

# BACTÉRIAS DETERIORANTES EM FILÉS DE FRANGO EMBALADOS EM AR, VÁCUO E IRRADIADOS: PARÂMETROS BACTERIOLÓGICOS DE DESENVOLVIMENTO E PRAZO COMERCIAL<sup>1</sup>

Samira Pirola Santos Mantilla<sup>2</sup>, Érica Barbosa Santos<sup>2</sup>, Carlos Adam Conte Júnior<sup>3</sup>, Sérgio Borges Mano<sup>2</sup>, Hélio de Carvalho Vital<sup>4</sup>, Robson Maia Franco<sup>2</sup>

## ABSTRACT

BACTERIAL DETERIORANTS IN CHICKEN BREAST FILLET PACKAGED IN AIR, VACUUM AND IRRADIATED: BACTERIOLOGICAL GROWTH PARAMETERS AND SHELF-LIFE

The objective of this research was to evaluate the effect of packaging in 100% air and vacuum, combined with radiation (2 kGy and 3 kGy), on chicken breast fillet shelf-life by evaluation of bacterial deteriorants growth and pH variation parameters. The vacuum packaging increased shelf-life, when compared to commercial packaging in 100% air, both in non-irradiated and irradiated to 3 kGy fillets. The irradiation increased the shelf-life of fillet samples at both doses. The lactic acid bacteria were the organisms that most developed in irradiated samples, showing greater radioresistance, as compared to other microorganisms studied, while the enterobacteria showed greater sensitivity to treatment with ionizing radiation. The vacuum packaging, combined with irradiation, can be used to improve the safety of chicken breast fillets and to extend its shelf-life.

KEY-WORDS: Deterioration; chicken meat; vacuum packaging; meat radiation.

## RESUMO

O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito do uso de embalagens, em 100% ar e a vácuo, combinadas com a radiação gama (2 kGy e 3 kGy), no aumento do prazo de validade comercial de filé de peito de frango resfriado, avaliando-se os parâmetros de desenvolvimento de bactérias deteriorantes e a variação do pH das amostras. A embalagem a vácuo aumentou o prazo de validade comercial, quando comparada à embalagem em 100% ar, tanto nos filés não irradiados, como nos irradiados a 3 kGy. A irradiação das amostras, nas duas doses utilizadas, aumentou, consideravelmente, a validade comercial desse alimento. As bactérias lácticas foram os micro-organismos que mais se desenvolveram nas amostras irradiadas, confirmando, assim, uma maior radioresistência, quando comparada com os outros micro-organismos estudados, enquanto as enterobactérias demonstraram maior sensibilidade ao tratamento com radiação ionizante. A embalagem a vácuo, combinada com a tecnologia de irradiação, pode ser utilizada para melhorar a segurança de filés de peito de frango resfriados e para estender seu prazo de validade comercial.

PALAVRAS-CHAVE: Deterioração; carne de frango; embalagem a vácuo; radiação de carne; radiação gama.

## INTRODUÇÃO

A carne de frango é um alimento de origem animal, rico em proteínas de alto valor biológico e, financeiramente, acessível para as diferentes classes econômicas. Porém, por ser um alimento bastante perecível, exige métodos de conservação, como a utilização do frio, na cadeia produtiva. O congelamento de carne de frango é a tecnologia mais utilizada. Entretanto, muitos estudos revelam que o mesmo altera as características originais do alimento.

Visando a aumentar a validade comercial de produtos cárneos, a embalagem a vácuo vem sendo

utilizada, por conservar as características sensoriais do produto. No entanto, através desta tecnologia, não é possível prolongar o prazo de vida comercial destes alimentos por longos períodos. Assim, a aplicação da radiação gama, como método combinado à embalagem, pode ser utilizada para estender, ainda mais, a sua validade comercial e, conforme muitos pesquisadores têm demonstrado (Grandison et al. 1993, Lee et al. 1995, Chouliara et al. 2008), a eficiência na produção de alimentos seguros.

As alterações microbianas na carne de aves dependem da qualidade inicial da mesma e das condições de armazenamento. Contudo, a micro-

1. Trabalho recebido em maio/2009 e aceito para publicação em set./2009 (nº registro: PAT 6194).

2. Universidade Federal Fluminense, Faculdade de Veterinária, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Niterói, RJ, Brasil.  
*E-mails:* samiramantilla@yahoo.com.br, ericaebs@hotmail.com, mtasbm@vm.uff.br, robsonmf@vm.uff.br.

3. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Departamento de Bioquímica, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.  
*E-mail:* carlosconte@hotmail.com.

4. Centro Tecnológico do Exército, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *E-mail:* vital@ctex.eb.br.

biota inicial e sua possibilidade de desenvolvimento dependem de todo um conjunto de fatores que intervêm nas distintas etapas da produção (Bourgeois 1994).

Em relação à microbiota psicrotrófica, os micro-organismos encontrados na carne, logo após o abate, são muito variados, tais como *Pseudomonas* spp., *Acinetobacter* spp., *Aeromonas* spp., enterobactérias, corynebactérias e micrococcos, entre outros. Estes tipos bacterianos podem variar, dentre outros motivos, em função do modo de abate da ave. Quando utilizada a embalagem a vácuo, as *Pseudomonas* spp. não conseguem se desenvolver, devido à condição de ausência de oxigênio no meio. Nestas condições, os micro-organismos microaeróbios, como *Brochothrix thermosphacta* e lactobacilos, são os que predominam. Entretanto, já foi demonstrado que, durante tratamentos tecnológicos, como a irradiação, por exemplo, ocorre uma seleção da microbiota e, neste caso, há um crescimento, preferencialmente, de *Acinetobacter* (Bourgeois 1994).

Uma norma do USDA, publicada em 21 de setembro de 1992, permite a irradiação de carne de aves frescas ou congeladas e produtos de frango, incluindo-se carne mecanicamente separada e carne moída, nas doses de 1,5 kGy a 3 kGy (Lee et al. 1995). Muitos países utilizam o método de maneira limitada, enquanto outros (30 ou mais países) aprovam o processo de irradiação para diversos alimentos. Este método de preservação não é utilizado em maior escala, em parte, devido à suposição de que o consumidor reluta em comprar o produto irradiado (Pelczar et al. 1997).

No Brasil, a irradiação de alimentos ainda é pouco divulgada, sendo, praticamente, restrita a alguns produtos destinados à exportação. Felizmente, já se observa, por parte de algumas instituições de pesquisa, um crescente esforço na divulgação dos grandes benefícios e no esclarecimento dos aspectos mais fundamentais dessa técnica (Hernandez et al. 2003).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito combinado e a eficiência do uso de embalagens em 100% ar e a vácuo com o uso de doses de irradiação gama (2 kGy e 3 kGy), no aumento do prazo de vida comercial de amostras de filé de peito de frango resfriado, avaliando-se os parâmetros de desenvolvimento das bactérias deteriorantes e a variação do pH das amostras.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em duas etapas. Na primeira, foram obtidos 2 kg de filé de peito de frango resfriado, em comércio varejista, no município de Niterói, RJ, sendo transportados, em caixa de polímero expandido com gelo, para o Laboratório de Controle Microbiológico de Produtos de Origem Animal, do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal Fluminense, onde foram realizadas as análises bacteriológicas e a aferição de pH, considerando-se o dia zero. Por meio da técnica de contagem em placas, foram determinadas as populações de Bactérias Heterotróficas Aeróbias Mesófilas (CBHAM), Bactérias Heterotróficas Aeróbias Psicrotróficas (CBHAP), bactérias pertencentes à família *Enterobacteriaceae* e bactérias ácido lácticas.

A amostra foi dividida, assepticamente, em 20 subamostras de, aproximadamente, 18 g cada, as quais foram acondicionadas em embalagens plásticas, com estrutura em multicamadas de baixa permeabilidade a gases. Foram formados dois grupos, compostos por dez subamostras cada: 1) Grupo controle (A) - embalagens preenchidas com ar atmosférico; e 2) Grupo vácuo (V) - foi removido o ar contido na embalagem. As subamostras foram, então, estocadas em geladeira, a  $1^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ , durante todo o experimento. As análises bacteriológicas, assim como a aferição de pH das amostras, foram realizadas nos dias 1, 3, 5, 7, 9, 12 e 18 de estocagem.

Utilizou-se a técnica de semeadura em profundidade, com Ágar Padrão para Contagem, para CBHAM e CBHAP; Ágar Violet Red Bile Glucose (VRBG), para bactérias da família *Enterobacteriaceae*; e Ágar "Man, Rogosa and Sharpe" (MRS), para bactérias ácido lácticas.

