

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**VIRGÍNIA KELLY GONÇALVES ABREU**

**EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA SOBRE A REDUÇÃO DE  
MICROORGANISMOS PATOGÊNICOS, A ESTABILIDADE DOS  
LIPÍDIOS E AS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS EM  
CAUDAS DE CAMARÕES CONGELADOS**

**FORTALEZA – CEARÁ  
2006**

**VIRGÍNIA KELLY GONÇALVES ABREU**

**EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA SOBRE A REDUÇÃO DE MICRORGANISMOS  
PATOGÊNICOS, A ESTABILIDADE DOS LIPÍDIOS E AS CARACTERÍSTICAS  
SENSORIAIS EM CAUDAS DE CAMARÕES CONGELADOS**

**Dissertação submetida à Coordenação  
do Curso de Pós-graduação em  
Tecnologia de Alimentos como requisito  
parcial para obtenção do título de  
Mestre em Tecnologia de Alimentos**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Jorge Fernando Fuentes Zapata**

**FORTALEZA 2006**

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Ana Cristina Azevedo U. Melo CRB-3/572

A146e Abreu, Virgínia Kelly Gonçalves

Efeito da radiação gama sobre a redução de microrganismos patogênicos, a estabilidade dos lipídios e as características sensoriais em caudas de camarões congelados / Virgínia Kelly Gonçalves Abreu.

75 f., il. , enc.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.  
Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos  
Orientador: Prof. Dr. Jorge Fernando Fuentes Zapata

1. Bactérias patogênicas 2. TBARS 3. Análise sensorial I. Zapata, Jorge Fernando Fuentes (orient.) II. Universidade Federal do Ceará – Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos III. Título

**EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA SOBRE A REDUÇÃO DE MICRORGANISMOS  
PATOGENICOS, A ESTABILIDADE DOS LIPÍDIOS E AS CARACTERÍSTICAS  
SENSORIAIS EM CAUDAS DE CAMARÕES CONGELADOS**

**VIRGÍNIA KELLY GONÇALVES ABREU**

**Dissertação submetida à Banca examinadora da Universidade Federal do  
Ceará, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de  
Mestre em Tecnologia de Alimentos em 30 de agosto de 2006.**

---

**Prof. Dr. Jorge Fernando Fuentes Zapata  
Orientador  
Departamento de Tecnologia de Alimentos – UFC**

---

**Profa. Dra. Evânia Altina Teixeira Figueiredo  
1º Examinador  
Departamento de Tecnologia de Alimentos – UFC**

---

**Dra. Deborah dos Santos Garruti  
2º Examinador  
EMBRAPA Agroindústria Tropical**

**Suplente:**

---

**Dr. Ednardo Rodrigues Freitas  
Departamento de Zootecnia – UFC**

Dedico aos meus pais, **Fernandes** e **Rita**,  
por todo apoio, amor e carinho que  
sempre me deram.

## Agradecimentos

Início agradecendo à **Universidade Federal do Ceará**, pela oportunidade de realização do mestrado.

À **Embrapa Agroindústria Tropical** pela infra-estrutura e colaboração na realização das análises.

Ao **Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)** pela irradiação das amostras.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor **Dr. Jorge Fernando Fuentes Zapata**, pela orientação neste trabalho e por todos os ensinamentos passados, os quais contribuíram muito para meu crescimento profissional. Agradeço também os incentivos constantes, o respeito, a confiança e a amizade demonstrada.

À professora **Dra. Evânia Altina Teixeira Figueiredo**, pela ajuda na realização dos experimentos microbiológicos e correções desse trabalho.

À pesquisadora **Dra. Deborah dos Santos Garruti**, por colaborar para que a análise sensorial pudesse ser realizada e, ainda, pelas sugestões e correções nesse trabalho.

Ao **Dr. Ednardo Rodrigues de Freitas** do setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFC, pela realização da análise estatística.

Ao secretário do curso de mestrado **Paulo Mendes**, por sua paciência, atenção e amizade.

Aos funcionários do Laboratório de Carnes, em especial ao **Luís Alves Bitu** por sua competência, dedicação ao trabalho e pela ajuda na realização do experimento.

Ao Laboratório de Microbiologia do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFC, em especial as estudantes de Iniciação científica **Anna Rafaela Cavalcante Braga** e **Danielle Alves da Silva**.

Aos colegas de mestrado, em especial a **Alex-Sandra Alexandre de Andrade, Antonia Sampaio e Vanessa Gomes** pelos momentos alegres que compartilhamos.

As minhas queridas amigas **Daniela Vieira de Souza e Tatiana Fontoura Vidal**, por todo apoio e especialmente pela amizade que nos une.

A minha querida e grande amiga, **Ana Lúcia Fernandes Pereira** por sua ajuda indispensável, seu incentivo, sua dedicação, sua paciência e seu carinho de irmã. Muito obrigada por acreditar em mim e por não me deixar desistir nunca.

Aos meus pais **Francisco Fernandes Alves Abreu e Rita Gonçalves Abreu**, por todo esforço que sempre fizeram para que eu pudesse chegar até aqui. A eles devo tudo.

A **todos os provadores** que gentilmente se dispuseram a participar da análise sensorial.

A **todos** que colaboraram direta ou indiretamente para que este trabalho fosse concluído.

Depois de algum tempo você aprende (...)  
Aprende que o tempo não é algo que  
possa voltar para trás. Portanto, plante  
seu jardim e decore sua alma, ao invés de  
esperar que alguém lhe traga flores. E  
você aprende que realmente pode  
suportar... que realmente é forte, e que  
pode ir muito mais longe depois de  
pensar que não pode mais. E que  
realmente a vida tem valor e que você  
tem valor diante da vida! Nossas dúvidas  
são traidoras e nos fazem perder o bem  
que poderíamos conquistar, se não fosse  
o medo de tentar.

**Veronica A. Shoffstall**



## RESUMO

ABREU, Virgínia Kelly Gonçalves. **Efeito da radiação gama sobre a redução de microrganismos patogênicos, a estabilidade dos lipídios e as características sensoriais em caudas de camarões congelados**. Fortaleza, 2006. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

A irradiação representa uma técnica eficiente na conservação dos alimentos, e o interesse pela sua utilização tem crescido nos últimos anos, pois além de melhorar a qualidade microbiológica, produz mínimas alterações nos constituintes dos alimentos. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo estudar o efeito da radiação gama ( $^{60}\text{Co}$ ), aplicada ao camarão congelado e embalado, sobre a microbiota, a estabilidade química de alguns componentes, bem como sobre algumas propriedades sensoriais da carne. Foram avaliadas caudas de camarões da espécie *Penaeus vannamei*, provenientes da carcinicultura local. O estudo foi dividido em duas etapas, sendo a primeira destinada a verificar o efeito da radiação gama, aplicada nas doses de 0, 2, 4 e 6kGy, sobre a população de duas bactérias patogênicas inoculadas no camarão: *Vibrio cholerae* O1 e *Salmonella enteritidis*. Este estudo utilizou um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 3, em que os fatores avaliados foram as quatro doses de irradiação e três modalidades de inoculação (com *V. cholerae* O1, com *S. enteritidis* e sem inoculação de microrganismos). Já na segunda etapa foi usado um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 5, sendo quatro doses (0, 2, 4 e 6kGy) de irradiação e cinco repetições, para as análises de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), cor e textura instrumental. Para a análise sensorial foi utilizado um delineamento de blocos completos balanceados, onde o provador foi considerado como bloco. Houve uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) do número de *V. cholerae* O1 e de *S. enteritidis* de acordo com o aumento da dose de irradiação. Em relação aos valores de TBARS, houve um decréscimo ( $p < 0,05$ ) das amostras irradiadas com 6kGy em relação as não irradiadas. Quanto ao valor do componente de cor  $L^*$  houve uma elevação significativa ( $p < 0,05$ ) com a dose de 6kGy em relação à dose de 2kGy. Os

componentes de cor  $a^*$  e  $b^*$  e a textura instrumental não variaram ( $p>0,05$ ) com as doses de irradiação estudadas. Com relação as características sensoriais, a aceitação global apresentou uma redução significativa ( $p<0,05$ ) com a dose 6kGy quando comparada com as doses 0 e 2kGy. No entanto, os atributos de aceitação de cor e textura e a intensidade dos atributos aroma, sabor característico e suculência não foram afetados ( $p>0,05$ ). Desta forma, o tratamento de irradiação com até 6kGy mostra-se efetivo na redução de microrganismos patogênicos, com leves efeitos sobre as características sensoriais da carne, quando aplicado sobre o camarão congelado e embalado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bactérias patogênicas. TBARS. Cor. Textura instrumental. Análise sensorial.

## ABSTRACT

ABREU, Virgínia Kelly Gonçalves. **Effect of gamma radiation on the reduction of pathogenic microorganisms, the stability of the lipids and the sensory characteristics in frozen shrimp tails.** Fortaleza, 2006. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

Irradiation represents an efficient technique to extend shelf life of several foods and the interest in using this technology has been growing in the last years because besides improving food safety it produces minimal alterations in the food constituents. Thus, this study investigated the effect of ionizing irradiation ( $^{60}\text{Co}$ ) of frozen and packaged shrimp on microorganisms as well as on some chemical and sensory characteristics of the product. Cultivated shrimp (*Penaeus vannamei*) from local farms processed into shrimp tails were packaged, frozen, irradiated and analyzed. The study was divided in two stages. The first stage was intended to verify the effect of the gamma radiation on the population of inoculated *Vibrio cholerae* O1 and *Salmonella enteritidis* bacteria. It used a complete randomized factorial (4 x 3) design with four irradiation doses (0, 2, 4 and 6kGy) and three inoculation modalities (one with *V. cholerae* O1, one with *S. enteritidis* and one without microorganisms). The second stage aiming to verify the effect of the gamma irradiation on the chemical stability of lipids, color and instrumental texture of shrimp followed a complete randomized factorial (4 x 5) design with four irradiation doses (0, 2, 4, and 6kGy) and five replicates. Sensorial analysis followed a complete randomized factorial of balanced complete blocks, where the panelist was considered as block. The experimental units (UE) from the first stage were analyzed for *V. cholerae* O1 and *S. enteritidis* survival after the irradiation procedure, while those from the second stage were analyzed for thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), instrumental color and texture and sensory evaluation of the meat. As irradiating dose increased a significant ( $p < 0.05$ ) reduction in *V. cholerae* O1 and *S. enteritidis* counts was observed. TBARS values decreased ( $p < 0.05$ ) in shrimp irradiated with 6kGy related to those in non irradiated shrimp. Also, color component  $L^*$  increased ( $p < 0.05$ ) in shrimp irradiated with 6kGy dose as compared to that irradiated with the 2kGy dose. No effect of irradiation was found on color components  $a^*$  and  $b^*$  or on instrumental texture values. Sensory global acceptance presented a significant reduction ( $p < 0.05$ )

with the dose of 6kGy as related to the doses of 2kGy or 0kGy. However, color acceptance and texture and the intensity of the attributes aroma, flavor and juiciness were not affected ( $p>0.05$ ). Therefore, irradiation treatment in doses up to 6kGy on frozen and packaged shrimp tails significantly reduces *V. cholerae* O1 and *S. enteritidis* counts with minor effects on sensory characteristics in cooked shrimp.

KEY-WORDS: Pathogenic bacteria. TBARS. Color. Instrumental texture. Sensory analysis.

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 CARCINICULTURA.....	14
2.1.1 Produção.....	15
2.1.2 Mercado.....	16
2.2 MICRORGANISMOS DE IMPORTÂNCIA NA SAÚDE PÚBLICA .....	17
2.2.1 <i>Vibrio cholerae</i> .....	18
2.2.2 <i>Salmonella</i> .....	21
2.3 IRRADIAÇÃO .....	24
2.3.1 Histórico.....	24
2.3.2 O processo de irradiação .....	25
2.3.3 Radiorresistência microbiana .....	27
2.3.4 Alterações nos alimentos.....	30
2.3.5 Aceitação dos alimentos irradiados pelos consumidores .....	33
3 OBJETIVOS .....	35
3.1 GERAL .....	35
3.2 ESPECÍFICOS.....	35
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
4.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	36
4.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO .....	36
4.3 TRATAMENTO DAS AMOSTRAS.....	37
4.4 ANÁLISES.....	38
4.4.1 Microbiológicas .....	38
4.4.2 Valor D <sub>10</sub> .....	41
4.4.3 Análise de TBARS .....	41
4.4.4 Cor .....	42
4.4.5 Textura instrumental .....	43
4.4.6 Análise sensorial .....	43
4.4.7 Análise estatística .....	47
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	48
5.1 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS .....	48
5.2 TBARS.....	51
5.3 COR.....	53
5.4 TEXTURA INSTRUMENTAL.....	54
5.5 ANÁLISE SENSORIAL .....	56
6 CONCLUSÕES .....	62
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64

# 1 INTRODUÇÃO

A aqüicultura possui atualmente uma grande importância como fonte produtora de alimentos no cenário mundial. Por se tratar de uma atividade economicamente viável, a carcinicultura é o setor que mais cresce em todo mundo. Cabe destacar que o cultivo do camarão por ser tratar de uma produção explorada durante todo o ano, diferentemente da atividade de captura, contribui para a regularização da oferta desse produto no mercado internacional (CARVALHO et al., 2005).

No Brasil, a produção de camarão em cativeiro tem apresentado um crescimento significativo nos últimos anos e constitui uma importante atividade econômica para os estados do Rio Grande do Norte e do Ceará. O estado do Ceará é o segundo produtor nacional e destina à exportação grande parte de sua produção anual, o que lhe garantiu em 2003 a posição de liderança de maior exportador brasileiro.

Atualmente, *Penaeus vannamei* é a espécie de camarão mais cultivada no Brasil, e por ser um crustáceo muito apreciado, atinge altos valores de mercado, tanto interno como externo.

O camarão ofertado ao mercado internacional deve ser produzido com a finalidade de atender a requisitos internacionais de qualidade que não se limitam ao valor nutritivo, frescor e sabor, mas também incluem outros atributos como alterações de coloração, tamanho, uniformidade e, principalmente a presença de contaminação microbiana (CATO, 1998).

No caso específico do camarão de cultivo, os principais problemas de sanidade enfrentados pelos maiores mercados importadores (Estados Unidos, União Européia e Japão) referem-se à presença de bactérias patogênicas, tais como, espécies do gênero *Vibrio*, especialmente o *V. cholerae* e o *V. parahaemolyticus*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens*. Com isso, há a necessidade de se controlar a presença dessas bactérias, já que constitui o principal motivo para a suspensão das importações de certos países (BHASKAR et al., 1998; BRASIL, 2001b; DALGAARD, 1998).

As doenças ocasionadas pelo consumo de alimentos contaminados por microrganismos patogênicos constituem um sério problema global. Esse tipo de contaminação causa impacto significativo na saúde e na economia, até mesmo em países desenvolvidos. Surtos de origem alimentar geram perdas econômicas entre 174,3 e 467,7 milhões de dólares por ano. No Brasil, apesar de não devidamente documentada, a incidência de doenças de origem alimentar é bastante elevada (SANTOS, 1997; SMITH; PILLAI, 2004).

Os microrganismos podem contaminar o alimento em vários estágios, tais como, produção, processamento, estocagem e distribuição (LOAHARANU, 1996). Dessa forma, mesmo que durante todo o tratamento do camarão, desde a despesca até o beneficiamento, sejam aplicadas as Boas Práticas de Fabricação, o produto congelado final não está completamente livre da possibilidade de apresentar contaminação microbiológica residual. Nesse sentido, a irradiação pode-se apresentar como uma tecnologia alternativa com a finalidade de assegurar a qualidade microbiológica desse produto.

Nos últimos anos, a irradiação tem se destacado como técnica promissora entre os recursos atuais disponíveis para a preservação de alimentos. É um método seguro e quando aplicado de forma adequada não gera modificações acentuadas na qualidade. Sendo assim, é um processo eficaz não apenas no controle de patógenos, como também no aumento da vida-de-prateleira e na manutenção da qualidade dos alimentos (SMITH; PILLAI, 2004).

Entre as vantagens do seu uso, estão, a sua alta eficiência em inativar bactérias, as poucas alterações químicas que ocorrem nos componentes dos alimentos, o fato de o produto poder ser tratado já embalado, além de poder ser aplicada em alimentos congelados (LAWRIE, 2005).

Assim, a irradiação do camarão congelado dentro das embalagens finais poderá minimizar a possível recontaminação durante a distribuição e a comercialização, trazendo benefícios para a indústria através da exportação de um produto mais seguro do ponto de vista microbiológico, bem como para o consumidor, que poderá dispor de um alimento livre do perigo biológico constituído por algumas bactérias patogênicas persistentes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CARCINICULTURA

A aquicultura é um dos sistemas de produção de alimentos que mais rapidamente se desenvolvem no mundo, tendo obtido, no ano de 2000, produtividade de 45,7 milhões de ton. Uma análise setorial mostra que o cultivo de crustáceos contribuiu com 1,65 milhão de ton, cerca de 3,6% do total, sendo o cultivo de camarão responsável por 66% do volume produzido (TACON, 2003).

