

Alimentos preservados com radiação: a vantagem competitiva que falta ao Brasil¹

Food preservation with radiation: the competitive advantage that Brazil lacks

*Patricia Wieland**
*Leonardo Junqueira Lustosa***
*Teresia Diana Lewe van Aduard de Macedo-Soares****

Resumo

A técnica de preservação de alimentos por radiação vem sendo aplicada mundialmente para aumentar o tempo de armazenamento e reduzir a dependência de pesticidas químicos. Apesar dos incentivos governamentais e do mercado produtor agrícola crescente, o Brasil ainda não entrou no seleto clube dos exportadores de produtos agrícolas tropicais tratados com radiação. As dificuldades para oferta regular de um serviço de irradiação de alimentos independem da tecnologia utilizada. Instalações semelhantes que esterilizam artigos médicos ou melhoram as propriedades termo-mecânicas de materiais têm operado no Brasil sem interrupções e de modo crescente. Este artigo analisa os vários aspectos da gestão industrial, alianças estratégicas, segurança ambiental e regulação da irradiação de alimentos e apresenta perspectivas para desenvolvimentos futuros no Brasil.

Palavras-chave: irradiação; alianças estratégicas; industrialização; exportação; frutas.

Abstract

Food preservation with radiation is a worldwide technique to increase storage time and reduce chemical pesticides dependence. In spite of governmental support and a growing market, Brazil does not export irradiated food. The difficulties of the irradiation services supply are not related to the technology, given that similar facilities are in full operation, offering medical aid product sterilization services or improving materials thermo-mechanical properties. This paper analyses several aspects of the industrial management, strategic alliances, environmental safety and regulation of food irradiation and presents some perspectives for future developments in Brazil.

Keywords: irradiation; strategic alliances; industrialization; export, fruits.

* Doutoranda do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio/DEI. Pesquisadora Titular U-III da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Rio de Janeiro-RJ. E-mail: pwieland@cnen.gov.br.

** PhD em Engenharia Industrial pela Stanford University, EUA. Professor do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio/DEI. Rio de Janeiro-RJ. E-mail: ljl@puc-rio.br

*** PhD em Filosofia Econômica e Social pela Montréal University, Canadá. Professora da Escola de Negócios da PUC-Rio/IAG. Rio de Janeiro-RJ. E-mail: tdiana.vanaduardmacedosoares@gmail.com

¹ Os autores agradecem os comentários da Dra. Nélida del Mastro, bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq e professora/orientadora em Tecnologia Nuclear do IPEN e USP

Introdução

O tratamento com radiação visa conservar os alimentos por mais tempo, reduzindo as perdas causadas por brotamento ou maturação, além de reduzir a presença de micro-organismos, parasitas e pragas, sem afetar a qualidade do produto. A tecnologia de irradiação já é empregada em mais de 50 países e é aplicada, por exemplo, para a preservação de carnes, frutas frescas, condimentos, ervas medicinais e temperos.

Desde a década de 1980, vários estudos de viabilidade têm sido realizados para a implantação de unidades industriais de tratamento de alimentos no Brasil (GLÓRIA, 1987a, 1987b), (FARIA *et al.*, 1999) e (GHOBRIL; DEL MASTRO, 2009). Um estudo recente realizado em cooperação com o Canadá avaliou a qualidade de mangas irradiadas após o transporte e também fez uma avaliação de custos (SABATO *et al.*, 2009).

No Brasil existem 1376 instalações industriais que utilizam fontes de radiação para os mais diversos fins, e, entre estas, 34 possuem equipamentos de grande porte para irradiação (MARECHAL, 2009). Apesar do otimismo sobre a exportação de produtos agrícolas no Brasil, faltam plantas industriais dedicadas à irradiação de alimentos para atender às necessidades dos produtores agrícolas de forma compatível com as ambições de expansão desse mercado.

Tendo em vista os investimentos que vêm sendo feitos nas últimas décadas para o desenvolvimento da agricultura no Nordeste, um programa de irradiação de alimentos parece ter um elevado benefício-custo. Os fracassos incorridos na tentativa de explorar tal potencial não parecem estar relacionados a questões fundamentais de ordem econômica, tecnológica, social ou ambiental. Ao contrário, todos esses aspectos parecem ser altamente favoráveis.

Este artigo procura examinar diversos aspectos relevantes para o desenvolvimento industrial da preservação de alimentos no Brasil, com o uso de radiação ionizante. O propósito não é fazer uma análise detalhada, mas tão somente dar uma visão abrangente e multidisciplinar da questão que, frequentemente, é investigada com base em problemas isolados. Assim, discutem-se brevemente os aspectos relevantes referentes à qualidade de alimentos, à tecnologia, à gestão, à segurança, à regulação da indústria da irradiação e ao comércio internacional. Por fim, analisa-se o conjunto de elementos apresentados com vistas a sugerir algumas linhas de ação gerais.

A informação foi coletada por meio de revisão da literatura científica e de relatórios de organizações internacionais, investigação documental, discussão com peritos de institutos de pesquisa, empresários do setor e especialistas de órgãos de regulação. A experiência operacional com sucesso de exportação de frutas irradiadas de países tais como Índia e México foram de grande ajuda.

