**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Efeito sinérgico da radiação gama e da refrigeração na conservação
do camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*)**

Tatiana Giselle Guimarães Lopes

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência e
Tecnologia de Alimentos

**Piracicaba
2006**

Tatiana Giselle Guimarães Lopes

Zootecnista

**Efeito sinérgico da radiação gama e da refrigeração na conservação do
camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*)**

Orientadora:

Prof^a. Dra. **SOLANGE GUIDOLIN CANNIATTI BRAZACA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência e
Tecnologia de Alimentos

Piracicaba

2006

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Guimarães-Lopes, Tatiana Giselle

Efeito sinérgico da radiação gama e da refrigeração na conservação do camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*) / Tatiana Giselle Guimarães-Lopes. - - Piracicaba, 2006.

94 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

1. Armazenagem de alimentos 2. Camarão 3. Conservação de alimentos pelo frio
4. Irradiação de alimentos 5. Pescado 6. Radiação Gama I. Título

CDD 664.94

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

*Ao meu marido Robson, pelo companheirismo e carinho
e a minha família querida, que está sempre ao meu lado.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Prof^a. Dra. Solange Guidolin Canniatti Brazaca, pela oportunidade, incentivo e orientação na realização desta pesquisa.

À Prof^a. Dra. Marília Oetterer pela amizade e orientação durante o trabalho.

Ao Prof^o. Dr. Ernani Porto pela orientação na realização das análises microbiológicas.

À Maria de Lourdes Perin Storer, à Débora Niero Mansi, à Juliana Galvão, à Maria Fernanda Almeida Prado e à Clarice Matraia, pela grande colaboração nas análises laboratoriais, pela amizade e atenção.

À Daniela Cordeiro, pela amizade, companheirismo e colaboração na realização desta pesquisa.

Aos professores do curso de Pós-graduação da área de concentração em Ciências e Tecnologia de Alimentos, pelos ensinamentos transmitidos.

Ao Prof^o. Dr. Valter Arthur, pelas valiosas considerações sobre o trabalho.

À Prof^a. Dra. Sonia Maria de Stefano Piedade, pela colaboração na análise estatística dos dados.

Aos queridos graduandos do Curso de Ciências dos Alimentos: Luciane Isabel Berno, Luciana Kimie Savay da Silva, Anderson Giovanni, Clarissa Pacheco e Silva, Mário Bega, Juliana Berti e Bruna Travagin.

A meus pais, Sonia e Fred pelo incentivo e apoio logístico.

Ao Prof^o. Edson Geraldo Luiz Lopes, pela revisão do texto.

À equipe da Fazenda Yakult pelo fornecimento do camarão, em especial ao Prof^o. Walter Quadros Seiffert e a Flamir Mathias Jr.

À Companhia Brasileira de Esterilização (CBE), pela receptividade e possibilidade de irradiação das amostras.

À CAPES pela bolsa de estudos concedida e à FAPESP pelo financiamento do projeto de pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE GRÁFICOS.....	10
LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE SIGLAS	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 DESENVOLVIMENTO	16
2.1 Objetivos	16
2.2 Revisão Bibliográfica	16
2.2.1 O valor nutritivo do pescado	16
2.2.2 O consumo de pescado.....	20
2.2.3 Produção mundial de pescado	21
2.2.4 Exportações	23
2.2.5 Geração de empregos na cadeia produtiva do camarão.....	24
2.2.6 Perecibilidade do camarão marinho	26
2.2.7 Alternativas para a conservação do camarão marinho	27
2.2.8 Efeito da radiação ionizante nos alimentos	28
2.2.9 Efeito das radiações sobre os microorganismos	29
2.2.10 Aplicação da radiação em pescado.....	31
2.2.11 Propriedades sensoriais dos alimentos irradiados	33
2.3 Material e métodos.....	38
2.3.1 Fonte de obtenção do material da pesquisa.....	38
2.3.2 Métodos.....	39
2.3.2.1 Irradiação das amostras	39
2.3.2.2 Período de amostragem	39
2.3.2.3 Avaliação microbiológica	40
2.3.2.4 Avaliação físico-química.....	40
2.3.2.5 Composição centesimal	41
2.3.2.6 Determinação de colesterol.....	41

2.3.2.7 Análise sensorial	42
2.3.2.8 Análise instrumental da cor	44
2.3.2.9 Análise estatística	45
2.4 Resultados e discussão.....	45
2.4.1 Composição centesimal	54
2.4.2 Análises físicas e químicas	56
2.4.2.1 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA)	56
2.4.2.2 Bases Nitrogenadas Voláteis Totais (BNVT)	58
2.4.2.3 Trimetilamina (TMA)	60
2.4.2.4 pH.....	62
2.4.2.5 Colesterol	64
2.4.2.6 Nitrogênio não protéico (NNP)	66
2.4.2.7 Cor instrumental	68
2.4.3 Análise sensorial	71
3 CONCLUSÕES	83
REFERÊNCIAS.....	84

RESUMO

Efeito sinérgico da radiação gama e da refrigeração na conservação do camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*).

Reconhecendo-se a susceptibilidade do camarão à autólise e à decomposição microbiana, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar a influência de diferentes doses de radiação gama na qualidade da carne, sob os aspectos microbiológicos, físico-químicos e sensoriais durante o armazenamento sob refrigeração do camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*). As amostras foram constituídas de camarões *in natura*, sem o cefalotórax, acondicionados em bandejas de poliestireno, embalados em filme plástico flexível e submetidos a diferentes doses de radiação gama (1,0 e 3,5 kGy), sendo que estas foram mantidas sob refrigeração ($5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) e analisadas no 1º, 7º, 14º e 21º dias de armazenamento. Foram realizadas análises microbiológicas (*Staphylococcus* coagulase positiva, *Salmonella* ssp, Coliformes totais e termotolerantes, microrganismos psicrófilos e mesófilos), e testes físico-químicos: bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT), pH, nitrogênio não protéico (NNP), análise de TBARS - substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA) e trimetilamina (TMA), além de determinações de colesterol e composição centesimal. Foram realizadas análises para cor (instrumental) e para aceitabilidade (hedônico), visando à determinação da qualidade sensorial do camarão (submetido à cocção) durante o período de armazenamento. Verificou-se que o processo de irradiação reduziu a população bacteriana inicial e após o armazenamento as amostras irradiadas apresentaram-se dentro dos padrões previstos pela legislação brasileira (BRASIL, 2005b). Já as amostras não irradiadas, após o 7º dia de armazenamento, estavam impróprias para o consumo por extrapolarem o limite estabelecido para *Staphylococcus*. Foram encontrados valores de 6,05 a 6,39 para pH; 19,47 a 80,84 mg/100g para BNVT; 2,61 a 12,85 mg/100g para TMA; 0,22 a 1,20 mg de malonaldeído/1000g para TBA e 53,09 a 134,81 mg/100g para colesterol. As amostras irradiadas mantiveram-se estáveis durante o período de armazenamento, o que não ocorreu nas amostras não irradiadas, quanto ao pH, índices de BNVT e TMA. A irradiação resultou na redução do teor de colesterol e valores de TBA nos diferentes tempos avaliados. Não houve diferença ($p \leq 0,05$) para cor instrumental no primeiro dia de armazenamento, em relação a amostras não irradiadas e irradiadas com 3,5 kGy. Não foram detectadas diferenças estatísticas ($p \leq 0,05$) no aspecto sensorial entre amostras irradiadas e não irradiadas no 1º dia de armazenamento. As amostras não irradiadas foram rejeitadas sensorialmente a partir do 7º dia de armazenamento, enquanto que as amostras irradiadas com 1 kGy foram aceitas até o 14º dia. As amostras irradiadas com 3,5 kGy mantiveram-se com aroma e aparência adequados até o final do experimento. Concluiu-se que o uso da radiação gama, especialmente a dose de 3,5 kGy, proporcionou maior estabilidade físico-química e segurança microbiológica durante o armazenamento, em relação ao produto refrigerado convencional, sem ocasionar alteração na qualidade sensorial do camarão. A radiação gama assegurou maior vida útil ao camarão refrigerado, atingindo 21 dias de armazenamento, sendo, portanto, um coadjuvante recomendável.

Palavras chaves: Pescado, Camarão, Irradiação, Radiação-gama, Refrigeração.

ABSTRACT

Effect synergistic of the radiation and of the refrigeration in the conservation of the white shrimp (*Litopenaeus vannamei*).

Taking into account shrimp susceptibility to autolise and bacterial decomposition, this study aimed to evaluate the different gamma irradiation dosis influence over meat quality related to microbiological, physical-chemical, nutritional and sensorial aspects, during cold storage of the white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Samples were taken from fresh shrimps without cephalothoraxes, settled into poliestirene trays, packed with flexible plastic film and submitted to different dosis of gamma irradiation (1.0 and 3.5 kGy). Samples were kept under refrigeration ($5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) and analyzed at the 1st, 7th, 14th and 21st day of storage. Microbiological analyzes were realized (Coagulase-positive *Staphylococcus*, *Salmonella* ssp, coliforms, psychrotrophic and mesophilic population), and physical-chemical and tests (Total volatile bases (TVNB), pH, non proteic nitrogen (NNP), TBARS analysis – reactive substances to tiobarbituric acid (TBA), trimetilamine (TMA) cholesterol teor and proximate composition). Instrumental color test were realized and hedonic test was taken to determine cooked products sensorial quality during storing period. It was noticed that the irradiation process reduced bacterial population and during storage all the irradiated samples were under the patterns established by the Brazilian legislation (BRAZIL, 2005a). Non-irradiated samples were inappropriate for consumption after one week of storage, since they were over *Staphylococcus* established limits. The pH values ranged from 6.05 to 6.39; 19.47 to 80.84 mg.100g⁻¹ for TVNB; 2.61 to 12.85 mg.100g⁻¹ for TMA-N; 0.22 a 1.20 mg of malonaldeide.1000g⁻¹ for TBA and 53.09 to 134.81 mg.100g⁻¹ for cholesterol concentrations. Irradiated samples kept more stability during storage period when compared to non-irradiated samples, regarding to pH, TVNB and TMA levels. Samples irradiation resulted into cholesterol and TBA values reduction at different evaluated moments. No significant differences ($p \leq 0.05$) were found in terms of instrumental color during the first day of storing when compared to the non-irradiated samples and to the 3.5 kGy irradiated ones. Statistical differences were not found ($p \leq 0.05$) between non-irradiated and irradiated samples within the first day of sensorial analysis. Non-irradiated samples were rejected on the sensorial test after the 7th day of storage, while the 1kGy irradiated samples were accepted until the 14th day. Samples irradiated with 3.5 kGy kept viability in terms off flavour and aspect until the end of the experiment. When compared to conventional refrigerated product, the gamma-irradiation technique, (especially the 3.5 kGy dosis) provided a higher stability related to physical-chemical properties and microbiological safety during storage. No differences on the sensorial shrimp quality were found. Through gamma irradiation, we obtained a product with minimal procedure modifications, with enhanced shelf life under refrigeration.

Key-words: Seafood, Shrimp, Irradiation, Gamma-ray, Refrigeration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo mundial de pescado (Fonte: FAO, 2005).....	21
Figura 2 - Camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>).....	38
Figura 3 - Provador realizando análise sensorial de camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>).....	43
Figura 4 - Amostras de camarão utilizadas na análise sensorial.....	43
Figura 5 - Colorímetro Minolta - CR - 200.....	44
Figura 6 - Camarão irradiado (3,5 kGy) e não irradiado (N.I.) no 7º dia de armazenamento sob refrigeração.....	70
Figura 7- Camarão irradiado (1,0 kGy e 3,5 kGy) no 14º dia de armazenamento sob refrigeração.....	70

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução da população de microrganismos psicrotróficos em camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vanammei</i>).....	47
Gráfico 2 - Evolução da população de microrganismos mesófilos em camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vanammei</i>).....	49
Gráfico 3 - Evolução da população de <i>Staphylococcus</i> coagulase positiva em camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vanammei</i>).....	50
Gráfico 4 - Evolução da população de coliformes totais em camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vanammei</i>).....	52
Gráfico 5 - Evolução da população de coliformes termotolerantes em camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vanammei</i>).....	53
Gráfico 6 - Teor de TBA durante o armazenamento refrigerado de camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vanammei</i>)	54
Gráfico 7 - Teor de BNVT durante o armazenamento refrigerado de camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vanammei</i>)	58
Gráfico 8 - Teor de TMA durante o armazenamento refrigerado de camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vanammei</i>)	61
Gráfico 9 - Valor de pH durante o armazenamento refrigerado de camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vanammei</i>)	63
Gráfico 10 - Colesterol em camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vanammei</i>) irradiado e não irradiado, mantido sob refrigeração.....	64
Gráfico 11 – Nitrogênio não protéico (NNP) durante o armazenamento refrigerado de camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vanammei</i>)	67
Gráfico 12 - Faixa etária dos provadores.....	71
Gráfico 13 - Renda familiar declarada pelos provadores.....	72
Gráfico 14 - Frequência de consumo de camarão declarado pelos provadores.....	72
Gráfico 15 - Critério utilizado pelos provadores para a aquisição de camarão.....	73
Gráfico 16 - Sabor, aparência e aroma de camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vanammei</i>).....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal (%) de diversas espécies de camarão.....	17
Tabela 2 - Conteúdo de lipídeos e colesterol de diversas espécies de camarão.....	19
Tabela 3 - Valores de D ₁₀ de alguns patógenos em pescado.....	30
Tabela 4 - População inicial de microrganismos em camarão-branco-do-pacífico irradiado e não irradiado com as doses de 1,0 e 3,5 kGy.....	45
Tabela 5 - Composição centesimal (g/100g de matéria fresca) de amostras de camarão- branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>) não irradiado e irradiado, segundo o tempo de armazenamento.....	54
Tabela 6 - Cor instrumental em camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>) irradiado e não irradiado.....	69
Tabela 7 - Teste hedônico para o camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>) irradiado e não irradiado.....	73
Tabela 8 - Aceitabilidade (%) para aparência de camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>) irradiado e não irradiado no 1º dia de armazenamento.....	76
Tabela 9 - Aceitabilidade (%) para aparência de camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>) irradiado e não irradiado no 7º dia de armazenamento.....	76
Tabela 10 - Aceitabilidade (%) para aparência de camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>) irradiado no 14º dia de armazenamento.....	77
Tabela 11 - Aceitabilidade (%) para aparência de camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>) irradiado no 21º dia de armazenamento	77
Tabela 12 - Coeficientes de regressão (R) entre a aparência e os resultados das análises físico-químicas em camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	78
Tabela 13 - Aceitabilidade (%) para aroma de camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>) irradiado e não irradiado no 1º dia de armazenamento	79

Tabela 14 - Aceitabilidade (%) para aroma de camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>) irradiado e não irradiado no 7º dia de armazenamento.....	79
Tabela 15 - Aceitabilidade (%) para aroma de camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>) irradiado no 14º dia de armazenamento	80
Tabela 16 - Aceitabilidade (%) para aroma de camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>) irradiado no 21º dia de armazenamento	80
Tabela 17 - Coeficientes de regressão (R) entre o aroma e os resultados das análises físico-químicas em camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>).....	81
Tabela 18 - Aceitabilidade (%) para sabor de camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>) irradiado e não irradiado no 1º dia de armazenamento.....	82

LISTA DE SIGLAS

ABCC – Associação Brasileira de Criadores de Camarão

AOAC – Association of Official Analytical Chemists

FAO – Food and Agriculture Organization

ICMSF – International Commission on Microbiological Standard for Foods

OMS – Organización Mundial de la Salud

SEAP – Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca

SECEX – Secretaria de Comércio Exterior

USDA – United States Department of Agriculture

WHO – Word Health Organization

1 INTRODUÇÃO

Os crustáceos constituem um dos grupos mais importantes de organismos aquáticos, representando cerca de 4% das capturas mundiais. Desse grupo, quase todas as espécies são consideradas de alto valor comercial. Porém, os camarões e as lagostas são as espécies de maior relevância, sendo capturadas em quase todo o mundo. Além das capturas naturais, o cultivo de camarões tropicais está aumentando consideravelmente (SIKORSKI; KARNICKI, 1994; FAO, 2005).

O cultivo de camarões ou carcinicultura vem se destacando nos últimos cinco anos como uma importante alternativa econômica para o Brasil e, principalmente, para os estados do Nordeste. Os preços competitivos do produto no mercado externo até o ano de 2004 e a notável adaptação do *Litopenaeus vannamei* ao território nacional multiplicaram rapidamente os empreendimentos no setor. Como consequência, não só novos postos de trabalho foram abertos no nordeste e sul do país, como também em muitas outras regiões responsáveis pelo abastecimento de insumos imprescindíveis à produção.

A participação dos pequenos e médios produtores no cultivo de camarões é expressiva e isso acaba conferindo à carcinicultura uma característica especial, já que sua expansão pode contribuir para a melhor distribuição da renda no país. Em 2004, 712 pequenos e 233 médios carcinicultores produziram 34.891 toneladas de camarões, o que corresponde a 45,98% da produção brasileira. O reflexo do sucesso da atividade pode ser observado nos resultados da balança comercial para o setor pesqueiro nos anos de 2001 a 2004. Em 2004 o Brasil produziu 75.904 toneladas de camarão cultivado, sendo que a região nordeste foi responsável por 93,1% desse total. O maior estado produtor é o Rio Grande do Norte, com 30,81 toneladas (40,6%), seguido pelo Ceará, com 19.405 toneladas (25,6%) e Bahia com 7.577 toneladas (10%). O Brasil exportou, entre janeiro e agosto de 2005, cerca de 32.410 toneladas para países da Europa, Ásia e EUA, o que corresponde a uma receita de US\$ 115, 36 milhões. Os principais países importadores foram Espanha (44,59%), França (43,42%), Holanda (8,16%) e Portugal (2,28%) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO - ABCC, 2005).

A conservação do camarão pós-abate é um dos pontos críticos da atividade, já que o produto é extremamente perecível, mesmo sob refrigeração.

Buscando atender às necessidades de redução das perdas alimentares e a diminuição dos riscos à saúde humana pela contaminação microbiana, não só o setor pesqueiro, mas todo o setor alimentício passou a investir em novos processos tecnológicos para a conservação de seus produtos. As radiações ionizantes, em pequenas doses, são capazes de destruir contaminantes microbianos, incluindo os microorganismos de decomposição, aumentando a vida útil dos alimentos, diminuindo os riscos à saúde, sem alterar drasticamente suas características organolépticas ou causar qualquer prejuízo a saúde dos consumidores (OMS, 1995). Por essas razões, estão sendo realizados extensos trabalhos sobre o emprego da irradiação na conservação de alimentos.

A presente pesquisa teve o intuito de colaborar com o desenvolvimento do setor, estudando a irradiação de alimentos como técnica coadjuvante de conservação para a obtenção de um produto minimamente processado, com maior vida útil e que mantivesse suas características sensoriais.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Objetivos

Essa pesquisa teve como objetivo avaliar a influência de diferentes doses de radiação gama na qualidade do camarão-branco-do pacífico (*Litopenaeus vannamei*), sobre os aspectos microbiológicos, físico-químicos e sensoriais durante seu armazenamento sob refrigeração.

2.2 Revisão Bibliográfica

2.2.1 O valor nutritivo do pescado

Atualmente, mais de duzentas espécies de peixes e crustáceos encontram-se disponíveis para consumo, disponibilizando quantidades generosas de proteínas, uma grande variedade de vitaminas, minerais e ácidos graxos essenciais, e tudo isso acompanhado de um baixo valor calórico (SIKORSKI; KOLAKOWSKA; BURT, 1994).

Do ponto de vista nutritivo, o pescado é um dos alimentos mais completos graças a sua disponibilidade de nutrientes essenciais, sendo um alimento ideal para dietas que requerem baixo teor de lipídeos e alto teor de proteína (BERAQUET, 1974).

A composição da parte comestível do pescado varia entre 60 a 85% de umidade, aproximadamente 20% de proteína, 0,6 a 36 % de lipídeos, 0,3 a 1% de carboidrato e 1 a 2% de cinzas. Estes componentes são muito importantes no que se refere a valor nutritivo, características de textura, qualidades organolépticas e capacidade de amaciamento da carne. Os outros constituintes, como as vitaminas e minerais, estão presentes em quantidades menores, mas também desempenham papel significativo nos processos bioquímicos de pós-morte. A proporção desses componentes depende da espécie, do sexo e do ciclo biológico do animal analisado, assim como devem ser também considerados fatores ecológicos, tais como: estação do ano, local, abundância de nutrientes, temperatura e salinidade da água (OGAWA; MAIA, 1999).

