AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ANÁLISE DE PERIGOS E PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE PARA ALIMENTOS IRRADIADOS NO BRASIL

MARIA DE FÁTIMA GUERRA BOARATTI

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações.

Orientadora:
Profa. Dra. Anna Lúcia Villavicencio

São Paulo
2004

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

ANÁLISE DE PERIGOS E PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE PARA ALIMENTOS IRRADIADOS NO BRASIL

MARIA DE FÁTIMA GUERRA BOARATTI

IPEN
LIVRO
Nº 22982
BIBLIOTECA

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações.

Revisada pelo autor

Orientadora : Prof. Dra. Anna Lúcia Villavicencio

SÃO PAULO
2004

Aos meus Pais, Pedro Geraldo Boaratti e Maria Thereza G. Boaratti, pelo amor, carinho e exemplo de educação a mim apresentado.

E em especial aos meus filhos: Vinícius Boaratti Ciarlariello e Stephanie Ciarlariello pelo carinho, compreensão e estímulo durante todo o projeto.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP-IPEN

Agradecimentos

Como forma de expressar minha gratidão pela ajuda e incentivo recebido na realização deste trabalho, desejo agradecer:

Aos meus irmãos Mario Francisco G. Boaratti e Marcelo Fernando G. Boaratti pelo incentivo de retornar aos estudos.

A PhD Dra. Anna Lúcia Villavicencio por sua dedicação, apoio e incentivo na minha formação.

À Empresa *VinTe* Consultoria e Assessoria pelo total apoio financeiro durante a realização do projeto.

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN.

Aos colegas do Centro de Tecnologia das Radiações do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

Aos Dr. Prof. do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

E a todos aqueles que indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

ANÁLISE DE PERIGOS E PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE PARA ALIMENTOS IRRADIADOS NO BRASIL

Maria de Fátima Guerra Boaratti

RESUMO

As doenças transmitidas por alimentos, em particular infecções gastro intestinais, representam um grupo de patologias com um forte impacto negativo na saúde da população. Pouca consideração é dada para tal condição, uma vez que os sintomas são frequentemente moderados e limitados ao indivíduo. Isto conduz a sub estimar a sua importância e acarretando para práticas incorretas durante a preparação e a preservação de alimentos, resultando em freqüente ocorrência de casos envolvendo grupos de números variados de consumidores.

Apesar de esforços substanciais para redução da contaminação, uma tendência ao aumento no número de casos de doenças veiculadas por alimentos causadas por bactéria patogênica não esporulada são registrados em muitos países. Boas práticas de higiene podem reduzir o nível de contaminação, mas o patógeno mais importante pode não ser eliminado pelo processamento primário, particularmente proveniente de alimentos que são vendidos crus. Existem vários métodos de descontaminação, mas o tratamento mais versátil entre todos é o processo de radiação ionizante.

O APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle) é o sistema de gerenciamento na qual a segurança alimentar é endereçada através de análises de controle de perigos físicos, químicos e biológicos provenientes da produção de matéria prima, análise e manipulação, fabricação, distribuição e consumo de produtos acabados. Para o sucesso da implementação do plano de APPCC, a gerência deve ser fortemente comprometida para com o conceito do APPCC. Um firme compromisso ao APPCC pela

alta administração proporciona aos empregados da empresa um senso de importância para a produção de alimento seguro.

Ao mesmo tempo, deve ser enfatizado que, assim como outras estratégias de intervenção, a irradiação deve ser aplicada como parte de um programa total de segurança. Os benefícios da irradiação não devem ser considerados como desculpa para a má qualidade ou má manipulação e condições de estocagem, por exemplo, como um substituto para boas práticas de fabricação.

Adotando o APPCC embasado na abordagem para gerenciamento da segurança de alimento, pode ser claramente demonstrado que a aplicação da tecnologia como irradiação de alimentos é essencial para garantir a segurança de alimentos crus estocáveis. Assim como deveria ser considerado como um CCP (ponto critico de controle) na cadeia alimentar. Então os benefícios potenciais da irradiação, que é endossada por organismos internacionais e nacionais, merecem sérias considerações pelas autoridades de saúde pública, indústrias e grupos de consumidores mundiais.

Para tal, o sistema APPCC e irradiação é primordial de forma que a segurança alimentar é mantida se os processos forem aplicados corretamente.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP-IPEN

HAZARD ANALYSIS AND CRITICAL CONTROL POINT TO IRRADIATED FOOD IN BRAZIL

Maria de Fátima Guerra Boaratti

ABSTRACT

Food borne diseases, in particular gastro-intestinal infections, represent a very large group of pathologies with a strong negative impact on the health of the population because of their widespread nature. Little consideration is given to such conditions due to the fact that their symptoms are often moderate and self-limiting. This has led to a general underestimation of their importance, and consequently to incorrect practices during the preparation and preservation of food, resulting in the frequent occurrence of outbreaks involving groups of varying numbers of consumers.