1 Aspectos relacionados à tecnologia de irradiação e à agro-indústria

1.1 Necessidade de melhorias na qualidade de alimentos

O agronegócio no Brasil é caracterizado pela fartura, regularidade no fornecimento, grande variedade de produtos, baixo custo de produção e boa aceitação dos produtos. Entretanto, no que toca aos perecíveis, várias são as dificuldades para a produção de alimentos com qualidade: frequentemente, as águas de irrigação e de lavagem possuem contaminação microbiana e existe incidência

de insetos em função do clima tropical. A logística de acondicionamento é, por vezes, inadequada e, devido à falta de rede de transporte satisfatória e aos longos trajetos, pode haver interrupções de resfriamento ideal. Observa-se ainda, em locais sem educação agrícola adequada, que o foco é no aumento de volume e na redução do custo de produção, em detrimento da qualidade.

Mesmo com a disseminação de boas práticas agrícolas e com a aplicação de métodos de tratamento como a fumigação, a hidrotermia e o congelamento, as estimativas mostram que a perda da produção nacional é ainda cerca de 30% para frutas e hortaliças, o que corresponde ao desperdício de mais de 200 mil hectares cultivados por ano (PEROZZI, 2007). De acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2009), a perda pós-colheita varia de 15 a 50%, não só devido à colheita fora da época correta, excesso de chuva, seca ou extremos de temperatura, contaminação por micro-organismos e danos físicos degradação do alimento, mas também por não atender a rígidos controles de qualidade de supermercados, com relação a tamanho, existência de manchas, formato desigual etc.

Com o crescimento da população, o alimento terá que ser transportado para distâncias cada vez maiores, necessitando de esforços especialmente em infraestrutura de armazenamento e processamento para reduzir a perda de alimentos ao longo da cadeia produtiva.

Alimentos preparados e servidos para a população em restaurantes, bares e em transportes de longa distância também são motivos de preocupação para a saúde. De acordo com um estudo sobre contaminação alimentar nos Estados Unidos da América, dos casos de hospitalização reportados, 63% das pessoas infectadas por *Salmonella* e 86% com *Escherichia coli* (STEC O157) tinham

realizado uma viagem internacional nos dias anteriores (CDC, 2005). Baseado nestas ocorrências, conclui-se que o risco de adquirir uma infecção devido à ingestão de alimentos preparados em viagens aéreas de longa duração não pode ser menosprezado.

Considerando este quadro, acredita-se que as seguintes metas deveriam ser observadas para melhorar a qualidade dos alimentos:

a) Aspectos sociais:

- reduzir a probabilidade de ocorrência de doenças transmitidas por alimentos deteriorados ou contaminados;
- promover a educação agrícola e alimentar para a produção e ingestão de alimentos mais saudáveis.

b) Aspectos econômicos:

- evitar grandes perdas por deterioração de alimentos devido à infestação, contaminação e decomposição;
- promover o comércio internacional, atendendo aos requisitos de controle fitossanitário.

c) Aspectos ambientais:

- reduzir o uso de pesticidas químicos, que deixam resíduos nos alimentos (ICGFI, 1999);
- otimizar as áreas de plantio, considerando perdas menores no escoamento da produção agrícola.

1.2 Tecnologia: o tratamento de alimentos com radiação

O tratamento de alimentos com radiação é feito em irradiadores com fonte radioativa intensa de cobalto-60 ou em aceleradores de partículas. O alimento, já na sua embalagem

final, é exposto à radiação. Como não há contacto com a fonte radioativa, não há risco de contaminação radioativa e, após o tratamento, não há necessidade de manipulação do alimento, o que evita uma possível re-infestação bacteriana (ICGFI, 1999). Os aceleradores de elétrons atuam mais superficialmente e são ideais para alimentos com pouca espessura. Os aceleradores possuem a vantagem de não necessitarem de recarga de fontes. Em ambos os casos, as caixas com os alimentos entram, sobre esteiras transportadoras, num recinto blindado onde são irradiados durante um tempo pré-determinado e saem por outra abertura, prontas para serem despachadas.

A irradiação pretende reduzir ou eliminar as bactérias patógenas para o homem tais como *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Listeria* e *Campylobacter*, os fungos formadores de micotoxinas e insetos (por exemplo, moscas-das-frutas dos gêneros *Ceratitidis* e *Anastrepha*) que deterioram os alimentos armazenados. Se aplicada na dose correta para cada alimento, a radiação não afeta a sua estrutura molecular e, portanto, não modifica as suas propriedades nutricionais e nem as sensoriais (ICGFI, 1999). Wieland-Fajardo e Rego (1993) apresentam um resumo em linguagem simples sobre a técnica de irradiação de produtos, a curva dose-sobrevivência de micro-organismos, os equipamentos, a segurança, a validação e o controle do processo por determinação de dose absorvida no produto e outros métodos.

Não só alimentos *in-natura*, como as frutas e os desidratados, como os condimentos, podem ser irradiados para sua preservação. Há uma crescente demanda por alimentos preparados, que necessitam ser estocados temporariamente, tais como as refeições para membros das forças armadas em serviço, passageiros em transporte de longa distância ou alimentos especiais étnicos ou religiosos. A irradiação elimina agentes pato-

gênicos e aumenta a vida útil em armazenamento sem comprometer a qualidade da alimentação. A técnica também beneficia os pacientes imunodeprimidos que não podem se expor ao risco de contaminação alimentar (IAEA, 2009). Por outro lado, a radiação não é recomendada para todos os alimentos. Em alguns pode provocar alterações na cor, no odor ou no sabor, como por exemplo, no leite e em seus derivados e no abacate.