A Tabela 1 - apresenta a composição centesimal de diferentes espécies de camarão.

Tabela 1 - Composição centesimal (%) de diversas espécies de camarão

Espécie	Proteína	Lipídeos	Cinzas	Umidade
⁽¹⁾ Camarão-branco-do-pacífico (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	17,83	2,45	1,55	75,96
⁽²⁾ Camarão rosa (<i>Parapenaeus longirostris</i>)	11,00	0,35	2,43	85,49
⁽³⁾ Camarão de água doce (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	19,50	0,15	1,35	78,54
⁽⁴⁾ Camarão (<i>Acetes chinensis</i>)	15,40	2,10	4,10	77,50
⁽⁵⁾ Camarão rosa (<i>Penaeus brasiliensis</i>)	10,62	0,36	1,05	88,34

⁽¹⁾ Vasconcelos e Silveira (2004)

⁽²⁾ Cadun, Cakli e Kisla (2005)

⁽³⁾ Kirschnik e Viegas (2004)

⁽⁴⁾ Lee, Ahn, Yook e Byun (2002)

⁽⁵⁾ Pedrosa e Cozzolino (2001)

Os fosfolipídios e esteróis estão presentes nos tecidos em pequenas quantidades (0,2 a 0,3% do peso fresco), desempenhando importante papel estrutural e participando das funções celulares básicas. Os lipídios restantes são essencialmente depósitos de energia, sendo fundamentais para a flutuação. Conseqüentemente, suas quantias são distintas e variáveis. A fração média de fosfolipídios do pescado contém ao redor de 60% de fosfatidil-colina, 20% de fosfatidil-etanol-amina, e o restante de fosfatidil-serina, esfingomielina e outros fosfolipídios (SIKORSKI; KOLAKOWSKA; BURT, 1994).

Os crustáceos contêm grande quantidade de esfingomielina, composto também abundante no fígado da maioria dos animais marinhos. Em circunstâncias especiais, os fosfolipídios são utilizados como fonte de energia, como acontece no camarão antártico, cuja taxa de fosfolipídios chega até 15% do peso úmido dos tecidos (SIKORSKI; KOLAKOWSKA; BURT, 1994).

Os esteróis marinhos, livres ou esterificados, são quase que exclusivamente colesterol. A maioria contém cerca de 20-40mg de colesterol por 100 g de carne. A carne de crustáceos e moluscos contém duas ou três vezes mais esteróides. Os lipídios das algas marinhas são particularmente ricos em diversos esteróis (SIKORSKI; KOLAKOWSKA; BURT, 1994).

De acordo com Vazquez e Sánchez-Muniz, (1994), o consumo de pescado tem sido recomendado para a prevenção e tratamento de acidentes cardio e cérebro-

vasculares. Essas recomendações fundamentam-se no papel benéfico da fração lipídica do pescado (rica em ácidos graxos polinsaturados da família $\omega 3$) sobre diferentes aspectos relacionados com o metabolismo lipoprotéico, como por exemplo na formação de placas ateromatosas e na possível função de alguns aminoácidos constituintes de sua proteína (lisina, metionina, tirosina, arginina, cistina, glicina e o coeficiente lisina/arginina) sobre o metabolismo do colesterol. Segundo Sierra et al. (2004), os ácidos graxos $\omega 3$ atuam como antiinflamatório e antialérgico, diminuindo agregação de placas e reduzindo a síntese de mediadores químicos da inflamação, ao mesmo tempo em que aumentam as defesas do organismo.

O consumo de EPA (20:5 $\omega 3$) está associado com a proteção à saúde cardiovascular por exercer efeitos hipotriglicéricos, hipocolesterolêmicos e antiinflamatórios. Está o DHA (22:6 $\omega 3$) associado também com o desenvolvimento e as funções dos sistemas nervoso e visual (VALENZUELA, 2005).

Recomenda-se a ingestão de pescado com alto teor de lipídeos 2 a 3 vezes por semana e o consumo de óleos de pescado em doses moderadas (até 3 g/dia), como tratamento coadjuvante para diabéticos, hipertensos e hipertriglicéricos (NASIFF-HADAD; MERINO-IBARRA, 2003).

Os crustáceos são boas fontes de ácidos graxos polinsaturados $\omega 3$, possuem baixo teor de ácidos graxos saturados, porém apresentam alto teor de colesterol. Luzia (2000) encontrou em experimentos realizados com camarão-sete-barras (*Xiphopenaeus kroyeri*) os valores médios de colesterol de 165,38 mg/100 g no verão e 164,82 mg/100g no inverno.

A Tabela 2 - apresenta o conteúdo de lipídeos e colesterol de diversas espécies de camarão.

Tabela 2 - Conteúdo de lipídeos e colesterol de diversas espécies de camarão

Espécie	Origem	Colesterol (mg/100g)	Lipídios totais (g/100g)
Camarão Sete Barbas (<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>)	São Paulo	134 ± 12	1,0 ± 0,0
Camarão da Malásia (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	Santa Catarina	139 ± 5	1,1 ± 0,1
Camarão rosa (<i>Penaeus brasiliensis</i>)	São Paulo	127 ± 9	1,0 ± 0,1
Camarão rosa (<i>Penaeus brasiliensis</i>)	Santa Catarina	134 ± 9	0,9 ± 0,1
Camarão rosa (<i>Penaeus brasiliensis</i>)	Santa Catarina	114 ± 3	1,0 ± 0,1
Camarão legítimo (<i>Penaeus schimitii</i>)	Santa Catarina	121 ± 11	0,9 ± 0,2
Camarão legítimo (<i>Penaeus schimitii</i>)	Santa Catarina	124 ± 7	1,0 ± 0,2

Fonte: Brabagnolo e Rodriguez-Amaya (2001)

Em experimento realizado por Moura et al. (2002), o teor médio de lípidios totais em amostras comerciais refrigeradas de camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*) foi de $1,13 \pm 0,09$ g/100g. Quanto ao perfil de ácidos graxos, este revelou a presença de 33% de saturados, 20% de monoinsaturados e 41% de polinsaturados. Foram identificados e quantificados 18 ácidos graxos, sendo 7 saturados (14:0, 15:0, 16:0, 17:0, 18:0, 20:0, 22:0), 4 monoinsaturados (16:1 ω 7, 17:1 ω 9, 18:1 ω 9, 20:1 ω 9) e 7 polinsaturados (18:2 ω 6, 18:3 ω 3, 20:2 ω 6, 20:4 ω 6, 20:5 ω 3, 22:5 ω 3, 22:6 ω 3). Os teores de colesterol livre variaram entre 92 e 136 mg/100g, correspondendo a um valor médio de 118mg/100g. Ao mesmo tempo, foi constatada a ocorrência de 7-cetocolesterol livre, denunciando a oxidação do colesterol, em níveis de 0,185 a 0,366 μ g/g.

Brabagnolo e Rodriguez-Amaya (1997) encontraram teores de colesterol entre 112 a 136 mg/100g e identificaram 79 ácidos graxos e 4 dimetilacetais (DMA) em camarão rosa (*Penaeus brasiliensis*). Os principais ácidos graxos encontrados foram 20:5 ω 3 (EPA), 16:0, 22:6 ω 3 (DHA), 18:0, 18:1 ω 9, 16:1 ω 7, 20:4 ω 6 e 18:1 ω 7, os quais somaram em torno de 79% do total de ácidos graxos.

Em relação à saúde humana, o fato do camarão apresentar valores altos de colesterol é compensado pelo baixo teor de lipídios e altos níveis de ácidos graxos polinsaturados, especialmente EPA (20:5 ω 3) e DHA (22:6 ω 3), fazendo com que seja tolerado em dietas hipocolesterolêmicas (KRZYNOWEK; PANUZIO, 1989, BRAGAGNOLO; RODRIGUEZ-AMAYA, 1997; MOURA et al., 2002).

Quanto ao efeito das radiações ionizantes, muitos nutrientes essenciais são destruídos em maior ou menor proporção nos alimentos, quando estes são irradiados. A

magnitude dessas perdas depende, entre outros fatores, da dose de radiação utilizada, do meio em que se irradia e das condições de armazenamento do alimento após a irradiação. Os teores de proteínas, lipídeos e carboidratos não são significativamente alterados em alimentos irradiados, em termos de nutrientes ou digestibilidade. Entretanto, algumas vitaminas são susceptíveis ao processo, sendo que a importância da redução desses micronutrientes depende da proporção da contribuição do alimento irradiado na dieta total. De forma geral, os alimentos irradiados apresentam valor nutricional similar ou até mais elevado que os alimentos processados termicamente segundo métodos convencionais (DIEHL, 1995).

O colesterol, como lipídeo insaturado, está sujeito à oxidação em decorrência do processamento, gerando óxidos biologicamente ativos. A presença de óxidos de colesterol nos alimentos pode estar relacionada não só com a irradiação, mas também com outros fatores, como o oxigênio, calor, umidade, baixo pH, temperatura de estocagem e agentes pró-oxidantes. Os crustáceos, além de possuírem elevados níveis de colesterol, são compostos de ácidos graxos com alto grau de insaturação, o que favorece a oxidação (MOURA et al., 2002, SAVAGE, DUTTA; RODRIGUEZ-ESTRADA, 2002; SAMPAIO, 2004).

2.2.2 O consumo de pescado

Estima-se que em 2002 o consumo médio *per capita* de peixes, crustáceos e moluscos em todo mundo foi em torno de 16,2 kg, sendo este 21% maior em relação ao ano de 1992, quando foi estimado um consumo de 13,1 kg/ habitante/ ano (FAO, 2005).

A distribuição do consumo mundial de pescado é desigual, uma vez que varia de menos de 1kg a mais de 100 kg/habitante/ano (Figura 1). Diversos fatores influenciam nessa disparidade de consumo. Entre eles estão a disponibilidade, acesso, preços, tradição, preferência, geografia e modismo. Há diferenças no consumo de acordo com as espécies. São os peixes demersais os preferidos na Europa setentrional e América do Norte e os cefalópodes em países do Mediterrâneo e Ásia (FAO, 2005).

O consumo de crustáceos vem crescendo rapidamente graças à contribuição da aquicultura, que proporcionou maior oferta de produtos a um menor preço. Contudo os

crustáceos ainda são considerados alimentos de alto valor comercial e seu consumo concentra-se, sobretudo, em países desenvolvidos. Estima-se que o consumo mundial de crustáceos esteja em torno de 1,5 kg/ habitante/ ano (FAO, 2005).

No Brasil, o pescado já chegou a ser a segunda fonte de proteína animal mais consumida, cedendo, posteriormente, o seu lugar ao frango e, em seguida, sendo superado pelos suínos (RUIVO; POLLONIO, 1996).

Hoje, com preços elevados e sem uma produção em larga escala, o pescado ainda está distante da mesa dos brasileiros. Enquanto o consumo *per capita* da carne bovina ultrapassa os 35 kg/ano, o de pescado é em média, 7,5 kg/ano, estando longe de atender às recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS), que sugerem um consumo mínimo de 20 kg/habitante/ano (BELCHIOR, 2003).

Figura 1 - Consumo mundial de pescado (Fonte: FAO, 2005)

2.2.3 Produção mundial de pescado

Em 2003 a produção pesqueira mundial alcançou mais de 148 milhões de toneladas (FAO, 2005). Os principais grupos de pescado em volume de capturas

mundiais foram os peixes (76, 4 milhões de toneladas), seguidos pelos moluscos (7,1 milhões de toneladas) e os crustáceos (6,0 milhões de toneladas). Os crustáceos ocupam o terceiro lugar em volume de captura, mas o alto valor comercial das espécies que compõem esse grupo o torna relevante em relação ao montante financeiro gerado pela atividade pesqueira (WILDE; KAMSTRA, 1999; FAO, 2005).

A pesca é essencialmente um tipo de caça que proporciona a maior parte do pescado consumido no planeta (91,5 milhões de toneladas em 2003). Atualmente, o volume de capturas naturais está alcançando seu limite máximo, tornando cada vez maior a importância do desenvolvimento da aquicultura. O Serviço de Recursos Marinhos da Food and Agriculture Organization (FAO) estima que o potencial máximo de captura pesqueira mundial em habitat natural está em torno de 100 milhões de toneladas. A produção mundial total quase superou esse volume nas últimas décadas e as pescas tradicionais estão no seu limite máximo de exploração. Qualquer incremento acarretará em redução das capturas a longo prazo (WILDE; KAMSTRA, 1999, FAO, 2005).

A produção global da aquicultura em 2003 foi estimada em 54,8 milhões de toneladas, o que equivale a aproximadamente 37% de toda a produção pesqueira. Entre 2000 e 2003 a produção ampliou-se em 20% e em contrapartida as capturas naturais decresceram em 5% (FAO, 2005).

Em 2003, a produção do camarão cultivado em mais de 50 países emergentes chegou a 1,63 milhões de toneladas, ou seja, 35,2% do total de camarão produzido no mundo, cujo volume anual envolvendo captura e cultivo foi de 4,63 milhões de toneladas. O hemisfério oriental é responsável pela maior parte da produção mundial do camarão cultivado (83,37%). O principal centro produtor é o sudoeste da Ásia, que inclui os seguintes países: China, Tailândia, Vietnã, Indonésia, Índia e Filipinas. Em relação ao hemisfério ocidental, a produção de 2003 chegou a 271.000 toneladas, 16,63% do total mundial (ABCC, 2004)

Segundo a Associação Brasileira de Criadores de Camarão (2004), a produção brasileira de camarão cultivado em 2003, foi de aproximadamente 90.000 toneladas, o que consolidou a posição do país como líder de produtividade do hemisfério.

Em 2004, em relação ao ano de 2003 apesar de aumento de 10,2% no número de produtores e 12% na área destinada à atividade, houve decréscimo de 24,8% na produtividade (kg/ha/ano) e 15,8% na produção de camarões (ABCC, 2005).

2.2.4 Exportações

O Brasil ocupa o 37º lugar na lista mundial de países que exportam pescado. Sua produção, em 2002, foi de 1,01 milhão de toneladas. Os principais países exportadores de pescado são: China, Tailândia, Noruega, Estados Unidos, Canadá e Dinamarca (FAO, 2004).

No Brasil, apesar de todas as dificuldades encontradas para a exportação de pescados (barreiras às exportações brasileiras de pescado pelos EUA e União Européia), verificou-se nos últimos anos crescimento expressivo do setor (SOUZA-FILHO, 2003).

Durante muitos anos a balança comercial para o setor pesqueiro foi deficitária; contudo, em 2001, com o aumento da produção de camarões as exportações superaram as importações, revertendo esse quadro (SOUZA-FILHO, 2002; MOREIRA, 2003). Em 2002, mais uma vez o camarão cultivado teve peso decisivo na balança comercial do setor, proporcionando o saldo positivo de US\$ 121 milhões. Essa tendência se manteve também no ano de 2003, quando as exportações do setor chegaram a US\$ 412 milhões, com um saldo positivo de US\$ 223 milhões (MOREIRA, 2003; BRASIL, 2003; BRASIL, 2005a). Em 2004 o salto da balança comercial de pescados foi de US\$ 184 milhões (BRASIL, 2005a).

As estatísticas apontam a carcinicultura como sendo a principal atividade responsável pelo aumento das exportações do setor. Moreira (2003) cita, como exemplo, o estado do Pará que apesar de se destacar pela captura do crustáceo no mar, assiste à decadência da atividade: as vendas externas recuaram de US\$ 24,2 milhões, em 1999, para US\$ 17,2 milhões, em 2001, queda de 29%. No intervalo, a participação relativa caiu de 61% para 10%.

Aproximadamente 43% do total de camarões cultivados no Brasil, cerca de 32.410 toneladas, destinam-se ao mercado europeu, norte-americano e asiático (ABCC, 2005).

Entre os anos de 2004 e 2005, foi observada queda de 15,10% e 12,86% no volume e receita das exportações de camarões cultivados. Essa redução deve-se à retração das exportações brasileiras para os EUA, que diminuíram sua participação nesse mercado de 7.859 toneladas (20,59% do total) em 2004, para 2.534 toneladas (7,82% do total) em 2005 (ABCC, 2005). Esse decréscimo nas exportações deve-se principalmente à aplicação pelo Departamento de Comércio dos EUA (DOC) de tarifas de importação para o camarão brasileiro.

A Comissão Internacional de Comércio dos EUA (ITC) determinou, em fevereiro de 2004, ter havido indícios de dano material à indústria local e, posteriormente, em 28 de julho, o DOC estabeleceu margem média provisória de “dumping” para a indústria brasileira de 36,91%. Em fevereiro de 2005, o DOC anunciou a margem média final de “dumping” de 7,05% para a maioria das empresas exportadoras de camarão, com exceção da CIDA (4,97%), da Netuno (7,94%) e da Norte-Pesca (67,8%) (LIMA-CAMPOS, 2004).

Segundo Madrid (2005), a desaceleração das exportações brasileiras em 2004 tem origem, entre outros fatores, na redução dos preços internacionais que afetou novos investimentos; na redução da densidade de cultivo provocada pela descapitalização dos produtores; na valorização do real (moeda) a partir de outubro de 2002; no surgimento da enfermidade Mionecrose Muscular; nas dificuldades de licenciamento dos projetos inibindo novos investimentos; nas perdas de produção originadas por fenômenos climáticos; nas dificuldades para acesso às linhas de crédito disponíveis e, finalmente, na decisão do Departamento de Comércio do Governo Norte-Americano de taxar as exportações de camarão brasileiro acima de muitos concorrentes internacionais.

2.2.5 Geração de empregos na cadeia produtiva do camarão

O avanço do setor de pescados produz reflexos diretos em outros segmentos, como: indústrias de rações e fabricantes de máquinas e equipamentos. O crescimento

da atividade pesqueira, tanto extrativista quanto aquícola, exerce influencia direta sobre a demanda de itens utilizados na cadeia produtiva, fato esse que pode ser observado através da produção nacional de rações para organismos aquáticos, que vem se expandindo desde a década de 90, quando chegou a registrar taxa de crescimento de 33%. Durante o mesmo período a aquícultura cresceu cerca de 45% (MATHIAS; BAEZ, 2003; FAO, 2005).

No Brasil, a pesca do camarão tem forte conotação social dentro do contexto econômico, já que produz alimentos, gera empregos diretos e indiretos, movimentando assim as indústrias de embarcações, motores e equipamentos de navegação, aparelhos de pesca, armazenagem e transporte (MAYER, 2000 apud IBAMA, 1999).

O cultivo de camarão, apesar de iniciado no Brasil na primeira metade dos anos setenta, só adquiriu caráter empresarial no final da década de oitenta e ritmo comercial acelerado com a introdução e adaptação da espécie *Litopenaeus vannamei* (SAMPAIO; COSTA, 2006).

Com o crescimento da atividade multiplicaram-se também as oportunidades de empregos. Segundo Sampaio e Costa (2006), obtêm -se em média 1,89 empregos diretos/ha de viveiro cultivado e 1,86 empregos indiretos/ha de viveiro.

Somando-se os empregos direto e indireto gerados por hectare, chega-se a 3,75 empregos gerados por hectare de viveiro em produção. Para efeito de comparação, a geração total de empregos (direto e indireto) na agricultura irrigada no nordeste chega ao máximo de 2,14 empregos por hectare, no caso dos colonos, resultado bem inferior ao obtido para a carcinicultura (SAMPAIO; COSTA 2006).

Considerando-se a área irrigada no pólo Petrolina-Juazeiro, em 2001, obteve-se a geração de 42.666 empregos diretos e 46.169 empregos indiretos, somando 88.835 empregos, fruto de cerca de 40 anos de investimento na criação de um pólo agrícola altamente dinâmico. No agronegócio do camarão marinho, ao longo de 6 anos de investimentos, foi possível gerar, em 2001, 31.875 empregos e, com a expansão acelerada da atividade, estima-se a geração de 56.250 empregos no ano de 2003 (SAMPAIO; COSTA, 2006).