Despite substantial efforts in the avoidance of contamination, an upward trend in the number of outbreaks of food borne illnesses caused by non-spore forming pathogenic bacteria are reported in many countries. Good hygienic practices can reduce the level of contamination but the most important pathogens cannot presently be eliminated from most farms, nor is it possible to eliminate them by primary processing, particularly from those foods which are sold raw. Several decontamination methods exist but the most versatile treatment among them is the ionizing radiation procedure.

HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) is a management system in which food safety is addressed through the analysis and control of biological, chemical, and physical hazards from raw material production, procurement and handling, to manufacturing, distribution and consumption of the finished product. For successful implementation of a HACCP plan, management must be strongly committed to the

HACCP concept. A firm commitment to HACCP by top management provides company employees with a sense of the importance of producing safe food.

At the same time, it has to be always emphasized that, like other intervention strategies, irradiation must be applied as part of a total sanitation program. The benefits of irradiation should never be considered as an excuse for poor quality or for poor handling and storage conditions, i.e., as a substitute for good manufacturing practices.

By adopting an HACCP based approach to food safety management, it can be clearly demonstrated that the application of a technology like food irradiation is essential for ensuring the safety of raw food stuffs. Such an intervention should be considered as a CCP (Critical Control Point) in the food chain. Therefore, the potential benefit of irradiation, which is endorsed by national and international bodies surely merits serious consideration by public health authorities, industry and consumer groups worldwide.

For such, a system of HACCP and the irradiation is primordial so that the alimentary safety is maintained processes if they are applied correctly.

SUMÁRIO

ITEM	CONTEÚDO	PÁGINA
	AGRADECIMENTOS	II
	RESUMO	IV
	ABSTRACT	VI
	SUMÁRIO	VIII
	LISTA DE TABELAS	XIII
	LISTA DE FIGURAS	XIII
1	**INTRODUÇÃO**	01
1.1	Considerações gerais	01
1.2	**OBJETIVO**	05
2	**REVISÃO DA LITERATURA**	06
2.1	Alimentos	06
2.2	Boas práticas de fabricação	08
2.3	Procedimento padrão de higiene operacional (SSOP ou PPHO)	12
2.3.1	FDA (food and drug administration)	12
2.3.2.	FSIS (food safety and inspection service)	14
2.4	APPCC- Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle	16
2.4.1	História do sistema APPCC	17
2.4.2	Importância do sistema APPCC	18
2.4.3	Introdução aos perigos	20
2.4.3.1	Classificação dos perigos	21

ITEM	CONTEÚDO	PÁGINA
2.4.3.2	Avaliação da severidade	22
2.4.3.3	Avaliação do risco	23
2.4.4	Perigos	24
2.4.4.1	Perigos biológicos	24
2.4.4.2	Perigos químicos	25
2.4.4.3	Perigos físicos	26
2.4.5	Etapas anteriores à implementação do sistema APPCC	26
2.4.5.1	Montar a equipe APPCC	26
2.4.5.2	Descrever o alimento	27
2.4.5.3	Descrever o uso proposto e os prováveis consumidores do alimento	27
2.4.5.4.	Elaborar um fluxograma descrevendo o processo	28
2.4.5.5.	Verificar o fluxograma	28
2.4.6.	Os sete princípios	28
2.4.6.1	Princípio 1: análise de perigos	29
2.4.6.2.	Princípio 2: pontos críticos de controle	29
2.4.6.3	Princípio 3: limites críticos	30
2.4.6.4.	Princípio 4: monitoramento do PCC	30
2.4.6.5.	Princípio 5: ações corretivas	31
2.4.6.6.	Princípio 6: verificação	32
2.4.6.7.	Princípio 7: documentação e manutenção de registros	33
2.5	A técnica de irradiação na preservação de alimentos	35