Historicamente, o cultivo do camarão teve sua origem no sudeste da Ásia, sendo cultivado como subproduto da criação de peixes. Somente na década de 30 essa atividade atingiu novo patamar com a obtenção do completo desenvolvimento larval da espécie *Penaeus japonicus* pelo pesquisador japonês Motosaku Fujinaga (BRASIL, 2001b).

No Brasil, as primeiras tentativas para o cultivo experimental de camarões marinhos começaram nos anos 70 no Estado do Rio Grande do Norte, com a introdução da espécie *P. japonicus*. Embora esta espécie seja uma das mais cultivadas na Ásia, ela não se adaptou bem às condições brasileiras, principalmente em função das baixas salinidades nas zonas de produção. Diante disso, os produtores redirecionaram seus objetivos para as espécies nativas, contudo, em decorrência da baixa produtividade e da pouca lucratividade, não obtiveram êxito (BARBIERI JÚNIOR; OSTRENSKY NETO, 2002).

No princípio da década de 90, a introdução da espécie exótica *Penaeus vannamei*, originária do Pacífico, possibilitou o início do ciclo de expansão da carcinicultura brasileira. A partir de então, foi marcante o crescimento da produção nacional (GESTEIRA; PAIVA, 2003).

A espécie *P. vannamei* pertence à família *Penaeidae* cujo gênero compreende a maioria dos camarões marinhos cultivados, sendo a espécie mais explorada em clima tropical, na América do Sul e Central. Em razão de sua importância para a aquicultura e a excelente qualidade de sua carne (destacando-se sua firmeza, coloração e sabor característico), o *P. vannamei* se tornou bem aceito e conhecido no mercado internacional. A introdução dessa espécie tem sido



fundamental para o desenvolvimento da carcinicultura brasileira, pois além de apresentar boa aceitação, possui grande capacidade de se adaptar às diversas condições de cultivo e resiste a ambientes com uma elevada amplitude térmica (entre 9 e 34°C) (BARBIERI JÚNIOR; OSTRENSKY NETO, 2002).

### 2.1.1 Produção

Grande parte da produção mundial do camarão cultivado provém do hemisfério oriental, com 1.359.000ton em 2003, correspondentes a 83,37% do total mundial. No sudoeste da Ásia, principal centro produtor desse hemisfério, países como China, Tailândia, Vietnã, Indonésia, Índia, Bangladesh e Malásia destacam-se por sua importância. Deve-se ressaltar que embora os países asiáticos apresentem maior volume de produção e quantidade de áreas em operação, eles possuem em média um baixo valor de produtividade (MARTINS, 2003; ROCHA; RODRIGUES; LEITE, 2004).

No hemisfério ocidental, a produção de 2003 chegou a 271.000ton, 16,63% do total mundial, tendo como destaque o Brasil, que assumiu a liderança no ano de 2002 com produção de 60.128ton. Em 2003, o país consolidou a posição de líder desse hemisfério produzindo 90.190ton (ROCHA; RODRIGUES; LEITE, 2004; ROCHA; RODRIGUES, 2003).

A carcinicultura brasileira teve crescimento significativo nos últimos anos. A produção que era de 25.000ton em 2000 passou a 90.190ton em 2003. O país ocupa a sexta posição entre os maiores produtores mundiais de camarão cultivado e tem 95,2% da produção nacional concentrada no Nordeste.

O Estado do Rio Grande do Norte lidera o *ranking* brasileiro com 37.473ton, e está seguido pelo Ceará com 25.915ton e pela Bahia com 8.211ton. A produtividade obtida pelo Estado do Ceará, que pela representatividade é o líder brasileiro nesse segmento de eficiência produtiva, foi superior a média nacional (ROCHA; RODRIGUES; LEITE, 2004).

Na Tabela 1, observa-se um elevado crescimento nos principais parâmetros de produção comercial do cultivo do camarão marinho nacional, no período de 2000 até 2003. Contrariando as projeções, houve um decréscimo da produção no ano de

2004 em decorrência de problemas combinados da ação *antidumping*, movida pelos Estados Unidos e a ocorrência da *Mionecrose Infecciosa* nas fazendas de carcinicultura brasileiras.

**Tabela 1** – Evolução da carcinicultura brasileira – 2000/2004

<b>Variáveis Levantadas/Ano</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>
Área (ha)	6.250	8.500	11.016	14.824	16.598
Produção (ton)	25.000	40.000	60.128	90.190	75.904
Produtividade (Kg/ha/ano)	4.000	4.706	5.458	6.084	4.510

Fonte: Brasil (2001b); Rocha e Rodrigues (2003); Rocha, Rodrigues e Leite (2004); Rodrigues (2005).

### 2.1.2 Mercado

Inicialmente, o camarão cultivado no Brasil destinava-se ao mercado interno, como conseqüência da pequena produção e também da falta de processamento adequado às exigências do mercado externo. Em 1998, houve um crescimento de 100% em relação ao ano anterior, e com isso a carcinicultura brasileira encontrou dificuldades para o escoamento da sua produção, dando início às primeiras exportações, que a partir de 1999 apresentaram expressivo incremento tendo em 2003, alcançado 58.455ton (ROCHA; RODRIGUES; LEITE, 2004). Os maiores importadores do camarão cultivado brasileiro são os Estados Unidos e a Europa (França, Espanha e Portugal).

Os EUA apresentaram um consistente incremento no consumo *per capita* na década de 90, e no ano de 2000 alcançaram 345.000ton, tendo as vendas brasileiras de camarões comercializados para o mercado americano no referido ano correspondido a 43,6% do volume. Entretanto, mudanças têm sido registradas no direcionamento dessas exportações nos últimos anos, visto que das 199.896ton de camarões comercializados pelo Brasil no mercado internacional, no período jan/2004 a jun/2005, 31,68% em volume foram destinados para os EUA (MADRID, 2005).

O Brasil vem ano após ano ocupando um papel de destaque nas exportações para os principais países europeus consumidores de camarão, entre eles a Espanha

e a França. A tendência é que essa oferta aumente cada vez mais, em função da redução das exportações para os Estados Unidos verificadas a partir de 2004.

O aumento de aproximadamente 21% das exportações de camarão para a Espanha proporcionou a consolidação do Brasil na posição de segundo maior fornecedor de camarão para esse mercado. Esse crescimento das exportações foi surpreendente visto que passou de 4 mil ton em 2001 para quase 18.000ton em 2004. Em relação ao mercado francês, o Brasil passou de 6 mil ton em 2001 para quase 24 mil ton do volume de camarão congelado exportado, tornando-se, atualmente, o principal fornecedor para este país, com uma participação de cerca de 24% no total das importações. Além disso, na categoria de camarão congelado (excluindo-se camarões resfriados e com valor agregado pronto para consumo) o Brasil apresenta uma participação de 28% das importações francesas (AUMENTA..., 2005).

## **2.2 MICRORGANISMOS DE IMPORTÂNCIA NA SAÚDE PÚBLICA**

O interesse do público em relação à segurança alimentar tem aumentado em decorrência do número crescente e da gravidade de doenças transmitidas por alimentos (DTA) em todo mundo. Diversos são os agentes causadores das DTA, os quais incluem produtos químicos, toxinas naturais de plantas e de animais, vírus, parasitas, fungos toxigênicos e bactérias patogênicas (FORSYTHE, 2002).

As enfermidades causadas por patógenos alimentares apresentam problemas significativos para a saúde, visto que, mesmo em países desenvolvidos, onde a higiene é considerada adequada, a ocorrência de doenças de origem alimentar é um problema de saúde pública (FRANCO; LANDGRAF, 1999).

Geralmente, dividem-se os organismos causadores de DTA em infecciosos e intoxicantes. O primeiro grupo compreende os microrganismos que se multiplicam no trato intestinal humano, enquanto o segundo grupo é formado por aqueles microrganismos que produzem toxinas, tanto nos alimentos como também durante sua passagem pelo trato intestinal (FORSYTHE, 2002).

O pescado pode veicular uma gama enorme de microrganismos patogênicos para o homem, a maior parte deles fruto da contaminação ambiental. A qualidade

sanitária da água de onde os animais são retirados é o ponto chave para obtenção de um produto final com uma boa qualidade microbiológica. Além disso, os microrganismos podem ser adquiridos nas várias etapas do processamento (JAY, 2005).

*Salmonella*, *Shigella*, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio cholerae*, *Vibrio vulnificus* e *Clostridium botulinum* estão entre os microrganismos causadores de infecção e intoxicação vinculadas ao pescado (VIEIRA, 2004).

Dentre esses microrganismos destacam-se os do gênero *Vibrio*, sendo que o *V. cholerae* apresenta constante interesse do ponto de vista de saúde pública, pois, além de ser responsável por pandemias, pode apresentar mortalidade elevada, na dependência da população acometida. Em 1991, através do Peru, o agente atingiu a região Amazônica disseminando-se rapidamente pelo Norte e Nordeste do Brasil (GERMANO; GERMANO, 2001).

Em seguida, merecem destaque as bactérias do gênero *Salmonella*, tanto as de origem humana, quanto as de origem animal, todas elas encontradas em águas poluídas por esgotos ou por excretas animais. Na América Latina, a *Salmonella* foi a segunda causa de doenças veiculadas por alimentos no período de 1995 a 1998 (SANTOS et al., 2003).

### **2.2.1 *Vibrio cholerae***

O gênero *Vibrio*, pertencente à família *Vibrionaceae*, compreende 78 espécies (DSMZ, 2006) e são definidos como bacilos gram-negativos, retos ou curvos, móveis (devido à presença de flagelo polar) e não-esporogênicos. Fermentam glicose sem produção de gás e apresentam reação de oxidase positiva na maioria das espécies (FRANCO; LANDGRAF, 1999; SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 1997).

Esse grupo de bactérias apresenta crescimento em vida livre, sendo tipicamente encontrado em ambientes estuarianos onde a salinidade se apresenta entre 0,5 e 2,5‰. Vários membros deste gênero têm sido identificados como causadores de infecções gastrointestinais em humanos incluindo as espécies *V.*

*cholerae*, *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, e *V. alginolyticus* (MENESES, 2005; NISHIGUSHI; NAIR, 2003; SHEHANE; SIZEMORE, 2002).

O *V. cholerae* é bastante sensível a condições ácidas, tendo como pH ótimo 7,6, no entanto, pode crescer no intervalo entre 5,0 e 9,6. A temperatura ideal para a sua multiplicação é 37°C, sendo a máxima de 43°C e a mínima de 10°C. Esse microrganismo é halotolerante, sendo que o ótimo de salinidade para o seu crescimento é de 0,5% (ICMSF, 1996).

As distinções dentro da espécie são feitas com base em características sorológicas e somáticas. Diante disso, o *V. cholerae* divide-se em vários sorogrupos sendo os principais o O1, o não-O1 e o O139. Por sua vez, o sorogrupo O1 é subdividido em três sorotipos, Inaba, Ogawa e Hikojima (não comum), e em dois biótipos, o clássico e o El Tor (KAPER; MORRIS; LEVINE, 1995; SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 1997).

O *V. cholerae* faz parte da microbiota natural das águas costeiras sendo as linhagens não-O1 consideradas bactérias nativas de estuários enquanto que o O1 é normalmente isolado em surtos epidêmicos como consequência da contaminação fecal do ambiente. Não tem sido estabelecido que animais sirvam como reservatórios do *V. cholerae*. Contudo, existem casos de portadores assintomáticos e de pacientes que continuam a excretar a bactéria mesmo após os sintomas terem cessado (JAY, 2005; OLIVER; KAPER, 2001).

Entre os alimentos que podem veicular essa bactéria encontram-se ostras, camarões, mexilhões, algas marinhas e peixes crus ou mal cozidos, ou ainda vegetais irrigados com água contaminada. O congelamento desses alimentos não implica necessariamente na destruição da bactéria, que pode sobreviver durante períodos prolongados sob baixas temperaturas (OPS, 1991).

Em 1817, originou-se na Índia a primeira pandemia de cólera e, a partir de então, mais seis ocorreram sendo todas associadas às cepas capazes de produzir toxina e pertencentes ao sorogrupo O1. Entretanto, no final de 1992, com o relato de uma nova doença, semelhante à cólera, na região da Índia e Bangladesh surgiu um novo sorogrupo o qual foi denominado O139. Esta epidemia pode ser considerada o início da oitava pandemia, caso outros surtos da doença continuem a ocorrer (FRANCO; LANDGRAF, 1999; JAY, 2005; OLIVER; KAPER, 2001).

A bactéria *V. cholerae* O1/O139 adere à superfície do intestino delgado, onde cresce e produz a enterotoxina colérica, uma proteína oligomérica, composta pelas

subunidades A1 e A2, as quais se encontram covalentemente ligadas a cinco subunidades B. A subunidade B se liga a um receptor gangliosídico nas células mucosas, enquanto que a unidade A entra nas células ativando a adenilciclase, levando a um aumento do nível intracelular de AMP cíclico e a uma hipersecreção de sais e água. O sorogrupo não-O1, por sua vez, pode ou não ser toxigênico, sendo que a maioria das cepas toxigênicas não produz a enterotoxina colérica e, sim outras toxinas (ICMSF, 1996; VIRELLA; SCHMIDT, 1997).

A cólera, produzida pelos sorogrupos O1 e O139, pode começar com diarreia moderada e desconforto abdominal, passando rapidamente para diarreia severa e perda de fluidos e sais corporais (especialmente o potássio), causando desidratação e desequilíbrio eletrolítico. Geralmente há presença de vômitos poucas horas após o início da diarreia. Como consequência da intensa desidratação, observa-se diminuição da firmeza da pele, olhos afundados, mãos e pés enrugados, pressão baixa e taquicardia (KAPER; MORRIS; LEVINE, 1995).

O *V. cholerae* não-O1 provoca gastroenterite moderada que apresenta como sintomas, diarreia, câimbras abdominais e febre (aproximadamente 70% dos casos). Em torno de 21% dos pacientes há presença de náuseas e vômitos enquanto diarreias com sangue ocorrem em 25% dos casos. A duração da doença é de 2 a 21 dias (ICMSF, 1996).

Se não tratada, a cólera pode ser fatal, especialmente em indivíduos subnutridos. No entanto, em pessoas saudáveis, a recuperação ocorre de 1 a 6 dias. A terapia consiste na reposição de fluidos, através da injeção intravenosa de solução de lactato de *Ringer* ou outra solução semelhante, sendo aplicada em casos moderados, a reidratação oral (FRANCO; LANDGRAF, 1999).

Em Hong Kong (China), um surto de 12 casos de cólera, causado pelo *V. cholerae* El Tor Inaba, ocorreu em 1994. Investigações epidemiológicas mostraram que todos os casos estavam ligados ao consumo de frutos do mar, principalmente ostras, camarões e caranguejos. Além disso, constatou-se que a água do mar usada nos tanques para manter esses animais vivos, foi o possível veículo de transmissão (KAM et al., 1995).

Nos Estados Unidos no ano de 2004 ocorreram oito casos de infecção por *V. cholerae*. Cinco desses foram ocasionados pelo sorogrupo O1, sendo que um paciente adquiriu a infecção na Tailândia, dois na Índia, um nas Filipinas e um no

Havaí. Os outros três casos foram causados pelo sorogrupo não-O1 no estado da Geórgia e do Alabama pelo consumo de ostras (CDC, 2005).

No Brasil, a doença penetrou através da fronteira com a Colômbia e rapidamente se propagou através de todas as regiões do país, em virtude das precárias condições higiênico-sanitárias da população (VIEIRA, 2004). Dados do Centro de Vigilância Epidemiológica (2003) relatam que no período entre 1999 e 2002, foram confirmados 5499 casos de cólera, resultando em 113 óbitos.

### **2.2.2 *Salmonella***

A *Salmonella* é um gênero da família *Enterobacteriaceae* e compreende bacilos gram-negativos, a maioria móvel por flagelos peritríquios (exceto *S. gallinarum* e *S. pullorum*) e de metabolismo anaeróbio facultativo. A *Salmonella* fermenta glicose produzindo ácido e gás, no entanto é incapaz de metabolizar a lactose e a sacarose (D'AOUST; MAURER; BAILEY, 2001).

A temperatura ideal de crescimento das salmonelas é de aproximadamente 37°C sendo a mínima 5,3°C e a máxima 45°C. No entanto, vários estudos indicam que valores máximo e mínimo dependem do sorotipo. Por não formarem esporos, são bactérias relativamente termossensíveis, podendo ser destruídas a 60°C, por 15 a 20 minutos. O pH ótimo para a multiplicação é em torno de 7,0, sendo que valores superiores a 9,0 e inferiores a 4,0 são bactericidas. Com relação à concentração de sal, esses microrganismos não toleram concentrações superiores a 9% (FRANCO; LANDGRAF, 1999; JAY, 2005).

A classificação das salmonelas baseia-se na hibridação DNA/DNA, entretanto ainda não existe um consenso definitivo. Germano e Germano (2001) admitem que o gênero *Salmonella* contém uma espécie única, a *S. entérica*, antigamente conhecida como *S. cholerae-suis*, incluindo sete subespécies e 2.200 sorovares. No entanto, Popoff et al. (2001) mencionam além da espécie *S. entérica*, a *S. bongori*, sendo que estas contêm, atualmente, 2.501 sorotipos. As salmonelas são diferenciáveis pelos seus antígenos somáticos (O), flagelares (H) e envoltório (Vi). Esses sorotipos são divididos em sorogrupos de acordo com os fatores antigênicos comuns (ICMSF, 1996).