Para o preparo das amostras, foram utilizados 162 mL de Solução Salina Peptonada 0,1% (SSP), para a diluição  $10^{-1}$  e homogeneização em "stomacher". Em seguida, foram feitas as diluições seriadas, até  $10^{-6}$ , com inóculos de 100  $\mu\text{L}$ , em tubos do tipo "ependorf", contendo 900  $\mu\text{L}$  de SSP, com auxílio de pipeta automática e ponteiras esterilizadas. Foram transferidos 100  $\mu\text{L}$  de inóculo de cada diluição para placas esterilizadas descartáveis e, posteriormente, foram adicionados em torno de 18 mL dos meios de cultura específicos fundidos e resfriados. As placas foram incubadas em estufa, a  $35-37^{\circ}\text{C}$ , por 24 a 48 horas, com exceção das placas

contendo o meio para contagem de bactérias psicrotróficas, as quais foram incubadas em geladeira, a 4°C, por 7 a 10 dias.

Na segunda etapa do experimento, também foram obtidos 2 kg de filé de peito de frango, sob as mesmas condições, divididos em quatro grupos: 1) Grupo embalado com ar e irradiado a 2 kGy (A2); 2) Grupo embalado a vácuo e irradiado a 2 kGy (V2); 3) Grupo embalado em ar e irradiado a 3 kGy (A3); e 4) Grupo embalado a vácuo e irradiado a 3 kGy (V3); sendo, então, termossoldados. Foram realizadas as mesmas análises anteriormente citadas.

Como a contagem inicial foi diferente nas duas etapas do experimento, procedeu-se a um cálculo matemático, para se obter a mesma contagem inicial para todos os grupos, objetivando-se comparar o crescimento bacteriano dos grupos entre si. Para isso, dividiu-se a contagem bacteriana inicial de cada tratamento pelo próprio valor, obtendo-se o valor 1. As contagens subsequentes também foram divididas pela contagem inicial. O resultado foi transformado em log UFC/g, sendo a contagem inicial de todos os tratamentos sempre zero, pois o log de 1 é zero.

O crescimento da população bacteriana foi descrito mediante a equação modificada de Gompertz (Gibson et. al. 1987). Utilizou-se, para isso, um programa computacional idealizado pelo Dr. József Baranyi, do Institute of Food Research, Reading Laboratory, UK (Baranyi & Roberts 1994).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste experimento são apresentados nas Figuras 1 e 2 e na Tabela 1, onde pode ser observado que, de maneira geral, quanto maior a dose de irradiação utilizada, maior foi a fase de latência, logo, maior foi o prazo comercial do filé de frango resfriado.

### *Prazo de validade comercial*

A embalagem a vácuo aumentou o prazo de vida comercial, em relação à embalagem em 100% ar, nos filés não irradiados e naqueles irradiados a 3 kGy. No entanto, não houve diferença no tempo de validade comercial daqueles filés embalados em ar e a vácuo e irradiados a 2 kGy. A irradiação das amostras embaladas com ar, na dose de 3 kGy, aumentou em mais de duas vezes o prazo comercial desse alimento.

Resultados semelhantes foram encontrados por Grandison & Jennings (1993), em que as amostras não irradiadas de carne moída de frango, embaladas com ar, deterioraram-se no 2º dia de estocagem, o que foi evidenciado pela presença de odores desagradáveis. No referido estudo, nas amostras irradiadas a 1 kGy, a população de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas reduziu-se em um ciclo logarítmico, ficando as amostras inaceitáveis para o consumo após o 5º dia, pela alta contagem bacteriana. Nas amostras irradiadas a 3,1 kGy, essas populações foram reduzidas em torno de dois ciclos logarítmicos, demonstrando uma maior validade comercial do que a daquelas irradiadas a 1 kGy.

### *Bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas*

As populações bacterianas foram reduzidas nas amostras irradiadas, quando comparadas às não irradiadas. Contudo, de acordo com os dados observados na Figura 1 (A), as bactérias não foram totalmente eliminadas. Heath et al. (1990) também verificaram que as populações de bactérias presentes nos cortes de coxas e peitos de frango, irradiados com 1 kGy, 2 kGy e 3 kGy, foram reduzidas, mas não eliminadas.