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP-IPEN

ITEM	CONTEÚDO	PÁGINA
2.5.1	Histórico	35
2.5.2	Técnicas	38
2.5.2.1	Radapertização	38
2.5.2.2	Radiciação	38
2.5.2.3	Radurização	38
2.5.3	Tipos de radiação usados para irradiação de alimentos	40
2.5.4	Efeitos e mecanismos da radiação ionizante	40
2.5.4.1	Radiólise da água e seus produtos	41
2.5.4.2	Influência do oxigênio	42
2.5.4.3	Influência da temperatura	42
2.5.4.4	Efeitos da diluição	43
2.5.4.5	Efeitos biológicos da radiação ionizante	43
2.5.5	Efeitos da radiação ionizante em alimentos	44
2.5.6.	Aplicações da radiação ionizante em alimentos	45
2.5.6.1	Irradiação de produtos de origem animal	45
2.5.6.1.1	Segurança alimentar e saúde pública	45
2.5.6.1.2.	Conservação de produtos de origem animal por irradiação	47
2.5.6.2.	Preservação dos alimentos de origem vegetal	51
2.5.6.2.1	Preservação	51
2.5.6.2.2.	Desinfestação	54
2.5.7	Efeitos sobre componentes dos alimentos	55

ITEM	CONTEÚDO	PÁGINA
2.5.7.1	Carboidratos	55
2.5.7.2	Proteínas e compostos relacionados	56
2.5.7.2.1	Proteínas no estado seco	56
2.5.7.2.2	Proteínas em sistema aquoso	58
2.5.7.3	Lipídeos	59
2.5.7.4	Vitaminas	60
2.5.7.4.1	Vitaminas hidrossolúveis	60
2.5.7.4.2	Vitaminas lipossolúveis	61
2.5.8	Embalagens para irradiação de alimentos	61
2.5.9	Irradiação de alimentos no Brasil	63
2.5.9.1	Produtos irradiados (mercado interno e externo)	63
2.5.9.2	Irradiadores comerciais	64
2.5.9.3	Legislação na área de irradiação de alimentos	68
2.6	Microbiologia dos alimentos	73
2.6.1	Fontes de contaminação dos alimentos	73
2.6.2	Efeitos da radiação nos microrganismos	74
2.7	Custos da irradiação de alimentos	76
3.	**MÉTODOS**	77
3.1.	Definição de parâmetros para qualidade e segurança alimentar	80
3.2	Estabelecimento de procedimentos de obediência aos parâmetros definidos	80

ITEM	CONTEÚDO	PÁGINA
3.3.	Estabelecimento de uma metodologia para elaboração de documentação comprobatória do processo.	81
3.4.	Definição de estratégia para apresentação da proposta de padrão, para disponibilizar aos órgãos competentes.	86
3.4.1	Os documentos a serem apresentados ao órgão sanitário	86
3.4.2	As instruções constantes na embalagem dos produtos	86
3.4.3	Transporte e armazenagem	87
3.4.4	Formulários	87
3.4.5	Proposta de texto normativo	87
4	**COMENTÁRIOS**	98
5.	**CONCLUSÃO**	101
6.	**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**	102

LISTA DE TABELAS

ITEM	CONTEÚDO	PÁGINA
Tabela 1	Faixas de doses de radiação ionizante utilizadas para diferentes propósitos e produtos	39
Tabela 2	Lista de alimentos de origem vegetal irradiado em diferentes países	53
Tabela 3	Sensibilidade relativa dos principais materiais usados em embalagens	63
Tabela 4	Legislação para irradiação de alimentos	71
Tabela 5	Regulamentação para irradiação aprovada pelo FDA (Food and Drug Administration) dos Estados Unidos	72
Tabela 6	Doses letais aproximadas de radiação ionizante, expressas em kGy	75

LISTA DE FIGURAS

ITEM	CONTEÚDO	PÁGINA
Figura 1	Irradiador de ^{60}Co, que opera por gravidade, para inibir o brotamento de cebolas	65
Figura 2	Irradiador de ^{60}Co, localizado no Japão, para inibir o brotamento de batatas	65
Figura 3	Irradiador de ^{60}Co de grande porte de uso múltiplo	66
Figura 4	Irradiador Multipropósito de ^{60}Co Compacto – IPEN-CNEN/SP.	68
Figura 5	Utilização mundial da irradiação de alimentos.	70

1- INTRODUÇÃO

1.1 – Considerações gerais

"Todas as pessoas tem o direito de esperar que os alimentos que irão consumir sejam inócuos e aptos para o consumo. As enfermidades e os danos provocados por alimentos são, no melhor dos casos, desagradáveis e no pior podem ser fatais. Mas há , além disso, outras consequências : os surtos de enfermidades transmitidas pelos alimentos podem prejudicar o comércio e o turismo e provocar absenteísmo, desemprego e questões judiciais. A deterioração dos alimentos ocasionam perdas, é custosa e pode interferir negativamente no comércio e na confiança dos consumidores" Assim como o Codex Alimentarius inicia sua introdução aos Princípios Gerais de Higiene dos Alimentos (CODEX,1997).

