

## RADIAÇÃO GAMA NA REDUÇÃO DA MICROBIOTA DE CARNE DE SIRI (*Callinectes sapidus*) PRÉ-COZIDA, CONGELADA E INSPECIONADA

Érica Barbosa SANTOS <sup>1</sup>; Samira Pirola Santos MANTILLA <sup>1</sup>; Rafaella Agüero da SILVA <sup>1</sup>; Anna Carolina Vilhena da Cruz Silva CANTO <sup>1</sup>; Emilia do Socorro Conceição de Lima NUNES <sup>1</sup>; Robson Maia FRANCO <sup>1</sup>; Edgar Francisco Oliveira de JESUS <sup>2</sup>

### RESUMO

O objetivo da pesquisa foi investigar a eficiência da radiação gama sobre a carga bacteriana da carne de sirí (*Callinectes sapidus*) pré-cozida, congelada e inspecionada. Após a exposição das amostras à radiação proveniente de uma fonte de <sup>60</sup>Co nas doses de 3,0 kGy e 5,0 kGy, realizaram-se as análises bacteriológicas de enumeração de *Enterococcus* spp, e contagem de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas e psicrotróficas, por meio da técnica dos tubos múltiplos e semeadura em profundidade com o ágar padrão para contagem respectivamente. Não houve diferença significativa na redução dos grupos bacterianos analisados entre as duas doses utilizadas, porém, para a contagem de psicrotróficos, houve diferença estatística entre o grupo controle e o irradiado. As dosagens de 3,0 e 5,0 kGy podem ser utilizadas de maneira satisfatória na eliminação de bactérias psicrotróficas de carne de sirí congelada.

**Palavras-chave:** Conservação; *Enterococcus* spp.; bactérias mesófilas; cobalto 60

## GAMMA RADIATION IN REDUCING THE MICROFLORA OF CRAB MEAT (*Callinectes sapidus*) PRE-COOKED, FROZEN AND INSPECTED

### ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the efficiency of gamma radiation on the microbiota of pre-cooked, frozen and inspected crab meat (*Callinectes sapidus*). After exposure of the samples to radiation from a <sup>60</sup>Co at doses of 3.0 kGy and 5.0 kGy, there were the bacteriological analysis of the enumeration of *Enterococcus* spp, and counting of mesophilic aerobic heterotrophic bacteria and psychrotrophic by the technique of multiple tubes and pour plate with the agar plate count respectively. There was no significant difference in reducing the bacterial groups examined between the two doses used, however, to the count of psychrotrophic there was statistical difference between the control group and irradiated. The doses of 3.0 and 5.0 kGy can be used satisfactorily for the disposal of psychrotrophic bacteria from frozen crab meat.

**Key words:** Conservation; *Enterococcus* spp.; mesophilic bacteria; cobalt 60

---

**Artigo Científico:** Recebido em: 08/04/2010 – Aprovado em: 23/11/2010

<sup>1</sup> Faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense. Rua Vital Brazil Filho, 64 - Vital Brazil - CEP: 24.230-340 - Niterói - RJ. e-mail: ericaebs@hotmail.com, samiramantilla@yahoo.com.br, rafaella\_aguero@yahoo.com.br, anna\_canto@yahoo.com.br, emilia@ufpa.br, robsonmf@vm.uff.br

<sup>2</sup> Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Nuclear. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Centro de Tecnologia, Bloco I, sala 133 - Cidade Universitária Ilha do Fundão - CEP: 21.945-970 - Rio de Janeiro - RJ. e-mail: edgar.jesus@pq.cnpq.br

## INTRODUÇÃO

Peixes, moluscos e crustáceos são componentes alimentares altamente desejáveis para uma dieta saudável. Entretanto, por fatores diversos, podem se tornar risco para a saúde do consumidor. O pescado pode ser veiculador de uma gama de microrganismos patogênicos para os humanos. O lançamento de esgotos sanitários não tratados nas águas do mar contribui decisivamente na contaminação desses animais. Outra fonte de contaminação importante é o manejo do pescado, desde o momento da captura até a sua destinação final, após passar por inúmeras fases de processamento e transporte, muitas vezes sem o congelamento e/ou, pelo menos, o resfriamento necessário para evitar a multiplicação microbiana (MARQUES e PEREIRA, 1988).