Além da vantagem de preservação de alimentos por mais tempo, a radiação também pode contribuir para a melhoria da qualidade e de características intrínsecas do produto. O uso de hidrocolóides está se tornando cada vez mais importante e as propriedades reológicas de aditivos irradiados é uma das linhas de pesquisa em andamento (DEL MASTRO, 1999). O quadro 01 mostra as aplicações e a faixa de dose de radiação para o tratamento de alimentos. No caso de frutas frescas, como a manga e papaya, o maior interesse fitossanitário é a desinfestação de insetos e a dose média aplicada é 0,4 kGy. No caso de redução de micro-organismos até a esterilização de alimentos, aplica-se uma dose mais alta, de até 50 kGy.

QUADRO 01 - FAIXAS DE DOSE ABSORVIDA PARA O TRATAMENTO DE ALIMENTOS COM RADIAÇÃO

Função	Objetivo	Faixa de dose absorvida no produto (kGy)
Prolongamento do tempo de armazenamento	Inibição de brotamento em batatas, cebolas, alho, gengibre etc.	0,05 – 0,15
	Retardo do amadurecimento	0,25 – 1,0 frutas frescas e vegetais 1,0 – 3,0 peixe fresco, morangos, cogumelos etc.
Melhoria da qualidade	Desinfestação de insetos e parasitas em cereais, grãos leguminosos, carnes e peixes desidratados, frutas frescas e desidratadas etc.	0,15 – 0,5
	Redução ou eliminação da carga microbiana em frutos do mar ou frangos congelados ou frescos, carnes etc.	1,0 – 7,0
	Inativação de agentes patogênicos em aditivos e ingredientes tais como condimentos, enzimas, gomas etc.	10 – 50
Esterilização em combinação com outros métodos	Redução do número de micro-organismos até a esterilização: carnes, frangos, frutos do mar, alimentos preparados, alimentos para pacientes imunodeprimidos .	30 – 50
Desenvolvimento de novas características e produtos	Alteração das características intrínsecas (uvas mais suculentas, redução do tempo de cozimento de vegetais) .	2,0 – 7,0

FONTE: ICGFI (1999)

Alternativamente à radiação, alguns fumegantes são usados para preservação de alimentos. Entretanto, alguns são prejudiciais à saúde humana e agridem o meio ambiente. O Brasil tem uma legislação bastante rígida a esse respeito, conforme o Decreto 4.074/2002. O brometo de metila, muito usado no passado, é depletor da camada de ozônio e está sendo mundialmente banido. Exceto para produtos de uso médico, a descontaminação com óxido de etileno (ETO) está proibida no Brasil desde 1999 (artigo 7º da Portaria Interministerial n. 482/99 dos Ministérios da Saúde e do Trabalho).

Uma pesquisa realizada na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (MARTIN NETO; RODRIGUES; TRAGUETTA, 1996) mostrou a total adequação do uso de radiação ionizante como um método eficiente e seguro de descontaminação de pimenta do reino. Houve uma redução, quando não eliminação completa, de micro-organismos e ainda a redução do nível de radicais

livres, originalmente presentes nas amostras. Os autores desta pesquisa lembram que alguns mitos ainda necessitam ser superados antes que a irradiação se torne um método amplamente aceito pelo público. Para tal, enfatizam que (a) irradiação não torna o alimento radioativo; e (b) irradiação não destrói nutrientes em maior extensão que qualquer outro processo de preservação.

Em pesquisa de opinião pública (ORNELLAS *et al.*, 2006), ficou evidente que a falta de conhecimento sobre o processo e seus benefícios é um fator limitante: 89% dos entrevistados consumiriam alimentos irradiados se soubessem que a irradiação aumenta a segurança alimentar.

1.3 A gestão industrial de instalações de irradiação de alimentos

As unidades industriais de irradiação são instalações compactas onde a máquina, sua estrutura

com a blindagem da radiação e sistemas auxiliares podem ser instalados em menos de 100 m². O empreendimento é capital intensivo e representa um investimento da ordem de US\$ 3 milhões. A operação é simples, com pouca manutenção, flexibilidade de produção e reduzido número de operadores, que, entretanto, devem ser qualificados. A capacidade de produção típica é de 40.000 t/ano. No investimento inicial, deve-se prever não só as despesas decorrentes da instalação do equipamento, mas, também, as decorrentes de *marketing* e legalização para funcionamento. As despesas anuais devem prever o recarregamento parcial da fonte de Co-60 (dispensável para o acelerador de elétrons), e um fundo de reserva para o descomissionamento da instalação ao fim de sua vida útil.

O cálculo do tempo de retorno do investimento depende da estimativa dos custos de investimento e operacionais, do esquema de tarifas para o serviço e da taxa de utilização do equipamento. No caso de irradiador, o alto custo da fonte radioativa, que tem meia-vida de cerca de cinco anos (i.e. devido ao decaimento radioativo, em cinco anos a atividade cai à cerca da metade do valor inicial), faz com que o custo fixo seja ainda maior, tornando crítica a taxa de utilização. O valor agregado é de especial interesse para o produtor ou distribuidor do alimento e é calculado com base no aumento da vida útil do alimento, ou seja, quanto estoque deixou de ser perdido e no aumento do preço que novos mercados podem proporcionar. Esse cálculo deve considerar a taxa de venda do produto, sua variação sazonal e a distribuição de probabilidade do tempo que o produto permanece sem degradação. No caso de tratamento de mangas com uma dose de 400 Gy, o custo de produção é em torno de US\$18,00 por tonelada (SABATO *et al.*, 2009).