O consumidor quer produtos inócuos com garantia demonstrável dessa inocuidade. E, por que se exige isso dos alimentos? A razão é simples: os alimentos oferecem riscos potenciais para a saúde. E a inocuidade, é a meta a ser alcançada, por meio da redução dos riscos potenciais, tanto quanto o conhecimento científico e tecnológico o permita.

" A segurança microbiológica dos produtos tem recebido atenção de regulamentos, consumidores, pesquisadores e mídia, assim como, com base no enorme potencial para Irradiação de Alimentos no Brasil" (Villavicencio,2000) .O processo de irradiação pode ser usado como um valioso método de preservação dos alimentos. Sendo assim, irradiação quando usada em conjunto com processamento de alimento e técnicas de preparação, reduz a probabilidade de patogênicos ocasionarem doenças veiculadas por alimentos. Porém, o processamento de alimentos irradiados merece atenção especial, é este conjunto de métodos / princípios de controle que constitui a base desta Dissertação de Mestrado.

A partir da década de 80, as Indústrias de Alimentos vêm redirecionando seus sistemas de gestão da qualidade para torná-los cada vez mais preventivos e menos corretivos. Esta tendência, tem se fortalecido tanto pela constatação de que os sistemas tradicionais de inspeção e Controle de Qualidade não têm sido capazes de garantir a inocuidade dos alimentos, bem como pela necessidade cada vez maior de racionalizar recursos e otimizar processos. Além disso, a crescente globalização dos mercados tem exigido das empresas a adoção de sistemas de controle reconhecidos internacionalmente (ABIA,1993).

A questão da segurança alimentar tem sido tema pertinente não apenas em estudos científicos, como também nas questões de ordem político-econômico dos países de todo o mundo. Os últimos debates sobre segurança alimentar têm demonstrado uma grande preocupação com o estudo de alternativas mais eficientes para controle e garantia da inocuidade dos alimentos, especialmente na eliminação de microrganismos patogênicos da cadeia alimentar, já que os métodos convencionais, de inspeção e análises microbiológicas, têm-se mostrado insuficientes para garantir a segurança do alimento (NACMCF,1997; NACMCF,1998; Solis, 1999). As últimas notificações de DTA's (Doenças Transmitidas por Alimentos), no mundo, indicam o surgimento de um novo cenário epidemiológico, caracterizado principalmente pela rapidez de propagação, alta patogenicidade e caráter cosmopolita dos agentes patogênicos, com especial destaque aos infecciosos, como *Listeria monocitogenes e Salmonella sp.* É necessário dar ênfase à adoção de medidas preventivas para o controle de riscos de situações que caracterizem os perigos de origem microbiológica presentes nas várias etapas do processo de produção de alimentos (Almeida,1998; Bryan,1992; Franco,1996).

A qualidade e a quantidade de alimentos, a busca de alimentos alternativos efetivos, os problemas ambientais relativos à utilização de agrotóxicos e a preservação de alimentos são temas que cada vez mais nos interessam. Neste contexto, a irradiação de alimentos, tem se destacado como um processo alternativo de estudos e de conservação. Este processo apresenta diversas vantagens em relação aos métodos usuais. Dentre elas pode-se destacar: requerer um tempo relativamente pequeno para aplicação; não alterar a temperatura do alimento que de acordo com sua característica, pode ser estocado sem refrigeração e não oferecer risco toxicológico. O uso da irradiação de alimentos foi aprovada em 1983 pela Comissão CODEX Alimentarius (Satin,1993; Hunter,2000) .

Face a este quadro, o Sistema APPCC, associado às Boas Práticas de Fabricação , tem-se revelado como ferramenta básica do sistema moderno de Gestão da Qualidade nas Indústrias de alimentos.

Dentre muitas técnicas de esterilização, a irradiação gama vem sendo reconhecida como um método eficiente na redução de microrganismos patogênicos e deteriorantes dos alimentos. Esta técnica, quando aplicada em alimentos, apresenta uma série de efeitos benéficos, incluindo o retardo no amadurecimento e prevenção de deterioração. Elimina insetos, parasitas, bactérias patogênicas, mofos e leveduras; e, com altas doses, esteriliza o produto permitindo a estocagem em ambiente não refrigerado por longos períodos. A vida de prateleira de muitas frutas, vegetais e carnes podem ser estendidas por uso da irradiação. O tipo de irradiação utilizado no tratamento de alimentos se limita às radiações provenientes dos raios gama de alta energia, os raios X e os elétrons acelerados. Essas radiações se denominam radiações ionizantes, porque sua energia é suficientemente alta para remover os elétrons dos átomos e moléculas, para convertê-los em partículas carregadas eletricamente, que se denominam íons (Satin,1993).