Essa bactéria encontra-se amplamente distribuída na natureza, sendo o trato intestinal do homem e de animais o principal reservatório. Entre os animais, as aves (galinhas, gansos, perus e patos) apresentam um desempenho especialmente importante, posto que podem ser portadoras assintomáticas, excretando continuamente esse microrganismo nas fezes. Além disso, em função da capacidade de disseminação no meio ambiente, a *Salmonella* pode ser isolada de águas doces superficiais, da costa marítima e, conseqüentemente, de vários tipos de alimentos (FRANCO; LANDGRAF, 1999).

Aves domésticas, ovos, carne bovina crua, leites e derivados, peixes, camarões, frutos do mar, frutas e vegetais, sorvete e chocolates estão entre os alimentos que podem veicular as salmonelas. A contaminação do alimento resulta do controle ineficiente da temperatura, de práticas de manipulação inadequadas e ainda por contaminação cruzada entre alimentos crus e processados (FORSYTHE, 2002).

Nas últimas décadas os sorotipos predominantes causadores de infecções alimentares *S. agona*, *S. hadar* e *S. typhimurium* têm mudado para o atual *S. enteritidis*. Essas alterações refletem mudanças na criação dos animais portadores e disseminação de novos sorotipos devido ao aumento do comércio mundial (D'AOUST; MAURER; BAILEY, 2001).

Geralmente, as doenças causadas por *Salmonella* podem ser subdivididas em febre tifóide (*S. typhi*, *S. paratyphi* A, B e C) e salmoneloses causadas pelas demais salmonelas (GERMANO; GERMANO, 2001).

A febre tifóide, doença que só acomete o ser humano, se inicia com a multiplicação do microrganismo no tecido submucoso do epitélio do íleo e propaga-se no corpo via macrófagos. A seguir, a bactéria infecta vários órgãos internos, como o baço, o fígado, a vesícula biliar, e, finalmente, o intestino utilizando a bile como meio de transporte. A taxa de fatalidade de febre tifóide é de 10%. Os sintomas dessa enfermidade são febre alta, letargia, câimbras abdominais, cefaléia, perda de apetite e podem surgir erupções cutâneas achatadas, de coloração rósea (FORSYTHE, 2002).

As salmoneloses apresentam como sintomas, diarreia, náuseas, dor abdominal, febre branda e calafrios e algumas vezes vômitos, dor de cabeça e fraqueza. O período de incubação é de cerca de 12 a 14 horas. A enfermidade é, normalmente, autolimitante e persiste durante 2 a 3 dias, sendo que a dose



infeciosa apresenta variação de  $10^7$  até  $10^9$  células/g. O uso de antibióticos para tratamento das salmoneloses é contra-indicado uma vez que tende a prolongar o estado de portador do paciente com excreção intermitente da bactéria (JAY, 2005; D'AOUST; MAURER; BAILEY, 2001).

Atualmente, as salmonelas são responsáveis pela maior freqüência de doenças causadas pela contaminação de alimentos, resultando em surtos, com maior ou menor número, de casos em diversos países, inclusive no Brasil.

Cerca de 1,4 milhões de casos de infecções por *Salmonella* spp, resultando em 400 mortes são relatados anualmente nos Estados Unidos (VOESTSCH, 2004). Em 2005, de um número total de 16.614 casos de doenças veiculadas por alimentos, 6.471 foram ocasionados por essa bactéria. Fazendo uma comparação dos anos de 1996-1998 com 2005 observou-se um declínio nos casos de infecções transmitidas por alimentos. Embora a incidência de *Salmonella* tenha decrescido no total (9%), observou-se que dos cinco sorotipos mais comuns apenas a *S. typhimurium* decresceu significativamente (42%) enquanto a incidência de *S. enteritidis* aumentou (25%) (CDC, 2006).

A *Salmonella* também foi relatada em 3.145 casos e 57 surtos, envolvendo pescados e frutos do mar; e em 806 casos e 12 surtos, envolvendo alimentos à base desses produtos, no período de 1987 a 1996, no Japão (CATO 1998).

No Estado de São Paulo, entre 1999 e 2003, dos 459 surtos com etiologia identificada, 325 (70,8%) foram causados por bactérias. Dentre estes, 140 (43,1%) foram devido a *Salmonella*, envolvendo 3.001 pacientes e dos 74 surtos por *Salmonella* com identificação do sorotipo, 66 (89,2%) foram devido à *S. enteritidis*. Mesmo que não devidamente documentada, a incidência de doenças de origem alimentar no Brasil é bastante elevada (EDUARDO et al., 2004).

## 2.3 IRRADIAÇÃO

### 2.3.1 Histórico

Embora a irradiação de alimentos seja freqüentemente descrita como uma nova tecnologia, seu uso para melhorar a qualidade e a vida de prateleira de alimentos tem sido relatado desde o final do século XIX. O início da história da irradiação de alimentos se confunde com a própria história da radiação. Em 1895, Roentgen descobriu os raios-X e Becquerel, a radioatividade, em 1896. No mesmo ano, Minsch propôs o uso da radiação ionizante como método de preservação pela eliminação de bactérias deteriorantes (MOLINS, 2001).

Em 1905 foi emitida a primeira patente britânica a J. Appleby e A.J. Banks, que propuseram o tratamento de alimentos, especialmente cereais, com partículas alfa e beta, raios gama de rádio ou outras substâncias radioativas. Cientistas do Departamento de Agricultura dos EUA sugeriram o uso dos raios-X para inativação de *Trichinella spiralis* em carne suína em 1921. Após a Segunda Guerra Mundial, houve uma ampliação das pesquisas com o objetivo de melhorar o processo de irradiação dos alimentos (DIEHL, 2002).

Em 1981, o Comitê *Food and Agriculture Organization/ International Atomic Energy Agency/ World Health Organization* (FAO/IAEA/WHO) concluiu que a irradiação de qualquer alimento até a dose de 10kGy não apresenta perigo toxicológico e problema nutricional ou microbiológico (JAY, 2005).

Em 1983, a Comissão do *Codex Alimentarius* adotou o Padrão Geral para Alimentos Irradiados e o Código de Recomendações de Prática das Instalações para Operações de Irradiação. Nesse mesmo ano, o *Food and Drug Administration* (FDA) e o *Health & Welfare Canada* aprovaram o uso dessa técnica em condimentos (MOLINS, 2001).

No início dos anos 90, o FDA aprovou a irradiação de frangos com até 3kGy para controlar *Salmonella*, e em 1995, foi aprovado o uso de doses de 2 a 25kGy para o controle desse microrganismo em rações animais. Em 1997, foi liberado o

uso de 4,5kGy para carne bovina refrigerada e 7,5kGy para carne bovina congelada (JAY, 2005).

Os governos de quarenta e dois países têm aprovado a irradiação de um ou mais produtos alimentícios e vinte e nove países usam essa técnica comercialmente. Na atualidade, o uso mundial de energia ionizante alcança a marca de 300 mil ton de alimentos por mês (DIEHL, 2002; PEREIRA, 2004).

No Brasil, as primeiras pesquisas com irradiação de alimentos foram feitas na década de 50, pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA). Embora a utilização desse processo seja permitida por lei, desde 1985 o país possui poucos especialistas nessa técnica e os estudos se restringem, quase que unicamente, às instituições oficiais (SANZ, 1996).

Atualmente, todas as normas para o emprego desta tecnologia estão descritas na Resolução nº 21, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, segundo a qual, qualquer alimento pode ser irradiado desde que sejam observados os limites mínimos e máximos da dosagem aplicada, sendo que a dose mínima deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida e a dose máxima, inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e/ou atributos sensoriais do alimento (BRASIL, 2001a).

## **2.3.2 O processo de irradiação**

### **2.3.2.1 Energia eletromagnética**

A radiação consiste na emissão e propagação de energia através do espaço ou de um meio material. As várias formas de energia radiante pertencem ao espectro eletromagnético, o qual é composto por várias regiões, cada uma correspondendo a uma faixa de comprimentos de onda (POTTER; HOTCHKISS, 1995).

Na conservação de alimentos se utiliza uma faixa particular de energia eletromagnética conhecida por radiações ionizantes, que possuem energia suficiente para produzirem partículas eletricamente carregadas (íons) nos materiais com os

quais entre em contato, mas não são capazes de induzir a radioatividade nos alimentos. As fontes de irradiação permitidas para o uso em alimentos incluem os raios gama, gerados por fontes de  $^{60}\text{Co}$  ou  $^{137}\text{Cs}$ ; os raios-X que são produzidos por geradores de raio-X com energia máxima de 5MeV e os feixes de elétrons, produzidos por aceleradores de elétrons, com energia máxima de 10MeV (BREWER, 2004; SMITH; PILLAI, 2004).

A quantidade de radiação ionizante que um alimento absorve é medida em unidades de rads (1rad = 100erg/g) ou Grays (1Gy = 100rads). Um Gy equivale a 1Joule/kg e 1000Gy corresponde a 1kGy (SATIN, 1996).

### 2.3.2.2 Fontes de irradiação

A tecnologia dos feixes de elétrons usa um fluxo de elétrons de alta energia, também conhecido como raios beta, os quais são emitidos a partir de aceleradores lineares. Por terem um baixo poder de penetração (5 – 10cm) são usados para tratar alimentos em camadas relativamente finas. A maior vantagem do seu uso é o fato de que os feixes de elétrons podem ser ligados e desligados, além de não estarem relacionados com a indústria nuclear (TAUXE, 2001).

Os feixes de elétrons podem ser convertidos em raios-X, que possuem um elevado poder de penetração. Eles são usualmente produzidos pelo bombardeio de um alvo de metal com elétrons em alta velocidade. No entanto, os 5MeV de energia máxima permitida para os raios-X impõem limitações ao processo, já que essa conversão é de no máximo 4 – 6% (BREWER, 2004).

Os raios gama são produzidos a partir do núcleo excitado de elementos como o  $^{60}\text{Co}$  e o  $^{137}\text{Cs}$ . O  $^{60}\text{Co}$  é produzido em reatores nucleares através da irradiação de barras de  $^{59}\text{Co}$ , enquanto o  $^{137}\text{Cs}$  resulta da fissão do urânio, podendo ser obtido como subproduto no processamento do combustível nuclear. Ambos emitem raios gama de alto poder de penetração que podem ser usados para tratar alimentos a granel ou em sua embalagem final. Embora o  $^{60}\text{Co}$  possua meia vida menor de 5,2 anos em oposição a 30 anos do  $^{137}\text{Cs}$ , ele constitui-se o radioisótopo mais utilizado como fonte de irradiação gama para tratar alimentos (STEWART, 2001).

### 2.3.2.3 Efeitos da radiação

A eficácia da radiação depende do poder de penetração, da habilidade de causar alterações nas moléculas e do potencial de ionização, que é a sua capacidade de remover elétrons do material com os quais entra em contato. Quando a radiação ionizante interage com uma célula causa diversos danos em suas moléculas, sendo estes aproximadamente proporcionais a seu peso molecular. Assim a molécula de DNA, essencial à sobrevivência dos microrganismos, torna-se especialmente vulnerável (LAWRIE, 2005; POTTER; HOTCHKISS, 1995).

A radiação pode agir diretamente sobre os componentes essenciais das células ou, indiretamente, proporcionando a formação de radicais livres produzidos a partir da água (WORCMAN-BARNINKA; LANDGRAF, 2003).

O efeito direto ocorre quando a energia transportada pela radiação é transferida, sem intermediários, para o DNA, induzindo a formação de ligações cruzadas e outras mudanças que tornam os microrganismos incapazes de crescer e reproduzir (TAUXE, 2001).

No efeito indireto a radiação interage com outras moléculas resultando na formação de radicais livres, que são altamente reativos. A água, por ser o componente mais abundante da maioria dos organismos e alimentos, constitui o principal alvo da radiação. A radiólise da água pode produzir uma variedade de espécies altamente reativas, tais como, os radicais hidroxil e o peróxido de hidrogênio que interagem com as ligações entre os ácidos nucleicos da molécula de DNA (POTTER; HOTCHKISS, 1995).

### 2.3.3 Radiorresistência microbiana

A radiorresistência de um organismo é indicada pela dose, medida em kGy, necessária para inativar 90% da população, ou seja, seu valor  $D_{10}$ . Assim, um baixo valor de  $D_{10}$  indica grande sensibilidade do organismo (SMITH; PILLAI, 2004).

As células microbianas exibem respostas diferenciadas em relação à radiação ionizante. Os principais fatores que interferem na radioresistência dos microrganismos incluem: temperatura; tipo e número de microrganismos; dose de irradiação e meio em que se encontram os microrganismos.

### 2.3.3.1 Temperatura

Um dos fatores ambientais mais significantes, que afetam a resistência dos microrganismos à radiação, é a temperatura. Isto é claramente mostrado quando o alimento é irradiado congelado ou em temperatura de refrigeração (DICKSON, 2001).

No estado congelado, a dispersão dos íons e radicais livres é limitada, o que minimiza o efeito indireto da radiação, causando assim, um aumento na resistência das células vegetativas, enquanto que em temperatura de refrigeração a água livre na forma líquida favorece a dispersão dos radicais livres causando danos às células microbianas (MURANO, 1995).

Num estudo onde a *Campylobacter jejuni* foi inoculada em carne bovina, houve um aumento no valor  $D_{10}$  de 0,16kGy a 5°C, para 0,32kGy a -30°C (LAMBERT; MAXCY, 1984).

### 2.3.3.2 Tipo e número de microrganismos

Quanto mais simples um organismo, maior resistência ele apresenta aos efeitos da radiação ionizante. Desta forma, os vírus são mais resistentes do que as bactérias que, por sua vez, toleram doses mais altas que os parasitas (TAUXE, 2001).

As bactérias Gram-negativas são geralmente mais sensíveis que as Gram-positivas, e vários pesquisadores concordam que, dentre os patógenos Gram-negativos, a *Salmonella* é a mais resistente. Desta forma, qualquer processo de

irradiação capaz de destruir esta bactéria também eliminaria as outras Gram-negativas patogênicas (JAY, 2005; WORCMAN-BARNINKA; LANDGRAF, 2006).

Tauxe (2001) menciona que a dose de 2,80kGy reduz em 5 ciclos logarítmicos a população de *Salmonella*, enquanto que para as bactérias *Campylobacter*, *E. coli* O157 e *Listeria*, nas mesmas condições, seriam necessários valores de 1,00, 1,50 e 2,25kGy, respectivamente.

Mayer (2000), irradiando camarão-rosa em temperatura de refrigeração, observou que a dose de 3,5kGy reduz em 5 ciclos logarítmicos o número inicial de psicotróficos e em 4 ciclos logarítmicos o de mesófilos.

O número de microrganismos influencia na irradiação, da mesma maneira que no tratamento térmico, na desinfecção química e em outros fenômenos, ou seja, quanto maior o número de células, menor a eficiência de uma certa dose (FRANCO; LANDGRAF, 1999).

### **2.3.3.3 Dose aplicada**

Quanto maior a dose aplicada, menor o número de microrganismos sobreviventes. Dessa forma, se uma dada dose elimina 1 log, o dobro desta dose eliminará 2 log de microrganismos (MURANO, 1995).

Moraes et al. (2000), estudando a radiosensibilidade do *V. cholerae* O1 incorporado em ostras observaram uma diminuição significativa do número inicial desses microrganismos, que decresceu de  $3,4 \times 10^7$  para  $10^3$  e  $10^2$ , quando irradiados com doses de 0,5 e 1,0kGy, respectivamente.

Miyagusku et al. (2003), utilizando doses de 1,5; 3,0 e 7,0kGy, em filés de peito de frango, observaram uma sensível redução na microbiota contaminante conforme o aumento da dose.

#### **2.3.3.4 Meio em que o microrganismo se encontra**

A composição do meio em que o microrganismo se encontra pode ter um intenso efeito na sua radiosensibilidade. Portanto, quanto mais complexo o substrato, maior será a competitividade pelos radicais livres produzidos pela irradiação protegendo, assim, os microrganismos (WORCMAN-BARNINKA; LANDGRAF, 2003).

As proteínas exercem um efeito protetor contra as radiações, de maneira análoga ao que ocorre no tratamento térmico. Isso é devido à presença de grupos sulfidrilas que reagem com os radicais formados a partir da água e com o oxigênio (LUND et al., 1999).

Santos et al. (2003) encontraram para *Salmonella typhimurium*, inoculadas em sobrecoxas de frango, valores de  $D_{10}$  variando de 0,24 a 0,48kGy. Esses valores foram maiores do que os encontrados para essa bactéria quando inoculada em caldo tripiticasa soja (0,16 a 0,21), indicando que a matriz do alimento exerce um efeito protetor sobre os microrganismos.