As bactérias aeróbias mesófilas apresentaram maior fase lag, nos tratamentos V3>A3>A2>V2>CV>CA, fazendo com que o prazo de validade comercial dos filés irradiados a 3 kGy fosse maior do que naqueles irradiados a 2 kGy, seguidos pelos filés embalados a vácuo e, por último, em 100% ar. Neste estudo, as populações de bactérias aeróbias mesófilas, embaladas com ar e irradiadas a 2 kGy e 3 kGy, reduziram dois ciclos logarítmicos na curva de crescimento (Figura 1- A), enquanto as embaladas a vácuo e irradiadas a 2 kGy e 3 kGy reduziram somente 0,5 ciclo log. Achados semelhantes foram encontrados por Lescano (1991), que irradiou peito de frango com 2,5 kGy, verificando que a população total de bactérias reduziu, aproximadamente, dois ciclos log, alcançando o nível de 10<sup>6</sup> UFC/g, por volta do 19º dia após o abate. Em contrapartida, Thayer et al. (1995) constataram que as bactérias totais de asas de frango, irradiadas com uma dose menor que 1,4 kGy, foram reduzidas em torno de dois ciclos logarítmicos.

Neste experimento, em todos os tratamentos, a fase de adaptação foi maior no V3 e menor no A,

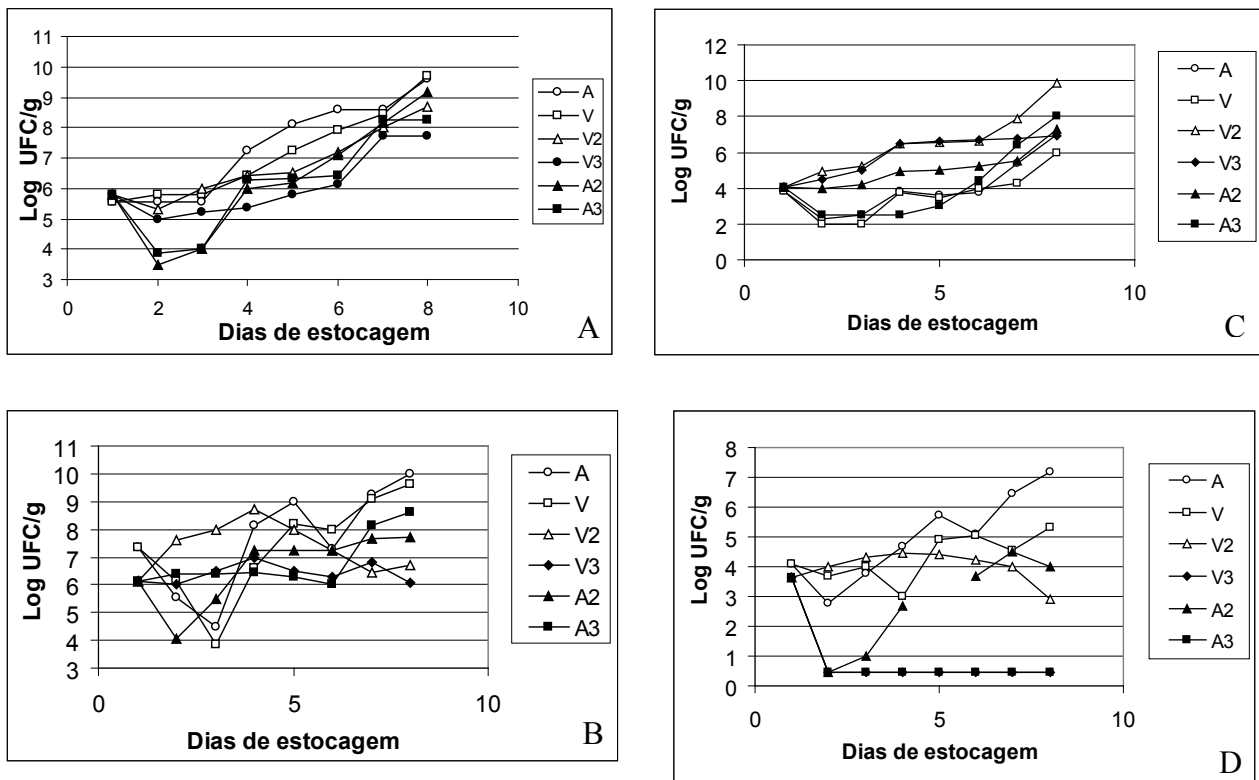


Figura 1. Desenvolvimento das bactérias em todos os tratamentos, durante os 18 dias de estocagem, a 1°C: A- Bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas; B- Bactérias heterotróficas aeróbias psicrotóficas; C- Bactérias lácticas; D- Enterobactérias.