As radiações ionizantes produzem mudanças químicas que podem matar ou inativar microrganismos. Muitas aplicações são realizadas com o intuito de apenas causar redução dos microrganismos presentes em número e variedade, fundamentalmente eliminar o risco de incidência de doenças transmitidas por produtos alimentícios. A aplicação de doses entre 2 e 7 kGy de radiação de Cobalto-60 resulta em uma destruição considerável de microrganismos presentes nos alimentos, praticamente eliminando patógenos. A vida de prateleira de alimentos pode, deste modo, ser estendida, eliminado ou reduzindo a ameaça de doenças causadas por organismos patogênicos (WHO,1994).

O sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC ou "HACCP – Hazard Analysis Critical Control Points") é um método embasado na aplicação de princípios técnicos e científicos de prevenção, que tem por finalidade garantir a inocuidade dos processos de produção, manipulação, transporte, distribuição e consumo dos alimentos (CODEX,1997; FAO,1998; Price,1997; Baker,1995)

APPCC é um conceito de segurança, cobrindo ou controlando todos os tipos de fatores de risco ou perigos potenciais capazes de prejudicar a qualidade dos alimentos no

que se refere à contaminações químicas, físicas ou biológicas (Billy,1999; Akterian et al,1999; Corllet,1991; ILSI,1993) .

Desenvolvido pelo cientista americano, Dr. Howard Bauman (Pillsbury Co.Eua) no final da década de 50, o sistema de APPCC tinha como principal objetivo a segurança na produção de alimentos para os astronautas no programa espacial da NASA (dada a necessidade de garantir a inocuidade dos alimentos que seriam consumidos pelos astronautas, pois, em hipótese nenhuma o alimento poderia conter microrganismos patogênicos ou suas toxinas, pois qualquer indisposição alimentar ou distúrbio intestinal poderiam comprometer o destino da missão e programa espacial americano).

No decorrer dos anos, o sistema tornou-se reconhecido e aceito mundialmente como um sistema efetivo de controle. Tal sistema tem passado por consideráveis análises, refinamentos e exames (Whiting et al,1997).

Então o sistema de APPCC prevê uma avaliação técnica minuciosa do produto e do processo de produção para detectar possíveis pontos de contaminação e controlá-los. A implantação de um sistema de APPCC pressupõe o cumprimento de determinadas regras, que foram baseadas em pesquisas e documentadas para utilização das indústrias (Mortimore,1999 ; Todd, 1996).

A irradiação pode ser considerada o processo mais eficiente atualmente, pelo qual pode-se ter um produto, do tipo carne crua, sem o perigo de carregar alguns patógenos. Este é o único modo que, segundo o Codex Alimentarius, garante uma carne fresca sem certos perigos. O processo de irradiação está ganhando muito espaço em carnes de aves, em carnes de suínos e em carnes de bovinos, no mundo. Porém, cabe ressaltar que a qualidade do produto antes do processo de irradiação deve ser comprovada. Uma vez que a irradiação não transformará um produto condenado em produto são.

No caso do Sistema APPCC associado ao uso da irradiação, não há registro na literatura de trabalhos realizados com o intuito de uni-los como meio para a Segurança Alimentar no Brasil.

1.2 - Objetivo

Este trabalho teve por objetivo o estudo dos processos e desenvolvimento de documentos relacionados à implantação do Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) em alimentos irradiados, proporcionando subsídios para as Indústrias elaborarem seus planos e / ou auxiliar o Ministério da Agricultura e do Abastecimento e o Ministério da Saúde na adaptação dos requisitos legais.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - Alimentos

Mais de 250 enfermidades diferentes são causadas por alimentos contaminados. As Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA), são definidas como síndromes originadas pela ingestão de alimentos e/ou água que contenham agentes etiológicos (causadores de doença) em quantidades tais que afetem a saúde do consumidor em nível individual ou coletivo (grupos de população). As mais comuns são as causadas por infecções bacterianas. Muitos dos casos destas DTA's são simples e não associados com surtos reconhecidos como tal. Em geral ocasionados por consumo de alimentos crus ou mal cozidos ou mal higienizados (Bean,1997 ; WHO, 1995; Doyle, 1989 e 1997).

Os riscos inerentes aos alimentos podem ser enfocados tanto do ponto de vista da saúde humana como animal, e são classificados em Riscos / Perigos Biológicos, Químicos e Físicos (Billy, 1999; Akterian et al , 1999; Corllet, 1991; ILSI, 1996) :

Alguns dos Perigos Biológicos com significância em alimentos são entre outros os microrganismos como *Campilobacter jejuni, Clostridium perfringens, Salmonellas, Escherichia coli*, parasitas, vírus como o da Hepatite A *e Norwalk*..