2.2.6 Perecibilidade do camarão marinho

O pescado, de modo geral, e o camarão, em particular, são produtos alimentares altamente perecíveis (SAKER-SAMPAIO; VIEIRA, 2004). O pescado é, dos alimentos protéicos, o mais susceptível à autólise, oxidação e hidrólise de lipídeos. As alterações no sabor, odor, textura e cor refletem o nível de frescor ou decomposição, causada pela atividade microbiana decorrente da presença de altos níveis de compostos nitrogenados no músculo. Além disso, no caso específico dos camarões, certas substâncias do tipo aminofenol, oriundas do desdobramento de proteínas por ação de bactérias, podem ser oxidadas por enzimas do grupo das polifenolases, transformadas geralmente em melaninas, que conferem aspecto escuro à carne. O enegrecimento, portanto, deve-se ao aparecimento de estruturas melanínicas formadas pela oxidação de compostos do tipo mono e polifenóis, através de reações enzimáticas na presença de oxigênio molecular (MACHADO, 1988, SAKER-SAMPAIO; VIEIRA, 2004).

As alterações associadas à deterioração são representadas pela produção de compostos nitrogenados básicos voláteis, como a trimetilamina, dimetilamina, amônia, cadaverina e putrescina, resultantes da ação enzimática autolítica e microbiana sobre proteínas musculares (FRANCO; LANDGRAF, 1996).

Deve-se também considerar, no estudo da degradação, que os peixes, crustáceos e moluscos contêm grande quantidade de aminoácidos livres, cujo padrão é característico para as diferentes espécies. Segundo Navarro (1991), os aminoácidos livres, juntamente com o baixo conteúdo de tecido conjuntivo e o alto teor de umidade, seriam os responsáveis pela rápida deterioração do pescado.

Por ser rico em nutrientes, principalmente em proteína, o pescado é muito suscetível ao desenvolvimento microbiano. Dentre as bactérias que concorrem para a putrefação do pescado, temos: *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Serratia* e *Bacillus* (SALES, 1990).

Germano, Germano e Oliveira (1998) alertam para os problemas do consumo de pescado quanto ao fato desse alimento poder ser veiculador de microorganismos patogênicos para os seres humanos. A maior parte dos microrganismos patogênicos encontrados em pescado advém da contaminação ambiental, sendo o gênero *Vibrio*

muito freqüente. O *Vibrio parahaemolyticus* causa gastroenterite aguda caracterizada por quadro disintérico, após o consumo de peixes, camarões e ostras *in natura*. O mesmo autor também cita a relevância da contaminação por *Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi* e *Salmonella paratyphi*, *Shigella spp*, *Streptococcus sp.*, *Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus*.

Laghmari e Elmarrakchi (2005) observaram a perecibilidade de camarões (*Parapenaeus longirostris*) armazenados em gelo e em temperatura ambiente, sendo estudados aspectos sensoriais e químicos. Determinou-se que os camarões apresentaram vida-útil de 6 horas em temperatura ambiente e 3 a 5 dias quando estocados em gelo.

2.2.7 Alternativas para a conservação do camarão marinho

O pescado mantém seu frescor se conservado em gelo imediatamente após a captura, mas para preservação superior a 10 - 14 dias, é necessário o uso de técnicas como o congelamento e a secagem. O uso desses métodos, apesar de serem muito eficientes quanto à conservação, podem ocasionar alterações organolépticas significativas. A perda de qualidade durante a conservação por congelamento ou secagem é fundamentalmente resultado da desnaturação das proteínas miofibrilares que são mais facilmente degradáveis no pescado que nos animais terrestres (SUZUKI, 1987).

A irradiação de pescado pode ser a solução para a manutenção das características físicas, sensoriais e microbiológicas do produto por um longo período. A conservação de alimentos pelo processo de irradiação é considerada uma pasteurização a frio (MAYER, 2000).

Segundo Cozzo (2003), para o pescado, particularmente a tilápia (*Oreochromis niloticus*), o uso da irradiação ou pasteurização a frio permite a obtenção de um produto minimamente processado, com maior vida útil sob refrigeração, constituindo um meio para se levar ao consumidor o pescado no estado de “fresco”, sem necessariamente sofrer processos tecnológicos drásticos.

De acordo com Chouliara et al. (2004), a irradiação (1 ou 3,5 kGy) aumentou em 13 dias a vida útil de filés de peixe (*Sparus aurata*) salgados, embalados a vácuo e mantidos sob refrigeração ($4\pm1^{\circ}\text{C}$).

Jeevanandan et al. (2001) observaram em peixe eviscerado e salgado (*Nemipterus japonicus*) e armazenado em gelo, vida-útil de 9, 12 e 28 dias para amostras não irradiadas, irradiadas com 1 kGy e irradiadas com 2 kGy, respectivamente.

Lakshmanan et al. (1999) reportaram aumento de vida-útil de 4 e mais de 6 dias em peixes (*S. commersonii*) eviscerados, embalados, irradiados (2 kGy) e armazenados em gelo, em relação a amostras não irradiadas sob as mesmas condições.

2.2.8 Efeito da radiação ionizante nos alimentos

A radiação ionizante é um processo seguro e eficaz utilizado para a eliminação de bactérias patogênicas em produtos alimentícios e desinfecção de frutas e vegetais. Os efeitos das radiações ionizantes sobre as bactérias e microflora existentes nos alimentos, têm sido investigados desde o início da década de 40. O peixe foi desde o princípio considerado adequado, entre os produtos alimentícios, para sofrer tratamento por irradiação (SIKORSKI, 1994; KAMAT, 2005).

Desde 1980 estudos têm sido conduzidos pela *USDA'S Eastern Regional Research Center* para a eliminação de patógenos em carnes, aves, frutas e vegetais. Estudos recentes têm focado a eliminação de patógenos como *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp e *Listeria monocytogenes* em alimentos prontos, como *hot dogs*, alface, vegetais congelados, embutidos, entre outros (SOMMERS et al. 2004).

O tratamento dos alimentos com radiações ionizantes apresentam ampla gama de efeitos benéficos, em particular o aumento do tempo de conservação, a destruição dos insetos, parasitos, bactérias patogênicas, fungos e leveduras; retardo da maturação e deteriorização de frutas; e a inibição de germinação de tubérculos e bulbos após a colheita (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD - OMS, 1995; SATIN, 1997).

Os alimentos são irradiados através da exposição de forma cuidadosa e controlada a uma fonte de radiação ionizante conhecida. São utilizados o Cobalto-60, o Césio-137 (emissores de raios gama) e os geradores de elétrons e raios X. Pode-se

reunir em três grupos os principais processos de irradiação de alimentos: radurização, radicação e radapertização (OMS, 1995).

A radurização aumenta a vida útil de pescado fresco armazenado em gelo ou sob refrigeração, por reduzir o número inicial de bactérias deteriorantes presentes no produto. A extensão da vida útil em função da irradiação depende da qualidade inicial do pescado, da dose de irradiação, de condições de embalagem e temperatura de estocagem. A dose ótima de radiação utilizada na radurização é determinada a partir de alterações qualitativas e quantitativas no crescimento microbiano e nos tecidos responsáveis pelos atributos organolépticos do pescado. As doses requeridas variam normalmente de 0,4 a 10 kGy (OMS, 1995; SATIN, 1997; VENUGOPAL; DOKE; THOMAS, 1999).

A radicação é o tratamento do alimento com uma dose de energia ionizante suficiente para reduzir o número de bactérias patogênicas viáveis e não produtoras de esporos, de forma que não sejam detectadas por métodos de análises bacteriológicas nos alimentos tratados. Esse tratamento também inativa parasitas presentes nos alimentos. As doses requeridas nesse processo geralmente estão entre 2 a 8 kGy (OMS, 1995; SATIN, 1997).

A radapertização ou esterilização é o tratamento do alimento com uma dose de energia ionizante suficiente para prevenir a decomposição e a toxidez de origem microbiana, seja quais forem o tempo e as condições de armazenamento do produto, desde que este não seja contaminado novamente. As doses requeridas nesse processo geralmente estão entre 25 a 45 kGy (OMS, 1995; SATIN, 1997).

2.2.9 Efeito das radiações sobre os microorganismos

As radiações ionizantes destroem os contaminantes microbianos por inativarem parcialmente ou totalmente o material genético das células vivas nos alimentos, tendo efeito direto sobre o DNA e indireto com a produção de radicais e íons que agem no DNA desses microorganismos (OMS, 1995).

A resistência dos microorganismos à radiação depende da espécie, cepa, desenvolvimento da população, natureza do meio e natureza da radiação. Geralmente

utilizam-se doses de radiação inferiores a 10 kGy, sendo essas insuficientes para a destruição de todos os microrganismos presentes nos alimentos (SIKORSKI, 1994, OMS, 1995). A Tabela 3 apresenta o valor de D_{10} de alguns patógenos em pescado submetido ao processo de irradiação. Define-se como D_{10} a dose de radiação necessária para a redução à décima parte da população inicial de microrganismos presente no pescado.

Tabela 3 - Valores de D_{10} de alguns patógenos em pescado

Patógeno	Veículo	Temperatura(°C)	Atmosfera	D^{10} (kGy)
<i>Staphylococcus aureus</i>	Superfície de camarões	-10±2	Ar	0,29
<i>Vibrio cholerae</i>	Superfície de camarões	-10±2	Ar	0,11
<i>V. fluvialis</i>	Pasta de camarões	-20	Vácuo	0,44
<i>V. mimicus</i>	Pasta de camarões	-20	Vácuo	0,75
<i>V. parahaemolyticus</i>	Pasta de camarões, 1% NaCl	-20	Vácuo/ar	0,44/0,07
<i>V. parahaemolyticus</i>	Peixe homogeneizado	Ambiente	Ar	0,03/0,06
<i>V. vulnificus</i>	Pasta de camarões, 1% NaCl	-20	Vácuo/ar	0,30/0,35
<i>V. alginolyticus</i>	Pasta de camarões	-20	Vácuo	0,19
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Pato homogeneizado	0	Ar	0,14
<i>A. hydrophila</i>	Camarão homogeneizado	0	Ar	0,10
<i>Shigella flexneri</i>	Camarão homogeneizado	Congelada	-	0,22
<i>Salmonella paratyphi A</i>	Ostra homogeneizada	5	-	0,75
<i>S. paratyphi B</i>	Ostra homogeneizada	5	-	0,85
<i>S. typhimurium</i>	Camarão e peixes homogeneizados	0-2	Ar	0,10-0,15
<i>S. typhi</i>	Carne de caranguejo	-	-	0,87
<i>Streptococcus fecalis</i>	Camarão homogeneizado	-	-	5-7,5
<i>Bacillus cereus</i>	Camarão e peixes homogeneizados	0-2	Ar	0,2-0,3
<i>Listeria monocytogenes</i>	Camarão e peixes homogeneizados	0-2	Ar	0,15-0,25
<i>Yersinia enterocoliticus</i>	Camarão e peixes homogeneizados	0-2	Ar	0,10-0,15
<i>Hepatitis A vírus</i>	Amêijoas e ostras	Not stated	Ar	2,02

Fonte: Venugopal, Doke e Thomas (1999)

Mendes et al. (2005a) estudaram o efeito da irradiação (1 e 3,0 kGy) em pescado fresco (*Trachurus trachurus*) armazenado por 23 dias em gelo (0 ± 1 °C). Foram identificadas, como parte integrante da microflora da matéria-prima estudada, as seguintes bactérias: *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Citrobacter*, *Aeromonas*, *Photobacterium*

dansela, *Vibrio fluvialis*, *Micrococcus sp.* e *Staphylococcus auricularis*. Constatou-se que o aumento da dose de radiação estava correlacionado com a redução de microrganismos viáveis na pele e no músculo do pescado.

Em camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*), a dose de 3,5 kGy reduziu em 5 ciclos logarítmicos a população de microrganismos psicrotróficos e, aproximadamente, em 4 ciclos logarítmicos a população de microrganismos mesófilo e a dose de 1 kGy reduziu em 4 ciclos logarítmicos a população inicial de *Pseudomonas spp* (MAYER, 2000).

Segundo Foley et al. (2005), a irradiação (0,7 kGy) reduziu em 2,6 e 4 log UFC a população inicial de *Listeria monocitogenes* inoculada em salada de frutos do mar armazenada a 4°C.

A eficácia do processo de irradiação (0; 1; 2; e 3 kGy) na inativação de *Staphylococcus aureus*, *Listeria ivanovii*, *Salmonella typhyllococcus* e *Escherichia coli* em alimentos preparados de origem animal foi investigada por Jo et al. (2005). Esses microrganismos foram inoculados (10^6 a 10^7 UFC/g) em carne bovina, ovos e presunto. Os resultados desse estudo indicaram que a irradiação pode minimizar os riscos de contaminação de alimentos de origem animal e pode ser uma ferramenta adicional para aumentar a segurança de refeições que utilizam como ingredientes esses alimentos.

Mayer-Mubch et al. (2005) também reportaram a eficácia da radiação ionizante na redução de cepas não patogênicas de *Escherichia coli* – 0157:H7 em produtos à base de carnes e frango. Observou-se nesse experimento a redução de 3 a 4 unidades decimais após a irradiação com a dose de 1 kGy.

2.2.10 Aplicação da radiação em pescado

Em pescado, a radiação pode estender a vida útil de peixes frescos sob refrigeração, eliminar patógenos em frutos do mar frescos ou congelados, higienizar individualmente embalagens de camarões congelados, permitir o desenvolvimento de produtos com maior estabilidade, higienizar rações para animais aquáticos, reduzir patógenos, incluindo o vírus da hepatite A em ostras e remover odores indesejáveis em algumas espécies de ostras e lagostins (VENUGOPAL; DOKE; THOMAS, 1999).

A radiação em doses de 0,3 a 0,5 kGy pode eliminar espécies de insetos causadores de infestações em peixes secos ou curados. Juntamente com embalagens apropriadas, os produtos tratados, contendo menos de 20% de umidade, podem manter-se livres de insetos em temperatura ambiente por vários meses. Peixes secos e irradiados com doses entre 2 a 4 kGy, junto com sorbato de potássio ou absorvente de oxigênio, contendo umidade intermediária (20 a 40%), resultam na extensão de sua vida útil em até 6 meses em temperatura ambiente (LOAHARANU, 1989).

Os helmintos patogênicos presentes em pescado, extraídos de águas contaminadas, podem causar problemas de saúde pública. Normalmente, doses baixas de irradiação em frutos do mar consumidos crus (como o *sashimi*) permitem a destruição de parasitas e elimina o risco associado ao consumo desses alimentos (OMS, 1995).

A irradiação é considerada por alguns especialistas europeus como um meio eficaz para prolongar a vida comercial de camarões pardos (*Crangon crangon*), uma vez que reduz os riscos higiênicos da manipulação de tais recursos marinhos (SIKORSKI, 1994).

O camarão *Crangon vulgaris*, escaldado a bordo, descascado em terra, embalado em sacos de polietileno e irradiado com uma dose mínima de 1,3 kGy, exhibe quando armazenado em gelo, uma vida útil de 18 dias, enquanto que os camarões conservados com 1% de ácido benzóico mantêm-se viáveis por 9 dias (SIKORSKI, 1994 apud EHLERMANN; DIEHL, 1976).

Segundo Venugopal, Doke e Thomas (1999), camarões branco (*Litopenaeus vannamei*), rosa (*Pandalus montagu*) e pardo (*Crangon crangon*), têm vida útil de 21 a 30 dias quando estocados a 0 a 1°C e irradiados com 1,5 a 2,0 kGy, enquanto camarões não irradiados apresentam vida útil de apenas 14 dias.

Irradiando-se o pescado com 1 kGy, reduz-se o número de *Staphylococci*, *Enterococci* e *Enterobacterias* por pelo menos duas ordens de magnitude. Por razões higiênicas, a irradiação de alimentos é utilizada na Holanda no tratamento de camarões importados (SIKORSKI, 1994 apud GRÜNEWALD, 1985).

Byun et al. (2002) avaliaram a aplicação da irradiação de alimentos como método para a redução de alergias alimentares. Foram utilizadas beta-lactoglobulina, albumina

de ovo de galinha e tropomiosina de camarão como modelos de alergênicos alimentares. Os resultados desse estudo demonstraram que a radiação gama, dependendo da dose, é capaz de alterar a estrutura dos alergênicos, reduzindo assim a alergenicidade dos alimentos. Em outro experimento (BYUN et al., 2000), foi avaliada a performance da irradiação de alimentos como método para a redução de alergia a camarões. A proteína isolada de camarões e camarões frescos foram irradiados com doses de 0, 1, 3, 5, 7 ou 10 kGy. Mudanças na conformação da proteína irradiada foram monitoradas em seres humanos e cobaias. Observou-se que a habilidade da imunoglobulina E como alergênico em camarão irradiado decresce, de acordo com o aumento da dose de radiação gama aplicada. Lee et al. (2005) também reportaram o efeito positivo da radiação gama na redução das propriedades alergênicas da albumina de ovo em bolos confeccionados com ovos irradiados. Os resultados desses experimentos indicam que a irradiação pode ser aplicada na redução da alergenicidade de alimentos, inclusive em camarões.

2.2.11 Propriedades sensoriais dos alimentos irradiados

As mudanças químicas produzidas pela irradiação podem causar efeitos na cor e aroma dos alimentos. A extensão desses efeitos depende principalmente do tipo de alimento irradiado, da dose de irradiação utilizada e de outros fatores como a temperatura e a duração do processo (WORD HEALTH ORGANIZATION - WHO, 1988, BORSA et al., 2004).

Segundo Machado (1991), essas modificações são consequência da formação de hidrogênio sulforado e metilmercaptan na utilização de doses elevadas de raios gama. As altas doses de radiações ionizantes, que são necessárias para alcançar a esterilização e para reduzir a taxa bacteriana em 12 ordens de magnitude com o objetivo de alcançar a segurança anti-botulínica, podem originar nos alimentos diversas mudanças sensoriais indesejáveis, em especial o aparecimento de *off-flavour*.

Em geral, as altas doses de radiação requeridas para a esterilização de alimentos estão associadas a alterações no aroma de carnes que ocorrem com maior frequência em carnes magras do que em carnes com alto teor de lipídeos. Nesse caso, por

exemplo, a carne suína é mais adequada à irradiação do que a carne bovina (WHO, 1988).

No caso do pescado, as espécies magras são geralmente mais adequadas à irradiação do que espécies com alto teor de lipídeos, como o atum e o salmão, que podem desenvolver rancidez. Isso ocorre por que os lipídeos que compõem a maioria das espécies de pescado são altamente voláteis, sendo muito susceptíveis à oxidação e conseqüente formação de peróxidos (HUSS, 1988). No entanto, outras espécies com alto teor de lipídeos, como a cavala, podem ser irradiadas, indicando que a composição lipídica mais do que sua quantidade determina a adequação da espécie a ser submetida ao processo (ASHIE, SMITH; SIMPSON, 1996; SIKORSK, 1994).

A decomposição de peróxidos gera ácidos graxos de baixo peso molecular e compostos carbonílicos através da quebra de moléculas de carbono. Esses compostos caracterizam a rancidez oxidativa e conferem ao produto aroma desagradável. São os ácidos graxos de cadeia de 6 a 8 carbonos e aldeídos, principalmente o heptanol, as principais substâncias responsáveis pelo odor característico produzido pela rancificação (OGAWA; SILVA; SANTOS-FILHO, 1999). Morris; Dawson (1979), através de estudos realizados em pescado, indicam que a quantificação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA) é um método eficaz para avaliação do desenvolvimento da oxidação de lipídeos nesse tipo de alimento. Segundo Al-Kahtami et al. (1996), valores de TBA abaixo de 3 mg de malanoaldeído /kg indicam boa qualidade do produto em relação à oxidação lipídica.

O *off-flavour* é mais evidente imediatamente após a irradiação, decrescendo ou desaparecendo durante a estocagem ou cozimento. É influenciado principalmente pela temperatura do ambiente durante o processo (WHO, 1988).

De acordo com Urrows (1966), a irradiação com temperaturas entre 0 e -61 °C promove a redução do aparecimento de *off-flavour* em frangos e hambúrgueres. A inativação enzimática e embalagens a vácuo de carne bovina, frango, suíno e outros produtos que receberam a dose de 50 kGy à temperatura de -30 °C ocasionaram maior estabilidade e aceitabilidade em relação ao sabor (WHO, 1988).

A cor é outro atributo sensorial que pode sofrer alterações com o processo de irradiação. Doses acima de 1,5 kGy podem causar descoloração em carnes e ovos (WHO, 1988; DVŮRÁK et al., 2005).

