sobre seus constituintes, evitando alterações que reduzam a qualidade nutricional e sensorial do alimento (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Conforme as doses empregadas e a semelhança com os processos térmicos tradicionais utilizados para retardar/inibir o crescimento de microrganismos ou, até mesmo, capazes de gerar outros efeitos benéficos nos alimentos, os procedimentos com radiações ionizantes receberam distintas classificações. São elas: radapertização, processo que se assemelha com a esterilização comercial, no entanto, nesse caso “a frio”, de forma que são eficazes na diminuição do número e da atividade das formas microbianas viáveis. As doses utilizadas podem variar entre 25 e 50 kGy, não sendo capaz, portanto, de eliminar vírus; radicação, abrange

doses entre 2 e 10 kGy com o objetivo de destruir microrganismos patogênicos não esporulados; radurização, aplicação de doses entre 0,4 e 10 kGy, desde que não modifiquem o produto e reduzam a carga microbiana responsável pelas alterações, objetivando estender a validade comercial do alimento. No entanto, modernamente, há outra classificação, que também adota a dose empregada como parâmetro, contudo, considera-se dose baixa, até 1 kGy; dose média, de 1 a 10 kGy; dose alta, de alta de 10 a 50 kGy (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Além das propriedades anteriormente descritas, a radiação retarda o amadurecimento de frutas, auxilia na manutenção das hortaliças, atua eliminando insetos e larvas através da desinfestação de grãos e frutas e inibindo o brotamento (ibid.).

Algumas de suas características, como: o fato de não haver a ação do calor incidindo diretamente no alimento; do alimento poder ser irradiado em sua embalagem final, diminuindo a manipulação e o risco de uma possível recontaminação ao final do processo; de poder ser aplicada em alimentos congelados e frescos, além de ser um método rápido, que possui um baixo custo operacional capaz de irradiar pequenos lotes ou grandes volumes e de não poluir o meio ambiente, uma vez que não produz substâncias tóxicas, químicas ou radioativas, são algumas outras vantagens dessa tecnologia (PRADO, 2009).

A maior desvantagem referente a esse método de conservação é o alto custo de implantação da planta. No entanto, algumas outras questões ainda são levantadas contra o processo como, por exemplo, a perda do valor nutricional, a possível resistência adquirida pelos microrganismos, o preconceito da população devido à associação da técnica à indústria nuclear e a produção de produtos radioativos, entre outras questões (FELLOWS, 2006).

2.4.3 Legislações

Existem algumas legislações referentes à irradiação de alimentos, seus limites e restrições. No entanto, em cada país é adotada a sua, quando existente, ou a que considera melhor para sua produção e população.

No Brasil, a que atualmente vigora é a RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001, onde são estabelecidos os requisitos gerais para o uso da irradiação de alimentos com vistas à qualidade sanitária do produto final, e se aplica a todos os alimentos tratados por irradiação. Foi criada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para aprovar o Regulamento Técnico de Irradiação de Alimentos, revogando assim, as portarias DINAL nº 09/1985 e nº 30/89 anteriormente em vigor (BRASIL, 2001a).

Ademais, entre outras determinações, na Resolução ainda consta que no rótulo dos alimentos submetidos ao processo devem constar, os dizeres normalmente exigidos em geral e específico para cada alimento, além de possuir no painel principal: "ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO", com as letras de tamanho não inferior a um terço (1/3) do da letra de maior tamanho nos dizeres de rotulagem. O que também é necessário quando o produto irradiado for adicionado a outro alimento, apresentando essa informação na lista de ingredientes, entre parênteses, ao lado do nome do respectivo ingrediente e em produtos a granel tratados com irradiação, sendo afixados cartazes, placas ou assemelhado, com o escrito (ibid.).

Internacionalmente, o alimento submetido a esse tipo de processo pode ser identificado pelo escrito ou pode ser utilizado um símbolo específico, o qual é denominado de "radura". No entanto, no Brasil, o símbolo só pode ser utilizado se acompanhado do escrito, pois apenas o segundo consta na legislação vigente e também devido ao elevado número de pessoas que desconhecem o significado da figura (figura 12).



Fig. 12: Radura: símbolo Internacional para identificação de alimento submetido ao processo de conservação pelas radiações ionizantes.

Fonte: Modificado de Ferreira (2010).

Já no restante do mundo, no decorrer dos anos participaram da formulação e regulação da irradiação de alimentos, diferentes órgãos, entre eles: o FDA, a FAO, a AIEA e a OMS.

Entre outras funções, a AIEA é responsável pela promoção e fomento das aplicações pacíficas da energia nuclear, enquanto que o papel principal da FAO seria o de garantir a redução das alterações que ocorrem nos alimentos e as perdas no período pós-colheita a nível mundial e também assegurar um avanço geral na qualidade, nutrição e segurança alimentar e a OMS, por sua vez, promover a saúde coletiva, de forma a diminuir a ocorrência de doenças de origem alimentar (SATIN, 1997).

É responsabilidade do “International Consultive Group on Food Irradiation” (ICGFI) ou Grupo Consultivo Internacional em Irradiação de Alimentos, composto por representantes dos três órgãos citados no parágrafo anterior, adequar as legislações internacionais e compor diretrizes que incluam as boas práticas de fabricação e as formas corretas de aplicação da irradiação em diferentes tipos de alimentos,

servindo como um guia para o comércio, inclusive internacional (CNEN⁵, 1997 apud SIRENO, 2004).

Em 1999, na FAO foi aprovado o uso da irradiação como tratamento para preservação de alimentos, comprovando que doses acima de 10 kGy não comprometem a saúde dos consumidores, por não ocasionarem efeitos indesejáveis que interfiram na qualidade nutricional e toxicológica dos alimentos (CAMARGO, 2007), isso porque são utilizadas em níveis de energia inferiores aos que poderiam induzir radioatividade (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Também é de grande importância o auxílio do Comitê *Codex Alimentarius*, o qual em 1983 foi o responsável pela formulação de diretrizes e recomendações internacionais para alimentos irradiados, através da criação do “General Standard for Irradiated Foods” e o “Recommended International Code of Practice for the Operation of Radiation Facilities” (DIEHL, 1990). As determinações desse comitê serviram como base para a formulação da legislação brasileira em vigor.

2.5 MICROBIOTA ACOMPANHANTE E DETERIORAÇÃO

Segundo o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), em seu Art. 438, entende-se pela denominação genérica “pescado”, o grupo que compreende os peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios, quelônios e mamíferos de água doce ou salgada, usados na alimentação humana (BRASIL, 1997).

A higiene do pescado é o conjunto de regras, medidas e condições que permitem garantir a segurança e salubridade do pescado, em todas as etapas da cadeia alimentar, produção, preparação, embalagem, transporte, distribuição e venda, permitindo assim, preservar a saúde de quem o consome (FIPERJ, 2013a).

⁵ CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Irradiação de Alimentos*. CDTN News, ano 2, n. 6, jan. 1997.

A carga bacteriana inicial e o desenvolvimento bacteriano durante toda a cadeia produtiva do alimento é um grande obstáculo encontrado à sua comercialização, por ser uma das causas que mais acarretam perdas econômicas (FRANCO, 2012).

A validade comercial do pescado depende de diversos fatores, que podem acelerar o processo de deterioração, como por exemplo: A espécie; a temperatura local e poluição das águas; o método utilizado para a captura o qual pode acabar por esgotar toda a reserva de glicogênio do animal, essencial para a obtenção de um produto de qualidade; e a própria contaminação gerada pela incorreta manipulação, desde o barco até a mesa do consumidor (RIEDEL, 2005).

Além disso, a decomposição se inicia rapidamente, poucos instantes após sua morte, devido à presença de microrganismos oriundos do ambiente onde vivem, seja ele marinho ou fluvial, os quais em sua maioria não são patogênicos para o homem. Porém, em caso de águas poluídas por esgotos e manipulação inadequada, há uma maior possibilidade de ocorrência de agentes etiológicos de doenças alimentares (ibid.). Como é o caso das águas costeiras, as quais encontram-se mais poluídas do que em alto mar (GERMANO; GERMANO, 2011).

O processo de deterioração nesses animais é facilitado por suas características intrínsecas, como a proximidade da neutralidade que se encontra o pH, a qual acaba favorecendo o desenvolvimento da microbiota; ação das enzimas autolíticas; elevada atividade de água e presença nutrientes; alta atividade metabólica da microbiota presente, além da elevada quantidade de gorduras insaturadas que auxiliam agilizando o processo de formação do ranço (LEITÃO, 1988).

Os Produtos de Origem Animal (POA) possuem em sua composição proteínas, lipídeos, carboidratos, sais minerais, vitaminas entre outros elementos, e com frequência albergam uma carga microbiana inicial que precisa ser devidamente controlada desde a matéria-prima até a aquisição pelo consumidor, afim de evitar adaptação e proliferação microbiana, prevenindo assim alterações microbiológicas, físico-químicas e sensoriais no produto e até mesmo problemas de saúde coletiva, ocasionados pelos agentes etiológicos de doenças alimentares (FRANCO, 2012).

Os microrganismos encontrados que merecem maior destaque são o *Vibrio parahaemolyticus*, comumente encontrado no ambiente marítimo e que pode também estar relacionado a infecções no animal; *Vibrio cholerae* de origem humana e que através do esgoto contamina o restante das águas, merecendo atenção quanto ao risco que pode causar à saúde da população; *Salmonella* spp. sejam os gêneros de origem humana ou animal, *Shigella* spp.; além dos *Streptococcus* spp e *Staphylococcus aureus*, normalmente associados às inadequadas condições de manipulação. Também podem ser encontrados enterococos, coliformes, cepas psicotróficas de *Bacillus cereus* entre outros gêneros que podem determinar problemas de saúde coletiva (GERMANO; GERMANO, 2011).

A contaminação muitas vezes está associada a falhas nas etapas do fluxograma de cada produto, sendo no caso do pescado, a descamação e a evisceração comumente incriminadas (PRATA; FUKUDA, 2001).

Nos EUA, calcula-se que aconteçam aproximadamente 76 milhões de casos/ano de enfermidades ocasionados por agentes etiológicos de doenças alimentares, chegando a 325 mil hospitalizações e cerca de 5 mil mortes. A OMS ainda afirma que 25% da mortalidade em países atualmente em desenvolvimento são ocasionadas por distúrbios diarreicos, dos quais 70% possuem os alimentos como veículo de transmissão (ibid.).

No Brasil, no período compreendido entre os anos 2000 e 2011, o ano com maior destaque para surtos e casos foi 2008, onde o número de surtos foi de aproximadamente 1200 e o número de casos ultrapassou os 25 mil, ficando em segundo lugar, o ano de 2009. No entanto, o ano com número de óbitos mais expressivo, associados a esse tipo de contaminação, foi o de 2004 (BRASIL, 2015).

2.5.1 Bactérias mesófilas e bactérias psicotróficas

Uma das formas de se classificar as bactérias é de acordo com a sua faixa ótima de temperatura para crescimento. Sendo as denominadas aeróbias mesófilas as que se desenvolvem na presença de oxigênio e são capazes de se multiplicar entre 20 e 45°C, apresentando a temperatura ótima ente 30 e 45°C (ICMSF, 1986).

Todas as bactérias patogênicas veiculadas por alimentos são mesófilas. Algumas cepas não costumam ocasionar doenças quando veiculadas por alimentos, no entanto, podem ocorrer toxinfecções por bactérias mesófilas como *Proteus* spp., *Enterococcus* spp. e *Pseudomonas* spp., quando presentes em grandes quantidades (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Já os organismos psicrotróficos são aqueles capazes de se desenvolver em temperaturas entre 0°C e 7°C, além disso, formam colônias visíveis ou apenas uma certa turbidez em um período que varia de 7 a 10 dias (JAY, 2005). A decomposição gerada pela presença de bactérias psicrotróficas nos alimentos, se justifica em especial à capacidade que possuem de produzir proteases, lipases e fosfolipases (ICMSF, 1986).

A Contagem de Bactérias Heterotróficas Aeróbias Mesófilas (CBHAM) em placas é normalmente utilizada para se avaliar as condições sanitárias do produto alimentício. Ainda que não sejam encontrados microrganismos patogênicos ou alterações sensoriais, altas contagens bacterianas em alimentos não fermentados podem causar danos à saúde coletiva (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Também é importante ressaltar que as psicrotróficas geralmente são sensíveis aos tratamentos térmicos, no entanto, grande parte de suas enzimas hidrolíticas permanecem viáveis (SØRHOUG; STEPANIAK, 1997).

O regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos, previsto na RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001, da ANVISA (BRASIL, 2001b), entretanto, não apresenta limites para CBHAM e Contagem de Bactérias Heterotróficas Aeróbias Psicrotróficas (CBHAP), sendo para essas, utilizadas a legislação da “International Commission on Microbiological Specifications for Foods” (ICMSF), a qual especifica o limite como sendo de 10^7 UFC/g (ICMSF, 1986).

Abreu (2005), em estudo realizado com peixe sapo (*Lophius gastrophysus*) refrigerado, verificou a eficiência da irradiação na redução da contagem de microrganismos psicrotróficos.

Altas contagens de mesófilos foram encontradas em pesquisas realizadas com pescado fresco vendido em supermercados na Bahia, realizada por Barreto et al. (2012) e de ambas as categorias de microrganismos em análise bacteriológica de sardinhas adquiridas em feiras-livres peixarias e supermercados no Pará, como descrito por Haida e Muller (1984).

Martins (2011) identificou durante avaliação de pescada (*Macrodon ancylodon*) que a todas as contagens de bactérias mesófilas se encontravam dentro do padrão estabelecido, ao contrário dos resultados verificados para bactérias psicrotróficas.

Soares et al. (2011), analisaram filés de peixe congelado, quanto à CBHAM e CBHAP, e encontraram algumas amostras em desacordo com o padrão estipulado na ICMSF (1986).

Soares et al. (2012) também constataram a eficácia da irradiação gama em amostras de músculos e gônadas de vieiras (*Nodipecten nodosus*) congelados, no que se refere à contagem de bactérias mesófilas. Enquanto que Santos (2008) durante análise de carne de siri (*Callinectes sapidus*), após serem irradiadas com irradiação gama, identificou redução do número de UFCs de microrganismos psicrotróficos.

