

## **ATMOSFERA MODIFICADA E IRRADIAÇÃO: MÉTODOS COMBINADOS DE CONSERVAÇÃO E INOCUIDADE ALIMENTAR.**

MANTILLA, Samira Pirola Santos<sup>1</sup>; SANTOS, Érica Barbosa<sup>2</sup>; VITAL, Helio de  
Carvalho<sup>3</sup>; MANO, Sérgio Borges<sup>4</sup>; FRANCO, Robson Maia<sup>4</sup>

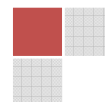
<sup>1</sup> Doutoranda do Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Veterinária,  
Universidade Federal Fluminense-UFF, Niterói, RJ, Brasil.

[samiramantilla@yahoo.com.br](mailto:samiramantilla@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Mestranda do Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Veterinária,  
Universidade Federal Fluminense-UFF, Niterói, RJ, Brasil.

<sup>3</sup> Pesquisador Doutor do Centro Tecnológico do Exército-CTEx, Rio de Janeiro, RJ,  
Brasil.

<sup>4</sup> Professores Doutores do Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de  
Veterinária, Universidade Federal Fluminense-UFF, Niterói, RJ, Brasil.



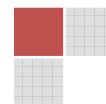
## RESUMO

As grandes perdas com alimentos deteriorados e os surtos ocasionados por agentes etiológicos transmitidos por alimentos são uma preocupação mundial. O uso combinado de processos tecnológicos como, por exemplo, a embalagem em atmosfera modificada e irradiação devem ser vistos como opção de tratamento de alimentos objetivando o aumento da validade comercial, a manutenção da qualidade sensorial e a inocuidade dos produtos. O objetivo deste estudo foi fazer uma revisão bibliográfica sobre os dois processos de conservação de alimentos, seus efeitos quando associados e sua interferência nas características microbiológicas e sensoriais de diferentes produtos alimentícios. A combinação destas duas tecnologias proporcionou a obtenção de produtos com maior prazo comercial e diminuiu a alteração nas características sensoriais dos diferentes alimentos analisados pelos pesquisadores, podendo ser aplicada na indústria alimentícia.

**Palavras-chave:** validade comercial, conservação, alimentos, microbiologia, sensorial

## ABSTRACT

The large losses with food deteriorated and outbreaks caused by pathogens transmitted by food are a global concern. The combined use of technological processes, such as in modified atmosphere packaging and irradiation should be seen as an option for the treatment of foods targeting the increase of shelf-life, maintenance of sensory quality and safety of products. The aim of this study was to review literature on the two



processes of preservation of food, when their effects and their associated interference in microbiological and sensory characteristics of different food products. The combination of these two technologies provided to obtain products with greater shelf-life and decreased the change in sensory characteristics of different foods tested by the researchers, can be applied in the food industry.

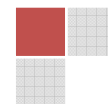
**Key words:** shelf-life, conservation, food, microbiology, sensory

## INTRODUÇÃO

A Embalagem em Atmosfera Modificada (EAM) consiste na substituição do ar, no interior da embalagem, por uma mistura de gases ( $O_2$ ,  $CO_2$  e  $N_2$ ) ao redor do produto. O aumento do prazo comercial desse método de conservação de alimentos é devido ao efeito inibitório do gás carbônico sobre os diferentes tipos microbianos.

A embalagem à vácuo é a primeira forma de EAM desenvolvida comercialmente, sendo amplamente empregada para produtos como cortes de carnes vermelhas frescas, curadas, queijos duros e café moído (PARRY, 1993). Aumentos significativos na validade comercial de produtos frescos e curados, obtidos com o uso da EAM, têm reduzido perdas devido à deterioração precoce e aumento da distribuição de produtos de alta qualidade. Misturas gasosas contendo  $CO_2$ ,  $N_2$  e  $O_2$  em uma variedade de combinações são usadas também em produtos frescos, podendo ser com alta concentração de  $O_2$  (80%) ou baixa (16%), nas quais o  $N_2$  é usado como um gás inerte de enchimento combinado com uma determinada proporção de  $CO_2$  que inibe os microrganismos. Estes sistemas usam filmes de embalagem com barreira ao  $O_2$  e quase sempre estas embalagens são mantidas durante a estocagem e distribuição a 4°C (HOLLEY, GILL, 2005).

Pesquisadores na área de microbiologia de alimentos têm demonstrado que a EAM prolonga a validade comercial de diversos alimentos, porém, não é suficiente para



eliminar de forma efetiva os microrganismos deteriorantes e principalmente os patogênicos. O processo de radiação gama combinado com a EAM pode ser usado para este fim, e de acordo com os resultados científicos, têm demonstrado eficiência na produção de alimentos seguros.

A tecnologia de irradiação de alimentos tem recebido uma crescente atenção em todo o mundo, junto com os métodos tradicionais de conservação de alimentos. As razões que despertaram o interesse dos diversos países estão relacionadas com as grandes perdas dos alimentos como consequência de infestação, contaminação e decomposição dos mesmos, a crescente preocupação com respeito aos agentes etiológicos transmitidos por alimentos e o aumento do comércio internacional de produtos alimentícios sujeitos as normas de exportação rígidas (GCIIA, 1991).

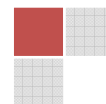
Todavia, a utilização destas metodologias pode acarretar alterações nas características sensoriais do alimento como cor, e principalmente odor de queimado, no caso da irradiação, fazendo com que o produto seja rejeitado pelos consumidores.

Este estudo teve como objetivo fazer uma revisão de literatura, enfatizando a importância da utilização de novas tecnologias de preservação de alimentos e seus benefícios verificados por diversos autores em diferentes tipos de alimentos, avaliando o efeito combinado destes dois tratamentos tecnológicos no prazo comercial e nas características sensoriais dos mesmos.