A análise instrumental da cor em carne embutida de peru (*Turkey Bologna*) indica que a radiação gama pode induzir escurecimento, aumento da tonalidade vermelha e redução da tonalidade amarela nesse produto imediatamente após a irradiação das amostras. Esses efeitos, porém desapareceram ao longo do armazenamento sob refrigeração (8 semanas a 5°C) (XUETONG; SOMMERS; SOKORAY, 2004).

Giroux et al. (2001) relataram mudanças na cor de carne bovina irradiada e armazenada sob refrigeração, através da redução dos parâmetros L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho) e b* (intensidade amarelo). O mesmo foi reportado por Montgomery et al. (2003). Estes autores, além de terem observado a redução dos parâmetros de cor instrumental, relataram também o aparecimento após a irradiação de coloração vermelha escura através da análise sensorial, em carne bovina.

Em molho de anchova salgado e fermentado, o processo de irradiação melhorou as características sensoriais durante o armazenamento, especialmente por reduzir o odor de peixe e aperfeiçoar a cor, mantendo a segurança microbiológica do produto (KIM et al., 2004).

Segundo Brewer (2004), mudanças na cor de carnes irradiadas ocorrem em função da susceptibilidade das moléculas de mioglobina, especialmente do ferro, através de alterações químicas desenvolvidas e da energia desprendida durante o processo de irradiação, sendo que a manutenção da cor ideal durante a irradiação pode ser feita através da adição de antioxidantes, atmosfera modificada, embalagens e temperatura controlada.

De acordo com Cozzo (2003), amostras de filé de tilápia irradiados com 1, 2,2 e 5 kGy, mostraram-se favoráveis, quanto aos aspectos de aparência e aroma, por até 20 dias de armazenamento sob refrigeração. Peixes inteiros e fracionados da espécie *Sillago sihama* (*Nagli fish*) irradiados com 2 e 3 kGy e estocados a 1 a 2 °C mantiveram-se aceitáveis organolépticamente por 19 dias, enquanto peixes não irradiados submetidos às mesmas condições de armazenamento mantiveram-se viáveis por 7 a 8 dias (AHMED, 1997).

Lee et al. (2002) reportaram o efeito positivo do processo de irradiação em camarões salgados e fermentados (*Acetes chinensis*). A radiação gama nas doses de 5 e 10 kGy foi eficaz, não ocasionando alterações indesejáveis na qualidade sensorial dos camarões, além de melhorar a estabilidade microbiológica em comparação com o controle não irradiado.

As alterações de aroma, sabor, odor, cor, textura e as perdas nutricionais são minimizadas em produtos termo-sensíveis. Os alimentos irradiados retêm melhor a aparência, o sabor e as qualidades características de alimento fresco. A irradiação com dose de 3,5 kGy não afetou os atributos sensoriais de camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*) e estendeu sua vida útil sob refrigeração em 4 dias, quando comparada com a vida útil do produto não irradiado (MAYER, 2000).

2.2.11 Legislação

A irradiação de alimentos é permitida em quase 40 países e é endossada pela Organização Mundial de Saúde, pela Associação Médica Americana e muitas outras entidades (FAO, 2006).

O Food Drug Administration (FDA) aprova a irradiação de carne e aves e permite seu uso para uma variedade de outros alimentos, como frutas e legumes frescos, e condimentos. Segundo o FDA, o processo de irradiação é seguro e efetivo, reduzindo ou eliminando microrganismos patogênicos, deteriorantes, insetos e parasitas, e, em certas frutas e legumes, inibe o brotamento e retarda o amadurecimento (FAO, 2004).

Os países membros da União Européia, através do Conselho e do Parlamento Europeu, aprovam a irradiação de ervas aromáticas desidratadas, especiarias e condimentos vegetais. Alguns países, como Bélgica, França e Holanda são autorizados a tratar com radiação ionizante alimentos como peixes, crustáceos e moluscos, entre outros (PARLAMENTO EUROPEU, 2004).

Apenas três países da América do Sul: Brasil, Argentina e Chile possuem legislação para irradiação de alimentos (OLIVEIRA, 2000).

De acordo com a legislação brasileira vigente, através da resolução ANVISA RDC 21/01, qualquer alimento pode ser tratado por radiação ionizante, desde que a dose

mínima absorvida seja suficiente para alcançar a finalidade pretendida e que a dose máxima absorvida seja inferior àquela capaz de comprometer as propriedades funcionais e/ou atributos sensoriais do alimento (BRASIL, 2006).

2.2.12. Consumo de alimentos irradiados

Nayga, Aiew e Nichols (2005) avaliaram o efeito de informações relacionadas ao processo de irradiação de alimentos na aceitação de carne bovina irradiada por consumidores de um supermercado norte-americano. Foram apresentados dois tipos de informações: a primeira sobre a natureza e vantagens do processo (destruição de patógenos como *Salmonella*, *E. coli* O157:H7 e *Listeria monocytogenes* em carnes e frango, descontaminação de cebolas e controle e infestação de insetos) e a segunda sobre dois métodos de irradiação que utilizam fontes de radiação ionizantes diferentes (raios gama e aceleradores de elétrons). Os consumidores foram agrupados em 4 segmentos: “fortes compradores” (FC), “interessados” (INT), “indecisos”(IND), e “que rejeitam o alimento irradiado” (R). Após o primeiro informe, o segmento FC aumentou de 8,4% para 28,3%, o INT decresceu de 73,8% para 66,7%, os IND decresceram de 13,9% para 3,4% e o grupo R diminuiu de 3,8 para 1,7%. A porcentagem de consumidores dispostos a comprar alimentos irradiados cresceu de 50% para 89%. Após a segunda apresentação, a proporção de consumidores dispostos a comprar carne bovina irradiada aumentou de 89% para 94,3%. Portanto, as informações influenciaram na mudança de opinião de forma positiva sobre os alimentos irradiados.

Segundo Furuta (2004), no Japão, atividades de transferência de informação sobre irradiação realizadas durante 19 anos para crianças em idade escolar e seus familiares mostraram-se eficientes no aumento da aceitação pública desse processo. Os consumidores passaram a reconhecer a qualidade de batatas e cebolas irradiadas.

No Brasil, apesar da irradiação ser aprovada desde 1973, a população tem pouca informação sobre esse processo. Em estudo sobre a aceitabilidade do consumidor brasileiro em relação a alimentos irradiados, concluiu-se que atividades educacionais melhoram a imagem do processo de irradiação (OLIVEIRA; SABATO, 2004),

2.3 Material e métodos

2.3.1 Fonte de obtenção do material da pesquisa

Foi utilizado, para essa pesquisa, o camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*), cultivado no Estado de Santa Catarina (Figura 2).

Os camarões, depois de capturados, foram submetidos à hipotermia, imersos em água e gelo (4°C), processados (retirada do encefalotórax), acondicionados em sacos plásticos e mantidos em caixas isotérmicas com gelo, na proporção de 1:3/ gelo:camarão. Depois de embalados, foram transportados por via aérea ao município de São Paulo.

Figura 2 - Camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*)

A seguir, os camarões foram homogeneizados, acondicionados em bandejas de poliestireno, em unidades de 250 g, embalados em plástico flexível e mantidos sob refrigeração até o momento da irradiação (5 °C±1).

2.3.2 Métodos

2.3.2.1 Irradiação das amostras

As amostras referentes aos tratamentos foram transportadas em caixas isotérmicas com gelo até a planta de irradiação na Companhia Brasileira de Esterilização (Jarinu/SP), onde foram empregadas as doses de radiação de 1,0 e 3,5 kGy (utilizou-se um irradiador de Cobalto 60 comercial para alimentos, modelo CBE - 001), mantendo-se amostras-controle sem irradiação. O produto foi tratado em sistema de transporte circular, a uma distância de 15 cm da fonte radioativa, sendo utilizada a taxa de dose de 4 kGy/hora. Para a determinação da dose absorvida pelo produto utilizou-se um dosímetro Amber Harwell e um espectrofotômetro, utilizando-se o comprimento de onda de 603 nm. As amostras foram inicialmente analisadas quanto aos parâmetros físico-químicos, sensoriais e microbiológicos, aproximadamente 24 horas após o início do processo de irradiação.

2.3.2.2 Período de amostragem

Após o processo de irradiação, as amostras, devidamente identificadas (dia de análise e dose de radiação gama) permaneceram em refrigerador, com temperatura controlada a $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 21 dias. As análises químico-físicas, microbiológicas e sensoriais foram realizadas no 1°, 7°, 14° e 21° dias de armazenamento sob refrigeração. Foram descartadas ao longo do armazenamento as amostras fora dos padrões aceitáveis para o consumo. No caso das amostras destinadas às análises físico-químicas e sensoriais, utilizou-se como parâmetro o teor de bases nitrogenadas voláteis totais de 30 mg de N/100g, limite esse imposto pela legislação brasileira (Brasil, 2005). Para as análises microbiológicas, adotou-se o limite de 5×10^2 UFC/g para *Staphylococcus* coagulase positiva, 10^2 NMP para Coliformes a 45°C/g e ausência de *Salmonella* sp em 25g de amostra (BRASIL, 2004).

2.3.2.3 Avaliação microbiológica

Foram realizadas as análises microbiológicas previstas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária, através da Resolução RDC nº12, de 2 de janeiro de 2001 (contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva, teste presuntivo para *Salmonella* e coliformes a 45°) (BRASIL, 2004), contagem de coliformes totais e microrganismos mesófilos e psicrotróficos em placas. Para a detecção de *Salmonella*, foi utilizado o método rápido 1-2 Test (BIOCONTROL SYSTEMS INC., 2005). Foi realizada, antes, a recuperação de células injuriadas através de um pré-enriquecimento em água peptonada tamponada. As demais análises foram realizadas através de metodologias propostas por Silva, Junqueira e Silveira (1997).

2.3.2.4 Avaliação físico-química

As análises físico-químicas para a determinação do grau de deterioração e alterações das características nutricionais das amostras de camarão irradiado e não irradiado que foram realizadas durante o armazenamento sob refrigeração consistiram de:

- a) Determinação de bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT), através da precipitação do nitrogênio protéico com ácido tricloroacético, onde o filtrado, contendo o nitrogênio volátil, é alcalinizado e as bases voláteis são destiladas por arraste de vapor, recebidas em solução de ácido bórico e tituladas com solução de ácido padronizado (BRASIL, 1981).
- b) Determinação de trimetilamina (TMA), através de precipitação do nitrogênio protéico com ácido tricloroacético e formaldeído, onde o filtrado reage com outras aminas, exceto com a trimetilamina. Esta é alcalinizada e destilada por arraste de vapor, recebidas em solução de ácido bórico e tituladas com solução de ácido padronizado (BRASIL, 1981).
- c) Determinação do pH através de um potenciômetro previamente ajustado, de acordo com Pregnotatto e Pregnotatto (1985).
- d) Nitrogênio não protéico, conforme Hungerford (1995).

e) Análise de TBA (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico), de acordo com Tarladgis et al. (1960).

2.3.2.5 Composição centesimal

As análises químicas de teor de umidade, proteína bruta, extrato etéreo e cinza foram realizadas de acordo com AOAC (1995).

Para a determinação do teor de matéria seca foi utilizado o método gravimétrico, em que as amostras foram secas em estufa a 105 °C, até peso constante.

O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método Microkjeldahl. O teor protéico determinado pela multiplicação do conteúdo de nitrogênio total pelo fator 6,25.

O extrato etéreo foi determinado utilizando-se o extrator de Soxhlet. Na extração foi utilizado como solvente o éter etílico à temperatura de 45-50 °C em refluxo contínuo da amostra durante 6 horas. Recuperado o éter etílico, os tubos foram retidos e colocados em estufa por 20 minutos a 100 °C. Depois disso, os tubos esfriaram em dessecador e foram pesados, obtendo-se a quantidade de lipídeos por diferença de peso do tubo.

As cinzas foram determinadas através da incineração das amostras em mufla à temperatura de 550-600 °C por 4 horas.

2.3.2.6 Determinação de colesterol

O teor de colesterol das amostras foi quantificado através de extração de acordo com Folch (1956) e a determinação, segundo Bohac (1988).

Para a extração pesou-se 1 g de amostra fresca em um Becker de 50 ml, adicionaram-se 20 ml de mistura clorofórmio/metanol (2:1), filtrou-se em papel filtro, acrescentaram-se 50 ml de água destilada com 0,02% de cloreto de cálcio. Após esse procedimento a amostra foi lavada com mistura (500 ml) clorofórmio/metanol/água (8:4:3), originando o extrato lipídico. Na determinação utilizaram-se 3 ml do extrato lipídico com 100 ml de KOH 12%. Após 15 minutos em banho-maria (80°C) sob

agitação, a amostra foi filtrada e adicionaram-se 3 gotas de cloreto de ferro. A leitura foi feita em espectrofotômetro a um comprimento de onda de 490 nm.

2.3.2.7 Análise sensorial

Foram selecionados aleatoriamente 40 provadores não treinados, consumidores de camarão, dentre uma população de adultos saudáveis (18 a 50 anos), de ambos os sexos.

Realizaram-se testes hedônicos para as características: aroma, aparência e sabor. Os provadores avaliaram sensorialmente o produto de acordo com metodologia proposta por Dutcosky (1996), através do programa Compusense five (COMPUSENSE INC. 1986-998). As amostras irradiadas e não irradiadas foram testadas durante a sua vida útil no 1º, 7º, 14º e 21º dias de armazenamento sob refrigeração, para o produto preparado, cozido em água previamente fervida com 1% de NaCl, de acordo com Kirschnik e Viegas (2004). O teste foi realizado com o aval do Comitê de ética em pesquisa com seres humanos.

No laboratório de análise sensorial com cabines individuais, os provadores receberam as amostras servidas em pratos brancos. Foram apresentadas três amostras (uma para cada tratamento: (controle sem irradiação, 1,0 kGy e 3,5 kGy) codificadas com números de 3 dígitos, escolhidos de forma aleatória pelo programa Compusense five (Figuras 4 e 5). Foi solicitado aos provadores que analisassem cada uma das amostras, usando-se uma escala feita para esse propósito (com nove pontos). Os resultados foram avaliados através de Análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey.

Figura 3 - Proveedor realizando análise sensorial de camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaes vannamei*)

Figura 4 – Amostras de camarão utilizadas na análise sensorial

2.3.2.8 Análise instrumental da cor

A cor instrumental dos camarões foi avaliada através de um colorímetro Minolta CR-200 (Figura 6). As coordenadas CIELab (L^* , a^* e b^*) foram lidas diretamente no aparelho e as tonalidades c^* e H^* foram calculadas de acordo com a eq. (1) e a eq. (2).

$$c^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0,5} \quad (1)$$

$$H^* = \arctan (b^*/a^*) \quad (2)$$

onde L^* é a luminosidade; a^* é o parâmetro de croma vermelho-verde; b^* é o parâmetro de croma amarelo-azul; c^* é a cromaticidade ou pureza da cor e H^* é o ângulo de tonalidade.

Figura 5 - Colorímetro Minolta - CR - 200

2.3.2.9 Análise estatística

Foram realizados dois ensaios independentes. Em ambos, o delineamento experimental dos resultados das análises foi inteiramente ao acaso.

Os dados obtidos após o processamento analítico das amostras foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para verificar quais tratamentos diferiram, foi aplicado o teste de Tukey (Teste T-Teste de mínima diferença estatística) para realizar comparações pareadas das médias dos tratamentos, estabelecendo-se o nível mínimo de significância de 5% ($p \leq 0,05$). Utilizou-se software SAS Institute (SAS INSTITUTE, 1999).

Foi realizada análise de regressão para os parâmetros sensoriais aparência e aroma em relação aos parâmetros físico-químicos durante o período de armazenamento, através do programa Microsoft Excel 2000 Professional (MICROSOFT 2000).

2.4 Resultados e discussão

2.4.1 Análises Microbiológicas

A Tabela 4 apresenta os resultados da análise microbiológica inicial dos camarões não irradiados e irradiados.

Tabela 4 - População inicial de microrganismos em camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*) não irradiado e irradiado com as doses de 1,0 e 3,5 kGy

Microrganismos	⁽¹⁾ NI	1,0 kGy	3,5 kGy
Psicrotróficos (log NMP/g)	3,8	1,65	< 0,3
Mesófilos (log NMP/g)	4,0	3,0	1,8
<i>Staphylococcus</i> coagulase positiva (log NMP/g)	2,0	1,6	1,8
Coliformes totais (NMP/g)	2,0	< 0,3	< 0,3
Coliformes termotolerantes (NMP/g)	0,6	< 0,3	< 0,3
<i>Salmonella</i> ssp (em 25g)	ausente	ausente	ausente

⁽¹⁾ não irradiado.

Na Tabela 4, verifica-se que a radiação gama reduziu a população de *Staphylococcus* (em até 0,4 log UFC/g), coliformes totais (em até 1,7 NMP/g) e termotolerantes (em até 0,3 NMP/g), psicrotróficos (em até 3,5 log UFC/g) e mesófilos (em até 2,2 log UFC/g). Não foi detectada a presença de *Salmonella* ssp. antes e após a irradiação em todos os tratamentos. De acordo com a legislação brasileira (Brasil, 2004), as amostras *in natura* foram consideradas aptas para o consumo do ponto de vista microbiológico.

A Resolução – RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001 estabelece que, para pescado defumado, moluscos e crustáceos, refrigerados ou congelados; produtos derivados de pescado (surime e similares), refrigerados ou congelados, a tolerância em amostra indicativa para a população de *Staphylococcus* coagulase positiva/g, coliformes a 45°C/g e *Salmonella* sp/25g é de 5×10^2 , 10^2 UFC/g e ausência em 25g, respectivamente (Brasil, 2004). A irradiação reduziu a população bacteriana e, durante todo o período de armazenamento (21 dias), as amostras irradiadas continuaram a atender os padrões previstos pela legislação. Porém, as amostras não irradiadas, após uma semana de armazenamento, estavam impróprias para o consumo por extrapolarem o limite para *Staphylococcus*, que aumentou de 10^2 UFC/g para 2×10^5 UFC/g (BRASIL, 2004).

O Gráfico 1 apresenta o desenvolvimento da população de microrganismos psicrotróficos durante todo o período de armazenamento, nas amostras irradiadas e não irradiadas.

Gráfico 1 – Evolução da população de microrganismos psicrotróficos em camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*). NI. Não irradiado

Observa-se no Gráfico 1 menor população inicial de microrganismos psicrotróficos nas amostras irradiadas em relação às amostras não irradiadas, especialmente com a dose de 3,5 kGy. Embora a legislação brasileira (BRASIL, 2004) não estabeleça limites para microrganismos psicrotróficos, populações elevadas podem reduzir a vida-útil do pescado (KIRSCHNIK; VIEGAS, 2004). No sétimo dia de armazenamento constatou-se alta contagem de microrganismos psicrotróficos nos camarões não irradiados, valor esse acima do limite determinado (log 7,0 UFC/g) pela *International Commission on Microbiological Specifications for Foods* (ICMSF, 1988) para contagem padrão em placas de microrganismos aeróbios. Houve crescimento microbiano até o 7º dia também no camarão irradiado com a dose de 1,0 kGy, o que não ocorreu com o camarão irradiado com a dose de 3,5 kGy.

A partir do 14º dia de armazenamento foi notado crescimento da população de psicrotróficos nas amostras irradiadas com 3,5 kGy. Os valores observados foram próximos aos observados nas amostras irradiadas com 1,0 kGy. Isso demonstra um efeito mais prolongado, em razão provavelmente da injúria causada pela maior dose.

No 21º dia de armazenamento ocorreu ligeiro acréscimo da população de microrganismos psicrotróficos nas amostras irradiadas com a dose 3,5 kGy, enquanto

que nas amostras submetidas à dose de 1,0 kGy foram observados valores próximos ao limite estabelecido como aceitável para o consumo (ICMSF, 1988).

Esses resultados indicam que a radiação gama, especialmente a dose de 3,5 kGy, retardou o crescimento dos microrganismos psicrotróficos, estendendo a vida útil do produto.

Kirschnik e Viegas (2004) encontraram em camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*) uma população aproximada de microrganismos psicrotróficos de 1,44 log UFC/g e 3,52 log UFC/g no primeiro e décimo dia de armazenamento em contato com gelo, respectivamente. Esses valores são inferiores aos encontrados neste experimento.

Leitão e Rios (2000) observaram em amostras de camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*) população inicial de psicrotróficos de 5,2 log UFC/g e 7 a 8 Log UFC/g após dez dias de armazenamento sob refrigeração (5 °C).