De maneira geral, a resistência das células microbianas diminui na presença de oxigênio, enquanto que em condições de anaerobiose, ela pode aumentar de duas a quatro vezes. Isso pode ser devido à habilidade do oxigênio em interagir com os radicais livres e prevenir reparos de lesões causadas pela radiação (ADAMS, 2000).

#### **2.3.4 Alterações nos alimentos**

Dependendo do processo de conservação ao qual o alimento foi submetido, pode haver mudanças no estado natural do mesmo. Na irradiação ocorrem poucas alterações nos componentes dos alimentos tornando difícil estabelecer métodos para detectar a sua aplicação. Além disso, muitas dessas modificações ocorrem também em outros processos, não sendo exclusivas da irradiação (SANTOS, 1997).



Durante a irradiação, há a formação de pequenos compostos que são denominados de “produtos radiolíticos”. Estes são gerados de forma direta ou indireta, sendo quimicamente semelhantes aos produzidos durante o processamento térmico. Entretanto, não existem evidências de que esses produtos sejam tóxicos, carcinogênicos, mutagênicos ou teratogênicos. Além dos produtos radiolíticos ocorre a produção de radicais livres, que são substâncias bastante reativas e instáveis, no entanto, sua ingestão não causa nenhum dano ou efeito toxicológico (SPOLAORE; GERMANO; GERMANO, 2001; WORCMAN-BARNINKA; LANDGRAF, 2003).

Algumas mudanças a nível nutricional ocorrem em alimentos irradiados, não sendo, no entanto, diferentes daquelas observadas em alimentos submetidos a processos como o enlatamento, o congelamento ou a desidratação. Enquanto os macronutrientes se mostram relativamente estáveis a doses de irradiação de até 10kGy, os micronutrientes, especialmente as vitaminas, são mais sensíveis a esse tratamento (SANTOS, 1997).

A quantidade de vitamina perdida devido à irradiação é afetada por diversos fatores, incluindo dose, atmosfera, e tipo de alimento. Geralmente a irradiação a baixas temperaturas e na ausência de oxigênio reduz as perdas. Nem todas as vitaminas apresentam a mesma sensibilidade à irradiação. A riboflavina, niacina e a vitamina D são estáveis, enquanto as vitaminas A, C, E, K e tiamina são mais facilmente destruídas e necessitam serem protegidas de médias e altas doses (OLSON, 1998).

A irradiação leva a modificações nas propriedades sensoriais dos alimentos. A cor, um importante atributo de qualidade, no caso de carnes e pescado, pode ser afetada pela oxidação da mioglobina ou de pigmentos carotenóides levando a uma descoloração. Pode haver, também, o aparecimento de odores e sabores estranhos devido à formação de compostos voláteis. A textura é influenciada pela degradação do tecido conectivo, sendo a solubilização do colágeno uma das causas do amaciamento (LAWRIE, 2005).

Essas mudanças que ocorrem nas propriedades sensoriais resultam principalmente de alterações nas proteínas, carboidratos e lipídios.

As proteínas e outros compostos nitrogenados quando irradiados formam produtos, tais como,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ , hidrogênio,  $\text{H}_2\text{S}$ , amidas e carbonilas. Em relação aos aminoácidos, os aromáticos tendem a ser os mais sensíveis, principalmente a metionina, a cisteína, a histidina, a arginina e a tirosina. A irradiação também pode

levar à quebra dos aminoácidos sulfurados gerando sabores estranhos. Os carboidratos de alto peso molecular, pectina e celulose, podem ser degradados pela irradiação gerando uma perda de consistência e rigidez nas frutas e vegetais (JAY, 2005).

A irradiação de lipídios e gorduras resulta na produção de carbonilas e outros produtos de oxidação, como os peróxidos, sobretudo se a irradiação e/ou o armazenamento ocorreram na presença de oxigênio. O efeito sensorial mais perceptível da irradiação dos lipídios em presença de ar é o desenvolvimento de rancidez (SANTOS, 1997; VENUGOPAL; DOKE; THOMAS, 1999).

#### **2.3.4.1 Oxidação lipídica**

A rancidez é a deterioração mais importante que ocorre nos alimentos, afetando sua qualidade, principalmente o aroma, o sabor e o valor nutricional, além de produzir compostos tóxicos. As moléculas mais susceptíveis à oxidação são os ácidos graxos, particularmente os insaturados (FENNEMA, 1996). Esse processo oxidativo pode ocorrer durante a produção, o processamento, a preservação, o armazenamento e o preparo do alimento.

As reações de oxidação lipídica compreendem três fases: a iniciação, a propagação e a terminação. Na iniciação, um radical livre,  $R^\cdot$ , é formado a partir de um triglicerídio ou de um ácido graxo livre. Isso ocorre pela interação com o oxigênio na presença de iniciadores, os quais podem ser: luz, calor, radiação, íons metálicos e metalo-proteínas. Na fase de propagação, o radical livre  $R^\cdot$ , pode reagir com o  $O_2$  formando um radical peróxido. Este, por sua vez, reage com um triglicerídio ou um ácido graxo livre produzindo hidroperóxidos e um novo radical livre, reiniciando todo o processo. A propagação só cessa com a reação de terminação, que ocorre quando dois radicais livres reagem entre si formando um produto estável (GUILLÉN-SANS; GUZMÁN-CHOZAS, 1998).

O malonaldeído (MDA), um dialdeído de três carbonos, por ser um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos é, normalmente, utilizado como indicativo da oxidação lipídica. Para avaliar o grau da rancidez são usados numerosos procedimentos analíticos. Há métodos sofisticados e onerosos, como os

que utilizam cromatografia gasosa e métodos simples e de baixo custo, como o teste do ácido tiobarbitúrico (TBA) (FACCO, 2002).

Esse teste envolve a reação do TBA com MDA, na proporção de 2:1, produzindo um composto de coloração vermelha, medido espectrofotometricamente a 531nm de comprimento de onda. A quantificação de MDA é feita a partir de curvas de calibração construídas com concentrações conhecidas desse composto, sendo o 1,1,3,3-tetraetoxipopropano um dos padrões mais frequentemente utilizados, o qual, nas condições ácidas do teste, sofre hidrólise, resultando na liberação do MDA. Os resultados são expressos em unidades de absorvância por unidade de massa de amostra ou em “valor de TBA” ou “número de TBA”, definidos como massa, em mg, de malonaldeído por kg de amostra (CECCHI, 2003; GUILLÉN-SANS; GUZMÁN-CHOZAS, 1998).

Em virtude de substâncias como cetonas, ácidos, ésteres, açúcares, aminoácidos, proteínas oxidadas, vitaminas e outras poderem reagir com o TBA, atualmente, o valor das substâncias reativas ao TBA (TBARS), constitui-se numa outra maneira de expressar os resultados obtidos nesse teste (OSAWA; FELÍCIO; GONÇALVES, 2005).

Em virtude dos produtos marinhos conterem altas concentrações de lipídios insaturados, a influência da irradiação na oxidação lipídica desses produtos tem sido investigada em detalhes (VENUGOPAL; DOKE; THOMAS, 1999).

Ao analisar camarões irradiados com 1, 2,5 e 5kGy, Kanatt et al. (2006), observaram um aumento nos valores de TBARS conforme o aumento da dose. Além disso, os valores encontrados nas amostras não irradiadas foram significativamente menores do que aqueles das amostras irradiadas, indicando haver uma aceleração da oxidação lipídica causada pelo processo de irradiação.

### **2.3.5 Aceitação dos alimentos irradiados pelos consumidores**

A aceitação do consumidor é importante para a aplicação comercial dos alimentos irradiados, e ela inclui a compreensão sobre segurança e qualidade dos produtos irradiados, além da questão do custo (POHLMAN; WOOD; MASON, 1994).

Inicialmente, as indústrias de alimentos hesitaram em adotar essa tecnologia temendo haver rejeição por parte dos consumidores. Isto ocorreu como consequência da disseminação de informações errôneas e distorcidas de que a irradiação poderia tornar os alimentos radioativos (DIEHL, 2002; LOAHARANU, 2003).

Na atualidade, embora a resistência aos produtos irradiados tenha decrescido, ainda existe a preocupação de que os alimentos possam sofrer excessivas perdas de nutrientes ou, ainda, gerar substâncias tóxicas. No entanto, vários estudos têm mostrado que os consumidores tornam-se mais propensos a consumir produtos irradiados depois de conhecerem sobre a sua segurança e os benefícios da irradiação (MARCOTTE, 1992; PSCZOLA, 1992; PSCZOLA, 1993).

Pohlman; Wood, Mason (1994) observaram que programas de educação são importantes para melhorar a aceitação de produtos irradiados. A utilização de recursos audiovisuais, juntamente com materiais escritos aumenta o conhecimento do consumidor e torna sua atitude mais positiva com relação a esses produtos.

Pesquisas de mercado realizadas em vários países indicaram que a maioria dos consumidores não só estava disposta a comprar alimentos irradiados, como também, preferia esses produtos em detrimento aos tratados por métodos convencionais, quando informada sobre as características do processo e sua finalidade (LOAHARANU, 2003).

Testes de mercado realizados em 20 países, envolvendo 40 produtos alimentícios irradiados, mostraram resultados favoráveis, sendo que 58% dos entrevistados se mostraram mais interessados na qualidade dos produtos do que no tipo de tratamento usado. Nos 42% restantes, os consumidores preferiram alimentos irradiados devido à qualidade do produto (LOAHARANU, 1994).

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 GERAL

Estudar a viabilidade do uso da radiação gama como uma forma de diminuir a população de bactérias patogênicas em caudas de camarões congelados.

#### 3.2 ESPECÍFICOS

- Verificar o efeito de diferentes doses de radiação gama sobre as bactérias patogênicas, *Vibrio cholerae* O1e *Salmonella enteritidis*, inoculadas em caudas de camarões congelados;
- Verificar o efeito de diferentes doses de radiação gama sobre a estabilidade química dos lipídios e as características sensoriais das caudas de camarões congelados.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi desenvolvido através de parceria envolvendo o Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará (DETAL/UFC), a Embrapa Agroindústria Tropical e o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) em Belo Horizonte, MG, sendo que:

- As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do DETAL/UFC;
- As análises de oxidação lipídica foram realizadas no Laboratório de Carnes e Pescado do DETAL/UFC;
- As análises de cor e textura instrumental e a avaliação sensorial ocorreram na Embrapa Agroindústria Tropical;
- A irradiação das amostras foi realizada no CDTN.

### 4.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento utilizou caudas de camarões da espécie *Penaeus vannamei* embaladas e congeladas da mesma forma usada na indústria. O estudo foi dividido em duas etapas, sendo a primeira destinada a verificar o efeito da radiação gama sobre a diminuição da população dos microrganismos *Vibrio cholerae* O1 e *Salmonella enteritidis* e a segunda etapa para verificar o efeito da irradiação sobre a estabilidade química dos lipídios e sobre algumas características sensoriais do camarão. A irradiação foi feita sobre o produto embalado e congelado utilizando um irradiador de <sup>60</sup>Cobalto para alimentos com taxa de 1500Gy/hora.

A unidade experimental (UE) foi representada por uma caixa primária de papel cartão contendo 300g de caudas de camarão congelado. As caixas primárias foram acondicionadas em embalagens secundárias de papelão liso.

Na primeira etapa, foram utilizadas quatro caixas secundárias, sendo uma para cada dose de irradiação testada (0, 2, 4, e 6kGy). Cada caixa secundária continha nove UE, sendo três inoculadas com *V. cholerae* O1, três com *S. enteritidis* e três sem adição de inóculo. Tais UE destinaram-se às análises microbiológicas para determinar a sobrevivência de *V. cholerae* O1 e *S. enteritidis*. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 3, em que os fatores avaliados foram as quatro doses de irradiação e as três modalidades de inoculação.

Na segunda etapa, quatro caixas secundárias, foram irradiadas com as mesmas doses descritas acima. Cada caixa secundária continha cinco UE que foram usadas para as análises de oxidação lipídica, cor e textura instrumental e avaliação sensorial. Neste caso, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 5, sendo quatro doses de irradiação e cinco repetições. Na análise sensorial foi utilizado um delineamento de blocos completos balanceados, onde o provador foi considerado como bloco.

### 4.3 TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

Para a primeira etapa foram adquiridos 24kg de caudas de camarão tamanho médio (80 a 100 caudas/kg) junto a uma indústria local de beneficiamento, e transportados ao DETAL/UFC em caixa de material termoisolante com gelo.

No laboratório, os camarões foram fracionados em porções de 300g de caudas, acondicionados em sacos de polietileno (0,15mm de espessura) e adicionados de 200mL de água. Em seguida, foi feita a adição do inóculo e após homogeneização, as embalagens foram fechadas termicamente e acondicionadas nas caixas primárias. O congelamento foi realizado a  $-30^{\circ}\text{C}$  em *freezer* horizontal (posição de congelamento rápido) por 24 horas.

Para o envio ao CDTN as caixas primárias foram acondicionadas dentro de caixas secundárias e estas, acondicionadas com gelo seco, em caixa de material termoisolante, devidamente lacrada, a qual foi posteriormente enviada via aérea ao CDTN. Depois de irradiadas, voltaram nas mesmas condições de temperatura e acondicionamento, para o DETAL/UFC.

Para a segunda etapa, com amostras não inoculadas, foram adquiridos 10kg de camarão sendo estes, acondicionados, congelados e irradiados da mesma forma descrita na primeira etapa.

## **4.4 ANÁLISES**

### **4.4.1 Microbiológicas**

Para a realização das análises microbiológicas utilizou-se a metodologia descrita na APHA (2001).

Foram realizadas análises microbiológicas no camarão fresco e na água adicionada a estes, a fim de verificar a presença de *V. cholerae* e *Salmonella* sp. Nos camarões, irradiados e não irradiados, com e sem adição de inóculo, foi realizada a enumeração de *V. cholerae* O1 e *S. enteritidis*.

#### **4.4.1.1 Determinação do Número Mais Provável (NMP) de *Salmonella* sp. e *V. cholerae* da água**

Foi efetuada pela técnica dos tubos múltiplos inoculando-se 10 tubos com 10mL de água. Para *V. cholerae* foi usado como meio de crescimento a Água Peptonada Alcalina (APA) e para *Salmonella* sp. a Água Peptonada Tamponada (APT), sendo ambos incubados a 35°C por 24 horas. Após incubação, procedeu-se plaqueamento para determinação do NMP de cada bactéria analisada/100mL de água conforme o procedimento descrito, posteriormente, para enumeração de *V. cholerae* O1 e *S. enteritidis*.



#### 4.4.1.2 Preparo dos inóculos

A partir de culturas puras de *Vibrio cholerae* O1 CT-AB IOC 18287 e *Salmonella enteritidis* ATCC 12228, procedeu-se o crescimento em Ágar Triptona Extrato de Levedura incubando-se a 35°C por 24 horas.

As colônias de *V. cholerae* O1 foram selecionadas e transferidas para 100mL de caldo APA e as de *S. enteritidis* para 100mL de caldo APT, sendo ambas incubadas a 35°C por 24h, com agitação (170rpm).

Após incubação foi determinada a densidade ótica (490nm) das culturas, obtendo-se valores de 0,74 para *V. cholerae* O1 e de 0,56 para *S. enteritidis*. Em seguida, foram efetuadas diluições até  $10^{-9}$  e transferiu-se cada diluição, por estria, em Ágar Tiosulfato Citrato Bile Sacarose (TCBS) para *V. cholerae* O1 e Ágar Xilose Lisina Desoxicolato (XLD) para *S. enteritidis*.

Decorrido o período de incubação das placas a 35°C por 24 horas, foram obtidos os valores de  $10^8$  NMP/mL da cultura de *V. cholerae* O1 e  $10^7$  NMP/mL da cultura de *S. enteritidis*. Para obtenção destes valores de inóculo nas amostras de camarão, foram dispersos 20mL da cultura de  $10^8$  NMP de *V. cholerae* O1/mL e 10mL da cultura de  $10^7$  NMP de *S. enteritidis*/mL.

#### 4.4.1.3 Enumeração de *Vibrio cholerae* O1

As amostras de camarão foram descongeladas sob refrigeração (5°C) por um período de 18 horas. De cada UE foram pesadas 25g que em seguida foram transferidas para 225mL de caldo APA. Após a homogeneização, foram efetuadas diluições até  $10^{-9}$ .

Uma alíquota de 1mL de cada diluição foi transferida para uma série de três tubos contendo caldo APA e incubadas a 35°C por 24 horas. Após esse período, a partir de cada tubo com crescimento foi coletada da superfície do meio, uma alçada, do material que foi estriada em placas de ágar TCBS. As placas foram incubadas em posição invertida a 35°C por 24 horas.

Para as provas de confirmação isolaram-se cinco colônias típicas das três maiores diluições que foram submetidas aos seguintes testes: de crescimento em Ágar Kliguer Ferro; de soroaglutinação com anti-soro O1 polivalente; de oxidase; de oxidação/fermentação da glicose; de oxidação/fermentação do manitol e inositol; de lisina/ornitina descarboxilase e arginina deidrolase. Após a confirmação das colônias foi determinado o NMP de *V. cholerae* O1 por grama de camarão.