A estratégia de entrada no mercado do serviço de irradiação de alimentos deve dar atenção especial à possibilidade de formação de alianças cooperativas. Seguindo a tipologia de Garcia-Canal *et al.* (2002), acredita-se que as alianças favoráveis seriam locais e de capacitação. A aliança “local” com associações de produtores agrícolas, por exemplo, expandiria os mercados de fornecedores e distribuidores. A aliança “de capacitação” com institutos de pesquisa que já atuam nesta área poderia garantir o cumprimento mais acelerado dos vários requisitos de regulação e serviria para obter vantagem competitiva sobre eventuais concorrentes nacionais ou internacionais. A Food Irradiation Processing Alliance - FIPA (FIPA, 2009) é um fórum internacional de representantes industriais com finalidade de discutir e influenciar assuntos relacionados à irradiação de alimentos. Uma vez que a escala de produção industrial seja adequada, também uma aliança global com outro serviço de irradiação já inserido no mercado exterior, poderia ser benéfica para atingir estes mercados de modo sustentável.

1.4 Análise de segurança

Segundo recomendações da Agência Internacional de Energia Nuclear (IAEA), vários requisitos de segurança intrínsecos de projeto da instalação e de operação devem ser observados, especialmente para blindar a radiação da fonte nas áreas comuns e para evitar a entrada de pessoas no recinto de irradiação durante operação e a conseqüente exposição a altos níveis de radiação (IAEA, 1992). Os irradiadores e aceleradores operam no interior de labirintos com blindagens densas e espessas suficientes para não expor trabalhadores ou membros do público a níveis de radiação superiores aos limites recomendados.

Dentre as instalações não nucleares, os irradiadores e os aceleradores de partículas com capacidades para preservar alimentos ou esterilizar artigos médicos são classificados como as instalações de maior risco (IAEA, 2005). Já ocorreram acidentes graves em instalações deste tipo, ocasionados por falhas humanas decorrentes da pressão para se resolver problemas mecânicos no irradiador que causavam a descontinuidade de produção. A fonte de radiação é poderosa o suficiente para causar a síndrome aguda da radiação (SAR). Em 1991, ocorreu um acidente em Nesvizh, Belarrússia, quando o operador propositadamente corrompeu vários dispositivos de segurança e intertravamentos de um antigo irradiador usado para esterilização de artigos médicos e entrou na câmara de irradiação para desemperrar a correia transportadora (IAEA, 1996). O operador permaneceu a 0,2 m da fonte Co-60 com 28,1 PBq de atividade por menos de dois minutos e cerca de cinco minutos depois, já sentia os efeitos da SAR, tais como vômitos e dores no estômago, seguidos, após 50 minutos, de diarreia. Pela geometria de exposição e sintomas físicos, estimou-se que ele tivesse recebido uma dose letal superior a 10 Gy, necessitando de cuidados médicos especializados emergenciais. A análise deste e de outros acidentes que ocorreram no passado serviram como base para modificações no projeto de instalações deste tipo, de modo a garantir que os princípios de redundância, defesa em profundidade e independência de dispositivos de segurança sejam obedecidos em qualquer caso.

Sob o ponto de vista de proteção ambiental, como a operação de irradiadores não gera efluentes radioativos, não há impacto ambiental. Também não gera rejeitos radioativos, pois as fontes de Co-60 exauridas devem ser devolvidas ao fabricante. O benefício ambiental está na redução do uso de fumegantes nocivos. Mantendo-se os controles exigidos, a etapa de maior risco radiológico durante a vida do irradiador é o carregamento das fontes de Co-60.

1.5 Regulação e fiscalização de instalações que irradiam alimentos

As instalações estão sujeitas à legislação pertinente para obtenção de licenças. A fiscalização é necessária para verificar se os itens de segurança estão sendo obedecidos. Os requisitos atuais evoluíram conforme previsto por Oliveira (2000) com a publicação da Resolução nº 21/2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), que regula as atividades de irradiação de alimentos. Esta resolução permite que qualquer alimento poderá ser tratado por radiação desde que a dose máxima absorvida seja inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais ou os atributos sensoriais do alimento. Exige também que a embalagem contenha a informação: "Alimento tratado por processo de irradiação". No caso de alimentos vendidos a granel, deve-se colocar uma faixa com a indicação citada. Pode-se também utilizar o símbolo internacional correspondente (figura 01).

FIGURA 01 - SÍMBOLO INTERNACIONAL DA IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS



FONTE: CAC (1991)

O licenciamento para garantir a proteção radiológica de trabalhadores e do público e a segurança das fontes de radiação é conduzido pela Comissão Nacional de Energia Nuclear

(CNEN). O licenciamento de instalações radiativas segue um conjunto de etapas consecutivas que inicia com a aprovação do local da instalação e segue até a retirada de operação, ao fim da vida útil da instalação. O Ibama é o órgão que realiza o licenciamento ambiental das instalações que também segue etapas de autorizações desde a aprovação do local. O funcionamento de uma instalação para irradiação de alimentos depende ainda da obtenção do Alvará Sanitário e o cadastramento nos órgãos competentes do Ministério da Saúde e Ministério da Agricultura. Com todas as exigências dos vários órgãos do governo, o licenciamento pode durar pelo menos 2 anos. Durante o período de licenciamento, várias atividades de desenvolvimento do mercado poderiam ser realizadas, por exemplo, campanhas de esclarecimento da população e abertura do mercado exterior.