## **ATMOSFERA MODIFICADA COMO MÉTODO DE CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS**

### **Definição e tecnologia**

A embalagem em atmosfera modificada (EAM) é um método que implica na eliminação do ar no interior da embalagem e sua substituição por um gás, ou mistura de gases, dependendo do tipo de produto. A atmosfera gasosa se altera continuamente



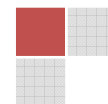
durante todo o período de armazenamento devido à influência de diversos fatores, como a respiração do produto envasado, mudanças bioquímicas e a lenta difusão dos gases através do alimento (PARRY, 1993).

Segundo Church (1995), as carnes frescas podem ser preservadas tanto pelo vácuo como por embalagem em atmosfera modificada seguida pela refrigeração. O primeiro possui a vantagens de ser uma técnica simples, porém, a compressão que causa no alimento pode diminuir sua forma original e/ou aumentar o “drip” da carne.

A embalagem à vácuo é definida como o acondicionamento do produto em embalagens com barreira aos gases onde o ar é removido para prevenir o crescimento de organismos deteriorantes, a oxidação e a descoloração do produto. Sob estas condições, o oxigênio residual é utilizado pela microbiota aeróbica residente produzindo gás carbônico fazendo com que o potencial de redox tenda a ficar negativo. Esta mudança no redox e a composição da atmosfera suprimem o crescimento de bactérias aeróbias deteriorantes que produzem a viscosidade, rancificação e descoloração indesejáveis no produto. A condição resultante favorece o crescimento de organismos anaeróbios facultativos incluindo as bactérias ácido lácticas, porém em velocidade lenta, atrasando a deterioração da carne (GENIGEORGIS, 1895).

Na EAM, a pressão do gás dentro da embalagem é aproximadamente 1 atm. Isto é conseguido pelas técnicas do “gás flushing” ou pelo equipamento de embalagem a gás de termo-formação. Na técnica do “gás flushing” ou de nivelamento do gás, o gás é introduzido continuamente na embalagem diluindo o ar presente, sendo, no final, a embalagem selada. Na técnica da termo-formação, um método de vácuo compensado é usado para introduzir a mistura gasosa. Isto envolve a passagem do produto por uma bandeja e remoção do ar. O vácuo é quebrado pela mistura de gases apropriada e a embalagem é selada com calor. A vantagem deste último método é a maior eficiência na remoção do oxigênio a níveis residuais menores que 1% (SMITH et al, 1990).

A especificação de sistemas de embalagem com atmosfera modificada para frutas e hortaliças frescas e minimamente processadas é muito complexa, pois



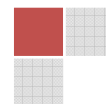
diferentemente dos outros alimentos, estes produtos continuam respirando após a colheita e durante a sua comercialização (SARANTÓPOULOS, 1997). Depois do processo de embalagem, as frutas e hortaliças consomem oxigênio e produzem gás carbônico e vapor d'água. Se houver um equilíbrio entre o oxigênio e o dióxido de carbono no interior da embalagem, poder-se-á criar, de forma passiva, uma atmosfera modificada favorável (PARRY, 1993).

O princípio de conservação de vegetais por meio de EAM é diferente daqueles produtos que não respiram, como carne, massas e queijos. No caso dos alimentos que respiram, a tecnologia visa retardar a respiração, o amadurecimento, a senescência, a perda de clorofila, a perda de umidade, o escurecimento enzimático e, conseqüentemente, as alterações de qualidade advindas destes processos. Atmosferas com 3 a 8% de O<sub>2</sub> e 3 a 10% de CO<sub>2</sub> têm potencial para aumentar o prazo comercial destes produtos (SARANTÓPOULOS, 1997).

Três gases são geralmente usados para embalar alimentos: O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, cada qual possuindo uma função específica (CHURCH, 1995). A escolha da mistura de gás utilizada é influenciada pela microflora capaz de crescer no produto, pela sensibilidade do produto ao O<sub>2</sub> e ao CO<sub>2</sub> e da estabilidade da cor desejada (por exemplo: preservação da oximioglobina em carne fresca e nitrosomioglobina em produtos cárneos curados) (CHURCH, 1994).

O gás O<sub>2</sub> geralmente estimula o crescimento de bactérias aeróbicas e inibe o crescimento de anaeróbias estritas, embora exista uma grande variação da sensibilidade de anaeróbios ao O<sub>2</sub>. A presença de O<sub>2</sub> é mais importante no armazenamento de carnes frescas por manter o pigmento da carne, mioglobina em sua forma oxigenada, oximioglobina, que fornece à carne fresca a cor vermelha característica. Baixos níveis de O<sub>2</sub> (0,5%) podem ocasionar uma coloração marrom em carnes resfriadas (CHURCH, 1994).

O gás CO<sub>2</sub> é um inibidor do crescimento bacteriano e de fungos. Seu modo de ação depende da dissolução do gás no produto embalado. O efeito inibitório da



embalagem em atmosfera modificada é diretamente relacionado com a quantidade de CO<sub>2</sub> presente. A solubilidade deste gás é indiretamente proporcional a temperatura de armazenamento, logo, baixas temperaturas possuem um efeito sinérgico para a ação bacteriostática do CO<sub>2</sub> (CHURCH, 1995).

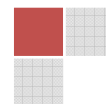
Quando o CO<sub>2</sub> se dissolve em água este acidifica o meio. Esta acidificação assim como o efeito antimicrobiano do CO<sub>2</sub> nas concentrações maiores que 10-15%, pode suprimir o crescimento de muitos microrganismos deteriorantes e por esta razão é um componente importante da EAM (BRODY, 1995).