demonstrando que as bactérias mesófilas apresentaram dificuldade de reiniciar o desenvolvimento no V3, enquanto se desenvolveram com mais facilidade no A. Este achado é corroborado com o resultado da contagem bacteriana, no final do período de armazenamento, quando as amostras embaladas a vácuo apresentaram menor população bacteriana que em 100% ar. Estes dados sugerem que a irradiação das amostras a vácuo foi mais eficiente na redução inicial da carga microbiana, entretanto, não impediu o desenvolvimento bacteriano durante a estocagem. Todavia, não é possível afirmar tal fato, pois não foram analisadas amostras repetitivas. O maior desenvolvimento bacteriano em amostras de peito de frango embaladas com ar, quando comparado com amostras a vácuo, também foi encontrado por Jiménez et al. (1997). No referido estudo, as amostras embaladas em ar apresentaram um aumento rápido do desenvolvimento de bactérias viáveis, alcançando uma população de 8 log UFC/g, depois de quatro a cinco dias de estocagem a 4°C, enquanto o uso da embalagem a vácuo aumentou o tempo de armazenamento para sete a oito dias.

Entre as classes bacterianas analisadas, observou-se que, em todos os tratamentos, as bactérias mesófilas aeróbias foram predominantes, menos nas embalagens a vácuo, irradiadas nas duas doses, e nas embaladas em ar, irradiadas a 3 kGy, em que houve predominância das bactérias crescidas em meio Ágar MRS.

#### *Bactérias heterotróficas aeróbias psicrotóficas*

As bactérias heterotróficas aeróbias psicrotóficas apresentaram a maior fase de latência (lag) nos filés embalados em vácuo e irradiados a 3kGy, seguidos pelos filés embalados em ar e irradiados a 3 kGy. As bactérias apresentaram maior desenvolvimento nas amostras embaladas em 100% ar e não irradiadas. Quanto maior a dose de radiação aplicada, menor foi a capacidade de adaptação deste grupo bacteriano, como pode ser visto na Tabela 1. Miyagusku et al. (2003) também verificaram uma diminuição do desenvolvimento desse grupo bacteriano em carne de frango irradiada. Nas amostras não irradiadas, os autores verificaram que o término da vida útil ocorreu

Tabela 1. Prazo de validade comercial (PVC) e parâmetros de desenvolvimento da microbiota de filés de peito de frango, embalados em 100% ar e a vácuo, irradiados a 2 kGy ou 3 kGy ou não irradiados, mantidos a 1°C, durante 18 dias.

Tratamento	PVC	Parâmetros	Me	Psi	Ent	La
			1	1	1	1
A- Controle ar	5	CI	0,6	0,5	1,5	1,6
		g	1,9	2,2	1,2	-
		Lag	4,0	3,9	3,0	2,1
V- Controle vácuo	7	CF	0,7	1,2	0,4	5,3
		g	3,8	-	5,1	8,7
		Lag	3,8	3,7	2,0	1,58
A2- Ar irradiado a 2 kGy	9	CF	0,7	6,5	2,3	0,6
		g	5,0	-	7,8	12,4
		Lag	3,3	1,6	0,7	1,78
A3- Ar irradiado a 3 kGy	10,5	CF	0,4	0,2	-	0,7
		g	5,8	9,7	-	4,3
		Lag	1,7	2,8	nd	1,96
V2- Vácuo irradiado a 2 kGy	9	CF	1,0	1,7	1,7	0,9
		g	4,4	1,8	3,8	2,3
		Lag	2,7	1,0	0,5	2,4
V3- Vácuo irradiado a 3 kGy	12	CF	0,7	3,8	-	0,2
		g	5,9	4,9	-	15,0
		Lag	1,6	0,9	nd	1,7

PVC: prazo de validade comercial (dias necessários para que a contagem de bactérias mesófilas alcance o valor de  $10^7$  UFC/g); CI: contagem inicial (log UFC/g); g: tempo de geração em dias; Lag: fase de adaptação em dias; CF: contagem final (log UFC/g); nd: contagem não detectada; Me: mesófilos; Psi: psicrotróficos; Ent: *Enterobacteriaceae*; La: bactérias lácticas.

entre o 5° e 8° dias de armazenamento, enquanto as amostras irradiadas com doses de 1,5 kGy e 3,0 kGy atingiram níveis próximos somente no 15° e 22° dias de armazenamento, respectivamente.