Com relação à poluição marinha na área metropolitana do Rio de Janeiro e Niterói, a região da Baía de Guanabara é o ambiente que se apresenta mais impactado, com reflexos na coluna d'água, na biota e até mesmo nos sedimentos. Isso ocorre principalmente devido ao tempo ao qual está submetida à fontes de poluentes, à quantidade e variedade de substâncias descartadas e ao fato de possuir circulação relativamente restrita, a não ser ao longo do seu canal principal (KJERFVE *et al.*, 1997). Diariamente, são descartados, na Baía de Guanabara, cerca de 400 toneladas de efluentes domésticos, dos quais apenas uma pequena parte recebe algum tipo de tratamento, seis toneladas de lixo doméstico, sete toneladas de óleo, 0,3 toneladas de metais pesados e 64 toneladas de matéria orgânica de origem industrial (PDBG, 2009).

A microbiota da carne de siri é variada e pode conter bactérias do gênero *Enterococcus*, que são consideradas indicadores de contaminação fecal em alimentos tratados por processos físicos e/ou químicos usados rotineiramente em produtos de origem animal. Estes microrganismos apresentam grande importância em segurança alimentar, uma vez que podem determinar o aparecimento de aminas biogênicas, dentre as quais a histamina, podendo ocasionar intoxicação alimentar nos consumidores.

Apesar das limitações do uso de *Enterococcus* spp. como indicadores de contaminação fecal, sua presença em número elevado em alimentos indica

práticas sanitárias inadequadas ou exposição do alimento a condições que permitam a multiplicação de microrganismos indesejáveis (FRANCO e LANDGRAF, 2003).

Objetivando-se minimizar os aspectos interferentes em produzir alimentos seguros, pode-se utilizar o processo de irradiação. Do ponto de vista de saúde coletiva, a irradiação é aplicada aos alimentos visando garantir sua qualidade higiênico-sanitária, da mesma forma que outros métodos de conservação de alimentos, através da redução ou eliminação da microbiota saprofítica. Além disso, a maioria dos agentes etiológicos transmitidos por alimentos pode ser eliminada por doses subesterilizantes de irradiação e este processo pode, ainda, promover a extensão do prazo de validade comercial dos produtos (MANTILLA *et al.*, 2009).

A Resolução - RDC nº 21 de 26/01/2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, não estabelece doses fixas de irradiação em alimentos, mas diz que estas devem preservar a qualidade do produto final (físicoquímica, sensorial e microbiológica). Também estabelece que qualquer alimento poderá ser tratado por radiação, desde que sejam observadas as seguintes condições: a) a dose mínima absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida; b) a dose máxima absorvida deve ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e ou os atributos sensoriais do alimento (BRASIL, 2001b).

A dose de radiação necessária para assegurar a qualidade higiênica de pescados frescos ou congelados varia de 1,0 a 5,0 kGy, dependendo do produto e do seu estado físico (LANDGRAF, 2001).

Alguns pesquisadores observaram o efeito da radiação gama na microbiota de pescado como DIAS *et al.* (2003) e VALENTE *et al.* (2006), os quais encontraram considerável redução nas contagens de bactérias psicrófilas em amostras resfriadas e congeladas de ostra nativa e de mexilhões irradiadas a 2,0 kGy de dose. CALIXTO *et al.* (2009a e 2009b) também relatou diminuição na contagem de bactérias mesófilas e psicrófilas em amostras de lula irradiadas nas doses de 1,5 e 3,0 kGy.

Nesse trabalho, investigou-se a eficácia da aplicação da radiação gama, utilizando-se duas

doses de radiação (3,0 e 5,0 kGy) sobre as bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas, bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas e *Enterococcus* spp. presentes na carne de siri azul (*Callinectes sapidus*) pré-cozida, congelada e inspecionada.

## MATERIAL E MÉTODOS

Na amostragem aplicada, foram consideradas as condições e medidas de boas práticas adotadas na indústria de pescado sob Serviço de Inspeção Federal (SIF), onde a matéria-prima foi inicialmente pré-cozida a 120°C, com 02 Kg/cm<sup>2</sup> de pressão, durante oito minutos e, em seguida, resfriada e congelada. Posteriormente, foi acondicionada em sacos de polietileno com capacidade de 2,28 Kg.

As amostras de carne de siri congeladas foram obtidas do estabelecimento produtor (Estado de Santa Catarina), e divididas, assepticamente, em 30 amostras de 200 g e transportadas para o Laboratório de Instrumentação Nuclear (LIN) da COPPE (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia/UFRJ), em recipiente isotérmico.

Foi feita a separação em três grupos, sendo 10 para o grupo 1 – amostra não irradiada (controle), 10 para o grupo 2 – irradiada com 3,0 kGy, e 10 para o grupo 3 – irradiada com 5,0 kGy.

No laboratório, as amostras dos grupos 2 e 3 passaram por processo de irradiação, ainda congeladas, com tempo de exposição de 52 e 86 minutos, respectivamente, no Irradiador “Gamma cell”, 220 da Nordion, provido de fonte de gama do <sup>60</sup>Co, com taxa de dose de 58 Gy min<sup>-1</sup>.