Fungos, leveduras e bactérias aeróbias deteriorantes são altamente susceptíveis ao CO<sub>2</sub>. As bactérias facultativas podem ou não serem inibidas pelo CO<sub>2</sub>, enquanto as bactérias ácido lácticas e anaeróbias são altamente resistentes (FINNE, 1982). Algumas bactérias, por exemplo, *Brochothrix thermosphacta*, podem tolerar níveis de CO<sub>2</sub> acima de 75%, e outras, como as bactérias ácido lácticas, podem crescer em 100% de CO<sub>2</sub> (SMITH et al, 1990).

A efetividade do CO<sub>2</sub> depende também da fase de crescimento do organismo presente. O CO<sub>2</sub> aumenta a duração da fase lag e reduz a taxa de crescimento durante a fase logarítmica. Entretanto o efeito sobre a primeira é maior e, portanto, à medida que a bactéria passa da fase lag para a fase log, o efeito inibitório do crescimento é reduzido (CHURCH, 1995).

Em geral, as bactérias Gram negativas são mais sensíveis à inibição pelo CO<sub>2</sub> do que as Gram positivas, sendo as pseudomonas classificadas como as mais sensíveis, e os clostrídios, como os mais resistentes. Durante o armazenamento prolongado, o CO<sub>2</sub> provoca uma mudança drástica na microbiota da carne, variando de uma flora predominantemente formada por microrganismos Gram negativos, nos produtos frescos, para uma biota principalmente, ou exclusivamente formada por Gram positivos (JAY, 2005).

A absorção do gás pelo produto causa pequena redução no volume do gás e conseqüentemente pode ocasionar o colapso da embalagem. Em alimentos com muita



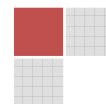
umidade como carnes vermelhas e de aves, pescados, a excessiva absorção de CO<sub>2</sub> pode causar o colapso da embalagem, fazendo com que o produto fique com uma leve aparência de embalagem à vácuo. Embalagens contendo altas concentrações de CO<sub>2</sub> podem ocasionar o aumento do “drip” da carne fresca (CHURCH, 1994; CHURCH, 1995).

O nitrogênio é um gás quimicamente inerte, insípido e menos predisposto a acidentes do que os outros gases comumente usados na EAM. O N<sub>2</sub> é usado como um gás de enchimento, substituindo o O<sub>2</sub>, retardando, assim, a rancificação oxidativa e inibindo o crescimento de microrganismos aeróbios. Pode ser usado como uma alternativa da embalagem à vácuo quando o produto é frágil, ou para limitar o colapso da embalagem causado pela absorção do CO<sub>2</sub> pelo produto (CHURCH, 1994; CHURCH, 1995).

## **IRRADIAÇÃO COMO MÉTODO DE CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS**

Apesar de uma patente para o uso de radiação em alimentos ter sido publicada em 1929, foi somente após a segunda guerra mundial que esta tecnologia recebeu atenção como método para conservação de alimentos (JAY, 2005).

O uso de irradiação para preservar alimentos é um método eficaz e aconselhável, de acordo com várias evidências científicas. Grupos internacionais de cientistas estudaram este processo extensivamente e concluíram que a irradiação com doses recomendadas não é prejudicial. Nenhum resíduo de radioatividade permanece no alimento processado, como também nenhum efeito adverso é observado na qualidade nutricional. Existem vantagens em utilizar a irradiação como destruir microrganismos patogênicos ou não presentes nos alimentos. Estes podem ser expostos à irradiação após o empacotamento, e alimentos tais como vegetais e frutas, quando irradiados, mantêm o seu frescor por longos períodos de tempo (PELCZAR et al, 1997).





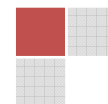
O tipo de irradiação de interesse na conservação de alimentos é a eletromagnética. O espectro eletromagnético de interesse na conservação de alimentos pode ser dividido da seguinte forma: microondas, radiação ultravioleta, raios X e radiação gama. As radiações ionizantes são as consideradas mais importantes em alimentos, sendo definidas como aquelas com comprimento de onda de 2.000 Å ou menos, por exemplo: partículas alfa, raios beta, raios gama, raios X e raios cósmicos (JAY, 2005).

A radiação gama são radiações eletromagnéticas emitidas a partir do núcleo excitado de elementos como  $^{60}\text{Co}$  e  $^{137}\text{Cs}$ . A radiação gama é a forma de radiação mais barata para a conservação de alimentos, uma vez que os elementos fonte são subprodutos da fissão atômica ou resíduos de produtos atômicos. Os raios gama possuem um excelente poder de penetração diferentemente dos raios beta (JAY, 2005).

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).

Entretanto, grande número de testes de mercados nos últimos anos indicou que o consumidor certamente passará a comprar alimentos irradiados. Alguns exemplos de alimentos irradiados vendidos durante estes testes bem sucedidos são o mamão havaiano ( Califórnia, 1987), maçãs ( Missouri, 1988), batatas e cebolas (Polônia, 1987-1988), morangos (França, 1987), lingüiça (Tailândia, 1989), aves (Israel, 1989) e peixe (Bangladesh, 1988). A falta de conhecimento significa que uma campanha educacional intensiva será necessária para convencer os consumidores da segurança deste método na preservação dos alimentos (PELCZAR et al., 1997).

O processamento de alimentos utilizando-se irradiação fornece vantagens significativas aos produtores do alimento destruindo patógenos prejudiciais à saúde coletiva e estendendo a vida útil do produto sem alterações físicas ou químicas detectáveis (DURANTE, 2002).



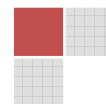
Segundo Hobbs e Roberts (1992) as poucas desvantagens do uso da radiação em alimentos incluem a continuidade da atividade enzimática durante a estocagem e alterações químicas como o ranço, podendo ocorrer em alimentos predispostos. Jay (2005) salienta a necessidade de se fazer um tratamento térmico previamente à radiação, a fim de destruir estas enzimas.