2.5.2 *Enterococcus* spp.

O gênero *Enterococcus* spp. possui 16 espécies, entre as quais: *E. avium*, *E. malodoratus*, *E. raffinosus*, *E. pseudoavium*, *E. saccharolyticus*, *E. faecalis*, *E. faecium*, *E. casseliflavus*, *E. mundtii*, *E. gallinarum*, *E. durans*, *E. hirae*, *E. dispar*, *E. sulfureus*, *E. cecorum* e *E. columbae* (FACKLAM; SAHM; TEIXEIRA, 1999). Contudo, até 1984, eram um subgrupo do gênero *Streptococcus* spp., também chamado de estreptococos fecais e composto pelas espécies *Streptococcus faecalis* e *Streptococcus faecium*, no dia de hoje conhecidas como *Enterococcus faecalis* e *Enterococcus faecium* (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

A relevância do estudo desses microrganismos em produtos alimentícios se deve à possível resistência a agentes antimicrobianos, elevando as chances do aparecimento de casos de agentes etiológicos veiculados por alimentos e de ocorrerem infecções hospitalares (GIRAFFA; OLIVARI; NEVIANI, 2000).

Segundo Sherman (1937), enterococos são microrganismos Gram-positivos, anaeróbicos facultativos e de ampla distribuição (solos, plantas, produtos lácteos e outros alimentos, trato gastrointestinal e fezes de vertebrados). Possuem a capacidade de crescer em temperaturas entre 10 e 45°C, sendo resistentes por até 30 minutos a 60°C. Conseguem também se desenvolver em pH de 9,6 e a uma concentração de cloreto de sódio de 6,5%.

Em concordância com o exposto por Gomes et al. (2008), em alguns casos são adicionados em alimentos como culturas fermentativas e até mesmo como probióticos, com a finalidade de produzir características sensoriais desejáveis. Sua utilização nesse tipo de processo se torna possível devido ao fato de apresentar propriedades como resistência a concentrações elevadas de sal e ácido.

Os *Enterococcus* spp., quando em grande quantidade em um produto alimentício, desde que não pertençam à sua composição, demonstram problemas nas condições sanitárias ou de acondicionamento. Contudo, não são considerados os melhores indicadores de contaminação fecal, visto que possuem uma ampla distribuição, não sendo encontrados apenas no trato intestinal de animais e por serem mais resistentes que os demais a condições adversas (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Os sintomas se manifestam entre duas e 36 horas, podendo ser apresentados por náuseas, dores abdominais, vômitos e diarreia, ou seja, sintomatologia semelhante com as geradas por intoxicações por *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* ou *Bacillus cereus* (PARDI et al., 2001).

Em estudo realizado por Santos (2008) utilizando carne de siri (*Callinectes sapidus*) irradiada, foi identificada redução na enumeração de *Enterococcus* spp. Enquanto que Valente (2004) durante pesquisa com mexilhões (*Perna perna*),

igualmente processados pela radiação gama, encontrou redução na Enumeração de *Enterococcus* spp. e *Escherichia coli*.

Contudo, Soares et al. (2012) verificaram ausência desse microrganismo em todos os grupos estudados, ao investigarem amostras de músculos e gônadas de vieiras (*Nodipecten nodosus*) congelados e irradiados.

2.5.3 Análise sensorial

Análise sensorial é uma técnica científica usada para medir, analisar e evocar determinada característica de um alimento através da percepção dos órgãos dos sentidos (BEIRÃO et al., 2000).

Mesmo sendo uma análise subjetiva, por depender de diversos fatores altamente variáveis (BEIRÃO et al., 2000), assume papel relevante na avaliação da qualidade de um produto alimentício, e por isso é muito utilizada pelos serviços de inspeção sanitária, pelas indústrias e até mesmo pelos próprios consumidores.

Os atributos, odor e sabor, são os mais comumente relacionados a alterações de deterioração do pescado, indicando que produto não está em condições próprias para o consumo (ORDÓÑEZ et al., 2005).

O início do processo de deterioração pode ser observado através de alterações nas características sensoriais do pescado fresco, visto que conforme estabelecido no RIISPOA, normalmente são as mais perceptíveis nesse primeiro momento (BRASIL, 1997).

Afim de facilitar a avaliação sensorial, na legislação também é exemplificado o que é importante de ser observado no peixe fresco para que esteja próprio para o consumo, como: 1) Superfície do corpo limpa, com relativo brilho metálico; 2) olhos transparentes, brilhantes e salientes, ocupando completamente as órbitas; 3) guelras róseas ou vermelhas, úmidas e brilhantes com odor natural, próprio e suave; 4) ventre roliço, firme, não deixando impressão duradoura à pressão dos dedos; 5) escamas brilhantes, bem aderentes à pele e nadadeiras apresentando certa

resistência aos movimentos provocados; 6) carne firme, consistência elástica, de cor própria à espécie; 7) vísceras íntegras, perfeitamente diferenciadas; 8) ânus fechado; 9) cheiro específico, lembrando o das plantas marinhas (ibid.).

A análise pode ser realizada por diferentes métodos, que são estabelecidos cientificamente e com base nos resultados dos estímulos sensoriais do painel de avaliação sensorial. São eles: testes de diferenças; testes de escala e categorias e testes analíticos (TEIXEIRA; MEINERT; BARBETTA, 1987).

Experimentos com irradiação de pescado foram executados com a finalidade de avaliar distintos parâmetros adotados como mensuradores da qualidade da matriz, adotando além das características sensoriais, também as físico-químicas, as quais também ajudam a determinar a validade comercial.

Valente (2004) relatou que a irradiação gama quando aplicada em mexilhões (*Perna perna*) não alterou o sabor e o aroma das amostras. Assim como Antony et al. (2011) ao irradiarem camarões (*Pleoticus muelleri*), descreveram que o processamento aplicado não alterou estatisticamente as características sensoriais.

Enquanto que Abreu (2005) identificou diferentes alterações em amostras de peixe-sapo irradiadas com raios gama, de acordo com os atributos avaliados e doses aplicadas.

Sireno (2004), não encontrou diferença estatisticamente significativa, quanto à análise sensorial, ao irradiar camarões (*Litopenaeus brasiliensis*) refrigerados, com radiação gama, nas doses de 1,5 e 2,5 kGy. No entanto, o processamento foi eficaz na diminuição da produção de Bases Voláteis Totais (BVT) e portanto, na promoção do aumento da validade comercial em oito dias e 14 dias, quando irradiadas à menor e maior doses, respectivamente.

Barradas (2009) trabalhou com camarão vermelho (*Pleoticus muelleri*), dividindo as amostras em quatro grupos (controle; irradiado a 1,5 kGy; com metabissulfito de sódio a 2%; com metabissulfito de sódio a 1,25% associado a 1,5 kGy). Os produtos foram submetidos à irradiação com Co^{60} e depois estocados sob refrigeração. Concluiu-se ao final do trabalho que o produto adquirido já se encontrava em estado de deterioração, o que foi identificado através dos valores de

pH encontrados quando comparados com os ideais para camarão fresco. O grupo irradiado com 1,5 kGy apresentou um resultado uniforme durante todo período de estocagem, tendendo a atingir uma estabilidade, no entanto, o grupo onde houve associação do tratamento com o metabissulfito foi o que obteve melhor resultado. Além disso, também ressaltou que a dose utilizada não é suficiente para substituir o uso do metabissulfito de sódio a 2%.

Oliveira et al. (2010) realizaram um experimento com rã-touro gigante (*Lithobates catesbeianus*) submetida à radiação gama, com fonte de Co^{60} , no qual objetivaram avaliar a eficiência do processo e o aumento da validade comercial da carne da espécie em questão refrigerada. Para tanto, foram utilizados 3 grupos: controle, irradiado a 3 kGy e irradiado a 7 kGy. As análises de pH e formação de BVT ocorreram nos dias 1 (dia da irradiação), 7, 14 e 21 e durante esse período as amostras ficaram armazenadas à temperatura de 4°C ($\pm 2^\circ\text{C}$). Dessa forma, concluíram que o pescado estudado, quando submetido ao processo de irradiação e com posterior refrigeração, tem seu prazo comercial aumentado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido com a colaboração da Empresa de Irradiação Industrial Acelétron e executado na Faculdade de Veterinária da UFF. Neste tópico são descritas as metodologias utilizadas para a execução do experimento e posterior formulação dessa dissertação.

3.1 COLETA, PREPARAÇÃO E TRANSPORTE DAS AMOSTRAS

As corvinas inteiras (*Micropogonias furnieri*) (figura 13) foram adquiridas logo após a captura, no cais de Itaipú, onde é realizado o desembarque da pesca artesanal, situado no município de Niterói/RJ. A seguir, foram levadas em um recipiente isotérmico com gelo para o Mercado de Peixe, localizado no centro do município, para que fossem filetadas, obedecendo a uma espessura de 3 a 5 cm, obtendo-se 9,5 kg de filés. Posteriormente foram embaladas em envelopes de polietileno (Baglight Polysilk – 400 mL) esterilizados (cada filé em um envelope) para então, serem transportadas em um recipiente isotérmico com gelo, até o Laboratório de Aves e Ovos da Faculdade de Veterinária da UFF, no qual se encontra o equipamento utilizado para o vácuo (Engevac) e a termoseladora (Tecmaq Modelo AP 450), para a retirada dos gases das embalagens e vedação, respectivamente. As amostras foram divididas da seguinte maneira: 30 unidades amostrais contendo 100 g de filé em cada envelope, embalados em condições assépticas, para execução das análises bacteriológicas, enquanto que os demais filés, utilizados para as análises sensoriais, foram embalados por unidade.



Fig. 13: Foto ilustrativa da corvina (*Micropogonias furnieri*).
Fonte: FAO (2013).

3.2 IRRADIAÇÃO DAS AMOSTRAS

Para serem submetidos à irradiação, os filés foram novamente transportados nas mesmas condições anteriormente descritas, até a empresa Acelétron Irradiação Industrial, localizada no bairro do Irajá/RJ, que possui dois irradiadores por feixe de elétrons (LINAC de 18 kW de potência e 10 meV de energia). Entretanto, como os filés possuíam baixa espessura, no máximo 5 cm, foi necessário o acionamento de apenas um dos irradiadores.

Antes de iniciar o processo foi realizada a dosimetria em um dos filés embalados, utilizado somente para essa finalidade, com o intuito de se precisar a dose de radiação ionizante, mínima e máxima, recebida em cada porção do filé. A dosimetria foi realizada de maneira que para fazer a leitura dos dosímetros, o filé passou pelo processo a uma velocidade de 5 “feet per minute” ou pés por minuto (fpm), e foram medidas as radiações absorvidas pelo dosímetro 1 (d1) e pelo dosímetro 2 (d2), que foram 7,0 e 6,2 kGy, respectivamente. A partir desse teste foi possível obter a velocidade da esteira necessária para aplicar as doses solicitadas.

Estando o d1 posicionado sob o filé e o d2 sobre o mesmo (figura 14), foi estabelecida a correlação entre os valores dos dosímetros de referência (r1 e r2), localizados em um dispositivo padrão, e os obtidos no d1 e no d2, e posteriormente dividindo d1 por d2. Dessa forma, calculou-se a correlação entre as doses máxima e mínima recebidas pelos filés de ambos os grupos, sendo a mesma de 1,1, já que os filés possuíam praticamente a mesma espessura. Ou seja, o produto que recebeu 0,70 kGy de mínima recebeu 0,77 kGy de dose máxima e o produto que recebeu 1,0 kGy de mínima recebeu 1,1 kGy de máxima.



Fig. 14: Esquema representativo do posicionamento dos dosímetros no filé destinado para realização da dosimetria, com a utilização de apenas um irradiador.

A velocidade da esteira foi de 60 fpm para 0,7 kGy e 42 fpm para 1,0 kGy. Em relação ao tempo de ação dos feixes nos filés, não foi possível precisar, pois as amostras percorrem toda a esteira e a incidência dos feixes ocorre apenas quando elas passam pelo irradiador.

Os 30 filés foram divididos em três grupos, onde o primeiro correspondia ao grupo controle, o segundo, irradiado a dose de 0,7 kGy e o terceiro, a 1,0 kGy (figura 15).

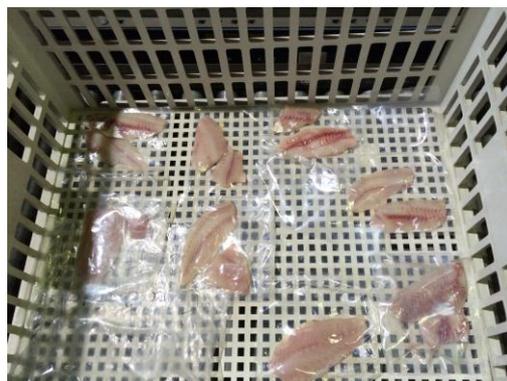


Fig. 15: Irradiação dos filés de corvina (*Micropogonias furnieri*) devidamente embalados, Empresa Acelétron - Irajá, Rio de Janeiro, 17/03/2014.

3.3 ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS

Após serem irradiados os dois grupos foram novamente acondicionados no recipiente isotérmico com gelo contendo as amostras do grupo controle, para então serem transportados para o Laboratório de Controle Microbiológico de Produtos de Origem Animal do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Veterinária da UFF, onde foram realizadas todas as análises bacteriológicas. O grupo controle foi transportado para o local da irradiação junto com os demais, com a finalidade de garantir que todos os grupos fossem submetidos às mesmas condições.

Afim de liberar as amostras para a análise sensorial foram seguidas as análises bacteriológicas previstas na RDC nº 12 da ANVISA (BRASIL, 2001b), na qual fica estabelecido que para “pescado, ovas de peixes, crustáceos e moluscos cefalópodes ‘*in natura*’, resfriados ou congelados não consumido cru” devem ser realizadas análises de *Salmonella* spp. e *Staphylococcus* coagulase positiva, seguindo o padrão de ausência em 25 g e limite de 5×10^2 , para cada um dos microrganismos, respectivamente.