Após o tratamento, as 20 amostras irradiadas (grupo 1 e 2) e as 10 amostras não-irradiadas (controle) foram mantidas congeladas a - 18°C. Foram, então, transportadas para o Laboratório de Controle Microbiológico de Produtos de Origem Animal da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense, onde realizaram-se as análises microbiológicas: contagem de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas, bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas e enumeração de *Enterococcus* spp.. No dia em que antecedeu as análises, as amostras foram mantidas em refrigerador (“overnight”) a

4,5°C, para o descongelamento. Semanalmente, três amostras eram submetidas às análises microbiológicas, na seguinte ordem: as três primeiras dos grupos 0,0 kGy, 3,0 kGy e 5,0 kGy. Na outra semana, a segunda amostra de cada um desses três grupos e assim por diante, até a amostra 10 de cada grupo, totalizando 10 semanas de análises.

A enumeração de *Enterococcus* spp. seguiu a metodologia descrita no Manual MERCK (2001) modificada por LEITE e FRANCO (2009), com miniaturização da técnica. Das amostras descongeladas, foram pesadas assepticamente 25 g e homogeneizadas em 225 mL de Solução Salina Peptonada (SSP) a 0,1% em “Stomacher”, em velocidade normal, por dois minutos. Após o preparo das diluições sucessivas em SSP (0,1%), foram semeados 100 µL (0,1 mL) do inóculo em três séries de três “Eppendorf” contendo, cada um, 1000 µL (1 mL) do meio “Chromocult Enterococci Broth”. A incubação ocorreu a 45°C, durante 24h a 48h, até obter a mudança de coloração do caldo amarelado para verde azulado, o que indicava a presença de bactérias deste gênero. Após a leitura, foi realizado o cálculo do NMP por grama de amostra, aplicando-se a fórmula  $NMP = NMP \times \text{Fator de diluição intermediário} \times 10$  (fator de correção)/100.

A contagem de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas e psicrotróficas foi realizada de acordo com COUSIN *et al.* (2001) e MORTON (2001). Foram transferidos 100 microlitros da amostra diluída pra placas de Petri e, posteriormente, foram adicionados em torno de 18 mL do meio de cultura Ágar Padrão para Contagem, por meio da técnica de semeadura em profundidade. As placas para contagem de bactérias mesófilas foram incubadas em estufa a 35-37°C por 24h, e as para contagem de bactérias psicrotróficas foram incubadas a 4°C por 10 dias. A leitura foi realizada com auxílio de contador de colônia do tipo Quebec®. Após incubação, selecionaram-se as placas e contaram-se todas as Unidades Formadoras de Colônias (UFC) crescidas nas placas que apresentaram entre 25 e 250 UFC. Posteriormente, fizeram-se as interpretações dos resultados.

Os grupos de dados foram descritos por intermédio das estatísticas média, desvio padrão,

mediana e intervalo interquartilico. Dada a pouca quantidade de observações por grupo de dados, o teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para o estudo da normalidade em cada um deles. Quando os dados correspondentes a todos os níveis de irradiação para cada bactéria mostraram-se satisfazendo o critério de normalidade, os três grupos de dados foram comparados pela estatística F de Fisher-Snedecor utilizando-se a técnica da Análise da Variância (ANOVA). A indicação de significância estatística para a comparação coletiva dos grupos pela estatística F foi resolvida pelo teste da diferença honestamente significativa (DHS) de Tukey, o qual indicou quais duplas de grupos de dados diferiam entre si.

Quando os dados dos três níveis de irradiação de uma bactéria não satisfizeram o critério de normalidade, o teste de Kruskal-Wallis comparou-os coletivamente e o teste de Mann-Whitney foi identificado para indicar as diferenças individuais. Todas as decisões estatísticas foram referidas ao nível de significância  $\alpha = 0,05$  (5%).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma das vantagens que podem resultar da irradiação do pescado congelado é diminuição do número de microrganismos. Sempre que a carga bacteriana não afetar a qualidade sensorial, a extensão da validade comercial do produto descongelado aumenta consideravelmente, e os custos decorrentes das perdas diminuem. O mercado internacional poderia se beneficiar com a irradiação de pescado, crustáceos e moluscos usados como matéria-prima para processamentos posteriores em países importadores (VALDÉS, 2008).

De acordo com os resultados das análises bacteriológicas para a carne de siri (Tabela 1) observaram-se altas contagens de microrganismos nas amostras examinadas. Alimentos com contagens altas de microrganismos podem apresentar alterações sensoriais no sabor, odor e textura, além de possuírem um prazo de validade comercial menor.