Pelo menos 36 países haviam aprovado a irradiação de alimentos até a metade do ano de 1989. No mínimo 20 materiais de embalagem diferentes foram aprovados pelo Food and Drug Administration (FDA) norte-americano para serem irradiados com níveis de 10 ou 60 kGy. Em 1983, o FDA liberou a irradiação de temperos e vegetais sazonais com até 10 kGy. Em 1985, o FDA concedeu a permissão para a irradiação de carne suína com até 1 kGy para o controle de *Trichinella spiralis*. Em maio de 1990, o USDA aprovou a irradiação de carne de frango com até 3,0 kGy (JAY, 2005).

Em 1981, um comitê formado pela Organização para Alimentos e Agricultura (FAO)/ Agência Internacional de Energia atômica (AIEA)/ Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou que alimentos irradiados com até 10 kGy são incondicionalmente seguros. Pelo menos 40 países aprovaram a irradiação de um ou mais produtos alimentícios, e 29 utilizaram a irradiação de alimentos comercialmente (JAY, 2005).

No Brasil, existem duas legislações à respeito de alimentos irradiados: o Decreto nº 72.718, de 29 de agosto de 1973 o qual estabelece normas gerais sobre irradiação de alimentos e a Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001 aprovou o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos.

De acordo com Brasil (1973), poderão ser utilizadas nos alimentos as irradiações ionizantes, em geral, cuja energia seja inferior ao limiar das reações nucleares que poderiam induzir radioatividade no material irradiado. A irradiação de alimentos para fins de sua exposição à venda, ou entrega ao consumo, ou à industrialização, só poderá ser efetuada por estabelecimentos devidamente licenciados pela autoridade competente e após autorização da Comissão Nacional de Energia Nuclear.



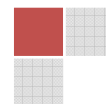
As fontes de radiação são aquelas autorizadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, na conformidade das normas pertinentes, a saber: a) Isótopos radioativos emissores de radiação gama: Cobalto 60 e Césio - 137; b) Raios X gerados por máquinas que trabalham com energias de até 5 MeV; c) Elétrons gerados por máquinas que trabalham com energias de até 10 MeV. (BRASIL, 2001).

Na rotulagem dos Alimentos Irradiados, além dos dizeres exigidos para os alimentos em geral e específico do alimento, deve constar no painel principal: "ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO", com as letras de tamanho não inferior a um terço ( $1/3$ ) do da letra de maior tamanho nos dizeres de rotulagem. Quando um produto irradiado é utilizado como ingrediente em outro alimento, deve declarar essa circunstância na lista de ingredientes, entre parênteses, após o nome do mesmo (BRASIL, 2001).

Para que esta tecnologia possa ser aplicada em escala comercial, serão necessárias campanhas de informação ao consumidor e às indústrias, estando a mídia diretamente relacionada com esse processo. Somando-se a isso, para que os produtos irradiados sejam competitivos com os produtos existentes mercado atual, deverão oferecer algum atrativo que possa justificar sua escolha pelo consumidor (SILVA et al., 2006).

### **Efeito da radiação sobre os microrganismos e a qualidade do alimento**

O efeito da radiação ionizante e a eficiência de uma determinada dose de radiação sobre os microrganismos depende da radiorresistência do microrganismo, ou seja, como outros agentes antimicrobianos, a resposta da célula microbiana à radiação ionizante está relacionada à natureza e à quantidade do dano direto produzido na célula, ao número, natureza e longevidade dos radicais químicos induzidos pela radiação e à habilidade inerente à célula em tolerar ou reparar a radiorresistência dos



microrganismos somente tem significado quando todas as condições forem bem definidas e compreendidas (LANDGRAF, 2008).

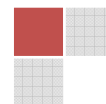
A radiação ionizante pode afetar diretamente os microrganismos pela interação com moléculas específicas no interior das células, ou indiretamente por meios de efeitos inibidores de radicais livres produzidos pela radiólise da água. Este efeito indireto desempenha um papel importante, já que na ausência de água são necessárias radiações duas a três vezes mais altas para se obter o mesmo resultado sobre os microrganismos. (ADAM, MOSS, 1995).

E ainda, de acordo com CDC (2008), um dos maiores fatores que contribui para eficiência da radiação é o tamanho do DNA do microrganismo envolvido. Parasitas e insetos, os quais possuem maior tamanho de DNA, são rapidamente destruídos por baixas doses de radiação. As bactérias necessitam de maiores doses de radiação, visto que possuem o DNA menor do que os primeiros, sendo o valor D exigido em torno de 0,3 a 0,7 kGy. Porém, para inativar bactérias esporuladas, é necessária dose na ordem de 2,8 kGy. Os vírus são os menores patógenos que possuem ácido nucléico, sendo geralmente resistentes à radiação nas dosagens permitidas em alimentos. Seriam necessárias, então, doses iguais ou maiores que 10 kGy para inativá-los. O príon, que é a partícula protéica envolvida na encefalopatia espongiforme bovina, não possui ácido nucléico, logo, não é inativada pela radiação, exceto em dosagens extremamente altas.

As bactérias Gram positivas são mais resistentes à radiação que as Gram negativas. De um modo geral, os microrganismos formadores de esporos são mais resistentes que aqueles não formadores (JAY, 2005).

O número de organismos presente no alimento influencia na eficiência do tratamento radioativo, da mesma maneira que no tratamento térmico, na desinfecção química e em outros processos de conservação, ou seja, quanto maior o número de células, menor a eficiência de uma certa dose (JAY, 2005).