A população média inicial de microrganismos psicrotróficos observada por Mayer (2000) em camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*) refrigerados (3 – 5°C) foi de 7,09 log UFC/g. De acordo com esse mesmo autor, amostras de camarão (*P. brasiliensis* e *P. paulensis*) irradiadas com as doses de 1,0 e 3,5 kGy tiveram a população de microrganismos psicrotróficos reduzida para 5,38 e menos de 2,00 log UFC/g, respectivamente.

Cozzo (2003) estudou a influência da radiação gama, utilizando doses de 1; 2,2 e 5 kGy para estender a vida útil, sob refrigeração (0,5 a –2,0°C) de cortes comerciais de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), analisando, entre outros parâmetros, a população de microrganismos psicrotróficos por até 30 dias. Após esse período de armazenamento, as amostras irradiadas com as doses de 1 e 2,2 kGy encontravam-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira vigente, e as amostras irradiadas com a dose de 5 kGy não apresentaram desenvolvimento de psicrotróficos durante todo o período de armazenamento. Todas as determinações microbiológicas realizadas nas amostras não irradiadas mostraram resultados crescentes, acima dos padrões estabelecidos.

O Gráfico 2 apresenta o desenvolvimento da população de microrganismos mesófilos durante todo o período de armazenamento, nas amostras irradiadas e não irradiadas.

Gráfico 2 – Evolução da população de microrganismos mesófilos em camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*). NI. Não irradiado

A radiação gama reduziu a população inicial de microrganismos mesófilos, principalmente com o uso da dose de 3,5 kGy. As amostras não irradiadas apresentaram intenso crescimento da população de microrganismos mesófilos até o 7º dia de armazenamento (aumento de 5,0 log UFC/g). Observou-se, a partir do 14º dia de armazenamento, tendência crescente na população de mesófilos para as amostras irradiadas com a dose de 1,0 kGy e decrescente para as amostras irradiadas com a dose de 3,5 kGy. Esses resultados sugerem que a irradiação causou injúrias às células bacterianas e, no caso da dose de 3,5 kGy, essa apresentou maior eficácia, já que não houve a recuperação dessas células ao longo do período de armazenamento, como ocorreu nas amostras irradiadas com a dose de 1,0 kGy.

Mayer (2000) encontrou população inicial média de microrganismos mesófilos de 4,92 log UFC/g em camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*) refrigerado (3 - 5°C). Quando irradiados com as doses de 1,0 e 3,5 kGy, esses

camarões apresentaram reduções da população de microrganismos mesófilos da ordem de 2,14 e 3,92 log UFC/g, respectivamente.

Chouliara et al. (2004), observaram população inicial de mesófilos aeróbios de 4,3, 2,4 e 1,0 log UFC/g após 3 dias de armazenamento sob refrigeração, para filés de pescado (*Sparus aurata*) salgados, não irradiados e irradiados com as doses de 1,0 e 3,5 kGy, respectivamente. Jeeyandam et al. (2001), em estudo sobre o efeito da irradiação em pescado fresco eviscerado (*Nemipterus japonicus*), encontraram populações de bactérias aeróbias de $4,4 \times 10^4$ UFC/g para amostras não irradiadas e $2,3 \times 10^3$ e $5,7 \times 10^2$ UFC/g em amostras irradiadas com as doses 1 e 2 kGy, respectivamente.

Intoxicações alimentares relacionadas à manipulação inadequada de produtos pesqueiros vêm aumentando a cada ano, no mundo todo. O *Staphylococcus aureus* é de grande importância nesses surtos, já que é encontrado freqüentemente nas mãos e trato respiratório de muitos manipuladores de alimentos (BARRETO, 2004). O Gráfico 3, que apresenta o desenvolvimento da população de *Staphylococcus* coagulase positiva durante todo o período de armazenamento, nas amostras irradiadas e não irradiadas.

Gráfico 3 - Evolução da população de *Staphylococcus* coagulase positiva em camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*). NI. Não irradiado

Observando-se o Gráfico 3, verifica-se que a população inicial de *Staphylococcus* coagulase positiva nas amostras não irradiadas foi de 2 log de UFC/g e, nas amostras irradiadas com as doses de 1,0 e 3,5 kGy foi de 1,6 e 1,8, respectivamente. A tendência de queda da população de *Staphylococcus* nas amostras irradiadas manteve-se até o 14º dia de armazenamento, quando não foi mais detectada sua presença até o final do experimento (< 0,3 UFC/g). As amostras não irradiadas foram descartadas no 7º dia de armazenamento por extrapolarem os limites de *Staphylococcus* coagulase positiva estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2004). Podemos observar que para as condições do experimento, não houve redução inicial significativa da população de *Staphylococcus* coagulase positiva, mas os efeitos da refrigeração somados a irradiação evitaram a recuperação da população desses microrganismos ao longo do armazenamento.

Ahmed et al. (1997) verificaram redução da população de *Staphylococcus aureus* de $2,4 \times 10^4$ para menos de 100 UFC/g em amostras de peixe (*Sillago sihama*) irradiadas com 2 e 3 kGy, semelhante aos resultados encontrados.

O grupo dos coliformes totais é formado por bactérias da família *Enterobacteriaceae*, capazes de fermentar lactose produzindo ácido e gás num período de 24-48 horas a 32-37°C em caldo verde-brilhante. São bacilos Gram negativos, não esporulados, sendo aeróbios ou anaeróbios facultativos (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 1997). Esses microrganismos foram determinados nas amostras cujos resultados estão apresentados no Gráfico 4, onde pode ser observado o desenvolvimento da população de coliformes totais durante todo o período de armazenamento, nas amostras irradiadas e não irradiadas.

Gráfico 4 - Evolução da população de coliformes totais em camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*). NI. Não irradiado

No 1º dia de armazenamento, observou-se a presença de coliformes totais apenas nas amostras não irradiadas. A partir do 7º dia de armazenamento, a dose de 3,5 kGy mostrou-se mais eficaz, já que manteve o resultado inicial (< 0,3 NMP/g) até o final do experimento. Os resultados indicam que a dose de 1,0 kGy foi capaz de causar injúrias às células bacterianas, mas essa não foi suficiente para conter a recuperação da população ao longo do armazenamento.

A ingestão de alimentos e /ou água contaminada é a principal causa de doenças diarreicas. A bactéria *Escherichia coli* pertence ao grupo dos coliformes termotolerantes e é um dos principais agentes etiológicos das infecções entéricas. Quando presente na água ou em alimentos, indica contaminação de origem fecal e um possível risco à saúde (TÔRRES, 2004).

O Gráfico 5 apresenta o desenvolvimento de coliformes termotolerantes durante todo o período de armazenamento, nas amostras irradiadas e não irradiadas.

Gráfico 5 - Evolução da população de coliformes termotolerantes em camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*). NI. Não irradiado

No 1º dia de armazenamento observou-se a presença de coliformes termotolerantes apenas nas amostras não irradiadas. Nas amostras que receberam dose de 1 kGy, a partir do 14º dia de armazenamento observou-se aumento da população de coliformes termotolerantes de 0,60 log UFC/g e no 21º dia um decréscimo da ordem de 0,24 log UFC/g. Nas amostras irradiadas com 3,5 kGy não foi detectada a presença de coliformes termotolerantes (< 3,0 NMP/g) durante todo o período de armazenamento. Com base nesses resultados, concluiu-se que a dose de 3,5 kGy proporcionou maior segurança ao produto, em relação às amostras não irradiadas e irradiadas com a dose de 1,0 kGy.

Segundo Mossel (1989), baixas doses (< 4 kGy) de radiação são eficazes na eliminação de enteropatógenos em camarões e não causam efeito negativo na qualidade sensorial do produto.

Os resultados apresentados nos Gráficos 1 a 5 indicam melhora na qualidade microbiológica das amostras irradiadas em relação às não irradiadas. Observa-se que a radiação gama na dose de 3,5 kGy foi mais efetiva, uma vez que proporcionou maior estabilidade durante todo o período de armazenamento, aumentando a vida útil do

produto sob o ponto de vista microbiológico e reduzindo a população de microrganismos patogênicos. A amostra sem irradiação, de acordo com critérios microbiológicos, apresentou tempo útil para sua utilização de 7 dias, enquanto que a irradiada com dose de 3,5 kGy apresentou pelo menos 21 dias de vida útil.

Esses resultados são compatíveis com dados obtidos por Mayer (2000) em camarões rosa (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*) submetidos a diferentes doses de radiação gama.

2.4.1 Composição centesimal

Os resultados referentes à composição centesimal dos camarões analisados em matéria fresca, irradiados e não irradiados, refrigerados e armazenados, são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Composição centesimal (g/100g de matéria fresca) de amostras de camarão-branco-do-pacífico (*L. vannamei*) não irradiado e irradiado, segundo o tempo de armazenamento

Dia	Dose (kGy)/ Período											
	Umidade			Proteína			Lipídeos			Cinzas		
	⁽¹⁾ NI	1.0	3.5	⁽¹⁾ NI	1.0	3.5	⁽¹⁾ NI	1.0	3.5	⁽¹⁾ NI	1.0	3.5
1 ^o	76,81 ^a	76,55 ^b	76,83 ^a	19,04 ^c	19,39 ^b	19,61 ^a	0,53 ^a	0,56 ^a	0,64 ^a	1,34 ^a	1,35 ^a	1,40 ^a
7 ^o	76,82 ^a	76,51 ^b	76,52 ^b	19,50 ^b	19,65 ^a	19,57 ^{ba}	0,72 ^a	0,57 ^b	0,68 ^a	1,39 ^a	1,35 ^b	1,37 ^{ab}
14 ^o	...	76,54 ^a	76,36 ^b	...	20,09 ^a	19,85 ^b	...	0,66 ^a	0,69 ^a	...	1,39 ^a	1,44 ^a
21 ^o	...	...	76,32	...	n.d	19,79 ^a	...	n.d	0,58 ^a	...	...	1,40 ^a

Nota: As amostras foram comparadas estatisticamente de acordo com os diferentes tratamentos ($p \leq 0,05$).

⁽¹⁾ amostra não irradiada.

... dado numérico não disponível.

Os valores observados para composição centesimal do camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*) são semelhantes aos encontrados em diferentes espécies de camarão por Estados Unidos (2005); Kirschnik e Viegas (2004); Vasconcelos e Silveira (2004); Pedrosa e Cozzolino (2001).

Com base nos resultados observados na Tabela 5, podemos concluir que a irradiação não alterou de maneira significativa a composição centesimal das amostras analisadas, com exceção aos níveis de umidade e proteína.

Conforme pode ser visualizado na Tabela 5, os valores médios da umidade total variaram de 76,32 a 76,82% para as amostras analisadas. Os teores de umidade encontrados estão de acordo com os valores observados em literatura para diferentes espécies de camarões, os quais variaram entre 75,86 e 88,34% (ESTADOS UNIDOS, 2005; KIRSCHNIK; VIEGAS, 2004; VASCONCELOS; SILVEIRA, 2004; PEDROSA; COZZOLINO, 2001). A umidade em todos os tratamentos manteve-se constante ao longo das semanas de armazenamento.

Quanto à proteína presente nas amostras analisadas, os níveis variaram entre 19,04 a 20,09% ao longo do período de armazenamento. Os valores médios de proteínas observadas estão de acordo com os teores encontrados em literatura para diferentes espécies de camarões, os quais variaram de 19,26 a 20,31% (ESTADOS UNIDOS, 2005; KIRSCHNIK; VIEGAS, 2004; VASCONCELOS; SILVEIRA, 2004; PEDROSA; COZZOLINO, 2001). Segundo FAO; OMS (1966) e Venugopa, Doke e Thomas (1999), a irradiação não afeta de forma significativa a estabilidade de aminoácidos e proteínas em pescado.

Os teores de lipídeos encontrados variaram, durante o armazenamento, de 0,53 a 0,72%, estando de acordo com os valores reportados em literatura para diferentes espécies de camarões, os quais variaram de 0,15 a 1,73% (ESTADOS UNIDOS, 2005; CADUN; CALLI; KISLA, 2005; KIRSCHNIK; VIEGAS, 2004; VASCONCELOS; SILVEIRA, 2004; PEDROSA; COZZOLINO, 2001).

Entre os diferentes tratamentos, a quantidade de lipídeos totais manteve-se estável, indicando que a irradiação não teve influência sobre o teor lipídico das amostras.

Os valores médios de cinza encontrados para as amostras analisadas neste trabalho variaram de 1,34 a 1,44%. Esses valores correspondem aos valores observados em literatura para diferentes espécies de camarões, os quais variaram de 1,05 a 1,55% (ESTADOS UNIDOS, 2005; KIRSCHNIK; VIEGAS, 2004; VASCONCELOS; SILVEIRA, 2004; PEDROSA; COZZOLINO, 2001). As amostras não irradiadas e irradiadas não diferiram entre si quanto ao teor de cinza, demonstrando que a irradiação não teve influência sobre o teor de cinza do camarão analisado.

2.4.2 Análises físicas e químicas

2.4.2.1 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA)

No Gráfico 6, podem ser observados os valores de TBA no camarão irradiado e não irradiado armazenado sob refrigeração.

Gráfico 6 - Teor de TBA durante o armazenamento refrigerado de camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*). Médias seguidas de letras distintas diferem entre si ($p \leq 0,05$). NI. Não irradiado

Os valores iniciais de TBA encontrados variaram de 0,67 a 0,96 mg de malanoaldeído/kg. O maior valor foi observado em camarões não irradiados, indicando que a irradiação exerceu efeito positivo na preservação desses em relação à oxidação de lipídeos. Esse efeito positivo se estendeu ao longo do armazenamento, já que as amostras irradiadas permaneceram mais estáveis durante o período. As amostras não irradiadas apresentaram drástica redução dos níveis de TBA no 7º dia de armazenamento. Esses resultados estão relacionados a reações químicas características da deterioração do produto que proporcionaram a conversão de parte do malanoaldeído presente nas amostras em outras substâncias (produtos terciários da

degradação) não detectáveis pelo método utilizado na análise. A partir do 21º dia de armazenamento, houve aumento dos valores de TBA na amostra irradiada com 3,5 kGy, que passou de 0,64 para 1,20 mg de malanoaldeído/kg. Mesmo com esse acréscimo considerável, tanto as amostras irradiadas com 3,5 kGy como as demais permaneceram dentro dos padrões estabelecidos para pescado fresco, durante o período de armazenamento (AL-KAHTAMI et al., 1996).

Níveis de TBA mais elevados em amostras irradiadas em relação ao controle são reportados por diversos autores (CADUN; CAKLI; KISLA, 2005; CHOULIARA et al., 2004 e JEEVANANDAM et al., 2001). Isso ocorre em função da formação de altas concentrações de radicais livres no substrato irradiado (CHOULIARA et al., 2004). No camarão analisado isso não ocorreu, provavelmente porque houve menor oxidação nas amostras não irradiadas no período que antecedeu à análise do TBA, já que o intervalo entre o término do processo de irradiação e o início da análise de TBA foi de aproximadamente 24 horas. A tendência de aumento do TBA pela irradiação foi verificada entre os tratamentos irradiados, uma vez que se observou diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras que receberam as doses de 1 e 3,5 kGy. A maior dose apresentou maior valor de TBA.

O decréscimo do TBA durante o período de armazenamento também foi descrito por Chouliara et al. (2004) em estudo sobre a preservação de pescado (*Sparus aurata*) através de salga, embalagem a vácuo e irradiação. Nesse experimento, os valores de TBA de amostras não irradiadas e irradiadas (1,0 e 3,0 kGy) aumentaram gradualmente, partindo de valores iniciais de 0,3 a 0,5 mg de malanoaldeído/kg para valores máximos de 4,2; 5,1 e 6,1 mg de malanoaldeído/kg para amostras não irradiadas e irradiadas com 1 e 3 kGy, respectivamente, até o 28º dia de estocagem. Após esse período, os valores de TBA das amostras não irradiadas e irradiadas decresceram gradualmente até alcançarem valores finais de 1,0; 2,15 e 3,3 mg de malanoaldeído/kg após 42 dias de armazenamento.

Jeevanandam et al. (2001) reportaram que valores de TBA em pescado (*Nemipterus japonicus*) não irradiado e salgado aumentaram durante o período de estocagem, atingindo valores máximos no 12º dia de armazenamento, quando passaram a apresentar valores de TBA decrescentes e que amostras salgadas e

irradiadas com 1,0 e 2,0 kGy apresentaram aumento gradual dos valores de TBA até o 21º dia de estocagem. O mesmo foi constatado por Lakshmanan et al. (1999): os valores de TBA de amostras de anchova (*Stolephorus commersonii*) irradiada (2,0 kGy) e não irradiada foram crescentes até o valor máximo de 5,5 mg de malanoaldeído /kg até o 17º dia de estocagem, quando passaram a apresentar valores de TBA decrescentes até o final do armazenamento.

Kirschnik e Viegas (2004) encontraram valores de 0,01 a 0,38 mg de malanoaldeído/kg durante estocagem em gelo por 10 dias de camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*). Moura (1999) observou concentrações de malonaldeído em camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*) fresco, que variaram de 0,17 e 2,12 mg de malanoaldeído/kg.

2.4.2.2 Bases Nitrogenadas Voláteis Totais (BNVT)

No Gráfico 7, podem ser observados os valores de BNVT no camarão irradiado e não irradiado armazenado sob refrigeração.

Gráfico 7- Teor de BNVT durante o armazenamento refrigerado de camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*). Médias seguidas de letras distintas diferem entre si ($p \leq 0,05$). NI. Não irradiado

Os valores de BNVT inicial variaram de 19,99 a 20,17 mg/100g, não sendo constatada diferença estatística ($p \leq 0,05$) entre as amostras irradiadas e não irradiadas.

Segundo Ogawa, Silva e Santos-Filho (1999), peixes em excelente estado de frescor apresentam teores de BNVT entre 5 a 10 mg N/100g de carne, peixes com frescor razoável podem atingir valores de 15 a 25 mg N/100 g de carne e peixes em início de putrefação chegam a 30 a 40 mg N/100g.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através da Secretaria de Defesa Agropecuária (BRASIL, 2005b), prevê níveis de BNVT inferiores a 30 mg N/100g para a comercialização de pescado.

Sendo assim, de acordo com Ogawa, Silva e Santos-Filho (1999), todas as amostras analisadas encontravam-se em razoável estado de frescor e dentro do padrão aceitável para a comercialização segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2005b). Após a primeira semana de armazenamento, constatou-se aumento significativo ($p \leq 0,05$) dos valores de BNVT nas amostras não irradiadas. Essas foram descartadas por extrapolarem os limites previstos pela legislação brasileira (BRASIL, 2005b). As amostras irradiadas com as doses de 1,0 kGy e 3,5 kGy mantiveram-se aptas para o consumo até o 14º e 21º dia de armazenamento sob refrigeração, respectivamente.

Leitão e Rios (2000) e Kirschnik e Viegas (2004) encontraram em experimentos com camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*) valores médios de BNVT inicial de 22,45 e 10,83 mg N/100 g, respectivamente.

Em experimento realizado por Moura (1999), amostras de camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*) fresco apresentaram valores de BNVT entre 27,6 e 73,0 mg N/100g. Mayer (2000) observou valores de BNVT entre 34,01 a 42,26; 29,84 a 34,99 e 31,48 a 37,07 mg N/100g em amostras de camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*) não irradiado e irradiado com as doses de 1,0 kGy e 3,5 kGy armazenados sob refrigeração ($\pm 4^\circ\text{C}$) por 2 dias, respectivamente.

Chouliara et al. (2004) encontraram em pescado (*Sparus aurata*) armazenado sob refrigeração por 42 dias, valores iniciais de 25,31; 24,08 e 22,28 mg de N/100g em amostras não irradiadas e irradiadas com as doses de 1 e 3 kGy, respectivamente. Não foram detectadas mudanças significativas nos valores de BNVT entre os tratamentos durante os primeiros 14 dias de armazenamento. Após esse período, os valores de

BNVT das amostras não irradiadas aumentaram atingindo, no final do experimento 60,5 mg N/100g. As amostras irradiadas apresentaram, após 42 dias de estocagem, 48,1 (1 kGy) e 37,2 mg N/ 100g (3 kGy). O limite para BNVT (30 - 35 mg N/100g) foi alcançado entre 18 e 24 dias para amostras não irradiadas, entre 24 e 30 dias para amostras irradiadas com 1 kGy e entre 26 e 35 dias para amostras irradiadas com 3 kGy.