AGNESE *et al.* (2001) também encontraram altas contagens de bactérias aeróbias mesófilas em amostras de peixe fresco comercializado no município de Seropédica (RJ), variando de 3,56 a 5,85 log UFC g<sup>-1</sup>. Da mesma forma, VIEIRA *et al.*

(2006) evidenciaram altas contagens de bactérias aeróbias mesófilas em carne de siri produzida em Antonina (Pr), variando de 4,1 a 5,4 log UFC g<sup>-1</sup>. OGAWA *et al.* (2008) verificaram contagens ainda mais altas de bactérias aeróbias mesófilas em carne de caranguejo uçá (*Ucides cordatus*) comercializada em Fortaleza, variando de 4,2 a 8,4 log UFC g<sup>-1</sup>.

Em relação às bactérias psicrotróficas, MOURA *et al.* (2003) detectaram altas contagens desse grupo bacteriano em amostras de camarão-rosa comercializado no município de São Paulo, variando de 4 a 7,5 log UFC g<sup>-1</sup>. CORDEIRO *et al.* (2007), analisando bivalves (mexilhões) da espécie *Perna perna*, provenientes de criatórios da região de Ubatuba, SP, também verificaram altas contagens de bactérias aeróbias psicrotróficas nas amostras, 3,96 log UFC g<sup>-1</sup>. A presença de número elevado de *Enterococcus* spp. em pescados, também foi evidenciada por VALENTE *et al.* (2006) que verificaram uma média de 2,08 log NMP g<sup>-1</sup> nas amostras de mexilhão obtidas no município de Niterói (RJ).

A Resolução RDC n° 12 de 02 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2001a), estabelece, para moluscos bivalves, carne de siri e similares cozidos, temperados e não, industrializados resfriados ou congelados, os seguintes valores de referência: 5 x 10 UFC de Coliformes a 45°C por grama; 10<sup>3</sup> UFC de *Staphylococcus* coagulase positiva por grama e ausência de *Salmonella* spp. em 25 gramas. Todavia, não determina padrões sobre a contagem de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas e psicrotróficas e nem relacionados à enumeração de *Enterococcus* spp. neste tipo de alimento. Altas contagens de bactérias nas amostras controle denotam a importância destes grupos bacterianos no produto analisado, principalmente as bactérias do gênero *Enterococcus*, que podem ocasionar surtos de intoxicações alimentares através da possível produção de histamina nos alimentos.

Observando-se as médias encontradas na enumeração de *Enterococcus* spp. nos três tratamentos (Tabela 1), verificou-se que houve uma maior redução bacteriana nas amostras irradiadas a 3,0 kGy em relação àquelas irradiadas a 5,0 kGy, sendo uma redução de 1,3 ciclos log e 1,2 ciclos log, respectivamente. Em contrapartida,

analisando-se a média para as amostras de mexilhões irradiadas a 3,0 kGy, VALENTE *et al.* (2006) observaram uma redução mais eficiente na população bacteriana quando comparado aos resultados obtidos no presente experimento, visto que, ao analisarem mexilhões irradiados nas doses 3,0 kGy, 5,0 kGy e 7,0 kGy, constataram

uma redução de 2,1 log NMP g<sup>-1</sup>, 2,0 log NMP g<sup>-1</sup> e 2,1 log NMP g<sup>-1</sup>, respectivamente. Porém, alguns autores, em seus experimentos com frutos do mar, observaram que doses menores que 1,0 kGy (0,37 kGy) reduziram entre 2 log a 3 log o número de *Enterococcus faecalis* (MALLET *et al.*, 1985; MALLET, 1991; MALLET *et al.*, 1991).

**Tabela 1.** Médias das contagens bacterianas encontradas nas amostras congeladas de carne de siri nos diferentes tratamentos (níveis de irradiação) e descrição paramétrica dos resultados

Grupo bacteriano	Nível de irradiação	n <sup>3(1)</sup>	Média <sup>(2)</sup>	Desvio padrão	Mediana	Intervalo quartílico
<i>Enterococcus</i> spp.	Controle (0,0 kGy)	10	2,135	1,633	2,165	3,0125
	3,0 kGy	10	0,858	0,607	0,490	1,0625
	5,0 kGy	10	0,894	0,852	0,490	0,4950
Bactérias Heterotróficas Aeróbias Mesófilas	Controle (0,0 kGy)	10	4,783	2,280	3,715	2,580
	3,0 kGy	10	3,743	3,517	3,115	6,7550
	5,0 kGy	10	3,624	,235	3,235	5,0350
Bactérias Heterotróficas Aeróbias Psicrotróficas	Controle (0,0 kGy)	10	4,893	1,296	4,990	1,7775
	3,0 kGy	10	2,549	1,715	2,380	1,5025
	5,0 kGy	10	1,985	1,878	1,650	3,1500

<sup>(1)</sup> - n significa número de amostras e <sup>3</sup> significa o número de repetições.