1.6 Comércio internacional de alimentos irradiados

A tecnologia de irradiação de alimentos para sua preservação surgiu oportunamente como uma alternativa viável de tratamento para atender aos requisitos do Acordo na Aplicação de Medidas Sanitárias e Fitosanitárias da Organização Mundial do Comércio (WTO, 1995). Esse acordo considera as recomendações de organizações internacionais, incluindo a Codex Alimentarius Commission que trata de irradiação de alimentos (CAC, 2003). A Convenção Internacional de Proteção a Plantas (IPPC), cujo texto está disponível em www.fao.org/Legal/TREATIES/004s-e.htm, tem como objetivo assegurar a ação efetiva para prevenir a disseminação de pestes e doenças em plantas e produtos e promover medidas apropriadas para seu controle. Dentre as recomendações desta Convenção estão as diretrizes para o uso de irradiação como medida fitossanitária (ISPM, 2003).

A Organização Mundial de Comércio aponta o Brasil como o quarto país em volume de exportação de produtos agrícolas (WTO, 2008). O Brasil é o terceiro país produtor de frutas, atrás da China e da Índia. Segundo o Instituto Brasileiro de Frutas (IBRAF, 2009), em 2008 o Brasil exportou 888 mil toneladas de frutas frescas, das 43 milhões de toneladas produzidas, com um decréscimo de 3,3% em relação a 2007. Neste período, a exportação de mangas aumentou ligeiramente, mas a de papaias caiu.

Uma das restrições à exportação é, sem dúvida, o custo do frete, que está relacionado ao tempo gasto em transporte. O frete aéreo é mais caro que o marítimo e a tendência é que o custo do frete aéreo aumente. A União Européia reconhece que o transporte aéreo é um dos principais emissores de gases que causam o aquecimento global e resolveu impor limitações e controles baseados no princípio de que “o poluidor paga” (EU, 2006). A preservação de manga e papaia com radiação triplica o tempo de vida útil da fruta, chegando a 21 dias (CENA, 2007), o que viabiliza o frete marítimo dessas frutas para alguns mercados mais distantes.

Apesar do curto prazo para transporte e distribuição para os consumidores, a União Européia foi responsável por 72% das exportações brasileiras de mangas de janeiro a novembro de 2009, segundo dados disponíveis no sistema de análise das informações de comércio exterior via Internet (ALICEWeb) mantido pela Secretaria de Comércio Exterior (Secex), do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC).

Entretanto, quando se considera o tratamento fitossanitário com radiação, nem todos os mercados aceitam os produtos irradiados tão bem quanto os quase 50 países que já possuem regulamentação sobre o tema. Por exemplo, no Parlamento Europeu, prevaleceu nas décadas pas-

sadas uma política de atraso e obstrução no uso de qualquer tecnologia nuclear, o que contrastou com o crescente desenvolvimento americano, onde a preocupação com a saúde pública impulsionou a aceitação de produtos tratados com radiação (DIEHL, 2002). Os requisitos americanos para importação de produtos tratados com radiação são bastante rígidos e o processo de avaliação pode levar anos. Mudanças estão sendo planejadas pelo Departamento de Agricultura americano (GREEN, 2008), o que irá reduzir o custo de controle sobre a irradiação para importação pelos Estados Unidos.

Farkas (2006) apresenta um resumo do *status* da irradiação de alimentos no mundo e prevê avanços na área com a formação de fóruns internacionais para reunir e disseminar informação, com base científica, sobre segurança e benefícios da irradiação de alimentos. De acordo com o estudo detalhado da situação da irradiação de alimentos (KUMEA *et al.*, 2009), a quantidade de alimentos irradiados no mundo em 2005 foi de 405 mil toneladas, com uma estimativa de crescimento na Ásia.

Na América Latina, existem unidades industriais de irradiação na Argentina, Brasil, Chile, Cuba, México e Peru. A China tem 101 irradiadores e está construindo outros dez (WANG; ZHANG; PENG, 2008). Dos 25 irradiadores da Índia alguns são dedicados à exportação de alimentos. Após o governo dos EUA ter aprovado a importação de mangas indianas irradiadas, a tendência é de crescimento nessa área industrial (KOHLLI, 2008).

1.7 Irradiação de alimentos no Brasil

As pesquisas brasileiras na área de preservação de alimentos vêm sendo conduzidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) e por outros institutos de pesquisa como

o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen) e Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN), assim como em algumas universidades. Algumas unidades de esterilização de artigos médicos por radiação existentes no Brasil também irradiam, eventualmente, condimentos, atendendo parcialmente a esse mercado.

As duas iniciativas recentes para irradiar alimentos em escala industrial no Brasil fracassaram em poucos anos. Na unidade instalada no Rio de Janeiro, a causa provável foi a falência da empresa matriz americana SureBeam Corp.. Atualmente, a unidade é operada por uma empresa nacional, Acelétrica Com. e Rep. Ltda.. Na unidade de Manaus instalada pela Techlon Industrial Brasil Ltda., uma ação na justiça decorrente de denúncia de má gestão do financiamento público suspendeu a operação do irradiador. Em ambos os casos, a localização do serviço não é a ideal, por estarem distantes dos mercados produtores de alimentos, e, portanto, os alimentos podem chegar para irradiação já em deteriorização avançada. Atualmente, uma empresa americana que controla totalmente uma subsidiária brasileira, Gamma - Serviços de Irradiação Ltda., está planejando implantar quatro irradiadores no Nordeste, com possibilidade de expansão para oito unidades (SECUREFOODS, 2009). Embora o nível de competitividade entre empresas que irradiam alimentos ainda não seja claro, a empresa americana informa ter obtido os direitos sobre o uso exclusivo no Brasil de um tipo de tecnologia particularmente adequada para irradiação de alimentos.