Em estudo sobre a influência da salga e da radiação gama na extensão da vida útil de pescado (*Nemipterus japonicus*) armazenado sob refrigeração, os valores iniciais encontrados de BNVT em amostras não-salgadas e salgadas foram inferiores a 8 mg N/100g. Esse valor aumentou para 80 mg N/100g após 29 dias de estocagem nas amostras não salgadas. A irradiação das amostras não salgadas com 1 ou 2 kGy suprimiu a formação de BNVT durante o armazenamento. Valores de 44 e 38 mg N/100 g, respectivamente, foram observados após 28 dias. O BNVT em amostras não-irradiadas salgadas alcançou 76 mg N/100g após 28 dias. Em amostras salgadas e irradiadas com 1 e 2 kGy observou-se 40 e 31 mg N/100g, respectivamente, após 28 dias de armazenamento (JEEVANANDAN et al., 2001).

2.4.2.3 Trimetilamina (TMA)

A análise dos teores de trimetilameina (TMA) é um dos métodos químicos mais usados para avaliar a qualidade do pescado. O TMA é um composto básico volátil que se encontra em pequena quantidade em pescado fresco, principalmente em espécies marinhas. Após a morte do pescado, o óxido de trimetilamina (OTMA) é convertido em trimetilamina por ação da enzima redutase produzida por bactérias (HUSS, 1988; CONTRERAS-GUSMÁN, 1994 e OGAWA; SILVA; SANTOS-FILHO, 1999).

No Gráfico 8, podem ser observados os valores de TMA no camarão irradiado e não irradiado armazenado sob refrigeração.

Gráfico 8 - Teor de TMA durante o armazenamento refrigerado de camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*). Médias seguidas de letras distintas diferem entre si ($p \leq 0,05$). NI. Não irradiado

Os valores iniciais de TMA variaram de 2,61 a 4,0 mg N/100 g. O menor valor observado foi registrado para amostras irradiadas com a dose de 3,5 kGy. De acordo com Ogawa, Silva e Santos-Filho, (1999) para arenque e lagosta detecta-se odor desagradável (limiar para a deterioração), com um teor de TMA a partir de 7,0 mg N/100g; em “haddock” a partir de 4,0 a 6,0 mg N/100 g e atum, 1,5 a 2,0 mg N/100g. Segundo Sikorski, Kolakowska e Burt (1994), o limite de TMA para aceitação sensorial de pescado está entre 5 e 10 mg N/ 100g. Países como o Japão e Austrália adotam como limite de TMA em pescado o valor de 5 mg N/100g (JAY, 1994). Mendes et al. (2005b) sugerem como aceitáveis para o consumo de camarões (*Parapenaeus longirostris*) níveis de TMA iguais ou inferiores a 11 mg N/100g.

Após o 7º dia de armazenamento, foi observado aumento do TMA nas amostras não irradiadas. As amostras irradiadas com as doses de 1 e 3,5 kGy apresentaram maior estabilidade desse composto durante todo período de armazenamento. O desenvolvimento de microrganismos que produzem a enzima redutora de OTMA é a via mais importante de formação de TMA em pescado (CONTRERAS-GUSMÁN, 1994). De

acordo com Contreras-Gusmán (1994), bactérias psicrotróficas aeróbias como *Pseudomonas*, *Alteromonas*, *Moraxella* e *Proteus* e bactérias mesófilas como *Escherichia coli* e *Salmonella* são microrganismos capazes de produzir TMA em peixes, moluscos e crustáceos armazenados em gelo. Se compararmos os Gráficos 1 e 8 podemos observar uma relação entre o aumento dos microrganismos psicrotróficos e os valores de TMA durante o período de armazenamento. Essa mesma relação entre o aumento de microrganismos e TMA também foi relatada em camarões rosa (*Parapenaeus longirostris*) por Mendes et al. (2005b).

Chouliara et al. (2004) encontraram em pescado (*Sparus aurata*) salgado, embalado a vácuo e armazenado sob refrigeração ($4 \pm 1^{\circ}\text{C}$) por 42 dias, valores iniciais de TMA de 0,36; 0,28 e 0,21 mg de N/100g em amostras não irradiadas e irradiadas com as doses de 1 e 3 kGy, respectivamente. Nesse estudo, o conteúdo de TMA das amostras-controle e irradiadas com 1 kGy aumentaram lentamente durante os 14 primeiros dias de estocagem. Nas amostras irradiadas com 3 kGy, os valores de TMA permaneceram baixos (0,21 a 0,89 mg TMA/100g) durante os primeiros 28 dias de armazenamento. Após o 9º dia de estocagem, os valores de TMA da amostra-controle aumentaram regularmente, chegando ao valor final de 8,9 mg/100g. As amostras irradiadas com 1 e 3 kGy apresentaram valores de TMA de 6,2 e 4,5 mg/100g respectivamente (aos 42 dias).

Ahmed et al. (1997) observaram aumento na formação de TMA durante estocagem ($1-2^{\circ}\text{C}$) em amostras não irradiadas de pescado (*Sillago sihama*). Foram constatados valores de $4,5 \pm 0,1$ mg N/ 100 g após 10 dias de armazenamento. Os valores de TMA encontrados em amostras irradiadas com as doses de 2 e 3 kGy foram de 3,5 e 4,0 N/ 100 g, respectivamente, após 20 dias de armazenamento.

2.4.2.4 pH

No Gráfico 9, podem ser observados os valores de pH no camarão irradiado e não irradiado, armazenado sob refrigeração.

Gráfico 9 - Valor de pH durante o armazenamento refrigerado de camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*). Médias seguidas de letras distintas diferem entre si ($p \leq 0,05$). NI. Não irradiado

Não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os valores de pH observados no primeiro dia de análise em amostras não irradiadas e irradiadas. Os valores de pH mostraram-se bem menores em relação aos encontrados por Luzia (2000), que observou valores de 7,34 no verão e 7,29 no inverno em camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*). Moura (1999), analisando pH de camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*) fresco, observou valores de 7,09 a 8,10. Essas variações no pH podem estar relacionadas à espécie, às condições de armazenamento e aos procedimentos aos quais os camarões foram submetidos após a captura.

Os valores de pH durante todo o experimento variaram de 6,05 a 6,39, sendo estes valores compatíveis com a legislação brasileira (BRASIL, 2005b), que estabelece limites máximos de pH de 6,5 e 6,8 para pescado fresco nas regiões interna e externa da carne, respectivamente. Mendes et al. (2005b) consideram como aceitáveis do ponto de vista sensorial, camarões (*Parapenaeus longirostris*) com pH igual ou inferior a 7,9.

Kirschnik e Viegas (2004) reportaram pH inicial de 6,62 e final de 7,44 após 10 dias de armazenamento de camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*) em gelo. Leitão e Rios (2000) encontraram pH inicial de 7,73 e final de 8,40 após 10 dias

de armazenamento sob refrigeração a 5°C. O aumento do pH em espécies marinhas pode ser atribuído ao acúmulo de bases nitrogenadas, tais como trimetilamina, dimetilamina, amônia e algumas bases orgânicas, produzidas pela hidrólise bacteriana de compostos nitrogenados do músculo, e em menor grau, à autólise (SIKORSKI et al., 1994).

2.4.2.5 Colesterol

No Gráfico 10, podem ser observados os valores de colesterol no camarão irradiado e não irradiado, armazenado sob refrigeração.

Gráfico 10 - Colesterol durante o armazenamento refrigerado de camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*), mantido sob refrigeração. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si ($p \leq 0,05$). NI. Não irradiado

Os teores de colesterol obtidos neste estudo para camarão não irradiado estão em conformidade com a literatura (MOURA et al., 2002; BRAGAGNOLO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2001; KRZYNOWEK; PANUNZIO, 1989). As variações existentes podem estar relacionadas aos aspectos de desenvolvimento, cultivo, espécie e metodologia analítica empregada.

Em experimento realizado por Moura et al. (2002), a concentração de colesterol livre em camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*) variou de 92 a 136 mg/100g. Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (2001) encontraram níveis de 114 a 139 mg/100g de colesterol em quatro espécies de camarão (*Xiphopenaeus kroyeri*, *Macrobrachium rosenbergii*, *Penaeus brasiliensis* e *Penaeus schimitti*). Krzynowek e Panunzio (1989) observaram valores de 147 a 153 mg/100 g em camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*).

As concentrações iniciais de colesterol observadas nesta pesquisa nas amostras de camarão irradiadas e não irradiadas variaram de 80,36 a 134,81 mg/100g. Valores mais baixos foram encontrados para as amostras irradiadas, sobretudo com a dose de 3,5 kGy (redução de 40,39%). Durante o período de armazenamento constatou-se a redução do colesterol tanto para as amostras não irradiadas como para as irradiadas.

A redução de níveis de colesterol após o processamento também foi observado em camarões (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*) submetidos à fritura (redução de 24,7%) e ao cozimento (redução de 10,7%). Segundo Moura e Tenuta-Filho (2002) essa diminuição pode estar relacionada, entre outros fatores, à oxidação do colesterol e conseqüente formação de óxidos. Osada et al. (1998) também observaram a redução do colesterol e a presença de óxidos de colesterol em produtos marinhos processados, quando submetidos ao aquecimento juntamente com lipídeos insaturados. Sampaio (2004) reportou a presença de óxidos de colesterol em camarão salgado-seco.

Estudos realizados em carnes (bovina e de aves) demonstraram que a irradiação promoveu a formação de óxidos de colesterol, principalmente ao longo da estocagem, onde as concentrações desses compostos foram significativamente maiores em relação a carnes não irradiadas. De acordo com Moura (2004), a irradiação promoveu elevação de 11% nas concentrações de óxidos de colesterol em hambúrgueres de carne de frango (dose de 3,0 kGy) e de carne bovina (doses de 3,0 e 7,0 kGy) congelados.

Ahm et al. (2001) estudaram o efeito da irradiação (4,5 kGy) e condições de embalagem (permeáveis e não permeáveis ao oxigênio) na oxidação de lipídeos e colesterol em carnes cozidas de peru, bovina e suína durante o armazenamento por 7 dias a 4°C. Os resultados observados por esses autores indicaram que as diferentes composições de lipídeos encontradas nas carnes de peru, bovina e suína influíram na

oxidação, e que as embalagens tiveram mais influência do que o processo de irradiação em si na formação de produtos da oxidação de colesterol e oxidação lipídica.

Assim como ocorre com a irradiação, outros métodos de conservação como pré-cozimento, congelamento e desidratação apresentam aumento na produção de óxidos de colesterol, sobretudo em alimentos com alto teor de colesterol. Como muitos desses processos são amplamente utilizados, o consumo de alimentos com altos níveis de óxidos de colesterol é inevitável. A compreensão do mecanismo que envolve a formação dos óxidos de colesterol pode ocasionar sua diminuição nos alimentos e possibilitar a redução do impacto desses compostos na dieta humana (SAVAGE; DUTTA; RODRIGUEZ-ESTRADA, 2002).

Para um melhor esclarecimento do decréscimo do colesterol com o uso da radiação gama em camarão refrigerado, tornam-se necessários estudos futuros que avaliem a formação de óxidos de colesterol, já que esses compostos estão relacionados com efeitos adversos à saúde humana.

2.4.2.6 Nitrogênio não protéico (NNP)

O metabolismo dos compostos do nitrogênio não protéico (NNP) é o principal responsável pela perda gradual de frescor e da evidência de sinais de decomposição em pescado. O NNP é o primeiro composto a ser modificado ou utilizado por enzimas endógenas e microrganismos. O aumento de alguns metabólitos típicos permite acompanhar a evolução do frescor e interpretar os processos deteriorativos *post-mortem* (CONTRERAS-GUSMÁN, 1994).

No Gráfico 11, podem ser observados os valores de NNP no camarão irradiado e não irradiado armazenado sob refrigeração.

Gráfico 11 - Nitrogênio não protéico (NNP) durante o armazenamento refrigerado de camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*). Médias seguidas de letras distintas diferem entre si ($p \leq 0,05$). NI. Não irradiado

Foram encontrados valores iniciais de 208,82 mg/100g a 473,75 mg/100g. Menores teores de NNP foram observados nas amostras irradiadas com 3,5 kGy. Em todos os tratamentos houve aumento significativo ($p \leq 0,05$) do NNP ao longo do armazenamento sob refrigeração. Isso pode ser atribuído à hidrólise de proteínas por enzimas bacterianas ou por proteases musculares. Os resultados observados indicam que, durante o armazenamento, houve significativa estabilidade do composto estudado nas amostras irradiadas, principalmente com a dose de 3,5 kGy.

De acordo com Cozzo (2003), amostras de filé de tilápia irradiados com a dose de 5 kGy apresentaram 800 e 1.066,6 mg/100g de NNP aos 20 e 30 dias de armazenamento, respectivamente. Tais valores diferiram das amostras não irradiadas, que apresentaram 1.000 e 1.333,3 mg/100g de NNP nos mesmos períodos.

Contreras-Guzmán (1994) reportou valores de NNP de 690; 840 e 515 mg/ 100g para camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*), camarão-legítimo (*Penaeus schmitti*) e camarão-gigante-da-malásia (*Macrobrachium rosenbergii*), respectivamente.

Kirschnik e Viegas (2004) observaram aumento significativo do teor de NNP ao longo do armazenamento em gelo de camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*); o valor inicial foi de 502,45 mg N/100g e o final de 620,00 mg N/100g, após 10 dias de armazenamento. O mesmo ocorreu para os camarões analisados nesta pesquisa.

2.4.2.7 Cor instrumental

A Tabela 6 mostra os parâmetros de cor L, a*, b*, c* e Hº em camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*) irradiado e não irradiado, armazenados sob refrigeração.

Foram encontrados valores de 40,47 a 44,37 para L; 1,83 a 4,13, para a*; -0,9 a 1,7 para b*; 1,83 a 4,40 para c* e -0,37 a - 1,14, para Hº. Foi observada coloração inicial cinza tanto nos camarões irradiados como nos não irradiados. Ao longo do armazenamento houve variação na cor dos camarões, observando-se o aumento dos tons amarelo e vermelho, principalmente nas amostras não irradiadas (Figuras 7 e 8).

Na Figura 6 observa-se que no 7º dia de armazenamento o camarão não-irradiado apresentou coloração vermelha mais intensa em relação ao camarão irradiado com a dose de 3,5 kGy. O mesmo pode ser observado na Figura 7 em relação ao camarão irradiado com a dose de 1,0 kGy, em comparação com o camarão irradiado com 3,5 kGy no 14º dia de armazenamento.

A cor é um importante parâmetro para a determinação da qualidade do pescado. Quando o pescado é irradiado, pode haver a formação de produtos radiolíticos, os quais podem causar oxidação, resultando em descoloração ou *off-flavor* (POOLE; MITCHELE; MAYSE, 1994). Contudo, no caso deste experimento, observa-se na Tabela 5 que a dose de 3,5 kGy não afetou a cor inicial dos camarões e exerceu efeito positivo durante o período de armazenamento na manutenção das características originais do produto.

As alterações na coloração dos camarões durante o período de armazenamento podem ocorrer em função de oxidações enzimáticas e não enzimáticas de carotenóides presentes no músculo (SIKORSKI; KOLAKOWSKA; BURT, 1994).

Tabela 6 - Cor instrumental em camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*) irradiado e não irradiado

	Estocagem (dias)			
	1 ^o	7 ^o	14 ^o	21 ^o
L				
⁽¹⁾ NI	40,57 ^a ± 1,75	43,267 ^a ± 1,89	...	...
1 kGy	43,63 ^a ± 2,24	44,1 ^a ± 1,44	44,367 ^a ± 0,82	...
3,5 kGy	42,07 ^a ± 0,64	43,433 ^a ± 1,50	44,36 ^a ± 2,25	40,466 ± 1,66
a*				
⁽¹⁾ NI	-0,90 ^b ± 0,17	1,50 ^a ± 0,10	...	...
1 kGy	-1,70 ^a ± 0,00	0,57 ^b ± 0,15	1,60 ^a ± 0,26	...
3,5 kGy	-0,97 ^b ± 0,23	0,60 ^b ± 0,46	0,40 ^b ± 0,10	1,47 ± 0,70
b*				
⁽¹⁾ NI	2,03 ^a ± 0,76	4,13 ^a ± 0,83	...	...
1 kGy	0,67 ^b ± 0,21	1,83 ^b ± 0,32	5,13 ^a ± 0,71	...
3,5 kGy	2,07 ^a ± 0,23	3,37 ^{ba} ± 1,16	3,53 ^a ± 1,07	3,90 ± 0,35
Croma				
⁽¹⁾ NI	2,26 ^a ± 0,63	4,40 ^a ± 0,81	...	...
1 kGy	1,83 ^a ± 0,08	1,92 ^b ± 0,32	5,38 ^a ± 0,76	...
3,5 kGy	2,28 ^a ± 0,31	3,43 ^{ba} ± 1,21	3,57 ^a ± 1,07	4,24 ± 0,22
H^o				
⁽¹⁾ NI	-1,11 ^a ± 0,22	1,22 ^a ± 0,08	...	...
1 kGy	-0,37 ^b ± 0,05	1,20 ^a ± 0,01	1,27 ^b ± 0,08	...
3,5 kGy	-1,14 ^a ± 0,10	1,34 ^a ± 0,05	1,45 ^a ± 0,02	1,21 ± 0,18

⁽¹⁾ não irradiado.

... dado numérico não disponível.

Estes resultados estão de acordo com dados obtidos por Lacroix et al. (1995b), que, ao analisarem a cor de camarões (*Penaeus monodon*) pré-cozidos, congelados, irradiados (1,8 a 3,6 kGy) e armazenados por até 29 dias, concluíram que a qualidade de camarões pré-cozidos não é afetada negativamente pela irradiação. Esse tratamento é utilizado para o controle de bactérias contaminantes e redução da microflora presente, resultando na extensão da vida-útil do produto. Lacroix et al. (1995b) observaram, ao

final do período de armazenamento, uma tonalidade vermelha mais intensa em amostras não irradiadas, em relação às amostras irradiadas, semelhante ao que foi observado neste experimento.

Kim et al. (2004) também observaram o efeito positivo do uso da radiação gama (2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 kGy) na cor de fermentado líquido de anchovas salgadas (*Engraulis japonica*), armazenado por 12 semanas a 15°C. Segundo esses autores, todas as amostras apresentaram tendência de escurecimento durante o armazenamento. Contudo, os valores para os parâmetros de cor (L, a* e b*) das amostras irradiadas foram superiores ao controle (não irradiado), sendo que o processo de irradiação melhorou a aparência do produto.

Figura 6 - Camarão irradiado (3,5 kGy) e não irradiado (NI) no 7º dia de armazenamento sob refrigeração

Figura 7 - Camarão irradiado (1,0 kGy e 3,5 kGy) no 14º dia de armazenamento sob refrigeração

2.4.3 Análise sensorial

Os dados obtidos na análise sensorial são apresentados nos Gráficos 12 a 16 e nas Tabelas 7 a 18.

No Gráfico 12, pode-se observar que a faixa etária predominante entre os provadores foi de 18 a 21 anos (57%), seguida pelas faixas etárias de 22 a 25 anos (26%) e de 26 a 29 anos (13%), os que se encontravam com mais de 30 anos representaram apenas 4% do total. Portanto, nota-se que mais de 83% dos provadores tinham entre 18 e 25 anos.

Gráfico 12 - Faixa etária dos provadores

Do total de provadores 47% declararam renda familiar entre 7 a 15 salários mínimos, 22% de 1 a 6 salários mínimos, 10% acima de 30 salários mínimos e 9% declararam não possuir renda ou esta ser inferior a 1 salário mínimo (Gráfico 13).

Quanto à frequência de consumo, 35% declararam consumir camarão mensalmente e 59 % raramente (Gráfico 13). Quando questionados quanto à escolha do camarão na hora da compra, 70% dos entrevistados declararam adquirir o produto em função da combinação preço e qualidade, 25% pela qualidade e apenas 4% pelo preço (Gráfico14).

Gráfico 13 - Renda familiar dos provadores

O baixo consumo de camarão identificado nessa pesquisa é reflexo do hábito alimentar do brasileiro que prefere o consumo de carne bovina ou de frango ao pescado e ao custo mais elevado do camarão em comparação a outras fontes de proteína animal (RUIVO; POLLONIO, 1996).