Dando continuidade ao estudo, os três grupos foram submetidos às seguintes análises: CBHAM, CBHAP e Enumeração de *Enterococcus* spp. Para CBHAM e CBHAP, devido à ausência de padrão a ser seguido na legislação brasileira, foi utilizada para estabelecimento dos limites a ICMSF (1986). Enquanto que para a Enumeração de *Enterococcus* spp., mesmo nacionalmente não possuindo um padrão para alimentos, esse microrganismo se enquadra no constante no anexo II da RDC nº 12/ 2001, no qual encontra-se especificado que “produto ou lote (se amostra indicativa ou representativa, respectivamente) impróprio para o consumo humano por apresentar microrganismo patogênico ou toxina que representa perigo severo a saúde do consumidor” (BRASIL, 2001b).

As metodologias empregadas foram baseadas nas respectivas técnicas inseridas no “Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods”, para CBHAM (MORTON, 2001a) e CBHAP (MORTON, 2001b); e no “Microbiology

Manual Merck” (MERCK, 1996), para Número Mais Provável (NMP) de *Enterococcus* spp.

3.3.1 Preparo das diluições

Antes de serem iniciadas as análises bacteriológicas a bancada da câmara asséptica foi sanitizada com álcool 70%, em seguida realizou-se a sanitização de todo ambiente da câmara com luz ultravioleta (360nm) durante 15 minutos, para impedir contaminações externas durante o procedimento analítico.

A unidade analítica de 25g é determinada para alimentos com o mínimo de 200 g na embalagem (BRASIL, 2001b), no entanto, devido à dificuldade na obtenção de grande quantidade de corvina em um único desembarque, além do tamanho reduzido que os exemplares apresentavam, foram colocados apenas 100 g da matriz alimentícia em cada embalagem.

Foram realizadas análises comuns aos três grupos: CBHAM, CBHAP e Enumeração de *Enterococcus* spp. Após dois dos grupos serem irradiados, foram coletados 25 g de cada envelope de cada grupo, de forma homogênea e aleatória, mantendo as condições assépticas, e distribuídas em três envelopes de polietileno estéreis e próprios para o uso em aparelho “Stomacher”® (Seward – Stomacher 80 Lab Blender). Em seguida as unidades analíticas obtidas anteriormente foram acrescidas de 225 mL de Solução Salina Peptonada (SSP) a 0,1%, adicionados em cada um dos envelopes separadamente (BRASIL, 2003).

Posteriormente cada uma das embalagens foi homogeneizada com o auxílio do aparelho “Stomacher”®, programado para funcionar em velocidade média pelo período de dois minutos, obtendo-se ao final a diluição inicial (10^{-1}). Para o procedimento das diluições subsequentes foi transferido 1 mL da diluição anterior para 9 mL de SSP 0,1 % até obter-se a diluição necessária para as análises de CBHAM, CBHAP e Enumeração de *Enterococcus* spp, em conformidade com o tempo de estocagem das matrizes (figura 16) (ibid.).



Fig. 16: Preparo asséptico das diluições a partir da coleta de 25 g de amostra, no Laboratório de Controle Microbiológico de POA, UFF, 17/03/14.

3.3.2 Contagem de Bactérias Heterotróficas Aeróbias Mesófilas (MORTON, 2001a)

Para CBHAM por semeadura em profundidade, inicialmente foi inoculado, com auxílio de uma pipeta automática, 1 mL de cada diluição homogeneizada na respectiva placa de Petri estéril e previamente identificada, sendo depois vertido cautelosamente o meio de cultura Ágar Padrão para Contagem (APC) (Himedia Ref. M091) fundido e mantido em banho-maria a 46-48 °C, em quantidade suficiente para cobrir a superfície da placa (cerca de 18 mL) e em seguida homogeneizada, cinco vezes no sentido horário e outras cinco no anti-horário, deixando ocorrer a solidificação do meio de cultura. Após solidificação, as placas foram incubadas, invertidas, em estufa bacteriológica a 37°C por 24 horas.

Foram selecionadas as placas que possuíam entre 25 e 250 UFC/g de amostra, após contagem em contador do tipo Quebec® (LEICA) (figura 17). O resultado final foi expresso em UFC/g, conforme a diluição empregada.

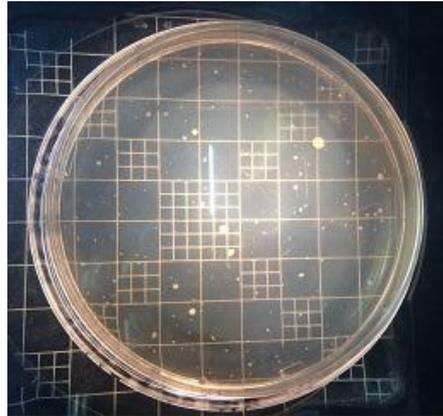


Fig. 17: Colônias características de Bactérias Heterotróficas Aeróbias Mesófilas, no Laboratório de Controle Microbiológico de POA, UFF, 18/03/14.

3.3.3 Contagem de Bactérias Heterotróficas Aeróbias Psicrotróficas (MORTON, 2001b)

A metodologia utilizada para CBHAP foi semelhante à de CBHAM, de forma que a distinção entre as técnicas apresenta-se após a solidificação do meio, no momento da incubação, que nesse caso ocorreu em geladeira (Consul Facilite – CRB36), com as placas invertidas a uma temperatura de 4°C, por um período de sete dias.

Também foram selecionadas as placas que apresentaram entre 25 e 250 UFC/g de amostra, após contagem em contador do tipo Quebec® (figura 18). O resultado final foi expresso em UFC/g, conforme a diluição empregada.



Fig. 18: Contagem de Bactérias Heterotróficas Aeróbias Psicrotróficas realizada no Laboratório de Controle Microbiológico de POA, UFF, 24/03/14.

3.3.4 Número Mais Provável de *Enterococcus* spp. (MERCK, 1996)

Para enumeração de *Enterococcus* spp. foi utilizada a metodologia de NMP, onde foram transferidos 1 mL de cada uma das diluições obtidas anteriormente para três séries de três tubos de ensaio contendo 10 mL do meio “Chromocult Enterococci Broth” (Himedia Ref. M1376) cada, de forma que fiquem três tubos representando a diluição 10^{-1} ; três, a 10^{-2} , outros três, a 10^{-3} , e assim por diante. A incubação foi realizada em estufa (FANEM – 002CB) a 45°C por 48 horas.

A azida sódica presente na composição do meio possui ação inibidora da microbiota acompanhante (Gram-negativa), além disso, a positividade da prova é confirmada através da observação de alteração da coloração do meio para verde-azulada, resultado da atuação da enzima B-D-glucosidase sobre o substrato cromógeno também pertencente ao meio (figura 19).



Fig. 19: Sequência de tubos positivos e negativos para *Enterococcus* spp. em meio “Chromocult Enterococci Broth”, no Laboratório de Controle Microbiológico de POA, UFF, 18/03/14.

Ao final do tempo de incubação foi anotada apenas a quantidade de tubos positivos por diluição, sendo o mínimo zero e o máximo três, formando assim uma sequência de três números em ordem crescente das diluições, que foi comparada com a tabela de “McCrary” para obtenção do valor correspondente, sendo considerados negativos os tubos que não apresentaram alteração na coloração. Por último foi realizado um cálculo de correção para obtenção do NMP/g de amostra ($NMP = NMP \text{ da tabela} \times \text{fator de diluição intermediária}$).

100

3.4 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial foi aplicada nesta pesquisa, afim de avaliar a influência da irradiação por feixe de elétrons na matriz alimentícia escolhida e comparar os efeitos das diferentes doses utilizadas.

Os testes sensoriais aplicados fazem parte do projeto “Análise sensorial de alimentos e bebidas”, que foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da

Faculdade de Medicina, Hospital Universitário Antônio Pedro CEP CMM/HUAP nº 066/07 – CAAE nº 0054.0.258.000-07.

Antes de ser iniciada a distribuição das amostras, os voluntários receberam e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (figura 20), firmando seu conhecimento e aceitação na participação do teste.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado para participar da pesquisa "Análise sensorial da corvina" e sua participação não é obrigatória. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.

O objetivo deste estudo é analisar as características sensoriais da corvina. Sua participação nesta pesquisa consistirá em degustar as amostras e opinar. Quanto aos riscos é importante saber que na elaboração das amostras foram levada em consideração as boas práticas de preparação. Após a elaboração para evitar risco de contaminação foram tomadas providências de padrão de higiene. As amostras foram armazenadas em condições adequadas, evitando a deterioração e possíveis alterações das características sensoriais

As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação, Somente será utilizada sua idade e sexo. Neste termo consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Prof^a responsável: Shizuko Kajishima
 Departamento de Nutrição Dietética – Faculdade de Nutrição Emília de Jesus Ferreiro – UFF Rua Mário Santos Braga Nº 30 – 4º andar – Valonguinho – Niterói – shinie@uol.com.br – tel. 2629-9850.

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefício de minha participação na pesquisa e concordo em participar. O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFF, que funciona na Pró-reitoria de pós-graduação e Pesquisa da Universidade Federal Fluminense – Rua Miguel de Frias Nº 9 , Icaraí – Niterói.

Local e Data:

Nome:

Assinatura:

Fig. 20: Termo de consentimento livre e esclarecido. Material cedido pela Prof^a Shizuko Kajishima, UFF, 2014.

3.4.1 Caracterização dos provadores

Os testes foram executados com provadores não treinados, entre estudantes, funcionários e professores da Faculdade de Veterinária da UFF. Ao avaliar o perfil traçado dos provadores, observou-se que possuíam idade entre 19 e 63 anos, de forma que a maioria pertencia ao sexo feminino (60%) e o restante ao sexo masculino (40%).

3.4.2 Preparo das amostras

Foram realizadas pesquisa de *Salmonella* spp. e Contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva, conforme a RDC nº 12 da ANVISA (BRASIL, 2001b), apenas para fins confirmatórios de que as amostras servidas na etapa da análise sensorial estavam dentro dos padrões exigidos pela legislação nacional vigente, sendo oferecida de forma segura aos julgadores.

As amostras dos três grupos (controle; irradiado a 0,7 kGy; e irradiado a 1,0 kGy) permaneceram acondicionadas em geladeira a $\pm 4^{\circ}\text{C}$, pertencente ao Laboratório de Controle Microbiológico de POA, até o dia seguinte à irradiação, quando então foram realizados os testes.

O preparo das amostras foi realizado no laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados onde, inicialmente, os grupos foram pesados e cortados em pedaços de aproximadamente 25 g, com auxílio de uma faca previamente esterilizada e, em seguida, foram adicionados os ingredientes e medidas prescritas na ficha técnica (figura 21).

 FACULDADE DE NUTRIÇÃO SETOR DE CIENCIA DOS ALIMENTOS LABORATORIO DE ALIMENTOS E DIETETICA				
FICHA TÉCNICA DE PREPARAÇÃO		Tema: Preparação: Corvina Nº clientes:		
Ingredientes	PC	F.C.	PCB	Medida caseira
Corvina	100g	1,1	101g	
Suco de limão	2mL	2	4g	
Sal	0,5g		0,5g	
Oleo	1mL		1mL	
Técnica de Preparo				
1- Lavar, limpar e cortar a corvina.				
2 - Espremer o limão.				
3 - Temperar a corvina com sal e suco de limão				
4- Colocar na panela a corvina em camada.				
5 - Regar com oleo.				
6- Cozinhar em fogo brando por 10 minutos.				
Fator térmico:				
Porção:				
Medida Caseira:				

Fig. 21: Ficha técnica de preparação. Material cedido pela Prof^a Shizuko Kajishima, UFF, 2014.

Dando continuidade ao preparo, as amostras foram cozidas em panelas as quais tiveram seus fundos e laterais forrados com papel laminado, e outra folha separando as amostras de um mesmo grupo em duas camadas, afim de facilitar a retirada sem que os pedaços se partissem. O cozimento de cada grupo foi realizado por cerca de 10 minutos e até atingir a temperatura de 85/90 °C.

3.4.3 Condições dos testes

Os testes foram realizados no Laboratório de Aves e Ovos da Faculdade de Veterinária (UFF), com a finalidade de se avaliar e comparar as características dos três grupos estudados. As amostras foram servidas em cabines individuais, sob luz branca e à temperatura ambiente.

A bandeja continha três amostras, uma em cada prato branco, descartável e devidamente codificado com três letras aleatórias (FOOD DESIGN, 1998); um garfo descartável; uma borracha e um lápis; um copo branco e descartável com 200 mL de água mineral à temperatura ambiente; e biscoito água e sal (figura 22). O biscoito e a água oferecidos têm o intuito de anular o “flavor” residual (MONTEIRO, 1984), e por isso os provadores foram orientados a consumi-los entre amostras.



Fig. 22: Esquema de apresentação das amostras, juntamente com copo de água mineral e biscoito tipo água, Laboratório de Aves e Ovos, UFF, 2014.

3.4.4 Teste triangular

Para realização dos testes os grupos controle, irradiado a 0,7 kGy e irradiado a 1kGy, foram comparados entre si, através da utilização de testes triangulares de diferença, de maneira que no teste 1, foram confrontadas as

amostras do grupo controle com as do grupo irradiado a 0,7 kGy; no teste 2, as do grupo controle com as do irradiado a 1,0 kGy, e no teste 3, as dos grupos irradiados a ambas as doses.

Os testes de diferenças são empregados com o objetivo de determinar variações sensoriais em alimentos, resultantes de alterações físicas e químicas, e no desenvolvimento de padrões de controle de qualidade (TEIXEIRA; MEINERT; BARBETTA, 1987).

Os testes triangulares foram realizados de acordo com a metodologia proposta por Dutcosky (2011). Participaram 30 provadores não treinados, os quais receberam três amostras (cerca de 20g cada) por teste. A ordem de apresentação das amostras foi balanceada em concordância com o exposto por Macfie et al. (1989).