<sup>(2)</sup> - Log UFC g<sup>-1</sup> para bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas e psicrotróficas e Log NMP/g para *Enterococcus* spp.

Em relação às médias encontradas na contagem de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas, observou-se que, entre os tratamentos 0,0 kGy (controle) e 3,0 kGy, houve redução de 1,0 log UFC g<sup>-1</sup>, e entre os tratamentos controle e grupo 3 (5,0 kGy), a redução foi de 1,2 log UFC g<sup>-1</sup>. DIAS *et al.* (2003) também demonstraram uma eficiência da radiação gama na redução da microbiota de ostra nativa (*Crassostrea rhizophorae*) irradiadas a 2,0 kGy e congelada quando comparadas com o controle não irradiado.

VALDEZ E SZEINFELD (1989) constataram que filés de pescada irradiados apresentaram uma redução considerável no número de microrganismos deteriorantes. Essa informação pode ser complementada por ABU-TARBOURSH *et al.* (1996), que comprovaram que a irradiação é eficaz na extensão da validade comercial de diversos produtos de pescado refrigerado. Da mesma forma, CHEN *et al.* (1996) relataram que baixas doses de radiação gama (0-2,0 kGy) são eficientes na redução de microrganismos

patogênicos e deteriorantes em uma variedade de produtos do mar.

Outros pesquisadores também relataram a eficiência da irradiação gama em pescados no aumento do prazo comercial. NUNES e SILVA (1994), após submeterem amostras de peixe da espécie *Trachurus picturatus* a diferentes doses de irradiação (1,0, 2,0 e 3,0 kGy), observaram que este processo prolongou em duas a três vezes a validade comercial do pescado, quando comparado com amostras não irradiadas. Em seu experimento, ABREU *et al.* (2008), verificaram que as doses de 3,0 kGy e 5 kGy estenderam a validade comercial do pescado tamboril-pescador de dois para 11 dias e de dois para 18 dias, respectivamente.

Analisando-se as médias encontradas para as bactérias psicrotróficas, verificou-se que a radiação na dose de 3,0 kGy reduziu 2,3 log UFC g<sup>-1</sup>, e a dose de 5,0 kGy reduziu 2,9 log UFC g<sup>-1</sup>. As duas doses utilizadas na pesquisa foram eficientes na redução destes grupos bacterianos. Da mesma forma, CALIXTO *et al.* (2009b)

concluíram que a irradiação gama foi eficaz na redução de psicotróficos, nas doses de 1,5 e 3,0 kGy, podendo promover um aumento significativo do prazo de validade comercial das amostras analisadas. ABU-TARBOUSH *et al.* (1996), comparando carne de tilápia não irradiada e irradiada, também observaram vantagens no processo de irradiação e relataram que doses entre 3,0 e 4,5 kGy são suficientes e consideradas ideais para reduzir a microbiota e estender o prazo comercial de filés de tilápia em até 8 dias.

As diferenças estatisticamente significativas, observadas na comparação dos níveis de radiação, mostram eficácia das duas doses utilizadas na pesquisa (3,0 e 5,0 kGy) na redução dos psicotróficos. Em termos da média do número de

psicotróficos, a irradiação a 3,0 kGy resultou em uma redução de 47,9% em relação ao grupo controle enquanto a irradiação a 5,0 kGy reduziu em 59,4% o número destas bactérias em relação ao grupo controle.

O teste de Shapiro-Wilk aplicado aos grupos de dados permitiu identificar a satisfação do critério de normalidade. No caso dos *Enterococcus* spp. e das bactérias mesófilas, o critério de normalidade não foi satisfeito em todos os três níveis de radiação, o que justifica a utilização de testes não paramétricos para as comparações entre os tratamentos. Os valores correspondentes aos psicotróficos apresentaram-se normais nos três níveis de radiação, assim, as comparações foram realizadas através de testes paramétricos. Os resultados para este teste estão dispostos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Resultados do teste de Shapiro-Wilk (critério de normalidade)

Grupo bacteriano	Nível de radiação	Estatística de Shapiro-Wilk			
		W	Graus de liberdade	Valor-p	Critério de normalidade <sup>(1)</sup>
<i>Enterococcus</i> spp.	Controle (0,0 kGy)	0,850	10	0,064	SIM
	3,0 kGy	0,652	10	0,010 <sup>(2)</sup>	NÃO
	5,0 kGy	0,514	10	0,010 <sup>(2)</sup>	NÃO
Bactérias Heterotróficas Aeróbias Mesófilas	Controle (0,0 kGy)	0,722	10	0,010 <sup>(2)</sup>	NÃO
	3,0 kGy	0,892	10	0,235	SIM
	5,0 kGy	0,903	10	0,299	SIM
Bactérias Heterotróficas Aeróbias Psicotróficas	Controle (0,0 kGy)	0,883	10	0,182	SIM
	3,0 kGy	0,887	10	0,206	SIM
	5,0 kGy	0,912	10	0,351	SIM