### Bactérias lácticas

Observa-se que as bactérias lácticas foram os micro-organismos que mais se desenvolveram nas amostras irradiadas, demonstrando, assim, uma maior radiorresistência, quando comparadas com os outros grupos de micro-organismos estudados. Essa diferença é explicada pelo fato de as bactérias Gram positivas serem mais resistentes à radiação (Jay 2005). Nas amostras embaladas a vácuo, irradiadas nas duas doses, e na embalada em ar, irradiada a 3 kGy, as bactérias lácticas predominaram. Este achado é corroborado por Miyagusku et al. (2003), que observaram, em carne de frango, que os grupos mais resistentes à irradiação foram os das bactérias lácticas. Entretanto, Balamatsia et al. (2006), ao ava-

liarem o efeito da radiação gama (0,5 kGy, 1 kGy e 2 kGy) na vida útil de filé de peito de frango sem pele, armazenado, aerobicamente, a 4°C, observaram que a irradiação reduziu a população bacteriana de bactérias ácido lácticas, sendo o efeito mais pronunciado na maior dose. Chouliara et al. (2008) reportaram que a radiação foi eficiente na redução de bactérias lácticas, ao observarem que as populações nas amostras de peito de frango, embaladas em ar, alcançaram 7 log UFC/g, no 9° dia de estocagem, a 4°C, sendo que a irradiação das amostras, a 2 kGy e 4 kGy, resultou na redução de 2 log UFC/g e 4,6 log UFC/g, respectivamente.

Quando as amostras não foram irradiadas, este grupo bacteriano foi o que menos se desenvolveu, tanto em 100% ar, como em vácuo. Nas amostras embaladas em ar e irradiadas a 2 kGy, não houve predominância das bactérias lácticas, sendo este dado acompanhado do alto pH destas amostras, no final do experimento.

As bactérias lácticas, mesmo apresentando maior fase lag no V3, conseguiram se desenvolver nessa amostra, demonstrando que houve dificuldade de adaptação inicial destas bactérias, as quais, entretanto, alcançaram contagens finais consideráveis no final do armazenamento. Em amostras de peito de frango não irradiadas, armazenadas, aerobicamente, a 4°C, constataram-se resultados semelhantes, visto que o *Lactobacillus* apresentou maior desenvolvimento nas amostras embaladas a vácuo somente no 7° dia de armazenamento (Jiménez et al. 1997).

Em contrapartida, Patterson (1988) relatou que o valor da  $D_{10}$ , para *Lactobacillus* em carne de frango moída, embalada em ar, foi de 0,593 kGy, em meio seletivo, pois esta dose pequena eliminou o gênero bacteriano nas amostras. Isso pode ter ocorrido, em razão da menor população inicial desse micro-organismo.

### Micro-organismos crescidos em ágar VRBG

As bactérias pertencentes à família *Enterobacteriaceae* não apresentaram desenvolvimento detectável, nas amostras irradiadas a 3 kGy. Balamatsia et al. (2006) também demonstraram que as bactérias dessa família foram muito sensíveis à radiação gama, sendo, completamente, eliminadas, em todas as doses aplicadas (0,5 kGy, 1 kGy e 2 kGy).

Resultados semelhantes foram encontrados por Miyagusku et al. (2003), em amostras de

frango irradiadas com 1,5 kGy e 3,0 kGy, em que observaram-se contagens de enterobactérias somente no 12º dia. Badr (2004), ao analisar amostras de carne de coelho armazenadas aerobicamente, a 4°C, também verificou que a dose de 1,5 kGy resultou na redução de enterobactérias, em torno de 2 log UFC/g, e que a dose de 3 kGy foi suficiente para eliminar os micro-organismos, durante 21 dias de estocagem.