Os provadores foram informados que duas amostras eram iguais e uma diferente. Foi solicitado que provassem as amostras da esquerda para a direita e que identificassem a amostra diferente. As fichas apresentadas ainda continham opções para marcação dos atributos nos quais fossem encontradas diferenças sensoriais, sendo: aroma; cor; sabor; textura e “outro” (Figura 23).

Nome: _____	Data: _____	
Idade: _____		
<p>Por favor, prove as amostras codificadas de corvina da esquerda para a direita. Duas amostras são iguais e uma é diferente. Identifique com um círculo a amostra diferente.</p>		
IJR	MHO	DPS
Entre os atributos abaixo, achei diferente:		
Aroma <input type="checkbox"/>	Cor <input type="checkbox"/>	Sabor <input type="checkbox"/>
Textura <input type="checkbox"/>	Outro _____	

Fig. 23: Ficha de teste triangular. Material cedido pela Prof^a Shizuko Kajishima, UFF, 2014.

3.4.5 Análise estatística

Em relação aos dados bacteriológicos foram utilizadas ferramentas de Estatística Descritiva (medidas, tabelas e gráficos) sobre as contagens e enumeração bacteriológicas realizadas, além do programa Excel da Microsoft.

Foi empregado o Teste Não Paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar os três grupos quanto às contagens e enumeração bacteriológicas. O nível de significância adotado foi igual a 0,05 (5%).

Em relação à análise sensorial os resultados obtidos pela aplicação dos testes triangulares de diferença foram determinados de forma que houve evidência de diferença estatisticamente significativa entre os grupos confrontados, quando a soma das respostas corretas foi maior ou igual ao número indicado no anexo B da tabela 38 (anexo 8.1). Para as decisões estatísticas foi considerado o nível de significância de 0,05 (5%) (DUTCOSKY, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Adiante estão inseridos os resultados obtidos nas análises bacteriológicas e sensoriais e suas correspondentes discussões.

4.1 ANÁLISE BACTERIOLÓGICA

Nacionalmente, a legislação na qual constam os padrões microbiológicos dos alimentos é a RDC nº 12 da ANVISA, ficando determinado que para pescado *in natura*, resfriado ou congelado, não consumido cru devem ser analisados os padrões para limites de crescimento de *Salmonella* spp. e *Staphylococcus* coagulase positiva (BRASIL, 2001b). Nos resultados encontrados caracterizou-se que as amostras estavam dentro dos padrões de identidade e qualidade microbiológica, vigentes.

Ainda que a legislação brasileira não possua os padrões para CBHAM, CBHAP e NMP de *Enterococcus* spp. quando se tratando de pescado, tais análises foram executadas, e essa escolha se fez devido a presença desses microrganismos estar diretamente associada às condições higiênico-sanitárias do produto.

Foi efetuada pesquisa bibliográfica em busca de estudos anteriormente realizados com irradiação por feixe de elétrons em pescado, ou até mesmo em outros produtos de origem animal, para se obter dados dos efeitos desse processamento; no entanto, não foram encontrados. Logo, afim de confrontar os resultados do presente experimento, foram utilizados trabalhos científicos nos quais o tratamento escolhido foi a irradiação pelos isótopos radioativos. No entanto, cada uma das tecnologias possui suas peculiaridades, e ambas são análogas no que diz respeito à forma de atuação nos átomos das moléculas dos alimentos e nas estruturas bacterianas.

A comparação com outras espécies de pescado é permitida, conforme com o exposto na legislação nacional (ibid.), no anexo I, item 2, no qual consta que “no caso de análise de produtos não caracterizados nas tabelas especificadas do referido anexo, considera-se a similaridade da natureza e do processamento do

produto, como base para seu enquadramento nos padrões estabelecidos para um produto similar”.

4.1.1 Bactérias Heterotróficas Aeróbias Mesófilas e Bactérias Heterotróficas Aeróbias Psicotróficas

Os valores encontrados na CBHAM dos três grupos amostrais estudados estão representados na tabela 2.

Tabela 2: Valores obtidos em UFC/g na CBHAM após análise dos filés dos três grupos amostrais.

DIAS	Valores obtidos para CBHAM		
	Controle	Irradiado a 0,7 kGy	Irradiado a 1,0 kGy
0	$1,4 \times 10^6$	$2,0 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$
2	$2,6 \times 10^5$	$7,0 \times 10^3$	$1,5 \times 10^4$
4	$1,5 \times 10^7$	$1,2 \times 10^5$	$7,3 \times 10^4$
7	$1,1 \times 10^7$	$3,4 \times 10^6$	$6,2 \times 10^5$
10	$2,7 \times 10^8$	$3,9 \times 10^6$	$1,8 \times 10^7$
14	$3,5 \times 10^7$	$8,4 \times 10^7$	$2,5 \times 10^5$
17	$1,1 \times 10^8$	$4,9 \times 10^7$	$9,1 \times 10^7$
21	$1,3 \times 10^8$	$3,1 \times 10^7$	$3,2 \times 10^7$
24	$1,4 \times 10^8$	$1,2 \times 10^8$	$7,3 \times 10^7$
30	$2,3 \times 10^6$	$1,2 \times 10^8$	$3,7 \times 10^7$

Após avaliação das contagens de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas encontradas nas amostras de cada um dos três grupos estudados, observou-se que não houve diferença estatisticamente significativa, a nível de 5% de significância ($p = 0,259$), entre os grupos.

Em relação à média dos resultados encontrados na CBHAM dos três grupos estudados, notou-se que até o 7º dia de análise as contagens se mantiveram mais baixas, sendo a menor contagem $7,0 \times 10^3$ UFC/g no 2º dia do grupo irradiado a 0,7 kGy e a maior $1,5 \times 10^7$ UFC/g no 4º dia do grupo controle. Houve um aumento considerável das contagens entre os dias 7 e 10, tendo como maior contagem $2,7 \times 10^8$ UFC/g no 10º dia do grupo controle, seguido por um declínio até o 14º dia permanecendo com contagens entre 10^5 e 10^8 até o 30º dia. No entanto, o pico da média ocorreu no 24º dia, no qual a menor contagem foi a do grupo irradiado a 1,0 kGy, de $7,3 \times 10^7$ UFC/g. Entre o 24º e 30º dias, foi observada uma queda, a qual atribuiu-se principalmente à redução na contagem de UFC/g do grupo controle, que variou de $1,4 \times 10^8$ UFC/g no 24º dia à $2,3 \times 10^6$ UFC/g no 30º, podendo estar associada ao esgotamento de nutrientes, essencial ao desenvolvimento das colônias em crescimento, encontrados no meio de cultura no qual foram semeadas (figura 24).

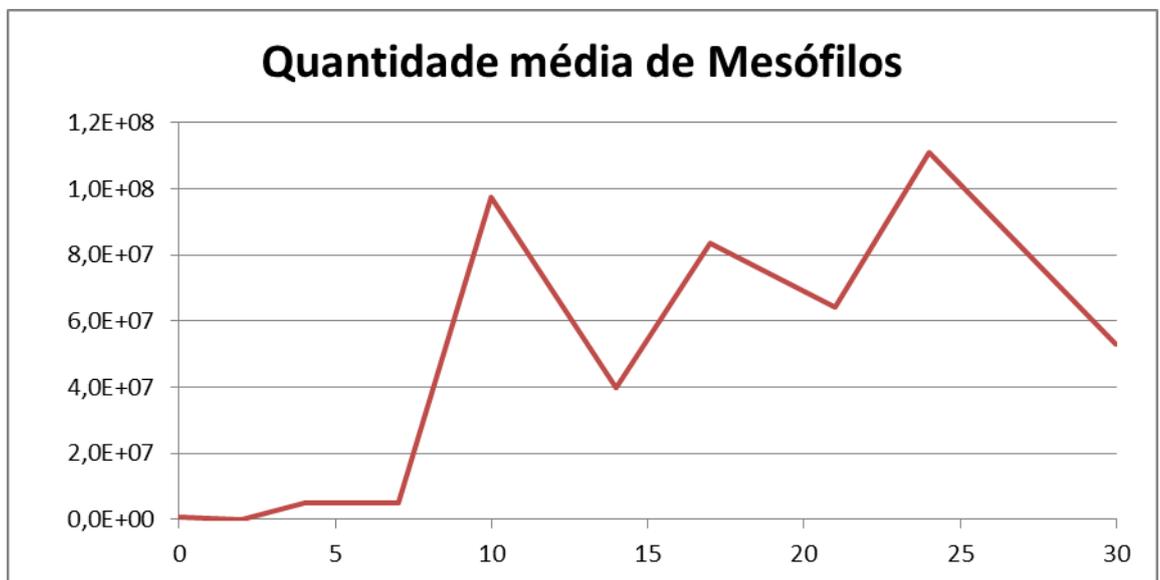


Fig. 24: Gráfico em linha da média da CBHAM dos três grupos amostrais estudados.

Ao comparar as linhas de crescimento dos grupos estudados, levando em consideração a CBHAM, o grupo controle merece destaque devido a um pico apresentado do dia 7 para o dia 10, destoando dos demais, sendo a maior contagem

$2,7 \times 10^8$ UFC/g, e seguido por um abrupto declínio até o 14º dia. Em seguida, o crescimento segue progressivo até o 24º dia e termina apresentando uma evidente redução, estabelecida entre o 24º e 30º dias. Quanto às linhas dos dois grupos irradiados, quando comparadas entre si, observou-se um crescimento mais semelhante, no entanto, contagens mais altas foram identificadas no grupo irradiado a 0,7 kGy. De forma geral, os valores mínimo e máximo encontrados para as amostras irradiadas a 0,7 foram de $7,0 \times 10^3$ UFC/g no 2º dia e $1,2 \times 10^8$ UFC/g nos dias 24 e 30, o que pode caracterizar o início da fase estacionária do crescimento bacteriano. Nas irradiadas a 1,0 kGy, os valores extremos foram $1,5 \times 10^4$ UFC/g, também no 2º dia, e $9,1 \times 10^7$ UFC/g no 17º, apresentando do 24º para o 30º diminuição na contagem (figura 25).

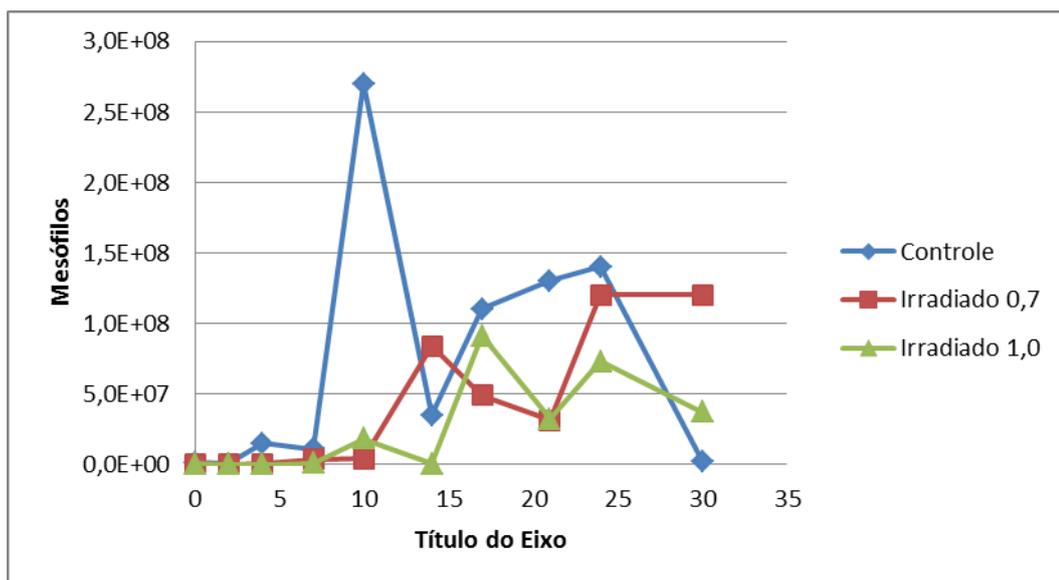


Fig. 25: Gráfico em linha comparando a CBHAM dos três grupos amostrais analisados.

Ainda no que se refere à CBHAM, conforme ilustrado na figura 26, observou-se que as amostras possuíam contagens que variaram de $7,0 \times 10^3$ e $2,7 \times 10^8$ UFC/g, ficando a média em $4,6 \times 10^7$ UFC/g, desvio padrão de $6,3 \times 10^7$ UFC/g e mediana de $1,65 \times 10^7$ UFC/g.

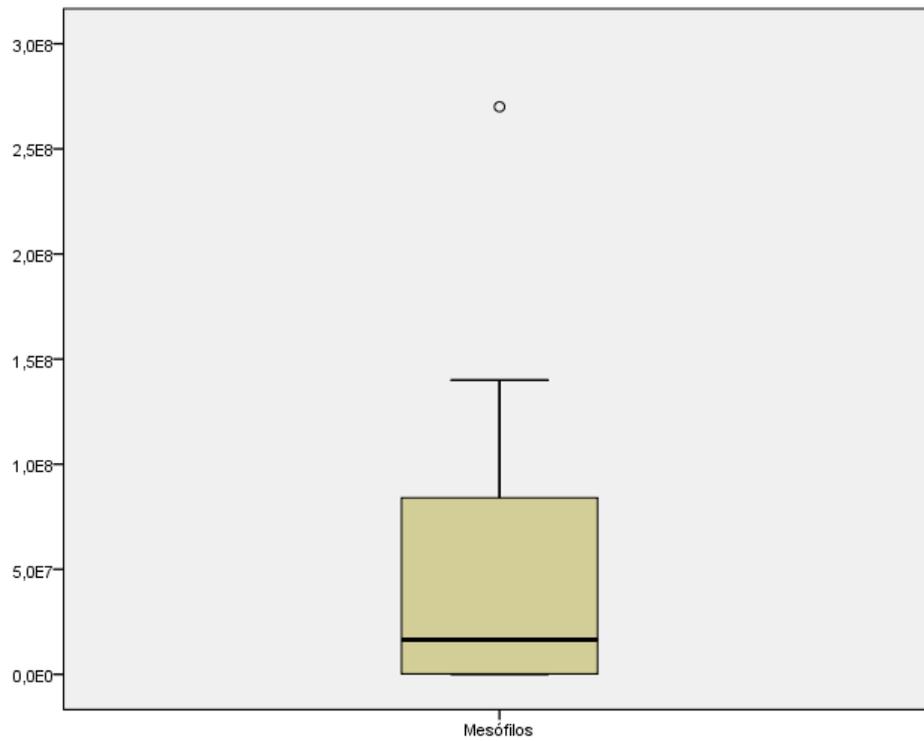


Fig. 26: Distribuição da CBHAM quanto à análise das amostras dos três grupos estudados.