Os Perigos Químicos estão principalmente constituídos pela longa lista de resíduos farmacológicos (etilenos, beta agonistas, antibióticos, entre outros) contaminantes como herbicidas, produtos químicos provenientes da limpeza das instalações industriais, da fertilização de terras de cultivo e do controle de pragas e aditivos alimentares incorretamente utilizados (nitritos, glutamato monossódico, ácido nicotínico, entre outros).

Paralelamente temos os Perigos Físicos que compreendem as contaminações físicas (vidro, metais, plásticos, entre outros) incorporados nos produtos durante as etapas de colheita, transformação e comercialização do alimento.

Segundo Banwart (1983), diversos fatores afetam a multiplicação dos microrganismos. A qualidade microbiológica dos alimentos é ditada: primeiro, pelo número e tipo de microrganismos iniciais (contaminação inicial); posteriormente pela multiplicação destes microrganismos no alimento. A qualidade da matéria prima e a

higiene (de superfícies, ambiente, manipuladores) representam a contaminação inicial. O tipo de alimento e as condições ambientais regulam a multiplicação.

Os fatores inerentes ao próprio alimento são denominados de parâmetros intrínsecos, como por exemplo, o pH e a atividade de água (Aw). Aqueles inerentes ao ambiente que cerca o alimento são denominados parâmetros extrínsecos, como por exemplo, a temperatura e a umidade relativa (Elliot, 1996; Banwart, 1983).

Bactérias, bolores e leveduras apresentam exigências nutricionais bastante variadas, mas, usualmente encontram nos alimentos condições favoráveis para a sua multiplicação. Assim como, a competição da microbiota inerente ao alimento também atua favorecendo ou inibindo certas espécies ou grupos de microrganismos. Por outro lado, alguns tipos de leveduras, podem consumir os ácidos orgânicos de alimentos ácidos, dando condições para microrganismos, que antes tinham sua multiplicação inibida pela acidez, se multiplicarem (Elliot, 1996; Banwart, 1983; ICMSF, 1998).

A estabilidade e a segurança da maioria dos alimentos são baseadas em muitos fatores, os quais visam evitar a multiplicação dos microrganismos impedindo a deterioração e a veiculação de doenças pelos alimentos (Satin, 1993; Mcnab, 1998).

A qualidade e a segurança dos alimentos possui um poderoso aliado: o processo de irradiação, que permite melhor conservação de carnes (bovinas, suínas e de aves), frutas e vegetais. A irradiação inativa os organismos que decompõem os alimentos, em particular as bactérias, os mofos e as leveduras. É muito eficaz para prolongar o tempo de conservação de frutas frescas e hortaliças, controlar as mudanças biológicas normais associados à maturação, a germinação e, por último, o envelhecimento. A irradiação também destrói os microrganismos causadores de doenças, inclusive os vermes parasitas e os insetos que deterioram os alimentos armazenados (Satin, 1993; Hunter,2000) .

As medidas preventivas devem contemplar uma ação sobre toda cadeia alimentar, desde a produção primária até o consumidor final, para assegurar a higiene dos alimentos. Para isso, são necessárias aplicações de diversas técnicas e sistemas, cuja correta implantação, nas diferentes etapas de transformação dos alimentos, garante a inocuidade dos mesmos.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP-IPEN

2.2 - Boas Práticas de Fabricação

A implementação de Boas Práticas de Agricultura (GAP) na produção primária, incluindo os produtores individuais e do BPF (Boas Práticas de Fabricação) na indústria de transformação, nos fornecedores de serviços e nos revendedores são as bases essenciais para iniciar o longo caminho até a segurança total do alimento.

O código de requisitos adotado como Boas Práticas de Fabricação (BPF, em Inglês GMP – Good Manufacture Practices) teve sua regularização estabelecida para alimentos a partir de 1969, nos Estados Unidos e tem sido suplementada periodicamente, de forma a manter sempre atualizadas as exigências de minimizar riscos no processo de alimentos (IDFA, 1996; Easter, 1994)

Em 26 de abril de 1969, o FDA publicou os primeiros regulamentos de GMP para alimentos e, após dez anos, mais precisamente em 8 de junho de 1979, surgiram complementos revistos do código. O interessante é que o primeiro conjunto de normas (26/4/1969), face à importância das ações preventivas para o setor alimentício, ficou bastante conhecido como *Umbrella* GMP's, numa alusão à proteção dada pelo guarda-chuva das orientações higiênico-sanitárias. A analogia de evitar contaminações, de produzir e transportar alimentos protegidos, caracteriza-se desde a origem das Boas Práticas.