Normalmente, quanto maior o número de microrganismos presentes no alimento, maior será a dose necessária à destruição; os microrganismos apresentam maior



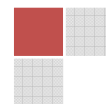
resistência quando irradiados em meios protéicos, em ausência de oxigênio ou ainda, em células desidratadas ou meios congelados (LANDGRAF, 2008)

Durante a fase de latência, os microrganismos tendem a ser mais resistentes à irradiação e gradativamente vão se tornando mais sensíveis à medida que progridem na fase logarítmica, voltando a ser evidenciada resistência na fase estacionária, ao contrário do que se verifica numa curva normal de crescimento. (DIEHL, 1990; LANDGRAF, 2008).

As doses de irradiação em alimentos menores que 10 kGy provocam mudanças muito pequenas ou nulos na qualidade nutritiva dos produtos alimentícios. O valor nutritivo das proteínas nos alimentos irradiados é pouco diferente dos alimentos tratados por outros processos, como o calor, as vezes, inclusive, é menor. O conteúdo de aminoácidos sofre uma variação pequena com tratamentos ionizantes entre 25 e 70 kGy. No que se refere aos glicídios, o tratamento com radiação ionizante altera menos estes compostos do que o tratamento térmico. O conteúdo de vitaminas não varia na radiopasteurização, exceto a vitamina K que é destruída sob estas condições (BOURGEOIS, 1994).

Além da água, as proteínas e outras estruturas nitrogenadas parecem ser os compostos mais sensíveis aos efeitos da irradiação dos alimentos. Muitos pesquisadores mostram que a irradiação de lipídeos e gorduras resulta na produção de carbonilas e outros produtos de oxidação, como os peróxidos, sobretudo se a irradiação e ou o armazenamento ocorrem na presença de oxigênio. A alteração sensorial mais perceptível da irradiação dos lipídeos em presença de ar é o desenvolvimento da rancidez. Já foi observado que altos níveis de irradiação levam a produção de “odores de irradiação” em certos alimentos, principalmente em carnes (JAY, 2005).

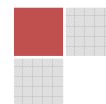
## **EFEITO COMBINADO DA ATMOSFERA MODIFICADA E IRRADIAÇÃO**



Os artigos científicos publicados indicaram que os efeitos da irradiação conjuntamente com a embalagem em EAM variam de acordo com o tipo da carne analisada e com a composição da atmosfera na embalagem. A irradiação pode resultar em odor de queimado ou descoloração da carne fresca nas embalagens que contêm ar (oxigênio). Um fato interessante é que os patógenos podem crescer e/ou produzir toxinas na carne ou no frango irradiados embalados com atmosferas modificadas devido à inexistência de microbiota competitiva. Isto é mais importante ainda quando a deterioração for suprimida não fornecendo os sinais de contaminação usuais. Conseqüentemente, considerando a qualidade sensorial e os interesses para a segurança do alimento, os efeitos da irradiação em combinação com o vácuo ou com a embalagem em EAM da carne bovina e de aves devem ser mais estudados (LEE et al., 1996).

O efeito antilisterial da EAM em conjunto com a irradiação de carnes de moídas de peru foi estudado por Thayer e Boyd (1999), que inocularam *Listeria monocytogenes* em carne moída de peru, previamente esterilizadas pela radiação. Foram utilizadas misturas gasosas contendo 17,2; 40,5 e 64% CO<sub>2</sub> balanceadas com N<sub>2</sub>, amostras embaladas à vácuo e amostras embaladas em ar. As amostras foram irradiadas nas doses variando de 0 a 2,5 kGy e armazenadas a 7 ° C por até 28 dias. O tratamento com irradiação foi significativamente mais letal na presença de ar do que nas embalagens a vácuo ou em EAM, e nas amostras que receberam dosagens maiores que 1 kGy, a inibição do crescimento de *L. monocytogenes* foi dependente da concentração de CO<sub>2</sub>.

Bagorogoza et al. (2001) analisaram amostras de peito de peru sem pele embalados em ar ou em gás nitrogênio e irradiados (2,4 a 2,9 kGy), ou não, e armazenados a 2°C. Após o processo de radiação, metade das amostras foi cozida e analisadas também. A irradiação afetou a cor, odor e sabor, tanto das amostras cruas como das cozidas, sendo que as amostras irradiadas tiveram uma cor rosa mais intensa e odor de irradiação mais pronunciado. As amostras cruas embaladas em N<sub>2</sub> e irradiadas apresentaram um odor de irradiação mais forte do que as embaladas em ar e irradiadas.

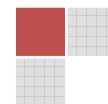


Já nas amostras cozidas a embalagem não apresentou nenhum efeito significativo sobre quaisquer atributos sensoriais avaliados.

Lima (2003) acondicionou cenouras minimamente processadas em embalagens com atmosferas modificadas de 5% O<sub>2</sub>/10% CO<sub>2</sub> e 21% O<sub>2</sub>, e irradiou nas doses de 0,25, 0,50, 0,75 e 1,00 kGy. Os produtos após o emprego da radiação foram armazenados em refrigeração de 5°C durante 24 dias. Os resultados de microbiologia evidenciaram que os produtos tratados com as doses de 0,50, 0,75 e 1,0 kGy apresentaram redução de 3 a 4 ciclos logarítmicos na contagem total de mesófilos logo após a irradiação e um prazo comercial de 20 dias. Não foram detectados coliformes totais e *E. coli* até o 24º dia. Os patógenos *B. cereus*, *Salmonella* e *Estafilococos* coagulase positivos em 0,1g do produto, também não foram detectados. As contagens de bactérias lácticas mantiveram-se menores que 100 UFC/g. De acordo com a autora, o processo de irradiação em baixas doses mostra-se promissor na manutenção da qualidade e apresenta-se como uma medida alternativa na redução de perdas pós-colheita.