A seguir, estão inclusos os valores encontrados na CBHAP dos três grupos amostrais em questão (tabela 3).

Tabela 3: Valores obtidos em UFC/g na CBHAP após análise dos filés dos três grupos amostrais.

DIAS	Valores obtidos para CBHAP		
	Controle	Irradiado a 0,7 kGy	Irradiado a 1,0 kGy
0	$5,0 \times 10^5$	$1,0 \times 10^5$	$1,8 \times 10^5$
2	$4,5 \times 10^5$	$8,8 \times 10^2$	$2,6 \times 10^2$
4	$8,2 \times 10^5$	$1,3 \times 10^6$	$6,6 \times 10^5$
7	$7,9 \times 10^5$	$1,5 \times 10^7$	$4,6 \times 10^6$
10	$6,9 \times 10^8$	$3,7 \times 10^5$	$1,9 \times 10^7$
14	$1,7 \times 10^7$	$3,6 \times 10^8$	$1,2 \times 10^7$
17	$1,4 \times 10^7$	$1,2 \times 10^8$	$1,2 \times 10^8$
21	$6,3 \times 10^7$	$2,5 \times 10^7$	$3,4 \times 10^7$
24	$3,2 \times 10^8$	$3,3 \times 10^8$	$9,9 \times 10^7$
30	$8,9 \times 10^8$	$8,4 \times 10^8$	$7,4 \times 10^7$

Ao final das contagens de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas de cada grupo, não foi verificada diferença estatisticamente significativa ao comparar os três grupos ($p = 0,808$).

No que se refere à linha da média da CBHAP dos três grupos analisados, representada na figura 27, as médias mais baixas também se concentraram entre os dias 0 e 7, variando entre $2,6 \times 10^2$ UFC/g no grupo irradiado a 1,0 kGy no 2º dia e $1,5 \times 10^7$ UFC/g no grupo irradiado a 0,7 kGy no 7º dia. Igualmente à linha da média da CBAHM, teve aumento significativo do dia 7 para o dia 10, no entanto, o mesmo foi mais baixo, exibindo a maior contagem, de $6,9 \times 10^8$ UFC/g, também no 10º dia

do grupo controle. A partir desse ponto, foi observado um declínio até o 21º dia. Entre os dias 21 e 30, foi observado um aumento no número de colônias, com variação desde $2,5 \times 10^7$ UFC/g no 21º dia do grupo irradiado a 0,7 kGy à $8,9 \times 10^8$ UFC/g no 30º dia do grupo controle. Até o último dia de análise não foram atingidas as fases estacionária ou de declínio nas CBHAP dos grupos em questão, o que caracteriza que ainda havia uma oferta de nutrientes em quantidade suficiente ao crescimento e desenvolvimento das colônias.

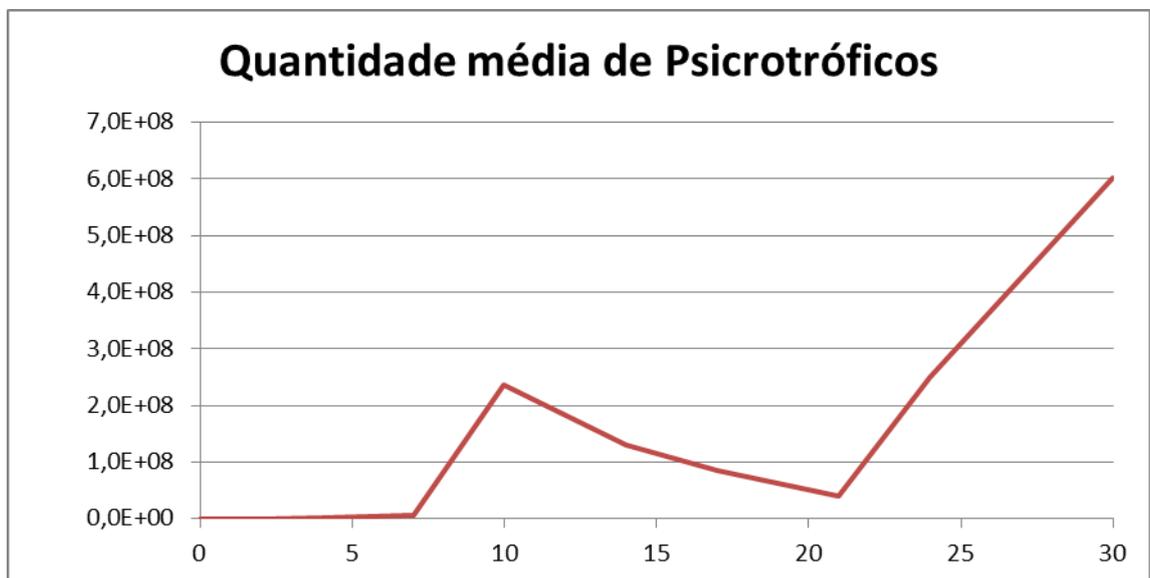


Fig. 27: Gráfico em linha da média da CBHAP dos três grupos amostrais estudados.

A seguir, na figura 28, estão representadas as três linhas de crescimento referentes às CBHAP dos três grupos amostrais, e assim como na CHAM, o grupo controle apresentou um destacado aumento entre os dias 7 e 10, também seguido por uma queda acentuada até o 14º dia. Só voltou a exibir aumento a partir do 17º dia, o qual ficou ainda mais evidente do 21º dia em diante, apresentando seu pico no último dia de análise, com máxima de crescimento de $8,9 \times 10^8$ UFC/g. O grupo irradiado a 0,7 kGy seguia com as contagens mais homogêneas até o 10º dia, com o maior valor sendo $1,5 \times 10^7$ UFC/g no 7º dia, expressando um relevante aumento entre os dias 10 e 14, seguido por uma redução até o 21º, quando então, apresentou o mesmo comportamento do grupo controle, tendo sua reta o ápice no 30º dia, com a maior contagem sendo $8,4 \times 10^8$ UFC/g. Já o grupo irradiado a 1,0 kGy manteve a

homogeneidade do crescimento até o 14º dia, sendo o maior valor obtido o de $1,9 \times 10^7$ UFC/g no 10º dia. O restante das análises desse grupo permaneceu sem aumentos ou reduções bruscas, com máxima de $1,2 \times 10^8$ UFC/g no 17º dia.

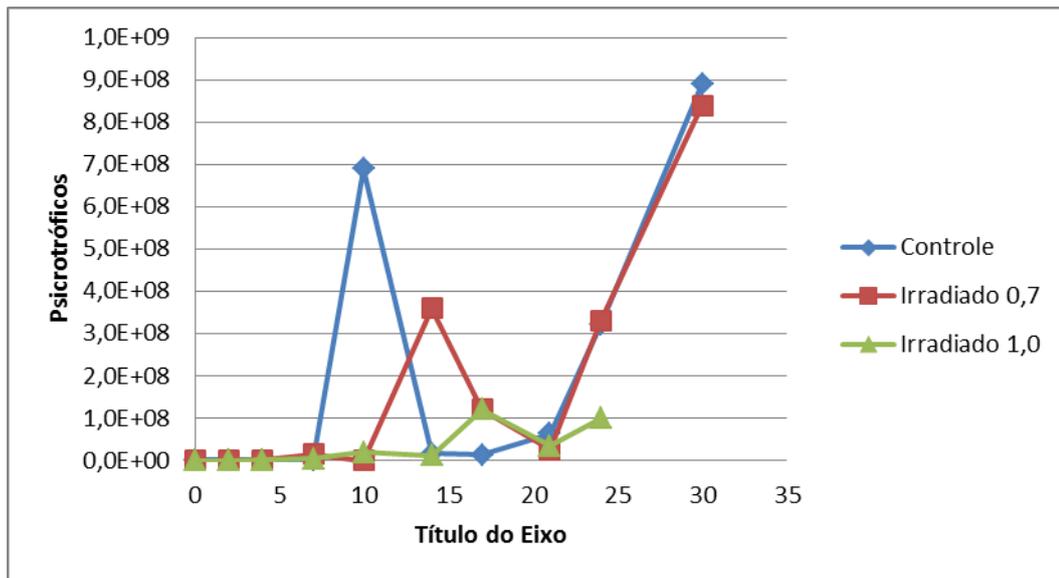


Fig. 28: Gráfico em linha comparando a CBHAP dos três grupos amostrais analisados.

Conforme demonstrado na figura 29, na CBHAP as amostras apresentaram valores entre $2,6 \times 10^2$ e $8,9 \times 10^8$ UFC/g, com média de $1,35 \times 10^8$ UFC/g, desvio padrão de $2,5 \times 10^8$ UFC/g e mediana de $1,6 \times 10^7$ UFC/g.



Fig. 29: Distribuição da CBHAP quanto à análise das amostras dos três grupos estudados.

Como na legislação nacional em vigor (BRASIL, 2001b) não estão estabelecidos os valores máximos para CBHAM e CBHAP, utiliza-se como base para tais análises o ICMSF (1986), que estipula o limite de 10^7 UFC/g.

Assim sendo, tanto as contagens de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas como as de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas foram altas desde as primeiras análises. No entanto, somente no 4º dia, que pela primeira vez foi ultrapassado o limite estipulado pela legislação, apresentando o grupo controle na CBHAM o valor de $1,5 \times 10^7$ UFC/g e a partir do 10º dia quanto a CBHAP com $6,9 \times 10^8$ UFC/g.

Enquanto que o grupo irradiado a 0,7, só encontrou-se fora dos padrões a partir do 14º dia em relação à CBHAM com $8,4 \times 10^7$ UFC/g e pela primeira vez no 7º dia da CBHAP com $1,5 \times 10^7$.

Quanto às amostras irradiadas a 1,0 kGy, somente no 10º dia, que pela primeira vez foi ultrapassado o limite estipulado pela legislação, sendo a CBHAM de $1,8 \times 10^7$ UFC/g e a partir deste mesmo dia para CBHAP com $1,9 \times 10^7$ UFC/g.

Por conseguinte, verificou-se que a irradiação por feixe de elétrons de certa forma foi eficiente na redução da CBHAM e também da CBHAP, em relação à redução encontrada no dia zero quando comparadas as contagens dos grupos controle com os irradiados a ambas as doses, sendo a diminuição das bactérias mesófilas mais aparente do que a das psicotróficas, e também ao dia em que as amostras irradiadas começaram a transcender o valor preconizado.

As altas contagens bacterianas iniciais podem estar relacionadas ao fato dos peixes terem sido adquiridos no cais de Itaipú, onde a pesca é realizada, exclusivamente, de forma artesanal sendo, portanto, utilizadas pequenas embarcações sem unidade frigorífica ou sequer recipientes contendo gelo, e dessa forma os animais permanecem ao sol não só até a chegada à praia, mas também durante a venda, sem o contato com gelo em nenhuma dessas etapas do fluxograma. Além disso, no momento da filetagem, pode ocorrer o rompimento de órgãos e vísceras contaminando a musculatura, que inicialmente, antes mesmo do abate, se encontrava estéril. Afinal, como descrito por Prata e Fukuda (2001), as etapas de descamação e evisceração do pescado, são importantes estágios da cadeia produtiva, pois deixam a carne ainda mais vulnerável à contaminação bacteriana.

Resultado semelhante foi descrito por Abreu (2005), em avaliação bacteriológica de peixe-sapo (*Lophius gastrophysus*) refrigerado e irradiado, que observou a contagem de microrganismos psicotróficos correspondente a $7,5 \times 10^6$ UFC/g no grupo controle, verificando que o mesmo se encontrava no limite estabelecido pela ICMSF (1986) e uma redução no dia zero de 6,7 log nas amostras irradiadas a 3, 5 e 7 kGy. Constatando ao final do experimento o aumento da validade comercial das amostras em todas as doses estudadas, chegando a 18 dias quando submetidas às doses maiores.

Assim como observado no presente estudo, durante avaliação de pescado fresco comercializado em supermercados na Bahia, Barreto et al. (2012), encontraram elevadas contagens de mesófilos. Altas contagens de ambas categorias de microrganismos também foram constatadas no estudo bacteriológico

realizado por Haida e Muller (1984), em sardinhas (*Sardinella aurita*) comercializadas em feiras-livres, peixarias e supermercados no Paraná.

No trabalho apresentado por Martins (2011), utilizando amostras de pescada (*Macrodon ancylodon*), constatou-se que nenhuma das análises estava acima do limite estabelecido pela ICMSF em relação à investigação de bactérias mesófilas, enquanto que para os psicrotróficos, foram encontrados 25% das unidades amostrais acima do limite (10^7 UFC/g) (ICMSF, 1986). Entretanto, comparativamente aos resultados do atual experimento, as contagens iniciais se apresentaram dentro dos limites para ambas as categorias bacterianas analisadas.

Contudo, de modo divergente, foi relatado por Soares et al. (2011), em estudo realizado com 50 amostras de filés de peixe congelado, altas CBHAM e CBHAP, estando 6 amostras em desacordo com o padrão citado na ICMSF (1986). Contagens essas, possivelmente, associadas a condições higiênicas insuficientes.

Tais contagens também foram estudadas por Soares et al. (2012) para avaliação da eficiência do processo de irradiação, utilizando-se uma fonte de Cs^{137} , em amostras de músculos e gônadas de vieira (*Nodipecten nodosus*) crus e congelados submetidos a doses de 2 e 5 kGy. Concluindo ao final do estudo, que a irradiação foi eficaz somente para o controle de bactérias mesófilas na dose de 5 kGy visto que apenas nesse caso houve uma diferença estatisticamente significativa quando comparados com o grupo controle. Resultado divergente do presente trabalho, onde não foi encontrada evidência de diferença estatisticamente significativa entre os grupos na CBHAM e nem na CBHAP, mas que no entanto, foi verificada eficiência da irradiação por feixe de elétrons na diminuição de tais contagens, devido à redução observada no dia zero das análises.