2 Resultados e discussão

Com base na investigação documental realizada e nas entrevistas semi-estruturadas com especialistas dos vários setores envolvidos, existem evidências de que o Brasil possui conhecimento

acumulado sobre o que é necessário para o uso em escala da preservação de alimentos por irradiação (CENA, 2007). Além disso, possui excelente infraestrutura em equipamentos e competência técnica para pesquisa e desenvolvimento da técnica. Os empresários interessados podem se beneficiar dessa vantagem e focar os esforços na produção, aproveitando ao máximo a capacidade do equipamento e, assim, aumentando o retorno do investimento. Está prevista a construção de vários irradiadores de alimentos no Nordeste. Entretanto, sem uma política de desenvolvimento de infraestrutura de transportes, exportação e programa e aceitação de produtos irradiados, além da simplificação da regulação e do apoio do Ministério da Agricultura, a produção não irá escoar para os mercados consumidores a preços acessíveis.

A investigação das possíveis causas do atraso no desenvolvimento industrial do tratamento de alimentos com radiação no país revela a necessidade de agir de modo integrado especialmente nas seguintes áreas (quadro 01):

a) Gestão Industrial - A ação de melhorias deve-se dar, preferencialmente, por meio de alianças estratégicas entre os diversos atores envolvidos, incluindo associação de produtores e cooperativas, processadores, exportadores, distribuidores, bancos financiadores, Instituto Brasileiro de Frutas (Ibraf), Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae), empresas de logística e institutos de pesquisa. Em se tratando de uma indústria em fase de crescimento no Brasil, é desejável que esta forneça assistência aos clientes, a exemplo do que faz a empresa mexicana Benebión (www.phytosan.com). Esse apoio poderia ser em controle de qualidade da produção do alimento, preenchimento dos requisitos regulatórios, serviços de transporte, embalagem, armazenagem intermediária

e etiquetagem, além de consultoria em certificação para exportação. A gestão dos riscos operacionais é fundamental para prevenir contingências e interrupções de fornecimento e para correta definição de preço do serviço (WIELAND; DEL MASTRO, 2008).

- b) Mercado interno – A desmistificação sobre alimentos irradiados deve ser feita em canais de comunicação que atinjam a população consumidora, a cadeia de fornecedores e de distribuidores.
- c) Exportação – Para a exportação dos produtos tratados com radiação sugere-se divulgar no exterior uma marca que simbolize a qualidade dos produtos tratados brasileiros, além de esclarecer os produtores agrícolas a respeito das exigências dos diversos mercados. A certificação pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) da conformação com critérios de qualidade e fitossanitários é de suma importância para a plena aceitação dos produtos. Souza e Amato Neto (2009) analisaram a inserção de mangas e uvas nos mercados inglês e alemão e ressaltam a importância da análise e distinção da estrutura da cadeia de valor para cada mercado alvo para garantir maior vantagem competitiva.
- d) Educação agrícola – As informações sobre a irradiação de alimentos são publicadas em revistas científicas ou limitadas aos centros de pesquisa. Sugere-se que o tema seja divulgado adequadamente nos meios educacionais de nível médio e superior e tratado como uma realidade economicamente competitiva.
- e) Financiamento – o empreendimento é capital intensivo e já houve casos de fracasso para implantação desta indústria no país, mesmo com a disponibilidade de financiamento público. A sustentabilidade do ne-

gócio não deveria ser comprometida pela má gestão deste tipo de empreendimento, o que pode impactar negativamente na reputação do setor nuclear como um todo.

- f) Licenciamento - os órgãos governamentais envolvidos, Ministério da Agricultura, secretaria estadual e municipal relacionados ao agronegócio, Ibama e órgãos seccionais, Anvisa e VISAs e CNEN, deveriam tentar simplificar a regulação através de acordo de mútua cooperação, evitando duplicidade de esforços, atrasos e a criação de monopólios, por dificultar a livre competição. Para

realizar mais rapidamente as avaliações de risco necessárias ao processo de tomada de decisão em regulação na área de agricultura, as instituições especializadas, por exemplo, a Embrapa ou o Cena, poderiam ser contatadas.

- g) Apoio governamental – vários órgãos do governo estão envolvidos no agronegócio. O sucesso do empreendimento depende essencialmente da política governamental favorável à exportação de alimentos.