Gráfico 14 – Frequência de consumo de camarão declarado pelos provadores

Apesar do camarão apresentar preços, em geral, mais elevados do que outras opções de carnes, os dados apresentados no Gráfico 15 demonstram a preocupação do consumidor em adquirir um produto de boa qualidade a um preço justo.

Gráfico 15 – Critério utilizado pelos provadores para aquisição de camarão.

Na Tabela 7, podem ser observadas as médias da avaliação dos atributos sensoriais (aparência, aroma e sabor) no camarão-branco-do-pacífico irradiado e não irradiado, armazenado sob refrigeração.

Tabela 7 - Teste hedônico para o camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*) irradiado e não irradiado

	Estocagem (dias)			
	1º	7º	14º	21º
Aparência				
⁽¹⁾ NI	6,78 ± 2,03 ^a	4,82 ± 2,15 ^b	...	...
1 kGy	6,88 ± 1,57 ^a	6,15 ± 1,97 ^a	5,45 ± 2,05	...
3,5 kGy	7,05 ± 1,66 ^a	5,48 ± 1,92 ^{ab}	6,02 ± 2,07	6,40
Aroma				
⁽¹⁾ NI	6,60 ± 1,87 ^a	4,50 ± 2,03 ^b	...	...
1 kGy	6,28 ± 1,65 ^a	6,00 ± 1,54 ^a	5,00 ± 1,99 ^a	...
3,5 kGy	6,65 ± 1,49 ^a	6,02 ± 2,09 ^a	6,35 ± 1,56 ^b	6,28
Sabor				
⁽¹⁾ NI	7,25 ± 1,68 ^a	...	...	...
1 kGy	6,72 ± 1,85 ^a	...	...	...
3,5 kGy	7,15 ± 1,48 ^a	...	...	...

⁽¹⁾ não irradiado.

... dado numérico não disponível.

O Gráfico 16 apresenta as características sensoriais do camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vanammei*) no primeiro dia de armazenamento.

Gráfico 16. Sabor, aparência e aroma de camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*)

Observa-se na Tabela 7 que o processo de irradiação não influenciou nos parâmetros de aparência, aroma e sabor do camarão e que sua aceitabilidade quanto à aparência e aroma decresceu ao longo do período de armazenamento, tanto para as amostras não irradiadas como para as irradiadas.

As amostras não irradiadas foram rejeitadas (média abaixo de 5) pelos provadores a partir do 7º dia de armazenamento. As amostras irradiadas com 1 kGy alcançaram o limite de aceitação (média 5) para o parâmetro aroma no 14º dia de armazenamento. As amostras irradiadas com 3,5 kGy mantiveram-se viáveis quanto ao aroma e aparência até o final do experimento (21º dia).

Ouattara, Sabato e Lacroix (2001) também não detectaram efeitos negativos produzidos pela radiação gama nos parâmetros organolépticos aparência, aroma e sabor, em estudo conduzido para avaliar o efeito de baixas doses de radiação gama e cobertura antimicrobiana na vida útil de camarão pré-cozido (*Penaeus* spp).

Segundo Chouliara et al. (2004) a aceitabilidade quanto ao aroma e sabor de pescado (*Sparus aurata*) salgado, embalado a vácuo, irradiado e não irradiado decresce durante o armazenamento sob refrigeração. O limite de aceitabilidade para aroma foi alcançado após 14 dias para amostras não irradiadas e após 30 (1 kGy) e 32 (3 kGy)

para as amostras irradiadas e o limite para sabor alcançado após 17 dias para amostras não irradiadas e 27 dias para amostras irradiadas (1,0 e 3,0 kGy).

Para Jeevanandam et al. (2001), a pontuação durante a análise sensorial de pescado (*Nemipterus japonicus*) eviscerado, decresce rapidamente, sendo rejeitado pelos provadores no 8º dia de estocagem. Em comparação, amostras irradiadas com 1 e 2 kGy têm vida útil de 12 e 22 dias, respectivamente.

Lakshmanam et al. (1999), ao estudarem diferentes modelos de estocagem para anchovas (*Stolephorus commersonii*) armazenadas em gelo, em câmaras refrigeradas a temperatura de 13°C, determinaram que o lote não irradiado teve vida útil de 13 dias, enquanto o lote irradiado com 2,0 kGy manteve-se viável por 17 dias.

Resultados obtidos por Lacroix et al. (1995a) em camarões pré-cozidos (*Penaeus monodon*), congelados e armazenados a -18°C por 29 dias, demonstram que a combinação de tratamentos (congelamento e irradiação) pode ser utilizada para aumentar o tempo de estocagem sem, contudo, afetar a aceitabilidade dos consumidores.

2.4.3.1 Aparência

No primeiro dia de análise não foi detectada diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos quanto à aparência. Aproximadamente 80% dos provadores declararam gostar (ligeiramente a muitíssimo) da aparência tanto das amostras não irradiadas como das irradiadas (Tabela 8). No 7º dia de armazenamento as amostras não irradiadas diferiram estatisticamente das amostras irradiadas com 1,0 kGy, já as amostras irradiadas com 3,5 kGy não apresentaram diferença estatística em relação aos demais tratamentos (Tabela 9). Nesse caso 40%, 60% e 50% dos provadores declararam gostar (ligeiramente a muitíssimo) das amostras não irradiadas e irradiadas com as doses de 1,0 e 3,5 kGy, respectivamente. No 14º dia de armazenamento não foi detectada diferença estatística significativa entre a aparência das amostras irradiadas com 1,0 e 3,5 kGy (Tabela 10). Mesmo assim, detectou-se uma maior aprovação do camarão submetido a maior dose de radiação, sendo que 40% dos provadores desgostaram; 55% gostaram e 5% foram indiferentes à amostra irradiada

com 1,0 kGy e, em contrapartida, 27,5% desgostaram; 67,5% gostaram e 5 % foram indiferentes a amostras irradiadas com 3,5 kGy. No 21º dia de armazenamento, 72,5% dos provadores gostaram da aparência do camarão irradiado com 3,5 kGy (Tabela 11).

Tabela 8 - Aceitabilidade (%) para aparência de camarão-branco-do-pacífico (*L. vannamei*) irradiado e não irradiado no 1º dia de armazenamento

Escala hedônica	Tratamentos		
	⁽¹⁾ NI	1 kGy	3,5 kGy
Desgostei muitíssimo	0,0	0,0	2,5
Desgostei muito	5,0	0,0	0,0
Desgostei moderadamente	2,5	2,5	2,5
Desgostei ligeiramente	7,5	7,5	0,0
Indiferente	5,0	5,0	10,0
Gostei ligeiramente	10,0	10,0	10,0
Gostei moderadamente	20,0	20,0	30,0
Gostei muito	35,0	35,0	30,0
Gostei muitíssimo	15,0	15,0	15,0

⁽¹⁾ não irradiado.

Tabela 9 - Aceitabilidade (%) para aparência de camarão-branco-do-pacífico (*L. vannamei*) irradiado e não irradiado no 7º dia de armazenamento

Escala hedônica	Tratamentos		
	⁽¹⁾ NI	1 kGy	3,5 kGy
Desgostei muitíssimo	5,0	0,0	0,0
Desgostei muito	12,5	5,0	10,0
Desgostei moderadamente	12,5	5,0	10,0
Desgostei ligeiramente	15,0	12,5	10,0
Indiferente	15,0	17,5	20,0
Gostei ligeiramente	15,0	7,5	20,0
Gostei moderadamente	12,5	20,0	10,0
Gostei muito	10,0	25,0	12,5
Gostei muitíssimo	2,5	7,5	7,5

⁽¹⁾ não irradiado.

Tabela 10 - Aceitabilidade (%) para aparência de camarão-branco-do-pacífico (*L. vannamei*) irradiado no 14º dia de armazenamento

Escala hedônica	Tratamentos	
	1 kGy	3,5 kGy
Desgostei muitíssimo	2,5	0,0
Desgostei muito	5,0	7,5
Desgostei moderadamente	5,0	10,0
Desgostei ligeiramente	27,5	10,0
Indiferente	5,0	5,0
Gostei ligeiramente	20,0	12,5
Gostei moderadamente	17,5	27,5
Gostei muito	17,5	22,5
Gostei muitíssimo	0,0	5,0

Tabela 11 - Aceitabilidade (%) para aparência de camarão-branco-do-pacífico (*L. vannamei*) irradiado no 21º dia de armazenamento

Escala hedônica	Tratamento
	3,5 kGy
Desgostei muitíssimo	0,0
Desgostei muito	2,5
Desgostei moderadamente	7,5
Desgostei ligeiramente	12,5
Indiferente	5,0
Gostei ligeiramente	17,5
Gostei moderadamente	17,5
Gostei muito	27,5
Gostei muitíssimo	10,0

A Tabela 12 mostra os coeficientes de regressão (R) entre o aroma e as variáveis físico-químicas observadas durante o armazenamento.

Tabela 12- Coeficientes de Regressão (R) entre a aparência e os resultados das análises físico-químicas em camarão-branco-do-pacífico (*L. vannamei*)

	R	F de significação
Aparência X BNVT	- 0,77	0,02
Aparência X TMA	- 0,63	0,07
Aparência X NNP	- 0,60	0,06
Aparência X pH	- 0,43	0,06
Aparência X TBA	+0,63	0,06

p ≤ 0,05.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 12, a aparência ($p \leq 0,05$) foi inversamente proporcional ao BNVT (correlação negativa). Isso significa que o aumento do valor desse parâmetro ao longo do armazenamento resultou em menor aceitabilidade do produto, tanto para amostras irradiadas como para as não irradiadas.

2.4.4.2 Aroma

No primeiro dia de análise não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos quanto ao aroma. Os provadores (70%, 59% e 77,5%) declararam gostar (ligeiramente a muitíssimo) do aroma das amostras não irradiadas e irradiadas com 1,0 kGy e 3,5 kGy, respectivamente (Tabela 13). No 7º dia de armazenamento, as amostras não irradiadas diferiram estatisticamente ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos. Nesse caso 55%, 17,5% e 20% dos provadores declararam não gostar (ligeiramente a muitíssimo) do aroma das amostras não irradiadas e irradiadas com as doses de 1,0 e 3,5 kGy, respectivamente (Tabela 14). Os provadores atribuíram média 5 (limite de aceitabilidade) às amostras irradiadas com 1,0 kGy no 14º dia de armazenamento (Tabela 15). Porém 40% declararam desgostar (ligeiramente a muitíssimo) do aroma do produto. No 21º dia de armazenamento 75% dos provadores gostaram (ligeiramente a muitíssimo) do aroma do camarão irradiado com 3,5 kGy (Tabela 16).

Tabela 13 - Aceitabilidade (%) para aroma de camarão-branco-do-pacífico
(*L. vannamei*) irradiado e não irradiado no 1º dia de armazenamento

Escala hedônica	Tratamentos		
	⁽¹⁾ NI	1 kGy	3,5 kGy
Desgostei muitíssimo	0,0	0,0	0,0
Desgostei muito	2,5	0,0	0,0
Desgostei moderadamente	2,5	2,5	0,0
Desgostei ligeiramente	10,0	12,5	7,5
Indiferente	15,0	25,0	15,0
Gostei ligeiramente	12,5	12,5	27,5
Gostei moderadamente	12,5	17,5	20,0
Gostei muito	35,0	22,5	15,0
Gostei muitíssimo	10,0	7,5	15,0

⁽¹⁾ não irradiado.

Tabela 14 - Aceitabilidade (%) para aroma de camarão-branco-do-pacífico
(*L. vannamei*) irradiado e não irradiado no 7º dia de armazenamento

Escala hedônica	Tratamentos		
	⁽¹⁾ NI	1 kGy	3,5 kGy
Desgostei muitíssimo	5,0	0,0	0,0
Desgostei muito	15,0	2,5	7,5
Desgostei moderadamente	15,0	2,5	10,0
Desgostei ligeiramente	20,0	12,5	2,5
Indiferente	5,0	17,5	15,0
Gostei ligeiramente	22,5	25	15,0
Gostei moderadamente	10,0	20	20,0
Gostei muito	7,5	20	27,5
Gostei muitíssimo	0,0	0,0	2,5

⁽¹⁾ não irradiado.

Tabela 15 - Aceitabilidade (%) para aroma de camarão-branco-do-pacífico (*L. vannamei*) irradiado no 14º dia de armazenamento

Escala hedônica	Tratamentos	
	1 kGy	3,5 kGy
Desgostei muitíssimo	2,5	0,0
Desgostei muito	5,0	7,5
Desgostei moderadamente	5,0	10,0
Desgostei ligeiramente	27,5	10,0
Indiferente	5,0	5,0
Gostei ligeiramente	20,0	12,5
Gostei moderadamente	17,5	27,5
Gostei muito	17,5	22,5
Gostei muitíssimo	0,0	5,0

Tabela 16 - Aceitabilidade (%) para aroma de camarão-branco-do-pacífico (*L. vannamei*) irradiado no 21º dia de armazenamento

Escala hedônica	Tratamento
	3,5 kGy
Desgostei muitíssimo	0,0
Desgostei muito	2,5
Desgostei moderadamente	2,5
Desgostei ligeiramente	7,5
Indiferente	12,5
Gostei ligeiramente	22,5
Gostei moderadamente	32,5
Gostei muito	20,0
Gostei muitíssimo	0,0

A Tabela 17 mostra os coeficientes de regressão (R) entre o aroma e as variáveis físico-químicas observadas durante o armazenamento.

Tabela 17- Coeficientes de Regressão (R) entre a aroma e os resultados das análises físico-químicas em camarão-branco-do-pacífico (*L. vannamei*)

	R	F de significação
Aparência X BNVT	- 0,83	0,01
Aparência X TMA	- 0,78	0,01
Aparência X NNP	- 0,49	0,18
Aparência X pH	- 0,49	0,18
Aparência X TBA	0,68	0,04

$p \leq 0,05$.

De acordo com a Tabela 17, o aroma é inversamente proporcional (correlação negativa) aos valores de BNVT ($p \leq 0,05$) e TMA ($p \leq 0,05$). Isso significa que, à medida que foi observado o aumento desses parâmetros ao longo do armazenamento, menores notas eram atribuídas às amostras de camarões. Está, portanto, o aumento desses parâmetros relacionado com a rejeição das amostras pelos provadores, o que era esperado.

2.4.3.2 Sabor

No primeiro dia de análise não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos quanto ao sabor, sendo que 85%, 76% e 82% dos provadores declararam gostar (ligeiramente a muitíssimo) das amostras não irradiadas e irradiadas com 1 e 3,5 kGy, respectivamente. Sendo assim, a radiação gama nas doses de 1 e 3,5 não interferiu no sabor do camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*) armazenado sob refrigeração (Tabela 18).

Tabela 18 - Aceitabilidade (%) para sabor de camarão-branco-do-pacífico
(*L. vannamei*) irradiado e não irradiado no 1º dia de armazenamento

Escala hedônica	Tratamentos		
	⁽¹⁾ NI	1 kGy	3,5 kGy
Desgostei muitíssimo	0,0	0,0	0,0
Desgostei muito	2,5	2,5	0,0
Desgostei moderadamente	2,5	2,5	2,5
Desgostei ligeiramente	2,5	10,0	0,0
Indiferente	7,5	10,0	15,0
Gostei ligeiramente	5,0	17,5	10,0
Gostei moderadamente	30,0	10,0	27,5
Gostei muito	25,0	32,5	25,0
Gostei muitíssimo	25,0	15,0	20,0

⁽¹⁾ não irradiado.

3 CONCLUSÕES

O uso da radiação gama, especialmente a dose de 3,5 kGy, proporcionou maior vida útil e segurança microbiológica durante o armazenamento, em relação ao produto refrigerado convencional.

As amostras irradiadas mantiveram-se estáveis durante todo período de armazenamento, em relação às amostras não irradiadas, quanto ao pH, índices de BNVT e TMA.

A irradiação das amostras resultou na redução do teor de colesterol e valores de TBA nos diferentes tempos avaliados.

O processo de irradiação com as doses de 1,0 e 3,5 kGy não afetou os atributos sensoriais: aroma, aparência e sabor do camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*) e aumentou a aceitação do produto ao longo do armazenamento.

Não houve diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$) para cor instrumental no primeiro dia de armazenamento, em relação a amostras não irradiadas e irradiadas com 3,5 kGy. Ao longo do armazenamento observou-se o efeito positivo da irradiação na preservação das características originais do produto.

A radiação gama na dose de 3,5 kGy é um processo coadjuvante eficaz para prolongar o tempo de vida útil do camarão-branco-do-pacífico por até, pelo menos, 21 dias, quando comercializado sob refrigeração a $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

REFERÊNCIAS

- AHMED, I.O.; ALUR, M.D.; KAMAT, A.S.; BANDEKAR, J.R.; THOMAS, P. Influence of processing on the extension of shelf-life of Nagli-fish (*Sillago sihama*) by gamma radiation. **Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 32, p. 325-332, 1997.
- AHN, D.U.; NAM, K.C.; DU, M.; JO, C. Effect of irradiation and packaging conditions after cooking on the formation of cholesterol and lipid oxidation products in meats during storage. **Meat Science**, New York, v. 57, p. 413-418, 2001.
- AL-KAHTANI, H.A.; ABU-TARBOUSH, H.M.; BAJABER, A.S. Chemical changes after irradiation and post-irradiation storage in tilapia and Spanish mackerel. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 61, n. 4, p. 729-733, 1996.
- ASHIE, I.N.A., SMITH, J.H.; SIMPSON, B.K. Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. **Critical Reviews in Food Science and Nutritional**, Fort Lauderdale, v. 36, p. 87-121, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO. Disponível em: <http://www.abcc.com.br>. Acesso em: 25 jul. 2004.
- _____. Disponível em: <http://Tabelas%20censo%20site.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2005.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16th ed. Washington, 1995. v. 2, 1250 p.
- BARRETO, N.S.E. *Staphylococcus aureus*. In: VIEIRA, H.S.F. **Microbiologia, higiene e qualidade do pescado: teoria e prática**. São Paulo: Varela, 2004. p. 96-102.
- BELCHIOR, F. Cardume pode estender atendimento a todo Brasil. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 27, n. 312, p.122-127, fev. 2003.
- BERQUET, N.J. Recursos protéicos de origem marinha: sua influência na nutrição humana e utilização. **Revista ABIA/SAPRO**, São Paulo, n. 20, p. 22-46, set. 1974.
- BIOCONTROL SYSTEMS INC. **1-2 Test**, São Paulo:2005
- BOHAC, C.E.; RHEE, K.S.; CROSS, H.R.; ONO, K. Assessment of methodologies for colorimetric cholesterol assay of meats. **Journal of Food Science**, Oxford, v. 53, n. 6, p. 1642-1644, 1988.
- BORSA, J.; LACROIX, M.; OUTTARA, B.; CHASSON, F. Radiosensitization: enhancing the radiation inactivation of food borne bacteria. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 71, p. 135-139, 2004.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. Otimização da determinação de colesterol por CLAE e teores de colesterol, lipídeos totais e ácidos graxos em camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 275-280, set./dez.1997.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Total lipid, cholesterol, and fatty acids of farmed freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and wild marine shrimp (*Penaeus brasiliensis*, *Penaeus schimitti*, *Xiphopenaeus kroyeri*). **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 14, p. 359-369, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca. **Balança comercial brasileira**. Disponível em: <www.presidencia.gov.br/seap/>. Acesso em: 27 out. 2005a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Portaria nº 185, de 13 de maio de 1997. **Regulamento técnico de identidade e qualidade de peixe fresco (inteiro e eviscerado)**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/consultaslegis/do/consultaLei>. Acesso em: 6 dez. 2005b.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal. Métodos quantitativos. In:_____. **Métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de pescado e seus derivados**. Brasília, 1981. cap. 5, p.1-3.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. Secretaria de Comércio Exterior. **Panorama setorial: pescados**. Disponível em: <www.mdic.gov.br/publica/secex/goc/info29pdf> . Acesso em: 26 jun. 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional da Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 12, de janeiro de 2001. **Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos em alimentos**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov/legis/resol>. Acesso em: 5 dez. 2004.

_____. Resolução - RDC nº 21, de 26 de Janeiro de 2001. **Regulamento técnico para irradiação de alimentos**. Disponível em: <http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=161#>. Acesso em: 13 jan. 2006.

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

BYUN, M.W.; LEE, J.W.; YOOK, H.S.; JO, C.R; KIM, H.Y. Application of gamma irradiation for inhibition of food allergy. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 63, n. 3-6, p. 369-370, Mar. 2002.