Santos (2008), após realizar a análise bacteriológica da carne de siri (*Callinectes sapidus*) pré-cozida, congelada, inspecionada e irradiada com Co^{60} nas doses de 3 e 5 kGy, relatou que houve interferência no crescimento bacteriano em relação a CBHAP, de forma que quanto maior a dose aplicada, maior foi a redução das UFCs, apresentando quando medidas em \log_{10} uma redução média de 47,9% na formação de UFCs no grupo de 3 kGy e 59,4% no grupo de 5 kGy. Semelhante ao observado no estudo em questão em relação à CBHAP, pois as amostras do grupo

irradiado a 0,7 kGy ultrapassaram o limite estabelecido na legislação a partir do 14º dia, enquanto que o mesmo só ocorreu com as irradiadas a 1,0 kGy, no 17º dia. Contudo, no caso das mesófilas não foi encontrada diferença estatística significativa, quando comparados o grupo controle com os irradiados em ambas as doses, assim como no presente estudo, onde não encontrou-se diferença significativa na CBHAM, quando comparados o grupo controle com os irradiados.

4.1.2 *Enterococcus* spp.

Os valores verificados na enumeração de *Enterococcus* spp. dos três grupos amostrais, encontram-se listados na tabela 4.

Tabela 4: Valores obtidos em UFC/g na enumeração de *Enterococcus* spp. após análise dos filés dos três grupos amostrais.

DIAS	NMP obtido para <i>Enterococcus</i> spp		
	Controle	Irradiado a 0,7 kGy	Irradiado a 1,0 kGy
0	$2,4 \times 10^4$	$2,4 \times 10^3$	$1,1 \times 10^3$
2	$4,6 \times 10^2$	$4,3 \times 10$	$9,3 \times 10$
4	$>1,1 \times 10^3$	$4,3 \times 10$	$4,6 \times 10^2$
7	$>1,1 \times 10^3$	$2,4 \times 10^2$	$9,3 \times 10$
10	$4,3 \times 10^3$	$4,3 \times 10$	$9,3 \times 10$
14	$4,3 \times 10^3$	$1,1 \times 10^3$	$1,5 \times 10^2$
17	$4,3 \times 10^3$	$4,3 \times 10$	$4,3 \times 10$
21	$<3 = 0$	$3,9 \times 10$	$0,4 \times 10$
24	$0,4 \times 10$	$0,7 \times 10$	$2,3 \times 10$
30	$2,3 \times 10$	$<3 = 0$	$<3 = 0$

Comparando os resultados das enumerações das amostras dos três grupos, não houve evidência de diferença estatisticamente significativa ($p = 0,201$).

Quanto à linha da média da Enumeração de *Enterococcus* spp. dos três grupos, verificou-se que do dia 0 ao dia 2 ocorreu declínio acentuado, sendo o menor NMP de $4,3 \times 10$, exibido no dia 2 do grupo irradiado a $0,7 \text{ kGy}$, e o maior de $2,4 \times 10^4$ no dia 0 do grupo controle. Do 2º dia até o 14º, houve crescimento gradativo, variando entre $4,3 \times 10$ e $4,3 \times 10^3$, havendo uma pequena redução do dia 4 para o dia 7. Do 14º ao 21º dia estabeleceu-se o que pareceu ser a fase de declínio, caracterizada pela redução do crescimento bacteriano, e onde o menor valor foi de <3 ou igual a zero, sendo considerado como zero para valor estatístico. A partir do 21º dia em diante, as enumerações possuíam variações menos expressivas, não alterando o traçado, sendo o valor mínimo encontrado de <3 ou igual a zero e o máximo $3,9 \times 10$ (figura 30).

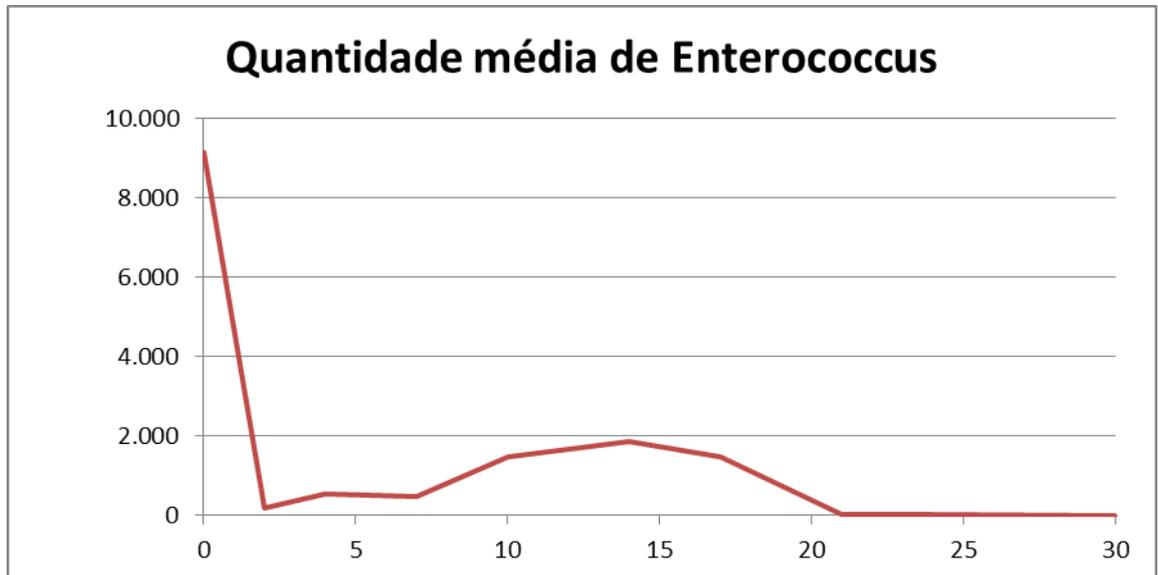


Fig. 30: Gráfico em linha da média do NMP de *Enterococcus* spp. dos três grupos amostrais estudados.

Nos traçados individuais referentes às enumerações de *Enterococcus* spp. dos grupos avaliados, o grupo controle foi o que mais destoou do restante, estando o maior NMP no dia 0 de análise, com valor de $2,4 \times 10^4$, seguido por um abrupto declínio até o 2º dia de análise com NMP de $4,6 \times 10^2$. Desde então, até o 10º dia,

ocorreu progressivo aumento, quando finalmente alcançou estabilidade em um patamar e permaneceu até o 17º sem alterações, alcançando o declínio no 21º dia e mantendo um NMP baixo até o 30º, com mínimo de <3 ou igual a zero e máximo de $2,3 \times 10$. Quanto aos grupos irradiados, ambos apresentaram números mais baixos, sendo os mais altos valores verificados no dia 0, com NMP de $2,4 \times 10^3$ no irradiado com a menor dose, e $1,1 \times 10^3$ no irradiado a 1,0 kGy, e o menor NMP, foi de <3 ou igual a zero, no último dia de análise para os dois grupos (figura 31).

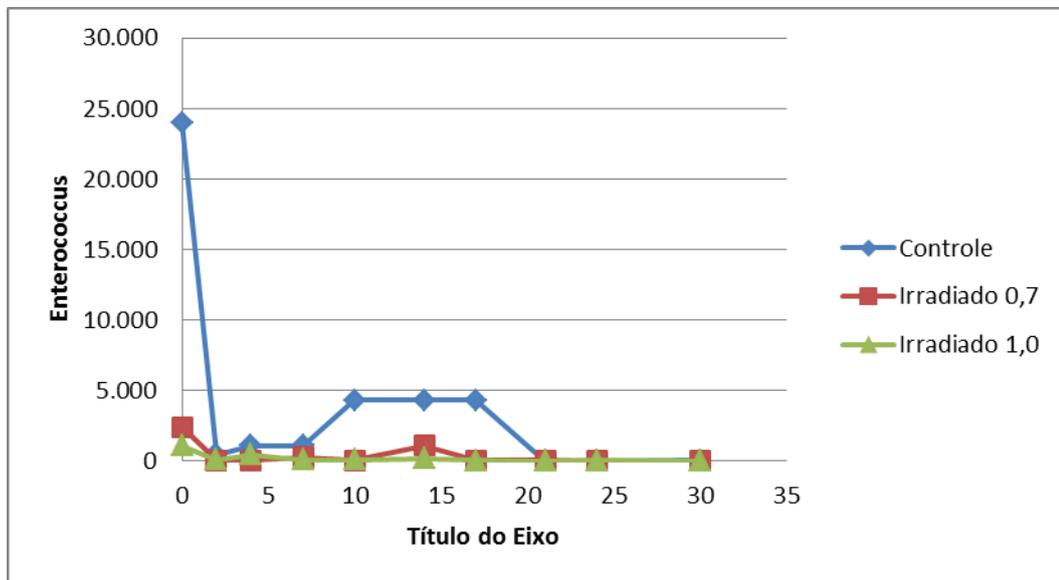


Fig. 31: Gráfico em linha comparando a enumeração de *Enterococcus* spp. dos três grupos amostrais analisados.

Na figura 32, visualiza-se que em relação ao NMP de *Enterococcus* spp. que a variação foi de zero a $2,4 \times 10^4$ UFC/g, com média de $1,52 \times 10^3$ UFC/g, desvio padrão de $4,45 \times 10^3$ UFC/g e mediana de $9,3 \times 10$ UFC/g.

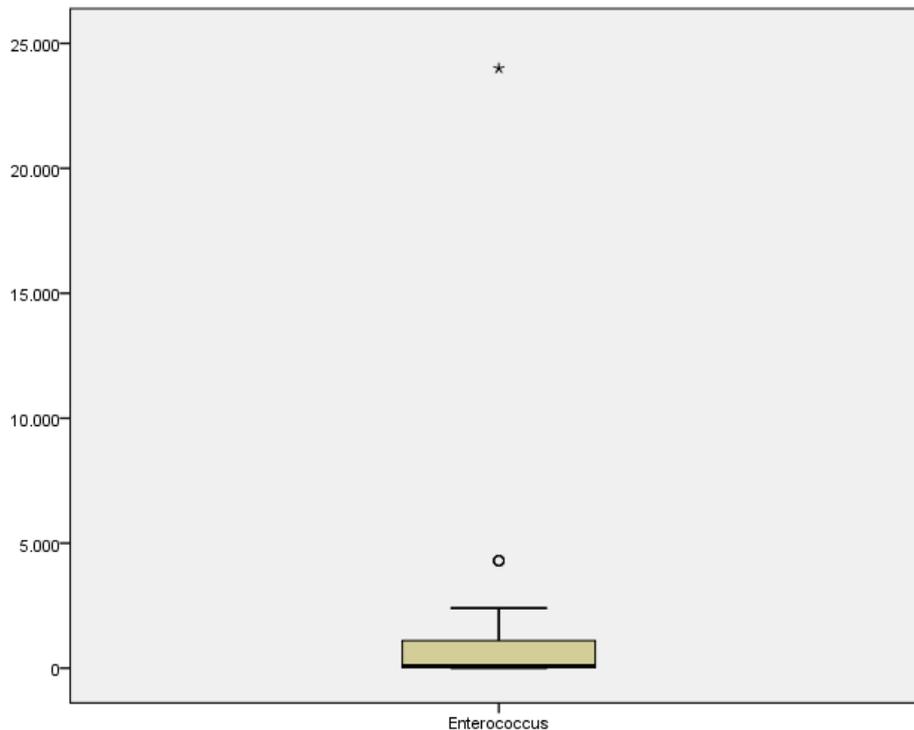


Fig. 32: Distribuição da Enumeração de *Enterococcus* spp. quanto à análise das amostras dos três grupos estudados.

Como na legislação nacional vigente (BRASIL, 2001b), não consta limite para NMP de *Enterococcus* spp., levou-se em consideração o exposto no anexo II da RDC n° 12/ 2001 “produto ou lote (se amostra indicativa ou representativa, respectivamente) impróprio para o consumo humano por apresentar microrganismo patogênico ou toxina que representa perigo severo a saúde do consumidor”.

Assim como foi ressaltado nas contagens de bactérias mesófilas e bactérias psicrófilas, também deve ser levada em consideração a modalidade de pesca para captura do pescado avaliado. Além das condições higiênico-sanitárias dos barcos, de descamação, evisceração e filetagem, não só no que diz respeito às instalações físicas, como também à qualidade da água utilizada para limpar a bancada, faca e mãos do manipulador, associados à ausência de refrigeração nas primeiras etapas da cadeia produtiva, que podem ter contribuído para os elevados NMP de *Enterococcus* spp. encontrados nas análises iniciais.

Pelos resultados exibidos no presente trabalho, após a enumeração de *Enterococcus* spp. observou-se que apesar da redução identificada no dia zero,

quando comparados o grupo controle aos irradiados a ambas as doses, todas as três amostras iniciais eram positivas em relação a presença desse microrganismo. Além disso, mesmo sendo constatada uma oscilação de um dia para o outro durante a avaliação, considerou-se que a irradiação foi eficaz na diminuição da carga bacteriana, uma vez que no 21° dia a amostra do grupo controle encontrava-se com NMP igual a zero e no 30° dia, as amostras irradiadas estavam com esse mesmo valor.

Similarmente as enumerações verificadas no presente experimento, Santos (2008) após enumeração de *Enterococcus* spp. em carne de siri (*Callinectes sapidus*) pré-cozida, congelada, inspecionada e irradiada com Co^{60} identificou redução de 1,3 ciclos log e 1,2 ciclos log, respectivamente, nas amostras irradiadas à 3,0 kGy e 5,0 kGy, quando comparadas com as do grupo controle. No entanto, a redução apresentada não foi suficiente para estabelecer uma diferença estatisticamente significativa. E em investigação bacteriológica em mexilhões (*Perna perna*) pré-cozidos, congelados e irradiados com Co^{60} , Valente (2004) descreveu que as doses de 3 e 5 kGy foram suficientes para redução do número de *Escherichia coli* e *Enterococcus* spp. quando comparados com a amostra controle, enquanto que no grupo irradiado a 7 kGy identificou-se como resultado ausência de ambos os microrganismos.