Ahn et al. (2004), estudaram o efeito combinado da embalagem em atmosfera modificada e irradiação na cor, pigmentos nitrosos e nitrito residual em salsicha durante armazenamento. As salsichas embaladas em ar, à vácuo, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> ou CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> foram irradiadas a 5 kGy. A irradiação diminuiu a cor vermelha da salsicha, e o vácuo ou EAM foram efetivos em minimizar a perda da cor. Os pigmentos nitrosos foram reduzidos com a irradiação, contudo, a EAM foi mais efetiva na manutenção deste composto do que os outros tipos de embalagens. O nitrito residual foi reduzido pela irradiação, e o conteúdo foi menor sob vácuo ou EAM do que sob ar.

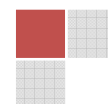
Rosa (2004), ao estudar os efeitos da atmosfera modificada e da irradiação sobre as características microbiológicas e sensoriais do queijo minas frescal, constatou que a irradiação na dose de 2 kGy reduziu as populações de bactérias mesófilas aeróbias, psicrotróficas aeróbias e anaeróbias, *Staphylococcus* coagulase positiva, coliformes totais e *E. coli*. E as amostras embaladas a vácuo e em EAM (70%CO<sub>2</sub>/30%N<sub>2</sub>) foram muito eficientes, pois evitaram o crescimento destes microrganismos durante a



estocagem a 4°C, enquanto que as amostras embaladas em ar, a população de mesófilos e psicrotrofos aeróbios aumentou. Em relação às características sensoriais, o tratamento com EAM foi mais eficiente, pois este manteve a aparência, textura e sabor por mais de 43 dias, a vácuo por mais de 36 dias e o controle embalado em ar por apenas 8 dias. A autora concluiu que a utilização destas duas tecnologias combinadas, juntamente com baixas temperaturas de armazenamento aumentou o prazo comercial do queijo, impedindo o desenvolvimento microbiano e mantendo suas características sensoriais.

No estudo realizado por Lacroix e Lafortune (2004), foi avaliada a eficiência da irradiação gama combinada com atmosfera modificada como um tratamento alternativo para garantir a inocuidade e a extensão do prazo comercial de vegetais pré-curados. Cenouras raladas foram inoculadas com *Escherichia coli* ( $10^6$  UFC/g) e embaladas sob ar ou sob EAM (60% O<sub>2</sub>, 30% CO<sub>2</sub> e 10% N<sub>2</sub>). As embalagens foram irradiadas com doses de 0,15 a 0,9 kGy e armazenadas em  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . No primeiro dia após o tratamento com a dose de 0,15 kGy a contagem microbiana reduziu em 3 e 4 log UFC/g, quando as amostras foram irradiadas sob ar e EAM respectivamente. No entanto, uma contagem de 3 log UFC/g, foi detectada nas duas amostras tratadas após 7 dias de armazenamento. Quando as amostras foram irradiadas com doses maiores que 0,3 kGy não foram detectados *E. coli* durante todo o período de armazenamento nas amostras embaladas em EAM. No entanto, nas amostras embaladas com ar foi detectada, após 5 dias de armazenamento, uma contagem de 1,2 log UFC/g de *E. coli*.

Ahn et. al (2005), investigaram as características microbiológicas e físico químicas de couves chineses fatiados embalados com o ar, CO<sub>2</sub> (100%) ou 25%CO<sub>2</sub>/75% N<sub>2</sub> e irradiados com doses de até 2 kGy, armazenados sob refrigeração a 4°C durante 3 semanas. A irradiação reduziu significativamente os microrganismos, sendo que a EAM auxiliou na redução dos coliformes totais e bactérias aeróbicas. Os autores sugerem que a irradiação a 1 kGy ou superior pode ser utilizada para reforçar a





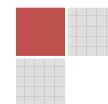
inocuidade microbiológica de couves chineses embalados sem uma perda significativa na qualidade sensorial.

Na pesquisa de Niemira et al. (2005) pedaços de escarola foram inoculados com *Listeria monocytogenes* e embaladas em sacos impermeáveis ao ar, 5/5/90% ou 10/10/80% de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> respectivamente, irradiadas com 0,0 (controle), 0,3 ou 0,6 kGy e armazenadas sob refrigeração. A irradiação reduziu as contagens microbianas iniciais de uma maneira dose-dependente. As bactérias cresceram durante o armazenamento em ar, mas não em 5 / 5 ou 10/10. De acordo com os autores a combinação da irradiação e atmosfera modificada pode ser utilizada para impedir o crescimento de *L. monocytogenes* durante o armazenamento refrigerado pós-irradiação, melhorando, assim, a segurança dos produtos.

Yan et al. (2006) analisaram sensorialmente rodelas de peito de peru cru e cozidos embalados à vácuo e sob ar e tratados com irradiação nas doses 0 e 1,5 kGy. Amostras cruas e cozidas de 32 tratamentos foram testadas por 8 provadores treinados sensorialmente quanto ao aroma de irradiação. As amostras cruas embaladas à vácuo apresentaram um aroma de irradiação mais intenso do que as embaladas sob ar. Em relação às amostras cozidas, não houve diferença significativa.

A segurança da carne de suíno embalada em 25% CO<sub>2</sub>/75% N<sub>2</sub>, irradiadas na dose de 1,75 kGy e armazenadas sob 10 ou 15 ° C foi avaliada pelos autores Grant e Patterson (2007). Foram inoculados microrganismos patogênicos, e dentre os estudados, o *Clostridium perfringens* foi o mais resistente e *Y. enterocolitica* o mais sensível. Concluiu-se que a inocuidade microbiológica da carne de suíno embaladas em EAM e irradiadas foi melhor do que as não irradiadas.