<sup>(1)</sup> SIM – significa que os dados da respectiva bactéria no nível de radiação indicado na linha satisfaz critério de normalidade; NÃO – significa que os dados da respectiva bactéria no nível de radiação indicado na linha não são normais.

<sup>(2)</sup> Limite superior da real significância.

Para a comparação entre os níveis de radiação utilizados na pesquisa foi realizado o teste de Kruskal-Wallis (Tabela 3), ao nível de significância  $\alpha = 0,05$ , que para o *Enterococcus* spp. não apresentou evidências ( $p > 0,05$ ) de diferenças entre os tratamentos nos três níveis de radiação ( $H = 3,800$ ; g.l. = 2; valor-p = 0,150). Também para as bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas este teste não apresentou evidências ( $p > 0,05$ ) de diferenças entre os tratamentos nos três níveis de radiação ( $H = 0,852$ ; g.l. = 2; valor-p = 0,653). Para as bactérias heterotróficas aeróbias psicotróficas, o teste de

Levene, ao nível de significância  $\alpha = 0,05$ , indicou que os grupos não apresentam diferenças estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ) em suas variâncias ( $F = 0,644$ ; g.l. = 2; valor-p = 0,533).

A Análise da Variância (ANOVA), ao nível de significância  $\alpha = 0,05$  evidenciou existência de diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre os níveis de radiação ( $F = 8,756$ ; g.l. 2 e 27; valor-p = 0,001). O teste de Tukey permitiu identificar as diferenças existentes entre os grupos. A Tabela 3 resume os achados.

**Tabela 3-** Resultados do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre os níveis de radiação)

Tratamentos	3,0 kGy	5,0 kGy
0,0 kGy (controle)	$\Delta$ <sup>(1)</sup> = 2,3440 valor-p = 0,010 SIM <sup>(2)</sup>	$\Delta$ = 2,9080 valor-p = 0,010 SIM
3,0 kGy	X	$\Delta$ = 0,5640 valor-p = 0,727 NÃO <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>  $\Delta$  - Diferença entre as médias dos tratamentos segundo o método das Diferenças Honestamente Significantes (DHS) de Tukey.

<sup>(2)</sup> SIM: Indica diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre o tratamento indicado na linha e o tratamento indicado na coluna correspondente; NÃO<sup>(2)</sup>: Indica inexistência de diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) entre o tratamento indicado na linha e o tratamento indicado na respectiva coluna.

Quanto à redução do número das bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas, as aplicações de radiação nos níveis de 3,0 kGy e de 5,0 kGy apresentaram diferença estatisticamente significativa em relação ao grupo controle (0,0 kGy), não havendo evidências nas amostras pesquisadas de que esses dois níveis de radiação (3,0 e 5,0 kGy) diferissem entre si.

SOARES *et al.* (2009) também evidenciaram diferença estatisticamente significativa na redução bacteriana entre as amostras de carne de vieira congelada não irradiada e irradiada a 5,0 kGy. Entretanto, não houve diferença estatisticamente significativa entre as amostras controle e as amostras irradiadas a 2,0 kGy. Esta diferença em relação ao presente trabalho pode ser devida a menor dose de radiação utilizada (2,0 kGy) por SOARES *et al.* (2009).

## CONCLUSÕES

A radiação gama nas dosagens de 3,0 e 5,0 kGy podem ser utilizadas de maneira satisfatória na eliminação de bactérias heterotróficas aeróbias psicrotróficas de carne de siri congelada.