Nesta pesquisa, as enterobactérias apresentaram maior fase lag, nas amostras irradiadas a 2 kGy (A2>V2), desenvolvendo-se melhor em aerobiose (A), atingindo maior população final. Porém, na pesquisa de Jiménez et al. (1997), as amostras de peito de frango embaladas a vácuo alcançaram maiores populações de *Enterobacteriaceae* do que aquelas embaladas em ar. Esses autores observaram um aumento rápido do desenvolvimento de bactérias viáveis nas amostras embaladas em ar, quando comparadas com as embaladas a vácuo, o que pode ter dificultado o desenvolvimento das enterobactérias, devido à microbiota acompanhante.

### Evolução do pH

As amostras analisadas apresentaram pH no valor de 5,6. Neste trabalho, não foram observadas variações de pH no princípio do experimento. Nas amostras do controle ar e vácuo, somente houve mudança considerável no pH a partir do dia 12 de estocagem. Nas amostras embaladas em ar e irradiadas nas duas doses, houve um aumento do pH a partir do 3º dia de estocagem e, nas embaladas a vácuo e irradiadas, este aumento foi detectado a partir do 9º dia de armazenamento.

De acordo com os dados apresentados na Figura 2, a amostra que apresentou maior pH, no final do experimento, foi a embalagem em ar e irradiada a 2 kGy, seguida pela embalagem em ar e irradiada a 3 kGy, sendo que a embalagem a vácuo e não irradiada foi a que apresentou o pH mais baixo, no final de 18 dias de estocagem. Os resultados encontrados no presente trabalho demonstram que, quando o alimento foi mantido em aerobiose, o pH sempre foi maior do que em vácuo. Este aumento se deve, possivelmente, à formação de metabólitos alcalinos, oriundos do desenvolvimento de micro-organismos neste alimento.

No presente estudo, o valor do pH das amostras embaladas em ar e não irradiadas variou de 5,4

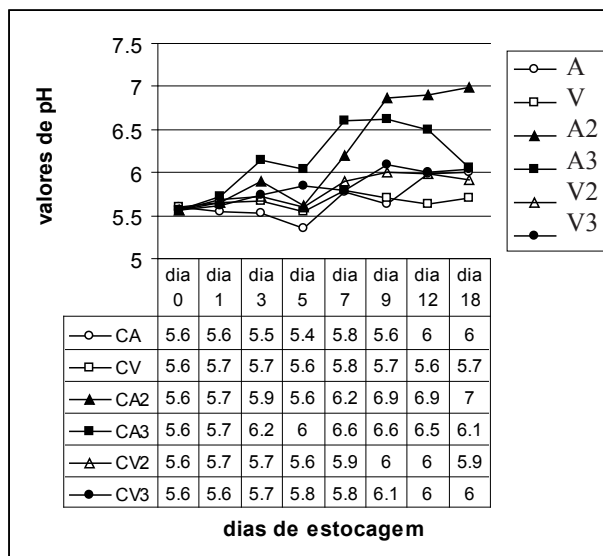


Figura 2. Variação do pH, de acordo com os tratamentos e dias de estocagem.

a 6,0 e, das embaladas em ar e irradiadas, variou de 5,6 a 7,0, corroborando os dados obtidos por Pinto et al. (2005), ao analisarem o pH do peito de frango. Os referidos autores observaram que as amostras embaladas com ar e não irradiadas tiveram variação de pH entre 5,9 e 6,5 e que as amostras irradiadas obtiveram resultados semelhantes, com variação entre 5,9 e 6,8, tendo sido constatado, também, que a irradiação não proporcionou alterações nos valores de pH, em relação às amostras controle.

### CONCLUSÕES

1. De acordo com os resultados deste experimento, as doses de 2 kGy e 3 kGy aumentaram a vida útil da carne de frango embalada em ar para 9 e 10,5 dias, respectivamente, quando comparadas com as amostras embaladas em ar, as quais apresentaram-se impróprias para o consumo no 5º dia de estocagem, a 1°C ± 0,1°C.
2. A embalagem a vácuo aumentou o prazo comercial dos filês para sete dias e as embaladas a vácuo irradiadas a 2 kGy e 3 kGy estenderam esse período para 9 e 12 dias, respectivamente.
3. As bactérias lácticas apresentaram maior radiorresistência, quando comparadas aos outros grupos bacterianos analisados, e as enterobactérias demonstraram maior sensibilidade ao tratamento com radiação ionizante.