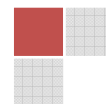
No experimento desenvolvido por Chouliara et. al. (2008), foi investigado o efeito combinado da radiação gama (2 e 4 kGy) e da EAM (30% N<sub>2</sub>/ 70% CO<sub>2</sub> e 70% N<sub>2</sub>/ 30% CO<sub>2</sub>) na extensão da validade comercial da carne fresca de frango armazenado sob refrigeração. O estudo foi baseado nas alterações sensoriais (odor, gosto), nas análises microbiológicas (contagem de bactéria aeróbias mesófilas, *Pseudomonas* spp.,



bactérias ácido-láticas, *Brochothrix thermosphacta*, Leveduras e bactérias da família *Enterobacteriaceae*, e nas características físico-químicas (pH, TBA, cor). As populações microbianas foram reduzidas em torno de 1 a 5 log UFC/g para um dado dia de amostragem dependendo do tratamento específico. O efeito foi mais pronunciado na combinação do EAM (70% N<sub>2</sub>/ 30% CO<sub>2</sub>) e da dose mais elevado de radiação (4 kGy). A irradiação teve um maior efeito na extensão do prazo comercial da carne de frango em comparação a EAM. A avaliação sensorial mostrou que a combinação da irradiação a 4 kGy e da EAM (70% N<sub>2</sub> / 30% CO<sub>2</sub>) aumentou o prazo de vida comercial por mais 12 dias comparados às amostras embaladas com ar.

Miyagusku (2008) observou que a interação das doses de irradiação (1,5; 3,0; 5,0 e 7,0 kGy) com o sistema de embalagem à vácuo e em atmosfera modificada (30% N<sub>2</sub> e 70% CO<sub>2</sub>) influenciou na extensão do prazo comercial de amostras de coxa e peito de frango analisadas. Os tratamentos das amostras de frango por irradiação não promoveram alteração de cor e a aplicação da irradiação às amostras de carne de frango embaladas em ar, vácuo e EAM promoveu uma sensível redução de *E.coli*, *Pseudomonas* spp, e enterobacteriaceas totais. O incremento nas doses de irradiação acima de 3kGy, independente do tipo de sistema de embalagem utilizada, promoveu alteração crescente do odor de queimado no produto revelando assim este valor como limite recomendável para a garantia de uma maior validade comercial sem alteração sensorial perceptível.

Mantilla et al. (2010) verificaram o efeito combinado da embalagem em atmosfera modificada e irradiação no aumento da validade comercial e na aceitação sensorial de filés de peito de frango resfriados. A combinação da mistura 80%CO<sub>2</sub>/20%N<sub>2</sub> e irradiação a 3kGy aumentou o prazo comercial de 5 para 16 dias. As bactérias ácido lácticas e *Aeromonas* spp. foram as mais resistentes à radiação e à alta concentração de CO<sub>2</sub> enquanto as enterobactérias, os coliformes e *Listeria* spp. demonstraram maior sensibilidade. De acordo com os autores, a tecnologia combinada proporcionou filés de peito de frango com maior validade comercial e seguros ao



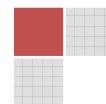
consumidor, sem alterar o sabor e odor desse alimento, podendo ser sugerida como alternativa na indústria alimentícia.

## CONCLUSÕES

De acordo com os experimentos realizados pelos diversos autores citados nesta revisão, observa-se que a irradiação de alimentos demonstrou ser um método eficiente na eliminação tanto de bactérias deteriorantes como patogênicas e na extensão do prazo comercial de diferentes alimentos quando comparado com o uso da embalagem em atmosfera modificada. Todavia, dependendo da dose de radiação utilizada, a alteração nas características sensoriais dos produtos torna-se um fator limitante para seu uso como método de conservação devido à rejeição dos consumidores. Como a combinação da técnica de EAM com a irradiação permite a diminuição da dose aplicada é possível obter esses mesmos benefícios, porém, com a manutenção das características originais do produto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, M. R.; MOSS, M. R. Microbiologia de la Conservación de los Alimentos. In: \_\_\_\_\_. **Microbiologia de los Alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1995. p.88-98.
- AHN, H.; KIM, J.; JO, C.; LEE, J.; YOON, H.; KIM, H.; BYUN, M. Combined effects of gamma irradiation and a modified atmospheric packaging on the physico chemical characteristics of sausage. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 71, p. 51–54, 2004.
- AHN, H.; KIM, J. ; KIM, J., KIM, D.; YOON, H. ; BYUN, M. Combined effects of irradiation and modified atmosphere packaging on minimally processed Chinese cabbage (*Brassica rapa L.*). **Food Chemistry**, v. 89, p. 589–597, 2005.



BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Decreto nº 72718, de 29 de agosto de 1973. Estabelece normas gerais sobre irradiação de alimentos.** Disponível em <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=25>>. Acesso em 2 de setembro de 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos.** Disponível em <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=161>>. Acesso em: 19 jun. 2008

BRODY, A.L. El mercado. In: PARRY, R. T. **Envasado de los alimentos en atmósfera modificada.** Zaragoza: Acribia, 1995. 331 p. cap. 2, p. 32-55.

BAGOROGOZA, K; BOWERS, J; OKOT-KOTBER, M. The Effect of Irradiation and Modified Atmosphere Packaging on the Quality of Intact Chill-stored Turkey Breast. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 2, 2001

BOURGEOIS, C. M. **Microbiologia alimentaria: Aspectos microbiológicos de la seguridad y calidad alimentaria.** v. I, Zaragoza: Acribia, 1994. 460p.

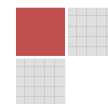
CENTER FOR DISEASE CONTROL (CDC). **Frequently asked questions about irradiation.** Disponível em <<http://www.cdc.gov>>. Acesso em 23 de outubro de 2008.