#### **4.4.1.4 Enumeração de *Salmonella enteritidis***

As amostras de camarão foram descongeladas sob refrigeração (5°C) por um período de 18 horas. De cada UE foram pesadas 25g que em seguida foram transferidas para 225mL de caldo APT. Após a homogeneização, foram efetuadas diluições até  $10^{-9}$ .

Uma alíquota de 1mL de cada diluição foi transferida para uma série de três tubos contendo caldo APT e incubadas a 35°C por 24 horas. Após esse período, a partir de cada tubo com crescimento, previamente homogeneizado, foi coletada uma alçada, do material que foi estriada em placas de ágar XLD. As placas foram incubadas em posição invertida a 35°C por 24 horas.

Para as provas de confirmação isolaram-se cinco colônias típicas das três maiores diluições que foram submetidas aos seguintes testes preliminares: Ágar Ferro Três Açúcares e Ágar Ferro Lisina. As culturas com crescimento característico nestes meios foram confirmadas pelos seguintes testes: indol, urease, sorológico somático polivalente, fermentação do ducitol, malonato, vermelho de metila e Voges-Proskauer, citrato, fermentação da lactose e sacarose. Após a confirmação das colônias foi determinado o NMP de *S. enteritidis* por grama de camarão.

#### 4.4.2 Valor $D_{10}$

Para o cálculo do valor  $D_{10}$  referentes às bactérias *V. cholerae* O1 e *S. enteritidis* aplicou-se a fórmula em que  $D_{10}$  corresponde ao valor da Dose, dividido pela diferença entre os valores de  $\text{Log}N_0$  e  $\text{Log}N$  ( $N_0$  = número inicial de bactérias e  $N$  = número de bactérias após irradiação).

#### 4.4.3 Análise de TBARS

A curva de calibração e o preparo das amostras, para esta determinação, foram realizados utilizando-se o método de extração ácido aquosa segundo a técnica descrita por Raharjo et al. (1992) e modificada por Facco (2002).

##### 4.4.3.1 Curva de calibração

Para a construção da curva foi preparada uma solução 0,0001M do padrão 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP) (Sigma-Aldrich) em ácido tricloroacético (ATCA) 5%. Dessa solução retiraram-se alíquotas que foram transferidas para balões volumétricos de 50mL, onde foi adicionado 1,0mL da solução de butilato de hidroxitolueno (BHT) 0,15% em etanol e em seguida o volume foi completado com ATCA 5%.

De cada balão retiraram-se 2mL (em triplicata) que foram transferidos para tubos de ensaio com tampa. Após a adição de 2mL da solução de ácido 2-tiobarbiturico (TBA) 0,08M, em ácido acético 50%, os tubos foram vedados, agitados e aquecidos em banho-maria (Tecnal TE 057, Piracicaba) fervente por 50 minutos. Após o resfriamento até temperatura ambiente foi lida a densidade ótica em espectrofotômetro (Ultrospec 2000 Pharmacia/Biotech, Cambridge, Inglaterra) à 531nm.

Com as leituras de absorvâncias obtidas, foi então traçada uma curva de calibração (densidade ótica contra  $\mu\text{g}$  de malonaldeído/2mL), para o cálculo dos níveis de TBARS nas amostras.

#### **4.4.3.2 Preparo da amostra**

Em um tubo de boca larga, foram pesados aproximadamente 10g da amostra previamente triturada no processador de alimentos. Em seguida, foi adicionado 1mL da solução de BHT e 40mL da solução de ATCA que foram homogeneizados em um triturador do tipo Terrutec (Tecnal, Piracicaba - SP). O homogeneizado resultante foi centrifugado durante 10 minutos a 10.000 x g a 4°C, utilizando-se centrífuga Beckman J2-21, Palo Alto.

O sobrenadante foi filtrado, transferido para um balão volumétrico de 50mL e o volume foi completado com a solução de ATCA. Posteriormente, de cada balão retiraram-se 2mL (em triplicata) que foram transferidos para tubos de ensaio com tampa. Após a adição de 2mL da solução TBA os tubos foram vedados, agitados e aquecidos em banho-maria fervente por 50 minutos. A leitura da densidade ótica foi realizada em espectrofotômetro a 531nm.

#### **4.4.4 Cor**

Utilizou-se para a determinação o colorímetro Minolta CR300, Tokyo, operando no sistema CIE ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ). Sendo que, o valor de  $L^*$  mede a luminosidade variando de 0 (preto) para 100 (branco). O valor de  $a^*$  mede a variação entre a cor verde (-60) e vermelha (+60), e o valor de  $b^*$  a variação entre a cor azul (-60) e amarela (+60). Para tal a sonda de medição foi colocada em contato com a superfície do camarão descascado (MINOLTA Co., 1998), previamente cozido (durante dois minutos), com 3% de cloreto de sódio. A calibração do aparelho foi realizada por meio de placa de cerâmica branca, utilizando-se o iluminante  $D_{65}$ . As

medidas foram tomadas de forma direta e a média de cinco determinações foi considerada como resposta para o parâmetro cor em cada UE.

#### **4.4.5 Textura instrumental**

Para avaliar a textura instrumental (dureza) o camarão descascado foi previamente cozido, da mesma forma descrita para a determinação de cor. A força necessária para cortar transversalmente (força de cisalhamento) o segundo segmento abdominal de cada amostra foi medida em texturômetro TA-XT2i (Stable Micro System, Surrey), equipado com lâmina de Warner-Bratzler, operando em velocidade de 3,3mm/s. Os resultados foram expressos como kgf, sendo que a média de cinco camarões representou o valor da dureza de cada UE.

#### **4.4.6 Análise sensorial**

A aceitabilidade das amostras de camarão irradiado foi avaliada por um painel de 64 provadores não treinados. Estes foram escolhidos por meio de um recrutamento, em função da disposição para o consumo de camarão e do interesse em participar do teste (Figura 1). A avaliação sensorial foi realizada numa única sessão, onde foram analisados os quatro tratamentos (0, 2, 4 e 6kGy).

**Figura 1** – Questionário para seleção de provedores

Os testes de aceitação foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial, em cabinas individuais, sob condições controladas. Após descongelamento sob refrigeração, as amostras de camarão foram descascadas e cozidas durante dois minutos, em solução com 3% de cloreto de sódio. Em seguida, foram mantidas em aquecedores à temperatura de 50°C até o momento da avaliação pelos provadores.

Os camarões cozidos foram servidos em potes plásticos de 100mL, devidamente identificados com números aleatórios de três dígitos, sendo cada amostra, composta de uma cauda de camarão, analisada individualmente. Foi fornecido biscoito “água e sal” e água para limpeza do palato entre as avaliações. As amostras foram balanceadas seguindo uma ordem de apresentação de forma que cada uma delas ocorresse em igual número de vezes em cada posição (MACFIE et al., 1989).

As amostras foram avaliadas sob luz branca quanto à aceitação global e aceitação da cor e textura através de uma escala hedônica verbal estruturada de 9 pontos. Para aroma, sabor e suculência, foi feito um diagnóstico de atributos (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1987) por meio de uma escala de intensidade de 5 pontos, sendo os extremos para aroma e sabor, imperceptível e muito forte, e para suculência, nem um pouco suculenta e muito suculenta. Na mesma ficha foi avaliada a presença de sabores estranhos utilizando-se uma escala de intensidade numérica que teve como âncoras os termos, muito fraco e muito forte (Figura 2).

**Figura 2** – Modelo da ficha utilizada no teste sensorial



Para efeito da análise estatística as categorias das escalas foram convertidas em valores numéricos. Para a escala hedônica de 9 pontos foi atribuído o valor 9 para “gostei muitíssimo” e 1 para “desgostei muitíssimo”. Para a escala de intensidade dos atributos aroma e sabor atribuiu-se o valor 5 para “muito forte” e 1 para “imperceptível”, sendo que para a suculência o valor 5 referia-se a “muito suculenta” e 1 “nem um pouco suculenta”.

#### **4.4.7 Análise estatística**

A análise estatística dos dados foi realizada através da análise de variância dos valores encontrados para as variáveis TBARS, cor, textura instrumental e avaliação sensorial, em função das doses de irradiação de 0, 2, 4 e 6kGy. Para as análises microbiológicas o NMP/g de *V. cholerae* O1 e *S. enteritidis*, foi transformado para raiz de NMP/g.

A comparação de médias utilizou o teste de Student-Newman-Keuls (SNK) para as análises microbiológicas, TBARS, cor e textura instrumental. Em relação à avaliação sensorial além da comparação de médias feita pelo teste de Tukey os dados foram também submetidos à análise de regressão. Todos os dados foram analisados através do *Statistical Analysis System* (SAS, 2000), estabelecendo-se a probabilidade de 5% para significância estatística.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Os resultados das análises da água utilizada para o congelamento e das caudas de camarões obtidas da indústria revelaram a ausência de *Vibrio cholerae* e *Salmonella* sp. antes da inoculação. As amostras controle de camarões inoculados com *V. cholerae* O1 e *Salmonella enteritidis*, congeladas, mas não irradiadas, revelaram células viáveis demonstrando que não houve perda de viabilidade das cepas inoculadas devido ao congelamento, transporte e período de tempo correspondente ao de exposição à radiação ionizante.

Na Tabela 2 são apresentadas as populações de sobreviventes de *V. cholerae* O1 e *S. enteritidis* após a irradiação.

**Tabela 2** – População de sobreviventes de *V. cholerae* O1 e *S. enteritidis* inoculados em caudas de camarões (*P. vannamei*) submetidos a congelamento e irradiação ( $^{60}\text{Co}$ ) com doses de 0, 2, 4 e 6kGy.

Dose (kGy)	<i>V. cholerae</i> O1		<i>S. enteritidis</i>	
	NMP/g*	Raiz de NMP/g**	NMP/g***	Raiz de NMP/g****
0	$4,30 \times 10^6$ <sub>a</sub>	$2,07 \times 10^3$ <sub>a</sub>	$2,30 \times 10^7$ <sub>a</sub>	$4,80 \times 10^3$ <sub>a</sub>
2	$2,97 \times 10^1$ <sub>b</sub>	$0,54 \times 10^1$ <sub>b</sub>	$4,63 \times 10^3$ <sub>b</sub>	$6,41 \times 10^1$ <sub>b</sub>
4	<3,00 <sub>c</sub>	1,73 <sub>c</sub>	$3,00 \times 10^1$ <sub>b</sub>	$0,50 \times 10^1$ <sub>c</sub>
6	<3,00 <sub>c</sub>	1,73 <sub>c</sub>	<3,00 <sub>b</sub>	1,73 <sub>c</sub>

\*  $y = 1,68 \times 10^7 - 0,36 \times 10^7 x$ ;  $R^2 = 60,02$ , onde  $y$  = NMP/g de *V. cholerae* O1;  $x$  = dose de irradiação;  $R^2$  = coeficiente de determinação.

\*\*  $y = 3,40 \times 10^3 - 0,72 \times 10^3 x$ ;  $R^2 = 61,04$ , onde  $y$  = raiz de NMP/g de *V. cholerae* O1;  $x$  = dose de irradiação;  $R^2$  = coeficiente de determinação.

\*\*\*  $y = 3,01 \times 10^6 - 0,64 \times 10^6 x$ ;  $R^2 = 60,00$ , onde  $y$  = NMP/g de *S. enteritidis*;  $x$  = dose de irradiação;  $R^2$  = coeficiente de determinação.

\*\*\*\*  $y = 1,45 \times 10^3 - 0,31 \times 10^3 x$ ;  $R^2 = 60,14$ , onde  $y$  = raiz de NMP/g de *S. enteritidis*;  $x$  = dose de irradiação;  $R^2$  = coeficiente de determinação.

n=3

Médias com letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste SNK ( $p < 0,05$ )

No experimento, a dose de 4kGy foi suficiente para inativação do *V. cholerae* O1. Esses dados estão de acordo com vários autores que mencionam doses de até 4kGy como eficientes no controle de patógenos em alimentos marinhos congelados, como o camarão (NOUCHPRAMOUL, 1984; ITO et al., 1989; HAU; LIEW; YEH, 1992). Para a *S. enteritidis* a dose necessária para reduzir a população inicial a níveis não detectáveis foi superior (6kGy), o que era esperado, posto que a *Salmonella* é a mais resistente dentre os patógenos Gram-negativos. Spoto et al. (2000), ao irradiar carne de frango refrigerada com doses de 2, 4, 6 e 8kGy obtiveram resultados similares, encontrando inativação da *S. typhimurium* a partir da dose de 6kGy.

Neste estudo observou-se que o aumento na dose de irradiação causou uma redução na população de *V. cholerae* O1 e *S. enteritidis* nas caudas de camarões inoculados. A dose de 2kGy provocou uma diminuição ( $p < 0,05$ ) de aproximadamente 5 ciclos logarítmicos para *V. cholerae* O1, enquanto que nas doses 4 e 6kGy esse decréscimo ( $p < 0,05$ ) foi em torno de 6 ciclos. Para a *S. enteritidis* a redução observada foi de 4, 6 e 7 ciclos logarítmicos para as doses de 2, 4 e 6kGy, respectivamente.

Os vibriões têm pouca resistência à irradiação. Segundo Loaharanu (1994), uma dose tão baixa quanto 1kGy pode promover a redução da população de *Vibrio* spp. em aproximadamente 5-10 ciclos logarítmicos. Moraes et al. (2000), utilizando cepas de *V. cholerae* O1 não-toxigênico em ostras contaminadas em laboratório, verificaram diminuição de 4 ciclos logarítmicos aplicando dose de 0,5kGy e de 5 ciclos com dose de 1kGy. No presente estudo também foi observada uma redução de 5 ciclos na população inicial, no entanto a dose aplicada (2kGy) foi mais alta. Matches e Liston (1971) encontraram que cepas de *V. parahaemolyticus*, inoculadas em carne de caranguejo que foi em seguida irradiada à temperatura de 24°C, foram reduzidas em aproximadamente 2-5 ciclos logarítmicos com dose de 0,25kGy.

Quanto a *Salmonella*, Sarjeant, Williams e Hinton (2005), ao realizarem estudos com filés de peito de frango congelados e irradiados, observaram um decréscimo de 3 ciclos logarítmicos com a dose de 2kGy para *S. typhimurium*. Porém, Fu, Sebranek e Murano (1995b), em experimento com carne suína e presunto refrigerados e inoculados com essa bactéria, obtiveram a mesma diminuição de 3 ciclos logarítmicos utilizando a dose de 0,90kGy.

As diferenças observadas nas doses aplicadas para a obtenção das mesmas reduções logarítmicas entre o presente estudo e a literatura consultada podem se justificar pelo uso de condições distintas de temperatura de irradiação, uma vez que o congelamento aumenta a resistência microbiana.

A sensibilidade à radiação, definida como a dose necessária para eliminar 90% da população é expressa como valor  $D_{10}$  e pode ser influenciado pelo tipo de microrganismo (VENUGOPAL; DOKE; THOMAS, 1999). Essa influência é mostrada na Tabela 3, onde para a mesma dose são observados valores de  $D_{10}$  diferentes para os microrganismos estudados.

**Tabela 3** – Valores de  $D_{10}$  obtidos para *V. cholerae* O1 e *S. enteritidis* mediante irradiação ( $^{60}\text{Co}$ ) com doses de 2, 4 e 6kGy em caudas de camarão (*P. vannamei*) congeladas inoculadas com esses microrganismos.

Dose (kGy)	$D_{10}$ (kGy)	
	<i>V. cholerae</i> O1	<i>S. enteritidis</i>
2	0,39	0,54
4	0,65	0,68
6	0,97	0,87

Moraes et al. (1998), ao estudar a sensibilidade *in vitro* de diferentes cepas de *V. cholerae* O1 à radiação gama de  $^{60}\text{Co}$  obtiveram valores de  $D_{10}$  que variaram de 0,10 a 0,13kGy encontrando-se esses valores abaixo dos observados no presente estudo. Valores semelhantes (0,11kGy) foram observados por Hau et al. (1992) para o mesmo microrganismo em camarões irradiados sob congelamento. Rashid, Ito e Ishigaki (1992) encontraram valores que variaram de 0,1 a 0,2kGy para *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus* e *V. vulnificus* em camarões irradiados congelados. Lewis (1983), por outro lado, reportou valores de 0,04 e 0,05kGy em homogêneos de camarão inoculado com *V. parahaemolyticus*.