QUADRO 02 - OPORTUNIDADES DE MELHORIAS EM IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS, VISANDO A EXPORTAÇÃO

Área	Oportunidades de melhorias
a) Gestão industrial do serviço de tratamento com radiação	<ul style="list-style-type: none"> - Análise e integração dos vários aspectos de gestão industrial para tomada de decisão sobre o investimento. - Definição da localização e dimensionamento da capacidade de produção. - Padronização de parâmetros de irradiação com a elaboração de um manual com as faixas de dose e condições de irradiação para os diversos alimentos e flexibilidade para aprimoramentos. - Otimização do tempo de preparação para irradiar diferentes alimentos e programação sazonal. - Avaliação de riscos. - Gestão de alianças estratégicas. - Assistência a clientes.
b) Mercado interno	<ul style="list-style-type: none"> - Programa de esclarecimento sobre as vantagens dos alimentos tratados com radiação nos grandes canais de comunicação.
c) Exportação de produtos irradiados	<ul style="list-style-type: none"> - Atendimentos aos requisitos técnicos, comerciais e da vigilância sanitária dos mercados recebedores. - Obtenção da certificação da qualidade para a aceitação dos produtos no mercado internacional. - Marketing internacional. - Divulgação dos benefícios da técnica entre os empresários do agronegócio e exportadores.
d) Educação agrícola	<ul style="list-style-type: none"> - Maior ênfase do tema nos currículos educacionais de nível médio e superior das escolas de tecnologia agrícola e de alimentos, não como uma tecnologia nova, mas como um procedimento viável. - Divulgação das vantagens do tratamento de produtos com radiação pela imprensa especializada no agronegócio e demonstrada em feiras e exposições da agroindústria.
e) Financiamento	<ul style="list-style-type: none"> - Abertura de crédito para financiamento do empreendimento a cooperativas com dispositivos que garantam a longevidade e segurança da instalação.
f) Licenciamento	<ul style="list-style-type: none"> - Acordo entre os vários órgãos do governo para agilizar e evitar a duplicação de esforços e exigências desnecessárias uma vez atendidas as condições de segurança radiológica, ambiental e alimentar.
g) Apoio governamental	<ul style="list-style-type: none"> - Concentração dos esforços das áreas de indústria e comércio e de relações exteriores para divulgar e facilitar as exportações. - Apoio às iniciativas dos estados e municípios para melhoria das vias vicinais de escoamento da produção.

Conclusões

Este trabalho contribui para o desenvolvimento da indústria de preservação de alimentos com radiação ionizante, fornecendo uma visão abrangente e multidisciplinar da questão, e indicando linhas de ação, calcadas na proposta de alianças estratégicas e acordos de cooperação, tanto para acessar e conquistar o mercado interno quanto para o desenvolvimento do comércio exterior.

Para uma efetiva promoção da conservação de alimentos por radiação, a análise das informações levantadas sugere que a indústria deve tratar os vários aspectos técnicos, empresariais, econômicos e ambientais de forma integrada e coordenada, considerando estrategicamente a formação de alianças tanto com entidades relacionadas à sua cadeia de suprimentos, quanto com instituições de ensino e pesquisa. As associações de produtores e distribuidores, cooperativas agrícolas e industriais interessados devem focar os esforços na gestão industrial e otimizar a utilização das instalações e a logística de suprimentos, escoamento e distribuição da produção.

O quadro 02 sintetiza as principais ações propostas em gestão industrial do serviço de tratamento com radiação, desenvolvimento do mercado interno, exportação de produtos irradiados, educação agrícola, financiamento, licenciamento e apoio governamental.

Destaca-se a importância do apoio governamental para divulgar as vantagens da técnica, facilitar o comércio de alimentos tratados com radiação e atualizar os currículos educacionais de escolas agrícolas.

A preservação de alimentos com radiação é uma técnica bem conhecida pelos pesquisadores da área nuclear, entretanto, não tão divulgada no agro-negócio. Sugere-se como futuro desenvolvimento da área que as atividades de irradiação de alimentos seja levada intensivamente a feiras e exposições agroindustriais. Futuras pesquisas poderiam ser realizadas para a redução de custo de produção, relacionadas ao desenvolvimento de irradiadores e aceleradores nacionais e a simplificação de critérios regulatórios, visando à redução do tempo de obtenção de licenças. O mercado alvo para a exportação de alimentos tratados com radiação deve ser avaliado em termos de governança do comércio, beneficiando-se da complementariedade sazonal da produção agroindustrial de frutas tropicais com outros exportadores, tais como Índia e México.

• Recebido em: 23/07/2010

• Aprovado em: 13/10/2010

Referências

CAC. **Codex General Standard for Irradiated Foods**. Codex Alimentarius Commission. CODEX STAN 106-1983. rev.1, 2003.

_____. **Codex General Standard For The Labelling Of Prepackaged Foods**. CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. CODEX STAN 1-1985. rev. 1, 1991.

CDC. **FoodNet Surveillance Report 2005. EUA**: Center for Disease Control and Prevention. 2005. Disponível em: <http://www.cdc.gov/foodnet/annual/2005/2005_AR_Report.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2009.

CENA. Divulgação da tecnologia de irradiação de alimentos e outros materiais. Piracicaba: Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 2007. Disponível em: <<http://www.cena.usp.br/irradiacao/index.asp>>. Acesso em: 30 dez. 2009.

DEL MASTRO, N. Development of food irradiation in Brazil. **Progress in Nuclear Energy**, New York, v.35, n.3-4, p.229-248, 1999.

DIEHL, J. F. Food irradiation: past, present and future. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford NY, v. 63, p.211-215, 2002.

EU. **European Parliament Resolution on Reducing the Climate Change Impact of Aviation**. P6_TA(2006)0290. 4 jul. 2006. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2006:303E:0119:0123:EN:PD>>. Acesso em: 03 jan. 2010.

FAO. **Post-harvest losses aggravate hunger**: Improved technology and training show success in reducing losses. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/news/story/en/item/36844/icode/>>. Acesso em: 30 dez. 2009.

FARIA, E. F. et al. Viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de um irradiador de materiais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 19., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro, 1999.

FARKAS, J. Irradiation for better foods. **Trends in Food Science and Technology**, Guildford, GB, v.17. p.148-152, Apr. 2006.

FOOD IRRADIATION PROCESSING ALLIANCE – FIPA. Disponível em: <<http://www.fipa.us/>>. Acesso em: 15 set. 2009.

GARCIA-CANAL, E. et al. Accelerating international expansion through global alliances: A typology of cooperative strategies. **Journal of World Business**, Greenwich, Conn., v.37, n.2, p. 91-107, Summer 2002.