Pesquisas futuras com maior quantidade de amostras analisadas poderão aprofundar o conhecimento sobre a tendência de maior eficiência do nível de 5,0 kGy em relação ao nível de 3,0 kGy para este tipo de alimento.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, M.G.; FREITAS, M.Q.; JESUS, E.F.O.; CLEMENTE, S.C.S.; FRANCO, R.M.; BORGES, A. 2008 Caracterização sensorial e análise bacteriológica do peixe-sapo (*Lophius gastrophysus*) refrigerado e irradiado. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, 38(2): 498-503.
- ABU-TARBOUSH, H.M.; AL-KAHTANI, H.A.; ATIA, M.; ABOU-ARAB, A.A.; BAJABER, A.S.; EL-MOJADDIDI, M.A. 1996 Irradiation and postirradiation storage at 2 plus/minus 2 degree C of tilapia (*Tilapia nilotica* x *T. aurea*) and Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*): and microbial assessment. *Journal of Food Protection*, Des Moines, 59(1): 1041-1048.
- AGNESE, A.P.; OLIVEIRA, V.M. de; SILVA, P.P.O. da; OLIVEIRA, G.A. de 2001 Contagem de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas e enumeração de coliformes totais e fecais, em peixes frescos comercializados no município de Seropédica - RJ. *Revista Higiene Alimentar*, São Paulo, 15(88): 67-70.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) 2001a Resolução - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12\\_01rdc.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm)> Acesso em: 25 mar. 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) 2001b Resolução - RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico para irradiação de alimentos. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/21\\_01rdc.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/21_01rdc.htm)> Acesso em: 12 jan. 2009.
- CALIXTO, F.A.A.; MESQUITA, E.F.M.; FRANCO, R.M.; VITAL, H.C.; SOARES, I.C.; SANTOS, M.A.V. 2009a Alteração do Número de Bactérias Mesófilas em Anéis de Lula Congelados após Irradiação. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO, 4., E CONGRESSO BRASILEIRO DE HIGIENISTAS DE ALIMENTOS, 10., Florianópolis, 21-24/abr./2009. *Anais... Revista Higiene Alimentar*, v. 23.

- CALIXTO, F.A.A.; MESQUITA, E.F.M.; FRANCO, R.M.; VITAL, H.C.; SOARES, I.C.; MURAYAMA, E. 2009b Alteração do número de bactérias psicrotróficas em anéis de lula congelados após irradiação. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO, 4., E CONGRESSO BRASILEIRO DE HIGIENISTAS DE ALIMENTOS, 10., Florianópolis, 21-24/abr./2009. *Anais... Revista Higiene Alimentar*, v. 23.
- CHEN, Y.; ANDREWS, L.; GRODNER, R. 1996 Sensory and microbial quality of irradiated crab meat products. *Journal of Food Science*, Malden, 61(6): 1239-1242.
- CORDEIRO, D.; GUIMARÃES LOPES, T.; OETTERER, M.; PORTO, E.; GALVÃO, J. 2007 Qualidade do mexilhão *Perna perna* submetido ao processo combinado de cocção, congelamento e armazenamento. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, Curitiba, 25(1): 165-179.
- COUSIN, M.A.; JAY, J.M.; VASAVADA, P.C. 2001 Psychrotrophic Microorganisms. In: DOWNES, F. P.; ITO, K. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. 4ed. Washington: American Public Health Association (APHA). p.159-166.
- DIAS, J.F.B.; MESQUITA, E.F.M.; FRANCO, R.M.; JESUS, E.F.O.; OLIVEIRA, L.A.T. 2003 Redução da carga bacteriana da ostra nativa [*Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828)] *in natura*, resfriada e congelada, através da radiação gama. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE HIGIENISTAS DE ALIMENTOS, 1., e CONGRESSO BRASILEIRO DE HIGIENISTAS DE ALIMENTOS, 7., Belo Horizonte, 15-18/out./2003. *Anais... Revista Higiene Alimentar*. São Paulo: GT Editora, 2003. v.17. p. 1-224.
- FRANCO, B.D.G.M. e LANDGRAF, M. 2003 Controle do Desenvolvimento Microbiano nos Alimentos. In: FRANCO, B.D.G.M. *Microbiologia dos Alimentos*. São Paulo: Editora Atheneu, 182p. cap. 7, p. 109-148.
- KJERFVE, B.; RIBEIRO, C.H.A.; DIAS, G.T.M.; FILIPPO, A.M.; QUARESMA, V.D.S. 1997 Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. *Continental Shelf Research*, Southampton, 17: 1609-1643.
- LANDGRAF, M. 2001 Radiosensitivity of *Salmonella* spp. and *Vibrio parahaemolyticus* incorporated in oyster (*Crassostrea brasiliana*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICORBIOLOGIA, 21., Foz de Iguaçu. *Anais... p. 401-401.*
- LEITE, A.M.O. e FRANCO, R.M. 2009 Enumeração e Identificação bioquímica de *Enterococcus* spp. em carne de frango comercializada no Rio de Janeiro. *Higiene Alimentar*, São Paulo, 23: 155-159.
- MALLET, J.C.; KAYLOR, J.D.; LICCIARDELLO, J.J. 1985 Depuration of bacterially contaminated live and shucked soft shelled clams *Mya arenaria*, by gamma irradiation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOOD IRRADIATION PROCESSES, Washington, D.C. *Proceedings...* Washington, D.C.: FAO, 1985. p. 241-242.
- MALLET, J.C. 1991 Effect of ionization in *Crassostrea virginica* (American oyster). Activities report and minutes of work groups and sub-work groups of the R&D Associates. *Research and Development Associates for Military Food and Packaging Systems*, 43: 120-130.
- MALLET, J.C.; BEGHIAN, L.E.; METCALF, T. 1991 Potencial of irradiation technology for improved shellfish sanitation. In: OTWELL, W.S.; RODRICK, G.E.; MARTIN, R.E. *Molluscan shellfish depuration*. Michigan: CRC, ICMSF. p.247-257.
- MANTILLA, S.P.S.; FRANCO, R.M.; OLIVEIRA, L.A.T.; SANTOS, E.B.; GOUVEA, R.; BRAZ, D.; DE JESUS, E.F.O. 2009 Irradiação gama na eliminação de bactérias do gênero *Listeria* presentes naturalmente na carne bovina moída. *Revista Higiene Alimentar*, São Paulo, 23: 118-123.
- MARQUES, H.L.A. e PEREIRA, R.T.L. 1988 *Mexilhões, Biologia e Criação*. Boletim Técnico do Instituto de Pesca - Secretaria de Agricultura e Abastecimento - Coordenadoria de Pesquisa Agropecuária - Governo do Estado de São Paulo, 12: 32p.