Vale lembrar que a simbologia do guarda-chuva foi adotada para as ações em alimentos a partir de 1969, mesmo existindo anteriormente várias versões com aplicação para as áreas farmacêutica e cosmética. Sendo que nestes segmentos é mais usual o termo **c GMP** (Current Good Manufacturing Practice). Para sempre a denominação *Umbrella* GMP's será lembrada.

Os requisitos da *Umbrella* GMP's não devem ser estudados apenas sob a óptica de um código de recomendações tipo passa não passa. As revisões FDA e mesmo as versões brasileiras das portarias MS 326/97, MAA 46/98 e MAA 368/97 dão abertura à incorporação de uma variedade muito grande de ações de prevenção nas diversas etapas de fabricação e distribuição de alimentos. Os tópicos de medidas de inspeção e de verificação têm abrangência para rastrear a discrepância na segurança alimentar de cada produto e consolidar os planos de validação de processo (BRASIL, 97 e 98).

As exigências, cada vez maiores do mercado, implicam em sistematizar efetivamente as operações, auditando periodicamente os processos, minimizando as possibilidades de ocorrência de falhas do tipo "Leis de Murphy", que afetam a credibilidade de qualquer programa, por mais próximo que esteja da qualidade - 99,9%.

Às vezes algumas áreas são reticentes em adotar mudanças. Ouvir e dialogar com as pessoas, traduzindo em correções do sistema suas idéias é algo ainda não usual. E isso tem de ser feito, com transparência e determinação. Todo o grupo deve estar aberto para as mudanças, permitindo a renovação de paradigmas arraigados, tão comuns na cultura desse segmento industrial. Temos hoje novos conceitos em tecnologia limpa, avaliação seis sigma, atendimento a responsabilidade social, ou seja, ferramentas úteis para despertar os empresários a melhorar seus processos.

Para que o APPCC funcione de modo eficaz, deve ser acompanhado de programas de pré-requisitos que fornecerão as condições operacionais e ambientais básicas necessárias para a produção de alimentos inócuos e saudáveis. Os sistemas APPCC devem ser executados sobre uma base sólida de cumprimento das Boas Práticas de Fabricação atuais e os Procedimentos Operacionais Padronizados (POP) conforme Resolução RDC 275 de 21 de Outubro de 2002 ou Procedimento Padrão de Higiene Operacional (PPHO), que formam parte das Boas Práticas de Fabricação e, devido a sua importância, são freqüentemente considerados e estudados em separado.

As Boas Práticas de Fabricação (BPF) têm uma abordagem ampla e cobrem muitos aspectos operacionais da planta e de pessoal. Os PPHO's (Procedimentos Padrões de Higiene Operacional) são procedimentos usados pelas empresas processadoras de alimentos para alcançar a meta global de manter as BPF na produção de alimentos.

Cada segmento da indústria de alimentos deve fornecer as condições necessárias para proteger os alimentos enquanto estes estiverem sob seu controle. Isto tem sido cumprido pela aplicação de BPF como um pré-requisito para a implementação do sistema APPCC.

O treinamento, indispensável a todos, deve levar à assimilação de que cada um tem responsabilidade e autoridade pelo processo que conduz, por menor que ele seja. É essa pessoa que previne erros, fazendo o trabalho certo desde a primeira vez. É a somatória dessa competência que leva à otimização de resultados. É assegurar os novos conceitos provendo educação continuada (Price, 1997).

A documentação da evolução é outro fator importante. Da mesma forma que gráficos de controle e de análises ou outras medições, o registro das inovações introduzidas permite a mensuração dos objetivos alcançados e projeção de novas metas, originando um histórico de qualidade. Um dossiê da operacionalização do "Food Safety" na empresa é uma evidência objetiva (Mortimore, 1999)

Para mensurar a redução de desperdícios, menores índices de reclamações, integral cumprimento de especificações entre outros. são requeridas referências de comparação. A qualidade em alimentos não engloba tão somente a qualidade do produto alimentício ou serviço, mas principalmente a expressão dos valores pessoais e motivacionais que compõem a valorização dos indivíduos na equipe.

Dentro da velocidade de disputa de mercado, as vantagens estratégicas são vitais. Nesses diferenciais da concorrência pela melhor e mais ampla qualidade, a comunicação tem papel relevante. Cada pessoa, cada cliente - fornecedor interno dentro da empresa passa a ser um agente de mudança que deve ter pleno acesso às ferramentas que geram os aperfeiçoamentos. Atualmente são disponíveis vários materiais de BPF para otimizar treinamentos de equipes. A interação com especialistas associações e universidades é vital para conhecer esses produtos.