CHOULIARA, E.; BADEKA, A.; SAVVAIDIS, L.; KONTOMINAS, M. G. Combined effect of irradiation and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of chicken breast meat: microbiological, chemical and sensory changes. **Journal European Food Research and Technology**, v. 226, n. 4, p. -, 2008.

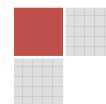
CHURCH, N. Developments in modified-atmosphere packaging and related technologies. **Trends in Food Science e Technology**, v.5, p.345-352, 1994.

CHURCH, I. J. ; PARSONS, A. L. Modified Atmosphere Packaging Tecnology: A Review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 67, p. 143-152, 1995.

DIEHL, J. F. **Safety of Irradiated Foods.** New York: Marcel Dekker, 1990, 345p.



- DURANTE, R. W. Food processors requirements met by radiation processing. **Radiation Physics and Chemistry**, v.63, p. 289–294, 2002.
- FINNE, G. Modified- and controlled-atmosphere storage of muscle foods. **Food Technology**, v. 36, n.2, p. 128–133, 1982.
- GCIIA. GRUPO CONSULTIVO INTERNACIONAL SOBRE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS – GCIIA. **A irradiação de alimentos: ficção e realidade**. Ficha Descritiva 1-14. 1991.
- GENIGEORGIS, C. Microbial and safety implications of the use of modified atmospheres to extend the storage life of fresh meat and fish. **International Journal of Food Microbiology**, v.1, p. 237–251, 1895.
- GRANT, I. R.; PATTERSON, M. F. Effect of irradiation and modified atmosphere packaging on the microbiological safety of minced pork stored under temperature abuse conditions. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 26, n. 5, p. 521 – 533, 2007.
- HOBBS, B. C.; ROBERTS, D. **Toxinfecções e Controle Higiênico-Sanitário de Alimentos**. São Paulo: Varela, 1992. cap. 3, pt. 1, p. 25-47, 1992.
- HOLLEY, R. A.; GILL, C. O. Usos da embalagem em atmosfera modificada para carnes e produtos cárneos. Palestra. **III Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes**, 27 a 29 de setembro, 2005.
- JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed. 711 p., 2005
- LACROIX, M.; LAFORTUNE, R. Combined effects of gamma irradiation and modified atmosphere packaging on bacterial resistance in grated carrots (*Daucus carota*). **Radiation Physics and Chemistry**, v. 71, p. 77–80, 2004
- LANDGRAF, M. Controle do Desenvolvimento Microbiano nos Alimentos. Microrganismos Patogênicos de Importância em Alimentos. In: FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008. 182 p., cap. 7, p. 109-148.



LEE, M.; SEBRANEK, J. G.; OLSON, D. G.; DICKSON, J. S. Irradiation and Packaging of Fresh Meat and Poultry. **Journal of Food Protection**, v. 59, n. 1, p. 62-72, 1996.

LIMA, K, S. C et al. Cenouras minimamente processadas em embalagens com atmosferas modificadas e tratadas com radiação gama: avaliação microbiológica, físico-química e química. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 240-250, 2003.

MANTILA, S. P. S.; SANTOS, E.B.; VITAL, H. C.; MANO, S. B., FREITAS, M. Q.; FRANCO, R. M. Efeito combinado da embalagem em atmosfera modificada e radiação gama na microbiologia e na aceitação sensorial de filés de peito de frango resfriados. **Biotemas**, v.23, n.2, p.149-155, 2010.

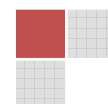
MIYAGUSKU, L. **Influencia da radiação ionizante (60Co) na manutenção da qualidade físico-química, microbiológica e sensorial de cortes de coxa e file de peito de frango acondicionado em diferentes sistemas de embalagens**. Tese de Doutorado em Tecnologia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas . Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2008.

NIEMIRA, B. A.; FAN X.; SOKORAI, K. J.B. Irradiation and modified atmosphere packaging of beef influences survival and regrowth of *Listeria monocytogenes* and product sensory qualities. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 72, p. 41–48, 2005

PARRY, R.T. **Envasado de los alimentos em atmosfera modificada**. Madrid: A. Madrid Vicente, 1993. 331p.

PELCZAR JR.; MICHAEL J.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, NOEL R.; EDWARDS, DIANE D.; PELCZAR; MERNA F. **Microbiologia: conceitos e aplicações**. 2.ed.. São Paulo: Makron Books do Brasil, v.2, 1997.

ROSA, V. P. **Efeitos da atmosfera modificada e da irradiação sobre as características microbiológicas físico-químicas e sensoriais do queijo minas frescal**. 141 f. Dissertação apresentada à escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2004.



SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. Embalagens para vegetais minimamente processados-Fresh Cut. **Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens**, ITAL. V. 9, n. 5, 4 p. 1997.

SILVA, A. C. O. S.; CERQUEIRA, M. O. P.; MORAES, C. F. A. M. P. ; SOUZA, M. R. S.; FERNANDEZ, A. T. Radiação em alimentos. Uma revisão. **Higiene Alimentar**, v. 20, n. 113, p.17-23, 2006.

SMITH, J. P.; RAMASWAMY, H., S.; SIMPSON, B. K. Developments in food packaging technology. Part II: storage aspects. **Trends in Food Science e Technology**, p.111-115, 1990.

THAYER, D. W.; BOYD, G. Irradiation and Modified Atmosphere Packaging for the Control of *Listeria monocytogenes* on Turkey Meat. **Journal of Food Protection**, v.62, n. 10, p. 1136–1142, 1999.

YAN, H. J.; LEE, E. J.; NAM, K. C.; MIN, B. R.; AHN, D. U. Effects of Dietary Functional Ingredients and Packaging Methods on Sensory Characteristics and Consumer Acceptance of Irradiated Turkey Breast Meat. **Poultry Science**, v. 85, p. 1482–1489, 2006