No que se refere a *Salmonella*, Nouchpramol (1984) encontrou valores de  $D_{10}$  em camarões artificialmente contaminados, que variaram de 0,3 a 0,5kGy para amostras refrigeradas e de 0,4 a 0,6kGy para amostras congeladas. Thayer et al. (1995) obtiveram resultados próximos aos encontrados neste experimento

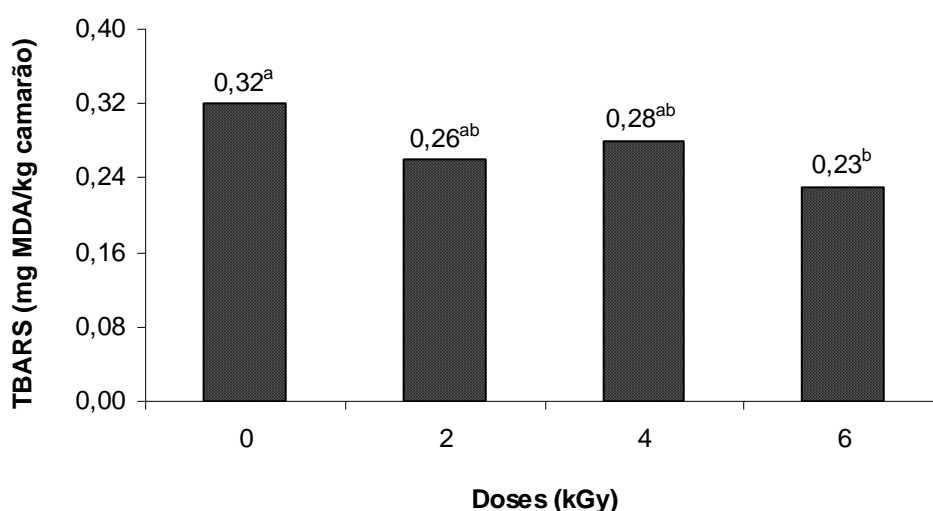
estudando as variações da sensibilidade à irradiação de *Salmonella* sp. Esses autores encontraram valores de 0,70, 0,67 e 0,71kGy para carne bovina, ovina e de peru, respectivamente.

Para a *S. typhimurium*, Kamat e Thomas (1998) em experimentos com variedades de produtos marinhos obtiveram valores que variaram de 0,10-0,15kGy para homogêneos de camarões irradiados em temperatura de refrigeração. Enquanto Jo et al. (2005), ao estudar a radiosensibilidade dessa mesma bactéria em alimentos de origem animal, observaram valores maiores, sendo de 0,24, 0,43 e 0,45kGy, para carne bovina, ovos e presunto, respectivamente.

Os resultados referentes ao valor  $D_{10}$  encontrados neste trabalho apresentam-se diferentes dos reportados por outros autores para os mesmos microrganismos. O fato de esse valor poder variar significativamente para a mesma bactéria dependendo do meio, do tipo de alimento, da temperatura, da atmosfera e do tempo de irradiação (LOAHARANU, 1996), pode justificar as diferenças observadas.

## 5.2 TBARS

Na Figura 3 são apresentados os valores de TBARS em caudas de camarões não irradiadas e irradiadas.



**Figura 3** – Valores de TBARS em caudas de camarões (*P. vannamei*) após congelamento e irradiação com doses de 0, 2, 4 e 6kGy (Médias com letras diferentes diferem ( $p < 0,05$ ) entre si pelo teste SNK).

Dentre os valores encontrados para TBARS a amostra não irradiada apresentou valor de 0,32mg de malonaldeído/kg enquanto que as amostras irradiadas com 2, 4 e 6kGy apresentaram valores de 0,26, 0,28 e 0,23mg de malonaldeído/kg, respectivamente.

O conteúdo de TBARS é um importante índice de qualidade, indicando a oxidação lipídica. O produto pode ser considerado em bom estado, apresentando valores abaixo de 3mg de malonaldeído/kg de amostra, sendo os limites de oxidação lipídica para o consumo de 7-8mg de malonaldeído/kg no alimento (CADUN; CAKLI; KISLA, 2005). Assim, os resultados apresentados neste estudo encontram-se de acordo com os limites aceitáveis de estabilidade lipídica para consumo de alimentos.

Os valores relativamente baixos de TBARS observados podem ser devido ao baixo conteúdo lipídico existente no músculo do camarão que se encontra em torno de 1%. A maior parte dos lipídios deste crustáceo está contida no hepatopâncreas, o qual fica localizado na região da cabeça, estrutura ausente nas amostras de caudas de camarão usadas neste estudo. A presença do exoesqueleto (SRINIVASAN et al, 1998 citados por Kirschnik; Viegas, 2004), e da água de congelamento do produto podem ter servido como barreira ao contato do oxigênio retardando assim a oxidação dos lipídios.

Além disso, a irradiação aplicada no estado congelado reduz grande parte das mudanças ocasionadas durante o processo de irradiação, o que também pode ter contribuído para os baixos valores de TBARS. Esse efeito benéfico das baixas temperaturas pode se dever, em parte, à remoção da fase aquosa, o que previne a formação de radicais decorrentes da interação da energia ionizante com as moléculas de água (MURANO, 1995). Merritt, Angelini e Graham (1978) observaram que baixas temperaturas reduzem a produção de compostos radiolíticos em carnes e produtos cárneos.

Era esperado que o aumento da dose de irradiação induzisse a elevação dos valores de TBARS. No entanto, observou-se neste estudo um decréscimo significativo ( $p < 0,05$ ) da oxidação lipídica na amostra irradiada com dose de 6kGy em relação à amostra não irradiada. Fu, Sebranek e Murano (1995a), ao estudarem as mudanças na qualidade da carne bovina refrigerada após a irradiação e estocagem por 7 e 9 dias também observaram um decréscimo desse parâmetro, no entanto a significância desses valores só ocorreu no período de estocagem.

Venugopal, Doke e Thomas (1999), também mencionaram um decréscimo no número de TBARS durante o armazenamento de cavala-da-Índia (*Rastrelliger kanagurta*) após sofrer a ação da irradiação gama. Gokalp et al. (1983) relataram que a diminuição nos valores de TBARS após o tempo de estocagem, provavelmente é devido às interações do malonaldeído com proteínas e aminoácidos.

Apesar do período decorrido entre a irradiação e a realização da análise de TBARS dos camarões ter sido de apenas 5 dias, este provavelmente foi suficiente para que ocorressem tais interações reduzindo os valores de TBARS.

### 5.3 COR

Os resultados obtidos para os componentes da cor L\*, a\* e b\* são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4** – Componentes de cor L\*, a\* e b\* de caudas de camarões (*P. vannamei*) cozidos após irradiação sob congelamento com doses de 0, 2, 4 e 6kGy.

Dose (kGy)	L*	a*	b*
0	68,12 <sup>ab</sup> ±1,53	6,68 <sup>a</sup> ±1,22	18,34 <sup>a</sup> ±1,18
2	66,88 <sup>b</sup> ±1,67	7,00 <sup>a</sup> ±2,57	19,52 <sup>a</sup> ±1,60
4	69,15 <sup>ab</sup> ±2,18	7,59 <sup>a</sup> ±1,95	20,45 <sup>a</sup> ±1,63
6	71,00 <sup>a</sup> ±2,42	6,50 <sup>a</sup> ±1,96	19,46 <sup>a</sup> ±1,63

n=5

Médias com letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste SNK (p<0,05)

Com relação à luminosidade da cor dos camarões cozidos (componente L\*) observou-se um aumento significativo (p<0,05) nas amostras irradiadas com 6kGy em relação às amostras irradiadas com 2kGy. McKenna, Nanke e Olson (2003), ao estudarem o efeito da irradiação em filés de salmão refrigerados também verificaram um significativo aumento deste parâmetro nas amostras cozidas após irradiação

com 6kGy (82,82) em relação às mesmas amostras não irradiadas (80,61). Valores elevados de  $L^*$  estão relacionados com carnes mais pálidas como conseqüência da desnaturação protéica.

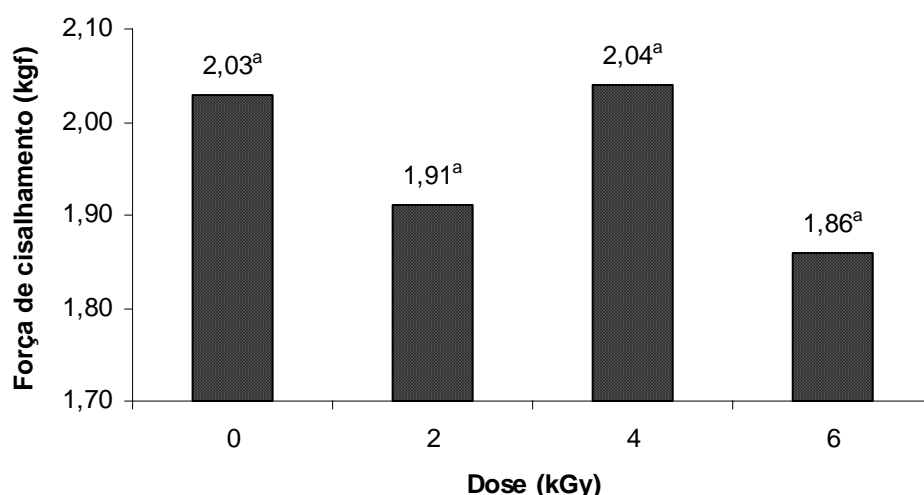
Nos componentes  $a^*$  e  $b^*$  não houve mudanças significativas ( $p>0,05$ ) devido às diferentes doses de irradiação aplicadas. Apesar de não significativo foi observado um leve decréscimo destes parâmetros nas amostras irradiadas com 6kGy em relação às amostras irradiadas com 2 e 4kGy. Hammad e El-Mongy (1992) observaram uma perda de coloração em salmão defumado após irradiação de 4kGy. Esses valores podem estar relacionados à degradação de pigmentos carotenóides como a astaxantina presente em camarões, caranguejos, lagostas e peixes como o salmão (MCKENNA; NANKE; OLSON, 2003).

A degradação de carotenóides também foi mencionada por Chervin e Boisseau (1994). Ao irradiar cenouras com dose de 2kGy os autores observaram perdas na coloração laranja como provável conseqüência da oxidação dos carotenóides ( $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno). No entanto, Lima et al. (2001), ao aplicarem doses de até 1kGy em cenouras, não encontraram decréscimo significativo dos carotenóides, embora tenham observado uma tendência à diminuição em suas concentrações com o aumento da dose.

## 5.4 TEXTURA INSTRUMENTAL

A Figura 4 apresenta os resultados da medida da força necessária para cortar os camarões (força de cisalhamento), usada como uma medida da dureza, uma vez que está diretamente relacionada com a resistência do produto ao corte.





**Figura 4** – Textura instrumental de caudas de camarões (*P. vannamei*) cozidos após irradiação sob congelamento com doses de 0, 2, 4 e 6kGy (Médias com letras diferentes diferem ( $p < 0,05$ ) entre si pelo teste SNK).

Os valores de textura instrumental das caudas de camarão cozidos que tinham sido congelados e irradiados nas doses de 0, 2, 4 e 6kGy foram de 2,03, 1,91, 2,04 e 1,86kgf, respectivamente.

Durante o tratamento de irradiação pode ocorrer quebra e polimerização de macromoléculas dos alimentos influenciando as propriedades mecânicas (KANATT et al, 2006).

Observou-se neste estudo, uma discreta diminuição da resistência ao corte, nos camarões irradiados com doses de 2 e 6kGy quando comparada às amostras não irradiadas, no entanto esse valor não foi significativo estatisticamente ( $p > 0,05$ ).

Kanatt et al. (2006), ao estudarem camarões (*Penaeus indicus*) marinados, irradiados à temperatura ambiente, também observaram um decréscimo não significativo da resistência ao corte com valores em torno de 1,8kg para a dose de 2,5kGy e 2,3kg para a amostra não irradiada. Lacroix et al. (1995a), ao irradiarem camarões pré-cozidos congelados com dose mínima de 1,8kGy e máxima de 3,6kGy também não obtiveram decréscimos estatisticamente significantes na firmeza medida em  $\text{kg/cm}^2$ .

McKenna; Nanke e Olson (2003) encontraram valores de força de cisalhamento significativamente mais baixos para amostras refrigeradas de filés de *cattfish* irradiadas com 3kGy quando comparadas com as amostras controle. Taub et al. (1979) relataram que a irradiação pode aumentar a maciez em virtude da

degradação das cadeias do tecido conectivo ou ligações cruzadas. Além disso, Bailey e Rhodes (1964) mencionaram que a solubilidade do colágeno aumenta com o aumento da irradiação, levando a menores valores de dureza.

## 5.5 ANÁLISE SENSORIAL

Os valores hedônicos médios referentes à aceitação global e aceitação de cor e textura das caudas de camarões irradiadas com doses de 0, 2, 4 e 6kGy encontram-se na Tabela 5. Nessa Tabela também são apresentados os percentuais de aprovação (%A) calculados pela soma das freqüências dos valores hedônicos de 7 a 9.

**Tabela 5** – Valores hedônicos médios e percentuais de aprovação (%A) para aceitação global e aceitação de cor e textura de caudas de camarões (*P. vannamei*) irradiados sob congelamento com doses de 0, 2, 4 e 6kGy.

Dose (kGy)	0		2		4		6	
	Média	%A*	Média	%A*	Média	%A*	Média	%A*
Aceitação Global	7,39 <sup>a</sup>	81,26	7,39 <sup>a</sup>	82,81	7,05 <sup>ab</sup>	76,57	6,95 <sup>b</sup>	67,19
Cor	7,23 <sup>a</sup>	79,69	7,06 <sup>a</sup>	75,00	7,03 <sup>a</sup>	78,13	6,87 <sup>a</sup>	71,87
Textura	7,47 <sup>a</sup>	85,94	7,44 <sup>a</sup>	76,57	7,41 <sup>a</sup>	81,25	7,33 <sup>a</sup>	81,26

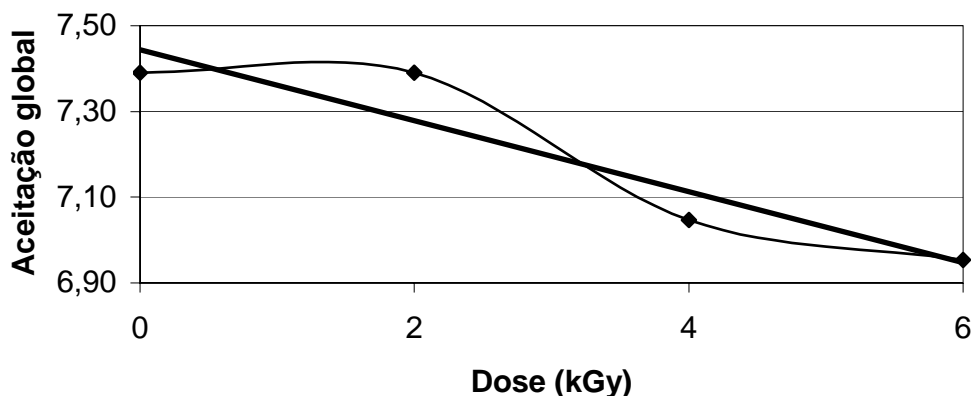
\*A = % de notas de 7 a 9.

n=64

Médias com letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os resultados do teste de aceitação sensorial indicaram não haver diferença significativa (p>0,05) entre as amostras avaliadas em relação à aceitação de cor e textura, mas foi observada diferença significativa na aceitação global. A amostra irradiada com dose de 6kGy apresentou uma aceitação significativamente menor que as dose 0 e 2kGy. A análise de regressão confirmou os resultados da análise de variância, sendo observado um efeito linear decrescente na aceitação global regido

pela equação  $y = - 0,047x + 7,42$ , cujo modelo não apresentou falta de ajuste ( $p = 0,4127$ ) (Figura 5).

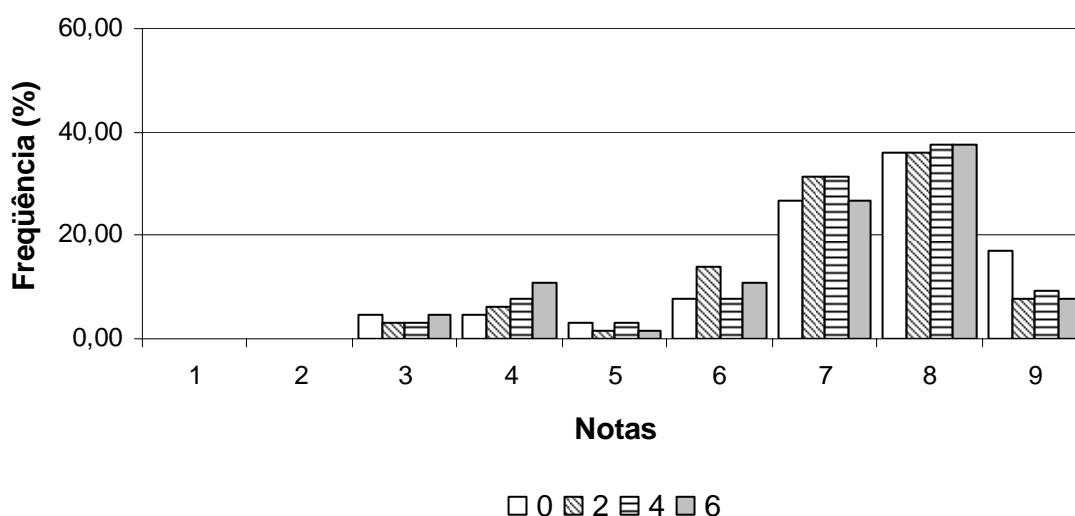


**Figura 5** – Aceitação global de caudas de camarões (*P. vannamei*) irradiadas sob congelamento com doses de 0, 2, 4 e 6kGy.

Os percentuais de aprovação (%A) indicaram uma boa aceitabilidade das amostras, sendo que a dose de 2kGy obteve os maiores percentuais para o atributo aceitação global, quando comparado com os das demais doses (Tabela 5).