BYUN, M.W.; KIM, J.H.; LEE, J.W.; PARK, J.W.; HONG, C.S.; KANG, I.J. Effects of gamma radiation on the conformational and antigenic properties of a heat-stable major allergen in brown shrimp. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 63, n. 7, p. 940-944, July 2000.

CADUN, A.; CAKLI, S.; KISLA, D. A study of marination of deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*, Lucas, 1846) and its shelf life. **Food Chemistry**, Barking, v. 90, p. 53-59, 2005.

CHOULIARA, I.; SAVVAIDIS, I.N.; PANAGIOLAKIS, N.; KONTOMINAS, M.G. Preservation of salted, vacuum-packaged, refrigerates sea bream (*Sparus aurata*) fillets by irradiation: microbiological, chemical and sensory attributes. **Food Microbiology**, London, v. 21, p. 351-359, 2004.

COMPUSENSE INC. **Compunsence five**. São Paulo, 1986-998. 1 CD-ROM.

CONTRERAS-GUSMÁN, E.S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409 p.

COZZO, A.Z.; OETTERER, M.; GALLO, C.R. . Effects of irradiation and refrigeration on the nutrients and shelf-life of tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Journal of Aquatic Food Product Technology**, Binghamton, New York, v. 12, n.3, p. 85-102, 2003.

DIEHL, J.F. Radiolytic effects in foods. In: JOSEPHSON, V.I.E.; PETERSON, M. **Preservation of food by ionizing radiation**. Boca Raton: CRC Press, 1982. chap. 10, p. 279-357.

DIEHL, J.F. **Safety of irradiated foods**. New York: Marcel Dekker, 1995. 454 p.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 1996. 122 p.

DVŮRÁK, P.; KUNOVÁ, J.; STRAKOVÁ, E.; SUCHÝ, P.; KUNOVÁ, V. Changes in the color and the acidity number of egg yolk upon irradiation. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 221, p. 348-350, 2005.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Search the USDA national nutrient database for standard reference**. Disponível em: <www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/>. Acesso: 15 May 2005.

FAO. **World aquaculture production - statistic**. Disponível em: <ftp.fao.org/fi/stat/summary/a-1.pdf>. Acesso em: 18 July 2004.

_____. **Examen mundial de la pesca y acuicultura**. Disponível em: <http://www.org/fi/statist/statista.asp>. Acesso em: 4 Oct. 2005.

_____. **Food irradiation-chemistry and applications.** Disponível em: <http://www.onefish.org/servlet/CDSServlet?status=ND00NTU0NS50b3JsaWJJUEUzNTYwMiY2PWVuJjMzPWRvY3VtZW50cyYzNz1pbmZv#koinfo>. Acesso em 23 Jan. 2006.

FAO. Comitê mixto FAO/OMS de expertos. **Bases técnicas para la legislación referente a los alimentos irradiados.** Roma, 1966. 59 p. (Série de Informes Tecnicos, 316).

FOLCH, J.M.; LEES, M.; SLOANE, G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 226, p. 497-509, 1956.

FOLEY, D.M.; TRIMBOLI, S.L.; LAMB, J.; GOGLEY, J.; THOMPSON, J.; CAPORASO, F.; CALICCHIA, M.; PRAKASH, A. Acid-adaptation does not increase the resistance of *Listeria monocytogenes* to irradiation in a seafood salad. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 99, p.147-156, 2005.

FOOD DRUG ADMINISTRATION. **Food irradiation:** the treatment of foods with ionizing radiation. Disponível em: A:\FDA\Federal%20Register%2062%20FR%207834%20Februry%20199ProcessingandHandlingofFood.htm. Acesso em: 18 Sept. 2004.

FRANCO, B.D.G.M., LANDGRAF, M. Conservação de alimentos pelo emprego da radiação ionizante. In: _____. **Microbiologia de alimentos.** São Paulo: Atheneu, 1996. p.134-139.

FURUTA, M. Current status of information transfer acticity on food irradiation and consumer attitudes in Japan. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 71, p. 499-502, 2004.

GERMANO, P.M.L.; GERMANO, M.I.S.; OLIVEIRA, C.A.F. Aspectos da qualidade do pescado de relevância em saúde pública. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 12, n. 53, jan./fev. 1998.

GIROUX, M.; OUTTARA, B.; YEFSAH, R.; SMORAGIEWICZ, W.; SAUCIERI, L.E.; LACROIX, M. Combined effect of ascorbic acid and gama irradiation on microbial and sensorial characteristics of beef patties during refrigerated storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, p. 919-925, 2001.

HUSS, H.H. **El pescado fresco:** su calidad y câmbios de calidad. Manual de capacitación preparado por el programa de capacitación FAO/DANIDA en Tecnología pesquera y control de calidad. Roma: FAO, 1988. 132 p. (Colección FAO. Pesca, 29).

HUNGERFORD, J.M. Fish and other marine products. In: ASSOCIATION OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis.** Washington, 1995. chap.35, p. 1-30.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL STANDARD FOR FOODS. **Microorganisms in foods-application of the hazard analysis and critical points system to ensure microbiological safety and quality**. Oxford, 1988. v. 4, 357 p.

JAY, J.M. **Microbiologia moderna de los alimentos**. 3.ed. Zaragoza: Acribia, 1994. 804 p.

JEEVANDAM, K.; KAKATKAR, A.; DOKE, S.N.; BONGIRWAR, D.R.; VENUGOPAL, V. Influence of salting and gamma irradiation on the shelf-life extension of threadfin bream in ice. **Food Research International**, Essex, v. 34, p. 730-746, 2001.

JO, C.; LEE, N.Y.; KANG, H.; HONG, S.P.; KIM, Y.H.; KIM, H. J.; BYUN, M.W. Radio-sensitivity of pathogens in inoculated prepared foods of animal origin. **Food Microbiology**, London, v. 22, p. 329-336, 2005.

KAMAT, A. Microbiological aspects of radiation processing of foods. **Journal of Food Science And Technology**, Oxford, v. 42, n. 5, p. 371-383, Sept./Oct. 2005.

KIM, J.H.; AHN, H.J.; YOOK, H.S.; KIM, K.S.; RHEE, M.S.; RYU, G.H.; BYUN, M.W. Color, flavor, and sensory characteristics of gamma-irradiated salted and fermented anchovy sauce. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 69, p. 179-187, 2004.

KIRSCHNIK, P.G.; VIEGAS, E.M.M. Alterações na qualidade do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* durante estocagem em gelo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 407-412, jul./set. 2004.

KRZYNOWEK, J.; PANUZIO, L.J. Cholesterol and fatty acids in several species of shrimp. **Journal of Food Science**, Oxford, v. 54, p. 237-239, 1989.

LACROIX, M.L.; JOBIN, M.; LATREILLE, B.; NOUCHPRAMOOL, K.; GAGNON, M. The effect of gamma irradiation on physical and nutritional quality of *Penaeus monodon* shrimps. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 4/6, p. 731-737, 1995a.

LACROIX, M.L.; CHARBONNEAU, R.; JOBIN, M.; THIBAUT, C.; NOUCHPRAMOOL, K.; CHAROENS, S.; GAGNON, M. A feasibility study of gamma irradiation on Thailand frozen shrimps (*Penaeus monodon*). **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 4/6, p. 739-744, 1995b.

LAGHMARI, H.; ELMARRAKCHI, A. Organoleptic and physical-chemical assessment of shrimp *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846). **Revue de Medecine Veterinaire**, Toulouse, v. 156, n. 4, p. 221-226, 2005.

LAKSHMANAN, R.; VENUGOPAL, V.; VENKETASHVARAM, K.; BONGIRWAR, D. R. Bulk preservation of small pelagic fish by gamma irradiation: studies on model storage system using anchovies. **Food Research International**, Essex, v. 32, p. 707-713, 1999.

LEE, K.H.; AHN, H.J.; JO, C.; YOOK; BYUN, M.W. Production of low salted and fermented shrimp by irradiation. **Journal of Food Science**, Oxford, v. 67, n. 5, p. 1772 - 1777, 2002.

LEE, J.W.; SEO, J.H.; KIM, J.H.; LEE, S.Y.; KIM, K.S.; BYUN, M.W. Changes of the antigenic and allergenic properties of a hen's egg albumin in a cake with gamma-irradiated egg white. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 72, p. 645-650. 2005.

LEITÃO, M.F.F.; RIOS, D.P.A. Microbiological and chemical changes in freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) stored under refrigeration. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 31, p.178-183, 2000.

LIMA-CAMPOS, A. A investigação antidumping do camarão acabou, mas o “pesadelo” não! **Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão**, Recife, v. 7, n. 1, p. 38-41, mar. 2004.

LOAHARANU, P. Asian regional co-operative project on food irradiation (RPFI). In: INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Measurement of radionuclides in food and the environment: a guidebook**. Vienna, 1989. p. 175-184.

LUZIA, L.A. **Influência da sazonalidade no valor nutricional e perfil lipídico em cinco espécies populares de pescado**. 2000. 109 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MACHADO, C.M. **Enciclopédia moderna de higiene alimentar**. São Paulo: Manole, 1991. v. 4, cap. 4, p.75-105.

MACHADO, Z.L. **O camarão marinho, cultivo, captura, conservação, comercialização**. Recife: Sudene, 1988. 249 p.

MADRID, R.M. Análise das exportações da carcinicultura brasileira de 1999 a 2003: cinco anos de sucesso e, 2004, o início de uma nova fase. **Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão**, Recife, n. 1, p. 76-84, mar. 2005.

MATHIAS, J; BAEZ, J.R. **Análise setorial: a indústria do pescado**. São Paulo: Panorama Setorial-Gazeta Mercantil, 2003. 146 p.

MAYER, M.D.B. **Alterações microbiológicas, físico-químicas e sensoriais durante a vida útil do camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*) submetidos a radiação gama**. 2000. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MAYER-MUBCH, E.; STAHL, M.R.; DENIAUD, L.; EHLERMANN, D.A.E.; SCHICHMANN, H.P. Inactivation of a non-patogenic strain of *E. coli* by ionizing radiation. **Food Control**, Guildford, v. 16, p. 701-705, 2005.

MENDES, R.; GONÇALVES, A.; PESTANA, J.; PESTANA, C. Indole production and deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) decomposition. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 221, p. 221-320, 2005b.

MENDES, R.; SILVA, A.S.; NUNES, L.M.; EMPIS, J.M.A. Effect of low-dose irradiation and refrigeration on the microflora, sensory characteristics and biogenic amines of Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus*). **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 221, p. 329-335, 2005a.

MICROSOFT. **Microsoft Excel 2000 Professional**. São Paulo, 2000. 1 CD-ROM.

MONTGOMERY, J.L.; PARRISH JR, F.C.; OLSON, D.G.; DICKSON, J.S.; NIEBURHR, S. Storage and packaging effects on sensory and color characteristics of ground beef. **Meat Science**, New York, v. 64, n. 9, p. 357-363, 2003.

MOREIRA, D. **Agribusiness**: mais camarão e menos atum na balança de pescados. Gazeta Mercantil. Disponível em: <www.mre.gov.acs/clipping/gm0224.htm>. Acesso em: 26 jun. 2003.

MORRIS, D.M.; DAWSON, L.E. Storage stability of mechanically deboned sucher (*Castostomidae*) flesh. **Journal of Food Science**, Oxford, v. 44, n. 4, p. 1093-1096, 1979.

MOSSEL, D.A.A. Irradiation: an effective mode of processing food for safety. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Measurement of radionuclides in food and the enviroment**: a guidebook. Vienna, 1989. p. 251-279.

MOURA, A.P.F. **Efeito do processamento térmico sobre a ocorrência do 7-cetocolesterol em camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis* + *Penaeus paulensis*)**. 1999, 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

MOURA, A.P.F. **Efeito da radiação ionizante sobre a oxidação do colesterol em hambúrgueres de frango e bovino congelados**. 2004. 87 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MOURA, A.F.P.; TENUTA-FILHO, A. Efeito do processamento sobre os níveis de colesterol e 7-cetocolesterol em camarão-rosa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 117 - 121, maio/ago. 2002.

MOURA, A.P.F.; TORRES, R.P.; MANCINI-FILHO, J.; TENUTA-FILHO, A. Caracterização da fração lipídica de amostras comerciais de camarão-rosa. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 52, n. 2, p. 207 - 211, 2002.

NASIFF-HADAD, A.; MERINO-IBARRA, E. Ácidos grasos omega – 3: pescados de carne azul y concentrados de aceites de pescado. Lo bueno y lo malo. **Revista Cubana Medicina**, La Itabana, v. 42, n. 2, p. 128-133, abr./jun. 2003.

NAVARRO, M.P. Valor nutritivo del pescado. I. Pescado fresco. **Revista Agroquímica Tecnología Alimentos**, Valencia, v. 31, n.1, p. 330-334, 1991.

NAYGA, R.M.; AIEW, W. JR.; NICHOLS, J.P. Information effects on consumers, willingness to purchase irradiated food products. **Review of Agricultural Economics**, Ames, v. 27, n. 1, p. 37-48, 2004.

OGAWA, M.; MAIA, E.L. Química do pescado. In: _____. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: Varela, 1999. cap. 4, p.141-171.

OGAWA, N.B.P.; SILVA, F.C.; SANTOS-FILHO, C.J. Avaliação e controle da qualidade do pescado. In: OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: Varela, 1999. cap. 11, p.175-200.

OLIVEIRA, I.B., SABATO, S.F. Dissemination of the food irradiation of the food irradiation process on different opportunities in Brazil. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 71, p. 493-497, 2004.

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

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Inocuidad e idoneidad nutricional de los alimentos irradiados**. Ginebra, 1995. 172 p.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. FAO. **La comestibilidad de los alimentos irradiados**. Roma, 1977. 48 p.

OSADA, F.; KODAMA, T.; CUI, L.; YAMADA, K.; SUGANO, M. Levels and formation of oxidized cholesterols in processed marine foods. **Journal Agricultural of Food Chemistry**, Easton, v. 41, p.1893-1898, 1998.

OUTTARA, B.; SABATO, S. F.; LACROIX, M. Combined effect of antimicrobial coating and gamma irradiation on shelf life extension of precooked shrimp (*Penaeus spp.*) **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 68, p. 1-9, 2001.

PARLAMENTO EUROPEU. COMISSÃO DO MEIO AMBIENTE, DA SAÚDE PÚBLICA E DA POLÍTICA DO CONSUMIDOR. **Comissão relativa a alimentos e ingredientes alimentares autorizados para tratamento por radiação ionizante na comunidade europeia.** Disponível em: www.europarl.eu.int/meedocs/committees/envi/20021104/470306pt.pdf. Acesso em: 7 jul. 2004.

PEDROSA, L.F.C.; COZZOLINO, S.M.F. Composição centesimal e de minerais de mariscos crus e cozidos da cidade de Natal/RN. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 154-157, ago. 2001.

POOLE, S.E.; MITCHELL, G.E.; MAYSE, J.L. Low-doses irradiation affects microbiological and sensory quality of subtropical seafood. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 59, p. 85-87, 1994.

PREGNOLATO, W.; PREGNOLATO, N.P. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v. 1, 533 p.

RUITER, A. **El pescado y los productos derivados de la pesca:** composición, propiedades nutritivas y estabilidad. Zaragoza: Acribia, 1999. 416 p.

RUIVO, U. E.; POLLONIO, M. A. R. **O mercado de pescado em São Paulo.** São Paulo: INFOPECA, 1996. v. 5, 23 p.

SAKER-SAMPAIO, S.; VIEIRA, R.H.S.F. Manuseio do pescado a bordo. In: VIEIRA, R.H.S.F. (Ed.). **Microbiologia, higiene e qualidade do pescado.** São Paulo: Varela, 2004. p. 25-35.

SALES, R.O.; SALES, A.M. estudo da composição química e rendimento de dez espécies de pescado de água doce de interesse comercial nos açudes do nordeste brasileiro. **Ciências Agrônomicas**, Lourenço Marques, n. 21, p. 27-30, 1990.

SAMPAIO, G.R. **Ocorrência de óxidos de colesterol e análise do perfil lipídico em camarão salgado-seco.** 2004. 93 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SAMPAIO, Y.; COSTA, E. **Geração de empregos diretos e indiretos na cadeia produtiva do camarão cultivado no Brasil.** Disponível em: www.abccam.com.br/download/GERA%C7%C3%20DE%20EMPREGOSpdf. Acesso em: 16 abr. 2006.

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

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide:** statistics; version 8.0. Cary, 1999.

SAVAGE, G.P.; DUTTA, P.C.; RODRIGUEZ-ESTRADA, M.T. Cholesterol oxides their occurrence and methods to prevent their generation in foods. **Asia Pacific Journal Clinic Nutrition**, Victoria, v. 11, n. 1, p. 72-78, 2002.

SIERRA, S.; LARA-VILLOSLADA, F.; OLIVARES, M.; JIMÉNEZ, J.; BOZA, J.; XAUS, J. La expresión de IL-10 interviene en la regulación de la respuesta inflamatoria por los ácidos grasos omega 3. **Nutrición Hospitalaria**, Madrid, v. 9, n. 6, p. 376-382, nov./dez. 2004.

SIKORSKI, Z.E. Refrigeración del pescado. In: _____. **Tecnología de los productos del mar: recursos, composición nutritiva y conservación**. Zaragoza: Acribia, 1994. cap. 5, p.127-148.

SIKORSKI, Z.E.; KARNICKI, Z. Recursos: disponibilidades. In: SIKORSKI, Z.E. **Tecnología de los productos del mar: recursos, composición nutritiva y conservación**. Zaragoza: Acribia, 1994. cap. 2, p.15-40.

SIKORSKI, Z.E.; KOLAKOWSKA, A.; BURT, J.R. Cambios bioquímicos y microbianos subsiguientes a la captura. In: SIKORSKI, Z.E. **Tecnología de los productos del mar: recursos, composición nutritiva y conservación**. Zaragoza: Acribia, 1994. cap. 4, p. 75-101.

SILVA, N. da; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Varela, 1997. 295 p.

SOMMERS, C.; FAN, X.; NIEMIRA, B.; RAYKOWSKI, K. Irradiation of ready-to-eat foods at USDA'S Eastern Regional Research Center – 2003 update. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 71, p. 509-512, 2004.

SOUZA-FILHO, J. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina: camarão marinho**. ICEPA. Disponível em: <www.icepa.com.br/infconj/ultimos/pdfs/sint_2002_camar_mar.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2003.

SUZUKI, T. **Tecnología de las proteínas de pescado e krill**. Zaragoza: Acribia, 1987. 230 p.

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

TORRÊS, R.C.O. *Escherichia coli*. In: VIEIRA, H.S.F. **Microbiologia, higiene e qualidade do pescado: teoria e prática**. São Paulo: Varela, 2004. p. 96 -102.

URROWS, G.M. **Conservação de alimentos por irradiação**. Tennessee: USAEC, 1966 (Divisão de Informação Técnica).

VALENZUELA, B.A. El salmon: um banquete de salud. **Revista Chilena de Nutrición**, Santiago, v. 32, n. 1, p. 8-17, abr. 2005.

VASCONCELOS, M.M.M.; SILVEIRA, V.M.M.A. Rendimento e composição química dos componentes estruturais do camarão branco, *Litopenaeus vannamei*, cultivado no município de Acaraú/CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS: ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO, 19., 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBCTA, 2004. 1 CD-ROM.

VÁZQUEZ, J.; SÁNCHEZ-MUNIZ, F.J. Revisión: proteína de pescado y metabolismo del colesterol. **Revista Española de Ciencia e Tecnología de Alimentos**, Madrid, v. 34, n. 6, p. 589-608, 1994.

VENUGOPAL, V.; DOKE, S.N.; THOMAS, P. Radiation processing to improve the quality of fishery products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 39, n. 5, p. 391-440, 1999.

WILDE, J.W.; KAMSTRA, A. Producción pesquera. In: RUTER, A. **El pescado y los productos derivados de la pesca**: composición, propiedades nutritivas y estabilidad. Zaragoza: Acribia, 1999. cap. 1, p.1-33.

WORD HEALTH ORGANIZATION. **Food irradiation**: a technique for preserving and improving the safety of food. Geneva, 1988. 90 p.

XUETONG, F.; SOMMERS, C.H.; SOKORAY, K.J.B. Ionizing radiation and antioxidants affect volatile sulfur compounds, lipid oxidation, and color of ready-to-eat turkey bologna. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, p. 3509-3515, 2004.