No entanto, em contrapartida aos resultados obtidos nesse estudo, onde as análises iniciais dos três grupos foram positivas para enterococos, e que mesmo com o decorrer do tempo e execução de novas análises, apenas em três amostras foi encontrado o resultado de <3 ou igual a zero; em pesquisa realizada por Soares et al. (2012) com músculos e gônadas de vieiras crus e congelados, não foi encontrado resultado positivo para enumeração de tal categoria bacteriana, nem no grupo controle, nem nos irradiados com Cs^{137} a doses de 2 e 5 kGy.

Mesmo não sendo considerados os melhores indicadores de contaminação fecal, a alta enumeração desses microrganismos em uma matriz alimentícia, que não o contenha originalmente em sua formulação, aponta a adoção de insuficientes medidas sanitárias, de conservação e manutenção do alimento, o que permite a proliferação desses e de outros microrganismos patógenos ou deteriorantes

(FRANCO; LANDGRAF, 2008). Sendo assim, considera-se que as amostras analisadas e nas quais identificou-se a presença dessa bactéria, constituem risco à saúde do consumidor.

As análises não continuaram a ser realizadas para confirmação das fases de crescimento bacteriano, pois, sensorialmente, apresentavam-se claramente fora de condições para o consumo. Dessa forma, sendo o principal objetivo do projeto a viabilidade desse alimento para o comércio, as análises foram finalizadas no 30º dia.

4.2 ANÁLISE SENSORIAL

Os resultados expressos nos testes triangulares foram: o teste 1 obteve 14 respostas corretas (46,7%) e 16 erradas (53,3%). Confrontando o número de julgamentos corretos com a tabela 38 (anexo 8.1) (DUTCOSKY, 2011), verificou-se que estatisticamente não houve evidência de diferença significativa, entre as amostras do grupo controle quando comparadas com as do grupo irradiado a 0,7 kGy; no teste 2 foram contabilizadas 16 respostas corretas (53,3%) e 14 erradas (46,7%), sendo portanto encontrada diferença estatisticamente significativa entre as amostras do grupo controle e do grupo irradiado a 1,0 kGy; enquanto que no teste 3, no qual comparou-se ambos os grupos irradiados, também foi verificada diferença significativa, pois foram calculadas 15 (50,0%) respostas corretas e outras 15 (50,0%) erradas.

Em se tratando dos atributos listados nas fichas, no teste 1, vinte e sete provadores apontaram diferença no sabor das amostras apresentadas; onze na textura; cinco na cor e seis no aroma; no teste 2, vinte e um no sabor, doze na textura, seis na cor e sete no aroma; ao passo que no teste 3, o número de julgamentos referente às distinções identificadas em cada atributo foi de vinte e quatro para o sabor; treze para a textura; sete para a cor e cinco para o aroma (tabela 5).

Tabela 5: Valores obtidos pela soma dos julgamentos indicativos de diferença nos atributos entre as amostras fornecidas em cada teste.

Testes	Atributos				
	Sabor	Textura	Cor	Aroma	Outro
Teste 1	27	11	5	6	1
Teste 2	21	12	6	7	0
Teste 3	24	13	7	5	3

O atributo sabor, portanto, foi o mais citado, com 72 votos indicativos de diferença entre as amostras e os com menos indicações de distinção foram a cor e o aroma, ambos com 18 votos cada.

No campo destinado a “outro” atributo, os comentários expressos foram: no teste 1, uma ficha indicando que a amostra apontada como diferente das demais, no caso a do grupo controle, parecia estar menos salgada, no entanto, uma das outras duas amostras também representava o grupo controle; e no teste 3, um julgador indicou diferença na acidez da amostra irradiada a 0,7 kGy, mesmo tendo provado outra amostra também representante do mesmo grupo; outro julgador comentou que uma das amostras estava com menos sal e limão que outra, mesmo ambas pertencendo ao grupo irradiado a 1,0 kGy e ainda assim, a amostra marcada foi a amostra correta e distinta das citadas; e um terceiro provador encontrou diferença de sabor nas três amostras, estando mais acentuada em uma das irradiadas a 1,0 kGy, mesmo também tendo provado outra amostra do mesmo grupo.

É importante ressaltar, que as amostras pertencentes a um mesmo grupo foram preparadas concomitantemente, e de acordo com a ficha técnica, afim de garantir que não houvesse diferença entre elas.

Assim como descrito anteriormente referente às análises bacteriológicas, no Brasil e no mundo, muitos estudos foram realizados com irradiação de alimentos pela radiação gama. No entanto, nenhum foi encontrado com análise sensorial de

qualquer tipo de produto de origem animal submetido ao processo de radiação por feixe de elétrons. Dessa forma, ainda que sejam tecnologias distintas, os estudos com radiação gama foram utilizados comparativamente, devido à semelhança de ação que exercem nas moléculas das matrizes alimentícias.

Analogamente, Valente (2004), relatou que a irradiação, do ponto de vista sensorial, não alterou o aroma das amostras de mexilhões (*Perna perna*) pré-cozidos, congelados e irradiados com Co^{60} nas doses de 3, 5 e 7 kGy, permanecendo *sui generis*. Em contrapartida, também não foi encontrada diferença no sabor, que foi a característica mais indicada no presente estudo com diferença entre as amostras.

Em estudo realizado por Antony et al. (2011) foram comparados quatro grupos amostrais, sendo: controle (0 kGy); adicionado de 2% de metabissulfito de sódio; irradiado a 1,5 kGy e irradiado a 1,5 kGy e adicionado de 1,25% de metabissulfito de sódio. Entre outros objetivos foram apresentados os efeitos da radiação gama nas características sensoriais, utilizando um irradiador de Co^{60} , em camarões (*Pleoticus muelleri*) refrigerados. Foi constatado ao final do experimento que a amostra irradiada com a dose descrita, não obteve alterações sensoriais significativas quando comparada com a amostra controle, assim como ocorreu no teste 1 desse experimento.

Abreu (2005), relatou o aumento da validade comercial de amostras de filé de peixe-sapo (*Lophius gastrophysus*) refrigeradas e irradiadas com raios gama (Co^{60}) em todas as doses estudadas (3, 5 e 7 kGy), alcançando 18 dias quando submetidas as doses maiores. Sensorialmente, quanto a cor não houve diferença significativa ($p>0,01$) entre a amostra controle e as irradiadas a 3 e 5 kGy, assim como no presente estudo que o atributo “cor” recebeu um baixo número de votos indicativos de diferença nos três testes aplicados. Enquanto que a irradiada com 7 kGy apresentou uma coloração avermelhada intensa ao produto cru, o que não é considerada uma alteração positiva. Na amostra controle foram identificados sabor e aroma mais agradáveis do que nas irradiadas. Já em relação ao odor, até o 5º dia de estocagem foi observado odor desagradável, oriundo da produção de radicais

livres após irradiação do produto, os quais são voláteis e diminuem com o passar do tempo.

Em estudo com camarões (*Litopenaeus brasiliensis*) irradiados e refrigerados, Sireno (2004) utilizou as doses de 1,5 e 2,5 kGy de radiação gama, com uma fonte de Cs¹³⁷ e posteriormente as analisou por 30 dias, com o objetivo de monitorar possíveis alterações durante esse período e a validade comercial. Dessa forma, ao término do período de monitoramento não foi encontrada diferença significativa ($p > 0,01$) quanto à avaliação sensorial (sabor, aparência, aroma e impressão global) quando comparados os três grupos e nem quanto à medida de pH. Assim como no atual estudo, que estatisticamente não foi encontrada diferença significativa entre as amostras do grupo controle e irradiado a 0,7 kGy.

Comparativamente aos resultados dos dois experimentos acima citados, no presente trabalho apenas se destacou em relação à diferença entre as amostras, o sabor, ficando os outros atributos com um número de votos reduzido, o que indica que nas doses aplicadas essas características não sofreram modificações perceptíveis para a maioria dos provadores.

5 CONCLUSÕES

Avaliando os resultados encontrados, conclui-se que:

- A irradiação por feixe de elétrons, quando aplicada em filés de corvina (*Micropogonias furnieri*) refrigerados, nas doses de 0,7 e 1,0 kGy, atua de forma eficaz na redução da CBHAM, CBHAP e NMP de *Enterococcus* spp., presentes inicialmente na matriz estudada, ampliando seu prazo comercial. No entanto, no presente trabalho, não foi detectada diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre os três grupos estudados em nenhuma das contagens e enumeração estudadas.
- Tendo como base a alta carga bacteriana verificada nas análises iniciais, verificou-se a necessidade de investimentos no setor da atividade pesqueira. Através de uma fiscalização mais ativa, principalmente, no que diz respeito ao fluxograma da pesca artesanal, como também a aplicação das Boas Práticas de Manipulação, afim de garantir a qualidade e inocuidade desses alimentos, prevenindo futuros riscos à saúde coletiva.
- A dose de 1,0 kGy alterou as características sensoriais dos filés de corvina irradiados, pois foi encontrada diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) quando comparadas as amostras desse grupo com as dos outros dois grupos estudados. Em relação aos atributos testados, o sabor foi o que obteve maior número de votos indicativos de diferença entre as amostras.
- Fazem-se necessários novos experimentos com relação à aplicação dessa tecnologia não só em pescado, mas em produtos de origem animal como um todo, com a utilização de um número maior de provadores, a repetição das análises e do emprego de doses diferentes visando avaliar sua interferência em outros microrganismos e, até mesmo, uma avaliação dos parâmetros físico-químicos, para a consolidação da eficiência do processo em todos os níveis.

6 OBRAS CITADAS

ABREU, M. G. *Caracterização sensorial e análise bacteriológica do peixe-sapo (Lophius gastrophysus) refrigerado e irradiado*. Niterói, 2005. 90 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2005.

ACELÉTRON. Acelétron Irradiação Industrial. *Tecnologia*. Disponível em: <<http://www.aceletron.com.br/tecnologia.htm>>. Acesso em: 14 jan. 2014.

ANTONY, M.; MESQUITA, E. F. M.; KAJISHIMA, S.; SOUZA, M. C. L. Análise sensorial do camarão santana ou vermelho, *Pleoticus muelleri* (MALACOSTRACA: ARISTEIDAE), refrigerado e irradiado. *Arquivos de Ciência Veterinária e Zoologia da UNIPAR*, Umuarama: v.14, n. 2, p.87-90, jul./dez. 2011.

BARRADAS, G. S. *Análise do uso da irradiação e do metabissulfito de sódio em camarão Pleoticus muelleri (MALACOSTRACA: ARISTEIDAE) refrigerado através do pH*. Niterói, 2009. 49 p. Monografia (Especialização em Irradiação de Alimentos) – Curso de Especialização em Irradiação de Alimentos, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

BARRETO, N. S. E.; MOURA, F. C. M.; TEIXEIRA, J. A.; ASSIM, D. A.; MIRANDA, P. C. Avaliação das condições higiênico-sanitárias do pescado comercializado no município de Cruz das Almas, Bahia. *Revista Caatinga*, Mossoró: UERSA, v. 25, n. 3, p.86-95, jul-set, 2012.

BEIRÃO, L. H.; TEIXERA, E.; MEINERT, E. M.; SANTO, M. L. P. E. Processamento e industrialização de moluscos. In: SEMINÁRIO DE WORKSHOP TECNOLOGIA PARA APROVEITAMENTO INTEGRAL DO PESCADO, 1., 2000, Campinas. *Anais...* Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2000. p. 68 -77.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Portaria n. 43, de 24 de setembro de 2007. Proíbe o transporte e o desembarque das espécies corvina (*Micropogonia furnieri*), castanha (*Umbrina canosa*), pescadinha-real (*Macrodon ancylodon*) e pescada-olhuda (*Cynoscion guatucupa*, sin. *C. striatus*), por embarcações cerqueiras (traineiras) no Mar Territorial e Zona Econômica Exclusiva - ZEE das regiões Sudeste e Sul. *Diário Oficial [da] União*, Brasília, n. 185, p. 58, 25 set. 2007. Seção 1. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/portaria_43.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2013.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializa os métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água. *Diário Oficial [da] União*, Brasília, DF, 18 set. 2003. Seção 1.

_____. _____. _____. _____. Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952, alterado pelos Decretos nº 1.255 de 25 de junho de 1962, nº 1.236 de 02 de

setembro de 1994, nº 1.812 de 08 de fevereiro de 1996 e nº 2.244 de 04 de junho de 1997. Aprova o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA. *Diário Oficial [da] União*, Brasília, DF, 05 jun. 1997. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Saúde - MS. Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº 21, de 26 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico para irradiação de alimentos. *Diário Oficial [da] União*, Poder Executivo, Brasília, 29 jan. 2001a.

Disponível em:

<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/791ccc804a9b6b1b9672d64600696f00/Resolucao_RDC_n_21_de_26_de_janeiro_de_2001.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 31 mai. 2013.

_____. _____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento sobre padrões microbiológicos para alimentos e seus anexos I e II. *Diário Oficial [da] União*, Brasília, DF, 10 jan. 2001b. Seção 1.

_____. _____. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação de Vigilância das Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar. Análise epidemiológica dos surtos de doenças transmitidas por alimentos no Brasil. Brasília, DF. Disponível em:

<http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/surtos_dta.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2015.

CAMARGO, A. C. *Divulgação da tecnologia de irradiação de alimentos e outros materiais: irradiação de alimentos*, 2007. Disponível em:

<http://www.cena.usp.br/irradiacao/irrad_alim.htm>. Acesso em: 01 ago. 2013.

CARVALHO FILHO, A. *Peixes; costa brasileira*. São Paulo: Editora Marca D'Água, 1992. 304 p.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, Joint FAO/WHO (Food Standards Programme) *Codex Alimentarius: Volume I, a General Requirements*, Rome, v. 1A, Section 7, p. 204-218, 1995.