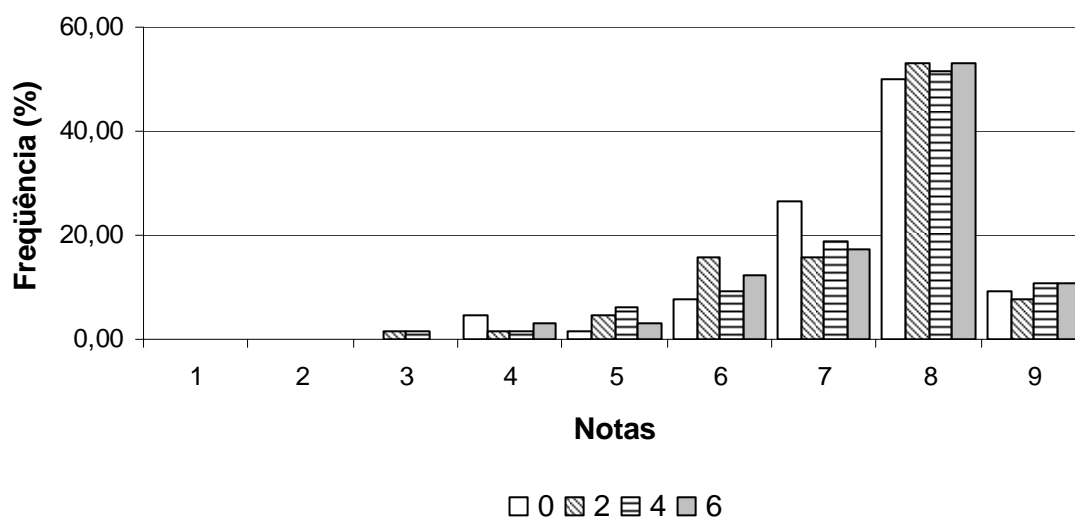
Para as doses 0, 2 e 4kGy os resultados variaram entre “gostei moderadamente” e “gostei muito” em todos os parâmetros avaliados. No entanto, para a dose de 6kGy nos atributos de aceitação global e cor as variações foram entre os termos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, tendo a textura variado entre “gostei moderadamente” e “gostei muito”. Entretanto, todas as amostras encontraram-se dentro da faixa de aceitação nessas características (Tabela 5).

Embora as médias para o atributo cor na dose de 6kGy tenha variado entre os termos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” o histograma de frequência mostra que houve maiores frequências entre “gostei moderadamente” e “gostei muito” (Figura 6).



**Figura 6** – Histograma de frequência das categorias hedônicas atribuídas à cor de caudas de camarões (*P. vannamei*) irradiadas sob congelamento com doses de 0, 2, 4 e 6kGy.

Embora as médias para o atributo textura tenham variado entre os termos “gostei moderadamente” e “gostei muito”, o histograma de frequência mostra que houve maiores frequências para o termo “gostei muito” (Figura 7).



**Figura 7** – Histograma de frequência das categorias hedônicas atribuídas à textura de caudas de camarões (*P. vannamei*) irradiadas sob congelamento com doses de 0, 2, 4 e 6kGy.

Lacroix et al. (1995b) ao avaliarem com provadores não treinados camarões (*Penaeus monodon*) irradiados refrigerados com doses de 1,8 e 3,6kGy, observaram

que os julgamentos de aceitação global variaram entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, não havendo, efeito significativo entre as doses. No entanto, Poole, Mitcchell e Mayze (1994), avaliando camarões (*Penaeus plubujus*) irradiados cozidos, com doses de 0, 1, 3 e 5kGy, observaram mudanças sensoriais significativas nos atributos de aceitação global e textura para as doses 3 e 5kGy.

Os valores médios referentes à intensidade de aroma, sabor e suculência encontram-se na Tabela 6 e a Figura 8 apresenta o histograma de freqüência das categorias de intensidade para esses atributos.

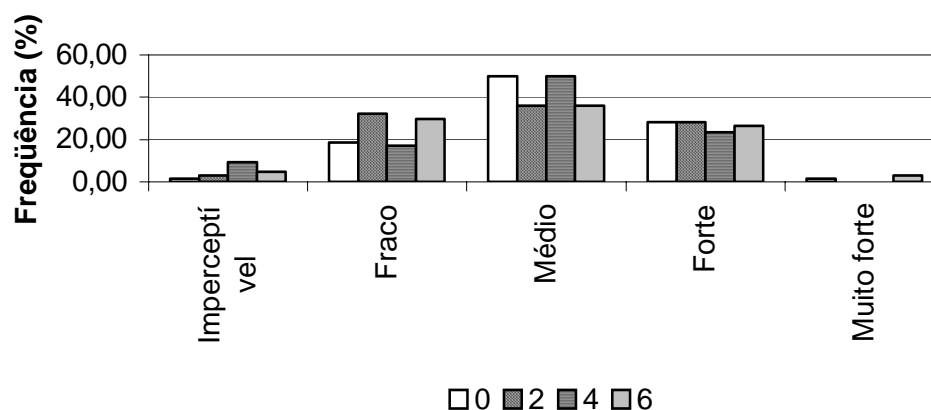
**Tabela 6** – Intensidade de aroma, sabor e suculência de caudas de camarões (*P. vannamei*) irradiados sob congelamento com doses de 0, 2, 4 e 6kGy.

<b>Dose (kGy)</b>	<b>Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Suculência</b>
0	3,09 <sup>a</sup>	2,97 <sup>a</sup>	3,06 <sup>a</sup>
2	2,95 <sup>a</sup>	2,84 <sup>a</sup>	2,89 <sup>a</sup>
4	2,88 <sup>a</sup>	2,89 <sup>a</sup>	3,08 <sup>a</sup>
6	2,94 <sup>a</sup>	2,80 <sup>a</sup>	3,00 <sup>a</sup>

n=64

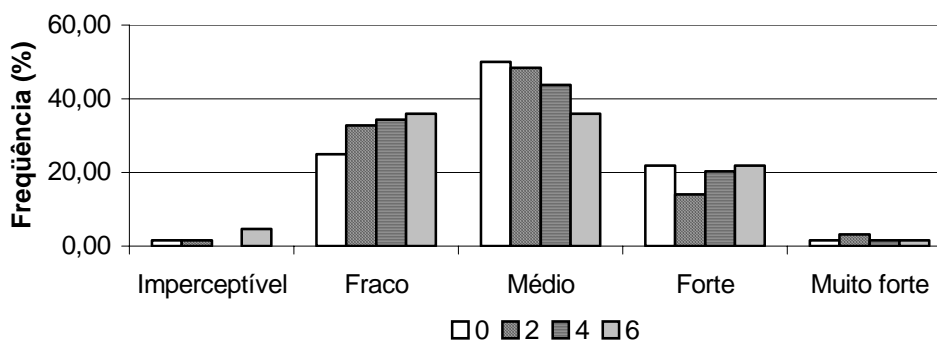
Médias com letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos para nenhum dos atributos avaliados. Para a dose 0kGy os resultados de aroma variaram entre “médio” e “forte” enquanto nas doses 2, 4 e 6kGy a variação foi entre “fraco” e “médio”. Assim como observado nas médias, o histograma de freqüência para aroma mostra uma tendência à diminuição com o aumento da dose (Figura 8). Esses resultados podem ser consequência da degradação de compostos pela irradiação.



**Figura 8** – Histograma de frequência das categorias de intensidade atribuídas ao aroma de caudas de camarões (*P. vannamei*) irradiadas sob congelamento com doses de 0, 2, 4 e 6kGy.

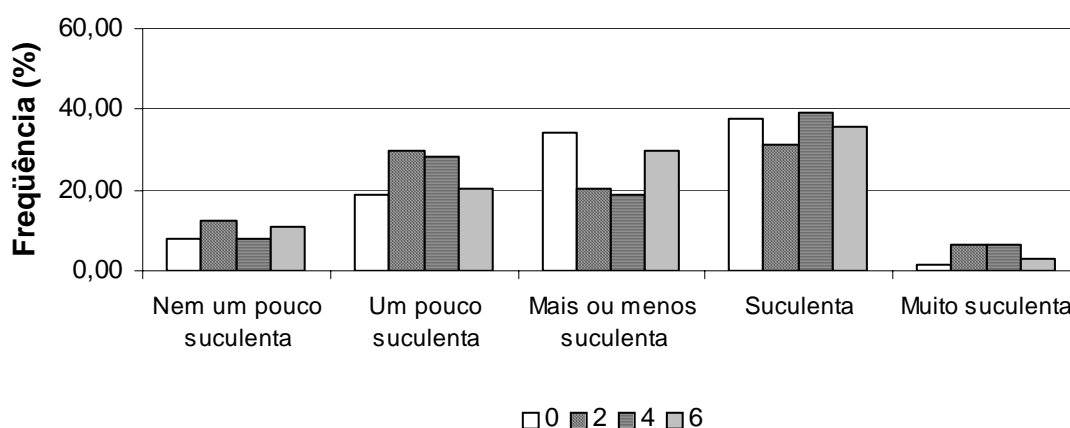
No que se refere ao sabor, os valores médios (Tabela 6) encontraram-se entre “fraco” e “médio” para todas as doses estudadas, sendo isto também visualizado no histograma de frequência (Figura 9).



**Figura 9** – Histograma de frequência das categorias de intensidade atribuídas ao sabor de caudas de camarões (*P. vannamei*) irradiadas sob congelamento com doses de 0, 2, 4 e 6kGy.

Quanto à suculência para as doses 0 e 4kGy, os dados variaram entre “mais ou menos suculenta” e “suculenta”, para a dose 2 entre “um pouco suculenta” e “mais ou menos suculenta” e para a dose 6kGy os valores se situaram em “mais ou menos suculenta” (Tabela 6). No entanto, no histograma foi observado que para as doses 0 e 6kGy as maiores frequências encontram-se entre “mais ou menos suculenta” e “suculenta” sendo para as doses 2 e 4kGy “um pouco suculenta” e “suculenta” (Figura 10). Essa variação entre os resultado pode ter sido causada pela

utilização de provadores não treinados em virtude de não estarem familiarizados com o termo suculência.



**Figura 10** – Histograma de frequência das categorias de intensidade atribuídas à suculência de caudas de camarões (*P. vannamei*) irradiadas sob congelamento com doses de 0, 2, 4 e 6kGy.

Kanatt et al. (2006), utilizando um painel de 12 provadores treinados para avaliar as mudanças no sabor de camarões irradiados com doses de 2,5kGy não observaram efeitos significativos. Nouchpramoul (1984), trabalhando com consumidores, reportou que a irradiação gama com 2,2kGy não afetou significativamente a cor, o sabor e a textura de camarões como também foi observado no presente experimento.

Em estudo conduzido por Kim, Nam e Ahn (2002) as características sensoriais de carnes irradiadas com 3kGy e avaliadas por 16 provadores treinados também não apresentaram mudanças significativas nos atributos sensoriais. Os autores observaram que embora treinados muitos provadores não conseguiram diferenciar a carne irradiada da não irradiada.

Venugopal, Doke e Thomas (1999) mencionaram que na aplicação de baixas doses de irradiação, se ocorrer mudanças sensoriais, estas são similares àquelas associadas com o processamento térmico do alimento.

## 6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesta pesquisa permitiram concluir que:

- A dose de 6kGy proporcionou a segurança microbiológica do produto utilizado sendo efetiva para completa inibição de *Vibrio cholerae* O1 e *Salmonella enteritidis* em caudas de camarões (*P. vannamei*) irradiados congelados.
- Os valores de TBARS das caudas de camarões congelados e irradiados com 6kGy sofreram uma redução quando comparados com os da amostra não irradiada.
- Os baixos valores de TBARS indicaram que a estabilidade lipídica das caudas de camarões congelados não foi afetada pela irradiação com doses de até 6kGy. Todavia, o congelamento e a embalagem utilizada podem ter contribuído para os baixos valores encontrados.
- A irradiação de caudas de camarões congelados com 6kGy provocou um aumento no componente de cor L\* tornando o músculo do camarão cozido mais pálido quando comparado ao do irradiado com 2kGy. A irradiação com as doses 2, 4 e 6kGy não alterou significativamente os componentes de cor a\* e b\* e a textura instrumental.
- A irradiação com 6kGy ocasionou uma diminuição na aceitação global das caudas de camarões congelados quando comparada com as doses 0 e 2kGy. A aceitação da cor e da textura não foi afetada significativamente com as doses de irradiação aplicadas.
- A irradiação com até 6kGy não alterou a intensidade dos atributos aroma, sabor característico e suculência das caudas de camarões.
- A irradiação de caudas de camarões congeladas com doses de até 6kGy melhorou a qualidade microbiológica do produto sem afetar adversamente



a estabilidade lipídica e as características sensoriais. Desta forma, o método pode melhorar a segurança, a demanda e a distribuição de camarões e facilitar a exportação para países que aceitam o processo de irradiação.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, M.R.; MOSS, M.O. **Food microbiology**. 2.ed. Cambridge: RSC Publishing, 2000. 479p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Compeduim of methods for the microbiological examination of foods**. 4.ed. Washington, 2001.

AUMENTA o consumo de camarão na Europa. **Panorama da aqüicultura**. Rio de Janeiro, v.88, mar./abr., p.33, 2005.

BAILEY, A.J.; RHODES, D.N. Treatment of meat with ionising radiation. Treatment of meats with ionizing radiations: XI – changes in the texture of meat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.15, n.7, p.504-508, 1964.

BHASKAR, N.; SETTY, T.M.R.; MONDAL, S.; JOSEPH, M. A.; RAJU, C. V.; RAGHUNATH, B. S.; ANANTHA, C. S. Prevalence of bacteria of public health significance in the cultured shrimp (*Penaeus monodon*). **Food Microbiology**. London, v.15, n.5, p. 511–519, 1998.

BARBIERI JÚNIOR, R.C.; OSTRENSKY NETO, A. **Camarões marinhos: engorda**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002. 370p.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. **Resolução nº 21, 26 de janeiro, 2001a**. Disponível em: <[http://anvisa.gov.br/legis/resol/21\\_01rdc.htm](http://anvisa.gov.br/legis/resol/21_01rdc.htm)> Acesso em: 28 jun. 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Departamento de Pesca e Aqüicultura. **Plataforma tecnológica do camarão marinho cultivado**. Brasília, 2001b. 276p.

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

CADUN, A.; CAKLI, S.; KISLA, D. A study of marination of deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*, Lucas, 1846) and its shelf life. **Food Chemistry**, London, v.90, n.1-2, p.53-59, 2005.

CARVALHO, J.M.M.; PAULA NETO, F.L.; NASCIMENTO, F.O.T.; FEITOSA, R.A. **Perspectivas para o desenvolvimento da carcinicultura no nordeste brasileiro.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2005. 132p. (Série documentos do ETENE, n.2).

CATO, J.C. Seafood safety – economics of Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) programmes. **FAO Fisheries Technical Paper**, Rome, n.381. 1998, 70p.

CECCHI, H.M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** 2.ed. rev. Campinas: Ed da UNICAMP, 2003. 207p.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION – CDC. **Summary of human *Vibrio* isolates reported to CDC, 2004.** 2005. Disponível em: <[http://www.cdc.gov/foodborneoutbreaks/vibrio\\_sum/cstevibrio2004.pdf](http://www.cdc.gov/foodborneoutbreaks/vibrio_sum/cstevibrio2004.pdf)> Acesso em: 22 abr. 2006.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION – CDC. Preliminary FoodNet Data on the Incidence of Infection with Pathogens Transmitted Commonly Through Food — 10 States, United States, 2005. **Morbidity and Mortality Weekly Report**, Washington, v.55, n.14, p.392–395, 2006.

CENTRO DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA – CVE. **Dados estatísticos de doenças transmitidas por alimentos no estado de São Paulo.** 2003. Disponível em: <[http://www.cve.saude.sp.gov.br/htm/hidrica/dta\\_estat.htm](http://www.cve.saude.sp.gov.br/htm/hidrica/dta_estat.htm)> Acesso em: 22 abr. 2006.

CHERVIN, C.; BOISSEAU, P. Quality maintenance of “ready-to-eat” shredded carrots by gamma irradiation. **Journal of Food Science**, Chicago, v.59, n.2, p.359-361, 1994.

D’Aoust, J-Y.; MAURER, J.; BAILEY, J.S. *Salmonella* species. In: DOYLE, M.P.; BEUCHAT, L.R.; MONTVILLE, T.J. (Ed.). **Food Microbiology: fundamentals and frontiers.** 2.ed. Washington: ASM Press, 2001. p.141–177.

DALSGAARD, A. The occurrence of human pathogenic *Vibrio* spp. and *Salmonella* in aquaculture. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.33, n.2, p.127–138, 1998.

DICKSON, J.S. Radiation inactivation of microorganisms. In: MOLINS, R.A. (Ed.). **Food irradiation: principles and applications**. New York: Wiley Interscience, 2001. p.37–76.

DIEHL, J.F. Food irradiation – past, present and future. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v.63, n.1–3, p.211–215, 2002.