- MERCK. 2001 *Microbiology Manual Cultura Media*. Dormstadt, Germany, 405p. p.309-320.
- MORTON, R.D. 2001 Aerobic Plate Count. In: VANDERZANT, C.; SPLITSTOESSER, D.F. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. 4ed. Washington: American Public Health Association (APHA), 676p. cap. 7, p.63-67.
- MOURA, A.F.P. de; MAYER, M.D.B.; LANDGRAF, M.; TENUTA FILHO, A. 2003 Qualidade química e microbiológica de camarão-rosa comercializado em São Paulo. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, São Paulo, 39(2): 203-208.
- NUNES, M.L. e SILVA, H.A. 1994 Sensory and microbiological assessment of irradiated bluejack mackerel (*Trachurus picturatus*). *Journal Science Food Agriculture*, Malden, 66: 175-180.
- OGAWA, M.; SILVA, A.I.M. da; OGAWA, N.B.P.; MAIA, E.L.; NUNES, M.L. 2008 Adequações tecnológicas no processamento da carne de caranguejo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 28(1): 78-82.
- PDBG. Programa de Despoluição da Baía de Guanabara 2009 Disponível em: <[http://www.pdbg.org.br/carga\\_desp.htm](http://www.pdbg.org.br/carga_desp.htm)> Acesso em: 29 mar. 2009.
- SOARES, I.C.; MESQUITA, E.F.M.; FRANCO, R. M.; VITAL, H.C.; CALIXTO, F.A.A.; RUBIÃO, C.A. 2009 Análise Bacteriológica de Carne de Vieira, *Nodipecten nodosus* (Mollusca: Bivalvia), congelada e Irradiada. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO, 4., E CONGRESSO BRASILEIRO DE HIGIENISTAS DE ALIMENTOS, 10., Florianópolis, 21-24/abr/2009. *Anais... Revista Higiene Alimentar*. São Paulo: GT Editora, 2009. v.23.
- VALDÉS, E. 2008 Preservación de pescado por medio de radiaciones ionizantes. *Revista Info Pesca Internacioanal*, 36: 8-33. Disponível em: <<http://www.cebra.com.uy/responsable/adjuntos/2008/12/preservacion-de-pescado.pdf>> Acesso em: 06 ago. 2010.
- VALDEZ, E. e SZEINFELD, D. 1989 Irradiacion del pescado com cobalto 60 para prolongar su conservacion. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, Washington, 106(1): 41-47.
- VALENTE, A.M.; FRANCO, R.M.; MESQUITA, E.F.M.; JESUS, E.F.; OLIVEIRA, L.A.T.; CARVALHO, J.C.A.P.; KASNOWSKI, M.C.; FREITAS, M.Q. 2006 Enumeração, identificação e sorotipagem de coliformes termotolerantes (*E. coli*) em mexilhões [*Perna perna* (Linnaeus, 1758)] submetidos a doses de radiação de 3,0, 5,0 e 7,0 kGy. *Revista Higiene Alimentar*, São Paulo, 20: 111-118.
- VIEIRA, D.M.; NAUMANN, C.R.C.; ICHIKAWA, T.; CÂNDIDO, L.M.B. 2006 Características microbiológicas de carne de siri beneficiada em Antonina (Pr) antes e após a adoção de medidas de boas práticas. *Scientia Agraria*, Curitiba, 7(1): 41-48.