CRESPO, T. *História da radiologia: irradiação de alimentos*. Disponível em:

<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABUCEAK/historia-radiologia-irradiacao-alimentos>>. Acesso em: 08 ago. 2013.

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

DUTCOSKY, S. D. *Análise sensorial de alimentos*. 3 ed. Curitiba: Champagnat, 2011. 426p.

FAERJ. FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E PESCA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. SEBRAE-RJ. SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. Org: Marcelo Viana. *Diagnóstico da cadeia produtiva da pesca marítima do estado do Rio de Janeiro: relatório de pesquisa*. Rio de Janeiro: Editora Populis, 2009. 200 p.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Species fact sheets. Micropogonias furnieri*. Fisheries and Aquaculture Department. Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/species/2351/en>>. Acesso em: 09 fev. 2013.

FELLOWS, P. J. *Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática*. Trad. Florencia C. O.; Jane M. R.; Julio A. N.; Roberta C. S. T. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FERREIRA, A. *Radura*. 2010. Disponível em: <<http://abrahamo-radiologia.blogspot.com.br/2010/05/radura.html>>. Acesso em: 06 jun. 2013.

FERREIRA, S. R. S. *Contribuição da tecnologia de irradiação de alimentos no fornecimento de segurança alimentar e nutricional*, 1999. 172 p. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana) – Programa de Pós-graduação do Instituto de Nutrição da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro. 1999.

FIPERJ. FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESCA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. *Relatório 2011*. Disponível em: <http://www.fiperj.rj.gov.br/fiperj_imagens/arquivos/revistarelatorios2011.pdf>. Acesso em: 08 Jul. 2013.

_____. FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESCA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. *Diagnóstico da pesca do Estado do Rio de Janeiro: projeto de monitoramento da pesca do estado do Rio de Janeiro – estatística pesqueira*. Niterói, jun. 2013a. 108 p.

_____. FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESCA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. *Pesca. Pesca marinha. As principais artes de pesca*. Disponível em: <<http://www.fiperj.rj.gov.br/index.php/main/pesca>>. Acesso em: 08 jul. 2013b.

FACKLAM, R., SAHM, D. F., TEIXEIRA, L. M. *Enterococcus*. In: MURRAY, P. R. BARON, E. J., PFALLER, M. A., TENOVER, F. C., YOLKEN, R.H. *Manual of clinical microbiology*. 7. ed. Washington D. C.: ASM Press, 1999. 1773 p. p. 297-305.

FOOD DESIGN. *Desenvolvimento de produtos alimentícios – integração técnica & marketing. Sistema da qualidade em alimentos*. São Paulo, 1998. 51p.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. *Microbiologia dos alimentos*. Col. Maria Teresa Destro. São Paulo: Ed. Atheneu, 2008. 182 p.

FRANCO, G. *Tabela de composição química dos alimentos*. 9. ed. Rio de Janeiro: Editora Atheneu, 1998. 307 p.

FRANCO, R. M. *Agentes etiológicos de doenças alimentares*. Niterói: Editora da UFF, 2012. 120 p. (Coleção Didáticos).

GEOPROF. Grupo de Estudos de Peixes do Oceano Profundo. *Artes de pesca*. Disponível em: <http://www.geoprof.org/art_pesca.php>. Acesso em: 12 ago. 2013.

GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. *Higiene e vigilância sanitária de alimentos: qualidade das matérias-primas, doenças transmitidas por alimentos, treinamento de recursos humanos*. 4. ed. rev. Barueri, São Paulo: Manole, 2011. 1044 p.

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

GOMES, C. B., ESTEVES T. C., PALAZZO, C. V. I., DARINI, C. A. L., FELIS, G. E., SECHI, A. L., FRANCO, D. G. M. B., DE MARTINIS, C. P. E. Prevalence and characterization of *Enterococcus* spp. isolated from Brazilian foods. *Food Microbiology*. v 25, n. 5, p. 668 – 675, aug. 2008.

HAIDA, K.S.; MULLER, E.E. Estudo bacteriológico da sardinha (*Sardinella aurita*) comercializada em Londrina, Paraná. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina: Universidade Estadual de Londrina, v. 5, n 17, p. 53-56, 1984.

ICMSF. INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS. *Sampling for microbiological analysis: principles and specific applications*. In:_____. *Microorganisms in Food*. 2 ed. Nova Iorque: University of Toronto Press, 1986.

JAY, J. M. *Microbiologia de alimentos*. 6. ed. Trad. Eduardo Cesar Tondo et al. Porto Alegre: Artmed, 2005. 711 p.

LEITÃO, M. F. F. Microrganismos patogênicos em alimentos. In: ROITMAN, I.; TRAVASSO, L. R.; AZEVEDO, J. L. *Tratado de Microbiologia*. São Paulo: Manole, v. 1, p. 30-31. 1988. 186 p.

MACFIE, H.J.H.; BRATCHEL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L.. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. *Journal of Sensory Studies*, Estados Unidos: Wiley, v. 4, n. 2, p. 129-148, 1989.

MARTINS, C. N. *Parâmetros de qualidade e valoração de pescada da espécie *Macrodon ancylodon* (Bloch & Schneider, 1801): características sensoriais, físico-químicas, microbiológicas, parasitológicas e contaminantes inorgânicos*. São Paulo, 2011. 196 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011.

MENEZES, N.A.; FIGUEIREDO, J.L. *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil*. São Paulo: Museu de Zoologia Universidade de São Paulo, 1980. 96 p. (IV Teleostei, n. 3).

MERCK. *Microbiology Manual Merck*. Darmstadt, Germany, 1996. 405 p.

MOLINS, R. A. *Irradiación de alimentos: principios y aplicaciones*. Trad. Alberto Ibarz Ribas. Zaragoza: Acribia, S. A. 2001. 490 p.

MONTEIRO, C.L.B. *Técnicas de avaliação sensorial*. 2 ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná - Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos, 1984. 101 p., p. 55-58.

MORAES, L. E.; ROMERO, R. M.; ROCHA, G. R. A.; MOURA R. L. Ictiofauna demersal da plataforma continental interna ao largo de Ilhéus, Bahia, Brasil. *Biota Neotropica*, São Paulo: FAPESP, v. 9, n. 4, 2009.

MORROS, M. G. *Aplicaciones de las radiaciones ionizantes en la industria agroalimentaria*. In: Foro Nuclear, Espanha, fev. 2002. p. 1-56.

MORTON, R. D. Aerobic Plate Count. In: DOWNES, P. F.; ITO, K. American Public Health Association (APHA). *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. 40. ed. Washington, 2001a. 676 p. cap. 7. p. 63 – 67.

MORTON, R. D. Psychrotrophic Microorganisms. In: DOWNES, P. F.; ITO, K. American Public Health Association (APHA). *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. 40. ed. Washington, 2001b. 676 p. cap. 7. p. 63 – 67.

OLIVEIRA, F. M. C.; MESQUITA, E. F. M.; MIRANDA, Z. B. RODRIGUES, E.; JESUS, E. F. O.; TEIXEIRA, D. G. Avaliação dos parâmetros de bases voláteis totais e pH da carne de rã-touro gigante (*Lithobates catesbeianus*), irradiada e resfriada. *Revista Higiene Alimentar*. v. 24, n. 190/191, nov./dez. 2010.

ORDÓÑEZ, J. A; RODRÍGUEZ, M. I. C; ÁLVAREZ, L. F; SANZ, M. L. G; MINGUILLÓN, G. D. G. F; PERALES, L. H; CORTECERO, M. D. S. *Tecnología de alimentos: componentes dos alimentos e processos*. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294 p. v. 1.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. *Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne*. Goiânia: CEGRAF – UFG/ Niterói: EdUFF, 2001. 623 p.

PRADO, S. Esterilização por feixe de elétrons (e-beam). In: Simpósio Regional de Reprocessamento de Produtos de Uso Médico, 2., 2009, Recife. *Apresentação em PowerPoint*. Disponível em:
<http://www.medlab.com.br/docs/esterilizacao_por_feixe_de%20eletrons.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2013.

PRATA, L. F.; FUKUDA, R. T. *Fundamentos de higiene e inspeção de carnes*. Jaboticabal, São Paulo: FUNEP, 2001. 349 p.

RIEDEL, G. *Controle Sanitário dos Alimentos*. 3. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2005. 455 p.

SANTOS, E. B. *Eficiência da radiação gama sobre a carga bacteriana da carne de siri (*Callinectes sapidus*) pré-cozida, congelada, inspecionada e irradiada*. Niterói, 2008. 57 p. Monografia (Especialização em Irradiação de Alimentos) – Curso de

Especialização em Irradiação de Alimentos, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.

SATIN, M. *La irradiación de los alimentos*. 2. ed. Zaragoza: Acribia, S. A., 1997. 175 p.

SCHABERLE, F. A.; SILVA, N. C. *Introdução à física da radioterapia*. Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina e Centro de Ciências Físicas e Matemática. Disponível em: <<http://canzian.fsc.ufsc.br/intrort/dosimetria.html#taxadose>>. Acesso em 14 jan. 2014.

SHERMAN, J. M. The streptococci. *Bacteriology Reviews*, v. 1, n. 1, p. 3 – 97, dez. 1937. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC440821/?page=11>>. Acesso em: 10 set. 2013.

SIRENO, M. *Propriedades físico-químicas e sensoriais de camarões *Litopenaeus brasiliensis* (Crustacea: penaeidae) in natura irradiados e armazenados sob refrigeração*. Niterói, 2004. 59 p. Monografia (Especialização em Irradiação de Alimentos) – Curso de Especialização em Irradiação de Alimentos, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

SOARES, I. C.; MESQUITA, E. F. M.; FRANCO, R. M.; VITAL, H. C.; RUBIÃO, C. A. Análise bacteriológica de músculo e gônadas de vieira, *Nodipecten nodosus* (Mollusca: Bivalvia), congelados e irradiados. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, São Paulo: v. 49, n. 1, p. 24-29, 2012.

SOARES, V. M.; PEREIRA, J. G.; IZIDORO, T. B.; MARTINS, O. A.; PINTO, J. P. A. N.; BIONDI, G. F. Qualidade microbiológica de filés de peixe congelados distribuídos na cidade de Botucatu – SP. *UNOPAR Científica – Ciências biológicas e da saúde*, Londrina: Universidade Norte do Paraná, v. 13, n. 2, p. 85-88, 2011.

SØRHOUG, T.; STEPANIAK, L. Psychrotrophs and their enzymes in milk and dairy products: quality aspects. *Trends in Food Science and Technology*, Cambridge: European Federation of Food Science and Technology, v.8, p. 35-41, fev. 1997.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. *Análise sensorial de alimentos*. Florianópolis: Ed. UFSC, 1987. 180 p.

TONONI, J. R. *Indústria do pescado*. 12 p. Disponível em: <<http://vix.sebraees.com.br/arquivos/biblioteca/Industria%20do%20Pescado.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2013.

USNRC. United States Nuclear Regulatory Commission Technical Training Center. *Biological Effects of Radiation*. Reactor Concepts Manual. Disponível em: <<http://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/teachers/09.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2014.

VALENTE, A. M. *Efeito da irradiação sobre mexilhões [*Perna perna* (Linnaeus, 1758)]: coliformes termotolerantes e *Enterococcus*; ação antimicrobiana e análise*

sensorial das amostras. Niterói, 2004. 85 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2004.

VITAL, H. C. *Apostila do Curso de Especialização em Irradiação de Alimentos*. Universidade Federal Fluminense. 2000. 4 p. (Manuscrito).

WHO. World Health Organization. *Wholesomeness of irradiated foods: report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee*. World Health Organization Technical Report Series 659, Geneva, 1981. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_659.pdf>. Acesso em: 17 set. 2013.

7 OBRAS CONSULTADAS

KARDEC, A. *O Evangelho segundo o Espiritismo: com a explicação das máximas morais do Cristo em concordância com o Espiritismo e suas aplicações às diversas circunstâncias da vida*. 25.ed. Rio de Janeiro: Federação Espírita Brasileira, 2012. 512 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE – UFF. *Apresentação de trabalhos monográficos de conclusão de curso*. 10. ed. rev. e atualizada por Estela dos Santos Abreu e José Carlos Abreu Teixeira. Niterói: EdUFF, 2012. 83 p.

8 ANEXOS

8.1 TABELA 38

Tabela 38 – Número mínimo de respostas corretas necessárias para estabelecer diferença significativa entre as amostras ao nível de erro alfa (α) para o Teste Triangular para o correspondente número de julgadores (n). Rejeite a hipótese de que não há diferença se o número de respostas corretas for maior ou igual ao tabelado

n	α					n	α				
	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001		0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
6	4	5	5	6	...	32	14	15	16	18	20
7	4	5	5	6	7	33	14	15	17	18	21
8	5	5	6	7	8	34	15	16	17	19	21
9	5	6	6	7	8	35	15	16	17	19	22
10	6	6	7	8	9	36	15	17	18	20	22
11	6	7	7	8	10	37	16	17	18	20	22
12	6	7	8	9	10	38	16	17	19	21	23
13	7	8	8	9	11	39	16	18	19	21	23
14	7	8	9	10	11	40	17	18	19	21	24
15	8	8	9	10	12	41	17	19	20	22	24
16	8	9	9	11	12	42	18	19	20	22	25
17	8	9	10	11	13	43	18	19	20	23	25
18	9	10	10	12	13	44	18	20	21	23	26
19	9	10	11	12	14	45	19	20	21	24	26
20	9	10	11	13	14	46	19	20	22	24	27
21	10	11	12	13	15	47	19	21	22	24	27
22	10	11	12	14	15	48	20	21	22	25	27
23	11	12	12	14	16	54	22	23	25	27	30
24	11	12	13	15	16	60	24	26	27	30	33
25	11	12	13	15	17	66	26	28	29	32	35
26	12	13	14	15	17	72	28	30	32	34	38
27	12	13	14	16	18	78	30	32	34	37	40
28	12	14	15	16	18	84	33	35	36	39	43
29	13	14	15	17	19	90	35	37	38	42	45
30	13	14	15	17	19	96	37	39	41	44	48
31	14	15	16	18	20	102	39	41	43	46	50

Fonte: DUTCOSKY (2011).