DSMZ. **Deutsche Sammlung Von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH**. Disponível em: <<http://www.dsmz.de/bactnom/bactname.htm>> Acesso em: 01 de mai 2006.

EDUARDO, M.B.P.; KATSUYA, E.M.; BASSIT, N.P.; MELLO, M.L.R. *Salmonella Enteritidis* - Uma Importante Causa de Surtos Bacterianos Veiculados por Alimentos e a Necessidade de uma Nova Regulamentação Sanitária para os Alimentos Implicados, São Paulo, Brasil, 1999-2003.

**Boletim Epidemiológico Paulista** – BEPA, São Paulo, ano 1, n.8, 2004. Disponível em: <[http://www.cve.saude.sp.gov.br/agencia/bepa8\\_salmo9903.htm](http://www.cve.saude.sp.gov.br/agencia/bepa8_salmo9903.htm)> Acesso em: 22 abr 2006.

FACCO, E.M.P. **Parâmetros de qualidade do charque relacionados ao efeito da suplementação de vitamina E na dieta de bovinos de raça Nelore em confinamento**. Campinas, 2002, 91f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos): Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

FENNEMA, O.R. **Food chemistry**. 3.ed. New York: Marcel Dekker, 1996. 1068p.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança alimentar**. São Paulo: Artmed, 2002. 424p.

FRANCO, B.D.G.M; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1999. 182p.

FU, A.H.; SEBRANEK, J.G.; MURANO, E.A. Survival of *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* and *Escherichia coli* O157:H7 and quality changes after irradiation of beef steaks and ground beef. **Journal of Food Science**, Chicago, v.60, n.5, p.972-977, 1995a.

FU, A.H.; SEBRANEK, J.G.; MURANO, E.A. Survival of *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella typhimurium* and quality attributes of cooked pork chops and cured ham after irradiation. **Journal of Food Science**, Chicago, v.60, n.5, p.1001-1005, 1995b.

GERMANO, P.M.L.; GERMANO, M.I.S. Agentes bacterianos de toxinfecções. In: \_\_\_\_\_. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Varela, 2003. p. 215–275.

GESTEIRA, T.C.V.; PAIVA, M.P. Impactos ambientais dos cultivos de camarões marinho no Nordeste do Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v.36, p.23–28, 2003.

GOKALP, H.Y.; OCKERMAN, H.W.; PLIMPTON, R.F.; HARPER, W.J. Fatty acids of neutral and phospholipids, rancidity scores and TBA values as influenced by packaging and storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v.48, n.3, p.829-834, 1983.

GULLÉN-SANS, R.; GUZMÁN-CHOZAS, M. The thiobarbituric acid (TBA) reaction in food: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. Cleveland, V.38, n.4, p.315–330, 1998.

HAMMAD, A.A.I.; EL-MONGY, T.M. Shelf-life extension and improvement of the microbiological quality of smoked salmon by irradiation. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v.16, n.5, p.361-370, 1992.

HAU, L.-B.; LIEW, L.M.-H.; YEH, L.-T. Preservation of grass prawns by ionizing radiation. **Journal Food Protection**, Des Moines, v.55, n.3, p.198-202, 1992.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS - ICMSF. **Microorganism in foods 5** – microbiological specifications of food pathogens. London: Blackwell Academic & Professional 1996. 513p.

ITO, H.; ADULYATHAM, P.; SANGTHONG, N.; ISHIGAKI, I. Effect of gamma irradiation on frozen shrimp to reduce microbial contamination. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v.36, n.6, p.1009-1011, 1989.

JAY, J.M. **Modern food microbiology**. 6.ed. New York: Aspen Publication, 2000. 720p.

JO, C.; LEE, N.Y.; KANG, H.; HONG, S.; KIM, Y.; KIM, H.J.; BYUN, M.W. Radio-sensitivity of pathogens in inoculated prepared foods of animal origin. **Food Microbiology**, London, v.22, n.4, p.329-336, 2005.

KAM, K.-M.; LEUNG, T.-H.; HO, Y.-Y. P.; HO, N. K.-Y.; SAW, T. P. Outbreak of *Vibrio cholerae* 01 in Hong Kong related to contaminated fish tank water. **Public Health**, London, v.109, n.5, p.389–395, 1995.

KAMAT, A.; THOMAS, P. Radiation inactivation of some food-borne pathogens in fish as influenced by fat levels. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v.84, n.4, p.478-484, 1998.

KANATT, S.R.; CHAWLA, S.P.; CHANDER, R.; SHARMA, A. Development of shelf-stable, ready-to-eat (RTE) shrimps (*Penaeus indicus*) using  $\gamma$ -radiation as one of the hurdles. **LWT**, London, v.39, n.6, p.621–626, 2006.

KAPER, J.B.; MORRIS, J.G.; LEVINE, M.M. Cholera. **Clinical Microbiology Reviews**, Washington, v.8, n.1, p. 48–86, 1995.

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

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, 2004.

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.46, n.4-6, p.731-737, 1995a.

LACROIX, M.L.; CHARBONNEAU, R.; JOBIN, M.; THIBAUT, C.; NOUCHPRAMOOL, K.; CHAROEN, S.; GAGNON, M. A feasibility study of gamma irradiation on Thailand frozen shrimps (*Penaeus monodon*). **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v.46, n.4-6, p.739-744, 1995b.

LAMBERT J.D.; MAXCY, R.B. Effect of gamma radiation on *Campylobacter jejuni*. **Journal of Food Science**, Chicago, v.49, n.3, p.665–667, 1984.

LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.

LEWIS, N.F. Development of radiation processes for destruction of enteric pathogens *Salmonella* and *Vibrio* spp. in fresh and frozen seafoods. **Food Irradiation Newsletter**, Vienna, v.7, n.1, p.8, 1983.

LIMA, K.S.C.; GROSSI, J.L.S.; LIMA, A.L.S.; ALVES, P.F.M.P.; CONEGLIAN, R.C.C.; GODOY, R.L.O.; SABAA-SRUR. Efeito da radiação ionizante  $\gamma$  na qualidade pós-colheita de cenouras (*Daucus carota* L.) cv. Nantes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.21, n.2, p.202-208, 2001.

LOAHARANU, P. Cost/benefit aspects of food irradiation. **Food Technology**, Chicago, v.48, n.1, p.104–108, 1994.

LOAHARANU, P. Irradiation as a cold pasteurization process of food. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v.64, p.71–82, 1996.

LOAHARANU, P. **Irradiated food**. 5.ed. New York: ACSH Publication, 2003. 52p.

LUND, B.M.; Baird-Parker, A.C.; Gould, G.W.; Baird-Parker, T.C. **The microbiological safety and quality of food**. New York: An Aspen Publication, 1999, v.1, 2080p.

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

MADRID, R. A dança dos preços na carcinicultura brasileira e desafios de competitividade. **Revista da ABCC**, Recife, ano 7, n.3, p.52–61, 2005.

MARCOTTE, M. Irradiated strawberries enter the U.S. market. **Food Technology**, Chicago, v.46, n.5, p.80–86, 1992.

MARTINS, P.C.C. **Influência das condições ambientais e das técnicas do manejo de produção sobre a ocorrência de enfermidades no cultivo de camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, no Estado do Ceará**. 2003. 117f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2003.

MATCHES, J.R.; LISTON, J. Radiation destruction of *Vibrio parahaemolyticus*. **Journal of Food Science**, Chicago, v.36, n.2, p.339-340, 1971.

MAYER, M.D.B. **Alterações microbiológicas, físico-químicas e sensoriais durante a vida útil do camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis*) submetido à radiação gama**. 2000. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MCKENNA, D.R.; NANKE, K.E.; OLSON, D.G. The effects of irradiation, high hydrostatic pressure, and temperature during pressurization on the characteristics of cooked-reheated salmon and catfish filets. **Journal of Food Science**, Chicago, v.68, n.1, p.368–377, 2003.

MEILGAARD, M.R.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T.; Sensory evaluation techniques. Boca Raton: CRC Press, 1987, v.2, 159p.

MENEZES, F. G. R. **Diversidade de *Vibrio* spp. em estuários no Estado do Ceará associada à atividade de carcinicultura**. 2005. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais). Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

MERRITT, C.; ANGELINI, P. GRAHAM, R. Effect of radiation parameters on the formation of radiolysis products in meat and meat substances. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.26, n.1, p.29,35,1978.

MINOLTA Co., **Precise Color Communication** – color control from perception to instrumentation. Osaka: Minolta Co., Ltd., 1998. 59p.

MIYAGUSKU, L.; CHEN, F.; LEITÃO, M.F.F.; BAFFA, O. Avaliação microbiológica e sensorial da vida-útil de cortes de peito de frango irradiados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.23, n.12, p.7–16, 2003. Suplemento.

MOLINS, R.A. Introdução. In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Food irradiation: principles and applications**. New York: Wiley Interscience, 2001. p.1–14.

MORAES, I.R.; DEL MASTRO, N.L.; JAKABI, M.; GELLI, D. Estudo da radiosensibilidade ao <sup>60</sup>Co do *Vibrio cholerae* O1 incorporado em ostras. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.34, n.1, p.29–32, 2000.



MORAES, I.R.; GELLI, D.S.; JAKABI, M.; MASTRO, N.L.D. Estudo da sensibilidade in vitro de diferentes cepas de *Vibrio Cholerae* O1 à radiação gama de <sup>60</sup>Co. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.35, n.6, p.239-242, 1998.

MURANO, E.A. Irradiation of fresh meats. **Food Technology**. Chicago, v.49, n.12, p.52–54, 1995.

NISHIGUCHI, M.K.; NAIR, V.S. Evolution of symbiosis in the *Vibrionaceae*: a combined approach using molecules and physiology. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, Reading, v.53, n.6. p.2019–2026, 2003.

NOUCHPRAMOUL, K. Elimination of *Salmonella* in frozen shrimp by radiation treatment. **Food Irradiation Newsletter**. Vienna, v.8, n.1, p.14-15, 1984.

OLIVER, J.D.; KAPER, J.B. *Vibrio* species. In: Doyle, M.P.; BEUCHAT, L.R.; MONTVILLE, T.J. (Ed.). **Food Microbiology: fundamentals and frontiers**. 2.ed. Washington: ASM Press, 2001, p.263–300.

OLSON, D.G. Irradiation of food. **Food Technology**, Chicago, v.52, n.1, p.56–62, 1998.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD – OPS. **Riesgos de transmisión del cólera por los alimentos**, 1991. Disponível em <<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind41/Riesgos/Riesgos.html>>. Acesso em: 22 abr 2006.

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

PEREIRA, A.S.C. Irradiação em alimentos. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, ano XXVII, n.324, p.53-62, 2004.

POHLMAN, A.J.; WOOD, O.B.; MASON, A.C. Influence of audiovisuals and food samples on consumer acceptance of food irradiation. **Food Technology**, Chicago, v.48, n.12, p.46–49, 1994.

POOLE, S.E.; MITCHELL, G.E.; MAYZE, J.L. Low dose irradiation affects microbiological and sensory quality of sub-tropical seafood. **Journal of Food Science**, Chicago, v.59, n.1, p.85-87, 1994.

POPOFF, M.; BOCKEMUHL, J.; BRENNER, F. W.; GHEESLING, L.L. Supplement 2000 (n. 44) to the Kauffmann-White scheme. **Research in Microbiology**, Paris, v.152, p. 907-909, 2001.

POTTER, N.N.; HOTCHKISS, J.H. **Food science**. 5.ed. New York: An Aspen Publication, 1995, 608p.

PSZCZOLA, D.E. Irradiated produce reaches midwest market. **Food Technology**, Chicago, v.46, n.5, p.89–92, 1992.

PSZCZOLA, D.E. Irradiated poultry makes U.S. debut in midwest and Florida markets. **Food Technology**, Chicago, v.47, n.11, p.89–96, 1993.

RAHAYO, S.; SOFOS, J.N.; SCHMIDT, G.R. Improved speed, specificity, and limit of determination of aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C<sub>18</sub> method for measuring lipid peroxidation in beef. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.40, n.11, p.2182-2185, 1992.

RASHID, H.O.; ITO, H.; ISHIGAKI, I. Distribution of pathogenic vibrios and other bacteria in imported frozen shrimps and their decontamination by gamma irradiation. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Oxford, v.8, n.5, p.494-499, 1992.

ROCHA, I.P.; RODRIGUES, J.; LEITE, L. A carcinicultura brasileira em 2003. **Revista da ABCC**, Recife, ano 6, n.1, p. 30–36, 2004.

ROCHA, I.P.; RODRIGUES, J. A carcinicultura brasileira em 2002. **Revista da ABCC**, Recife, ano 5, n.1, p.30–45, 2003.

RODRIGUES, J. Carcinicultura marinha – desempenho em 2004. **Revista da ABCC**, Recife, ano 7, n.2, p. 38–44, 2005.

SANZ, E. **Irradiação de alimentos pode aumentar exportações de frutas brasileiras**, 1996. Disponível em: <[http://www.radiobras.gov.br/ct/1996/materia\\_270996\\_12.htm](http://www.radiobras.gov.br/ct/1996/materia_270996_12.htm)> Acesso em: 28 jun. 2006.

SANTOS, A.F. **Determinação da dose de irradiação gama para a destruição de *Salmonella* spp. em carne de frango.** 1997. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos ). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

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

SARJEANT, K.C.; WILLIAMS, S.K.; HINTON, A. The effect of electron beam irradiation on the survival of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and psychrotrophic bacteria on raw chicken breasts stored at four degrees celsius for fourteen days. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, n.6, p.955-958, 2005.

SATIN, M. **Food irradiation: a guidebook.** 2.ed. Boca Raton: CRC Press, 1996, 236p.

SHEHANE, S.D.; SIZEMORE, R.K. Isolation and preliminary characterization of bacteriocins produced by *Vibrio vulnificus*. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v.92, n.2, p.322–328, 2002.

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

SMITH, J.S.; PILLAI, S. Food irradiation and food safety. **Food Technology.** Chicago, v.58, n.11, p.45–55, 2004.

SPOLAORE, A.J.G.; GERMANO, M.I.S; GERMANO, P.M.L. Irradiação de alimentos. In: GERMANO, P.M.L; GERMANO, M.I.S. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos.** 2.ed. Varela: São Paulo, 2003. p. 445–466.

SPOTO, M.H.F.; GALLO, C.R.; ALCARDE, A.R.; GURGEL, M.S.A.; BLUMER, L.; WALDER, J.M.M.; DOMARCO, R.E. Gamma irradiation in the control of pathogenic bacteria in refrigerated ground chicken meat. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.3, p.389-394, 2000.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. SAS/STAT: **Users guide.** Version 6, 12. ed. Cary: SAS Institute Inc., 2000.

STEWART, E.M. Food irradiation chemistry. In: MOLINS, R.A. (Ed.). **Food irradiation: principles and applications**. New York: Wiley Interscience, 2001. p.37–76.

TACON, A.J. **Aquaculture Production Trends Analysis**, 2003. Disponível em: <[http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/DOCREP/005/Y4490E/Y4490E00.HTM](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/005/Y4490E/Y4490E00.HTM)>. Acesso em: 27 abr. 2006.

TAUB, I.A.; ROBBINS, F.M.; SIMIC, M.G.; WALKER, J.E.; WIERBICKI, E. Effect of irradiation on meat proteins. **Food Technology**. Chicago, v.33, n.5, p.184-193, 1979.

TAUXE, R.V. Food safety and irradiation: protecting the public from foodborne infections. **Emerging Infectious Diseases**, Atlanta, v.7, n.3, 2001. Supplement.

THAYER, D.W.; BORYD, G.; FOX, J.B.; LAKRITZ, L., HAMPSON, J.W. Variations in radiation sensitivity of foodborne pathogens associated with the suspending meat. **Journal of Food Science**, Chicago, v.60, n.1, p.63-67, 1995.

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

VIEIRA, R.H.S.F. **Microbiologia, higiene e qualidade do pescado: teoria e prática**. São Paulo: Varela, 2004, 380p.

VIRELLA, G; SCHMIDT, M.G. Gram-negative rods II: enterobacteriaceae and other enteropathogenic gram-negative rods. In: VIRELLA, G. (Ed.). 3.ed. **Microbiology and Infectious Disease**. Baltimore: Williams & Wilkins, 1997. p.141–157.

VOESTSCH, A.C.; VAN GILDER, T.J.; ANGULO F.J, FARLEY, M.M.; SHALLOW, S.; MARCUS, R.; CIESLAK, P.R.; DENEEN, V.C.; TAUXE, R.V. FoodNet estimate of the burden of illness caused by nontyphoidal *Salmonella* infections in the United States. **Clinical Infectious Diseases**, Atlanta, v.38, n.3, p.127–134, 2004. Supplement.

WORCMAN-BARNINKA, D.; LANDGRAF, M. Irradiação de carnes. **Boletim da SBCTA**, Campinas, v.1, n.37, p.22–27, 2003.

WORCMAN-BARNINKA, D.; LANDGRAF, M. Microbiologia de carne irradiada. In: SHIMOKOMAKI, M.; OLIVIO, R.; TERRA, N.N.; FRANCO, B.D.G.M. **Atualidades em ciência e tecnologia de carnes**, Varela: São Paulo, 2006. p.147–154.