GLORIA, M. B. **Estudo de viabilidade técnico-econômica para implantação de uma instalação industrial de grande porte na Amazônia Legal**. Rio de Janeiro: IRD, 1987a (Separata-152).

_____. **Estudo de viabilidade técnico-econômica para implantação de uma instalação industrial de irradiação de grande porte no Vale do São Francisco**. Rio de Janeiro: IRD, 1987b (Separata-153).

GREEN, A. USDA's operational experience in the growing use of irradiation as a plant quarantine treatment for safe trade. In: **International Meeting on Radiation Processing (IMRP2008)**. London, 2008. Disponível em: <<http://www.iiaglobal.org/uploads/documents/imrp2008/Alan%20Green.pdf>>. Acesso em: 30 dez. 2009.

GHOBRIL, C.; DEL MASTRO, N. The socioeconomic aspects of the construction of an industrial gamma irradiator in the Ribeira Valley, Sao Paulo, Brazil. **International Journal of Nuclear Governance, Economy and Ecology**, Olney, GB, v.2, n.3, p.250-261, June 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS - IBRAF. **Comparativo de exportações brasileiras de frutas frescas 2008-2007**. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br/estatisticas/exportação/ComparativoExportacoesBrasileiras2008-2007.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2009.

IAEA. **Radiation safety of gamma and electron irradiation facilities**. Viena: International Atomic Energy Agency, 1992 (IAEA Safety Series n.107).

_____. **The Radiological Accident at the Irradiation Facility in Nesvizh**. Viena: International Atomic Energy Agency, 1996.

_____. **Categorization of Radiation Sources**. Viena: International Atomic Energy Agency, 2005.

_____. **Irradiation to Ensure the Safety and Quality of Prepared Meals**. Viena: International Atomic Energy Agency, 2009.

ICGFI. **Facts about food irradiation**. International Consultative Group on Food Irradiation, 1999. Disponível em: <<http://www.iaea.org/nafa/d5/public/foodirradiation.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2009.

ISPM. **Guidelines for the use of irradiation as a phytosanitary measure**. International Standards for Phytosanitary Measures. ISPM No. 18: Secretariat of the International Plant Protection Convention, 2003.

KOHLI, A. K. New opportunities of radiation processing in India. In: **International Meeting on Radiation Processing (IMRP2008)**. London, 2008. Disponível em: <<http://www.iiaglobal.org/uploads/IMRP2008/186%20Kohli.pdf>>. Acesso em: 30 dez. 2009.

KUMEA, T. et al. Status of food irradiation in the world. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, NY, v.78, n.3, p.222–226, Mar. 2009.

MARECHAL, M. H. H. Licenciamento de instalações médicas e industriais. In: ENCONTRO NACIONAL DE INFORMAÇÃO REGULATÓRIA, 2., 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <www.cnen.gov.br/hs_enir2009/palestras/02_CGMI.pps>. Acesso em: 30 dez. 2009.

MARTIN NETO, L.; RODRIGUES, H. R.; TRAGHETTA, D. G. **Uso de radiação ionizante para esterilizar alimentos e detecção de radicais livres por EPR**. São Carlos, 1996. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/CNPDIA/9815>>. Acesso em: 30 dez. 2009.

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

- ORNELLAS, C. B. D. et al. Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.1, p.211-213, jan./mar. 2006.
- PEROZZI, M. Irradiação: tecnologia boa para aumentar exportações de frutas. **Inovação Uniemp**, Campinas, v.3 n.5, p.42-44, set./out. 2007.
- SABATO, S.F. et al. Advances in commercial application of gamma radiation in tropical fruits at Brazil. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, NY, v.78, n.7-8, p.655-658, July/Aug. 2009.
- SECUREFOODS. Food Irradiation. Brazilian Resources Inc., Disponível em: <www.brazilianresources.com/s/Food-Irradiation.asp2008>. Acesso em: 30 dez. 2009.
- SOUZA, R.; AMATO NETO, J. As transações entre supermercados europeus e produtores brasileiros de frutas frescas. **Gestão & Produção**, São Carlos, v.16, n.3, p.489-501, jul./set. 2009.
- WANG, C.; ZHANG, H.; PENG, W. Gamma irradiation in China: past, present and future. In: **International Meeting on Radiation Processing (IMRP2008)**. London, 2008. Disponível em: <<http://www.iiaglobal.org/uploads/documents/imrp2008/Peng%20Wei.pdf>>. Acesso em: 30 dez. 2009.
- WIELAND, P; DEL MASTRO, N. Operational risk management at industrial irradiation plants. In: **International Meeting on Radiation Processing**. London, 2008. Disponível em: <<http://www.iiaglobal.org/uploads/IMRP2008/077%20del%20Mastro%20paper.pdf>>. Acesso em: 30 dez. 2009.
- WIELAND-FAJARDO, P; REGO, F. C. **Radioesterilização**. Rio de Janeiro: Instituto de Engenharia Nuclear, 1993.
- WORLD TRADE ORGANIZATION - WTO. **The WTO Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures (SPS Agreement)**. 1995. Disponível em: <http://www.wto.org/english/tratop_e/sps_e/spsagr_e.htm>. Acesso em: 20 fev. 2009.
- _____. **WTO International Trade Statistics**. 2008. Disponível em: <http://www.wto.org/english/res_e/statis_e/its2008_e/its08_merch_trade_product_e.pdf>. Acesso em: 04 out. 2009.