4. A irradiação não proporcionou alterações nos valores de pH das amostras. Este método de conservação de alimentos pode ser utilizado para melhorar a segurança de filés de peito de frango resfriados e para estender seu prazo de validade comercial.

## AGRADECIMENTOS

À Capes, pelo apoio financeiro na realização da pesquisa, e à Seção de Defesa Nuclear do CTEx, pela autorização e viabilização do processo de irradiação.

## REFERÊNCIAS

- BADR, H. M. Use of irradiation to control foodborne pathogens and extend the refrigerated market life of rabbit meat. *Meat Science*, Oxford, v. 67, n. 4, p. 541-548, 2004.
- BALAMATSIA, C. C. et al. Effect of low-dose radiation on microbiological, chemical, and sensory characteristics of chicken meat stored aerobically at 4°C. *Journal of Food Protection*, Des Moines, v. 69, n. 5, p. 1126-1133, 2006.
- BARANYI, J.; ROBERTS, T. A. A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. *International Journal of Food Microbiology*, Amsterdam, v. 23, n. 3-4, p. 277-294, 1994.
- BOURGOIS, C. M. *Microbiologia alimentaria: aspectos microbiológicos de la seguridad y calidad alimentaria*. Zaragoza: Acribia, 1994.
- CHOULIARA, E. et al. Combined effect of irradiation and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of chicken breast meat: microbiological, chemical and sensory changes. *European Food Research and Technology*, Berlin, v. 226, n. 4, p. 877-888, 2008.
- GIBSON, A. M.; BRATCHELL, N.; ROBERTS, T. A. The effect of sodium chloride and temperature on the rate and extent of growth of *Clostridium botulinum* type A in pasteurized pork slurry. *Journal of Applied Bacteriology*, Oxford, v. 62, n. 6, p. 479-490, 1987.
- GRANDISON, A.; JENNINGS, A. Extension of the shelf life of fresh minced chicken meat by electron beam irradiation combined with modified atmosphere packaging. *Food Control*, Reading, v. 4, n. 2, p. 83-88, 1993.
- HEATH, J. L.; OWEN, A. L.; TESCH, S. Effect of high-energy electron irradiation of chicken meat on Salmonella and aerobic plate count. *Poultry Science*, Milwaukee, v. 69, n. 1, p. 150-156, 1990.
- HERNANDES, N. K.; VITAL, H. C.; SABAA SRUR, A. U. O. Irradiação de alimentos: vantagens e limitações. *Boletim SBCTA*, Campinas, v. 37, n. 2, p. 154-159, 2003.
- JAY, J. M. *Microbiologia de alimentos*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- JIMÉNEZ, S. M. et al. Spoilage microflora in fresh chicken breast stored at 4°C: influence of packaging methods. *Journal of Applied Microbiology*, Oxford, v. 83, n. 5, p. 613-618, 1997.
- LEE, M. et al. Irradiation and packaging of fresh meat and poultry. *Journal of Food Protection*, Des Moines, v. 59, n. 1, p. 62-72, 1995.
- LESCANO, G. et al. Effect of chicken breast irradiation on microbiological, chemical and organoleptic quality. *Lebensmittel - Wissenschaft Technologie*, Zurich, v. 24, n. 2, p. 130-134, 1991.
- MIYAGUSKU, L. et al. Avaliação microbiológica e sensorial da vida útil de cortes de peito de frango irradiados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 23, Supl., p. 7-16, 2003.
- PATTERSON, M. Sensitivity of bacteria to irradiation on poultry meat under various atmospheres. *Letters in Applied Microbiology*, Cardiff, v. 7, n. 3, p. 55-58, 1988.
- PELCZAR JR. et al. *Microbiologia: conceitos e aplicações*. 2. ed. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1997.
- PINTO, D. C. C. et al. Avaliação da irradiação gama em peitos de frangos refrigerados monitorados pela contagem de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas viáveis e pH. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, Niterói, v. 12, n. 1/3, p. 37-41, 2005.
- THAYER, D. W. Use of irradiation to kill enteric pathogens on meat and poultry. *Journal of Food Safety*, Malden, v. 15, n. 2, p. 181-192, 1995.