Além dos requisitos especificados nas regulamentações, a indústria freqüentemente adota políticas e procedimentos específicos de suas operações e alimentos processados, conforme a regulamentação local. Os programas de pré-requisitos podem ter algum impacto sobre a inocuidade dos alimentos e se preocupam em garantir que estes sejam adequados e saudáveis para o consumo. Já os planos APPCC são mais específicos no seu alcance, limitando-se a garantir alimentos inócuos para o consumo.

A existência e a eficiência de programas de pré-requisitos devem ser avaliadas durante o planejamento e a implementação de cada plano APPCC. Todos os programas de pré-requisitos devem ser documentados e periodicamente avaliados. Esses programas são estabelecidos e administrados de forma separada do plano APPCC. Por exemplo, muitos estabelecimentos têm programas de manutenção preventiva para equipamento de processamento, de modos a evitar falhas e perda da produção. Durante a elaboração de um plano APPCC, a equipe pode decidir que a manutenção e a calibração de rotina de um forno sejam incluídas no plano como uma atividade de controle. Isso garantiria que todos os alimentos preparados neste forno atingissem uma temperatura interna mínima necessária para a segurança do alimento.

Os programas normais de pré – requisitos, conforme o Codex Alimentarius (CODEX, 1997) podem incluir, mas não se limitam apenas a :

Instalações. O estabelecimento deve estar localizado, ser construído e mantido de acordo com princípios de projeto sanitários. Deve haver um fluxo linear de produtos e controle de tráfego para minimizar a contaminação cruzada de produtos crus com cozidos e de áreas sujas com áreas limpas.

Controle do fornecedor. Cada estabelecimento deve garantir que seus fornecedores implantem programas de BPF e de inocuidade alimentar eficazes.

Especificações. Deve haver especificações, por escrito, de todos ingredientes, produtos e materiais para embalagem.

Equipamento de produção. Todo equipamento deve ser construído e instalado de acordo com os princípios do projeto sanitário. Deve-se estabelecer e documentar calendários de manutenção e calibração preventivos.

Limpeza e sanitização. Todos os procedimentos de limpeza e sanitização de equipamentos e instalações devem ser documentados e obedecidos. Deve haver um programa padrão de sanitização.

Higiene pessoal. Todos os funcionários ou quaisquer outras pessoas que entrarem em uma planta de processamento de alimentos devem cumprir os requisitos referentes à higiene pessoal, de BPF, aos procedimentos de limpeza e sanitização, à segurança pessoal, e devem conhecer seu papel no programa APPCC. As empresas devem manter registros das atividades de treinamento dos funcionários e colaboradores.

Controle de produtos químicos. Deve haver procedimentos documentados para garantir a separação e uso adequado de produtos químicos não alimentícios na planta, incluindo produtos de limpeza, fumigantes e pesticidas ou iscas utilizadas dentro ou ao redor da planta.

Recepção, armazenamento e envio. Todas as matérias-primas e os produtos crus devem ser armazenados em condições sanitárias e ambientais apropriadas, como temperatura e umidade, para garantir sua inocuidade e adequação.

Capacidade de rastreamento e recolhimento. Todas as matérias-primas e produtos crus devem ser codificados por lote e identificados para um sistema de recolhimento. Assim, rastreamentos e recolhimentos, rápidos e completos de produtos podem ser realizados quando necessário.

Controle de pragas. Deve-se estabelecer programas eficientes de controle de pragas.

Outros exemplos de programas de pré-requisitos podem incluir procedimentos de garantia de qualidade; procedimentos padrão de higiene operacional, controle de processo, controle de formulação e receitas; controle de embalagens; procedimentos de rotulagem e práticas de manipulação de alimentos e ingredientes.

2.3- Procedimento Padrão de Higiene Operacional (SSOP ou PPHO)

O cumprimento das Boas Práticas de Fabricação e das exigências sanitárias é a base para a produção de alimentos inócuos. Os Procedimentos Padrões de Higiene Operacional são programas considerados parte de BPF, mas, devido a sua importância, é necessário estudá-los em separado. Há duas classificações para os PPHO's, conforme sua origem, ou seja, se a partir do FDA (Food and Drug Administration) ou do FSIS (Food Safety Inspection Service, USA).

2.3.1. FDA (Food and Drug Administration)

De acordo com as Boas Práticas de Fabricação atuais, embalagem ou conservação de alimentos para o consumo humano do FDA (NSW, 1997) os PPHO 's devem abordar os seguintes aspectos:

a) Manutenção geral: edifícios, instalações e outros locais da planta devem ser mantidos em condições higiênicas e em bom estado. A limpeza e a sanitização de utensílios e equipamentos devem ser realizadas de modo a evitar contaminação dos alimentos, das superfícies em contato com alimentos ou dos materiais para embalagem.

b) Substâncias usadas na limpeza e sanitização; armazenamento de materiais tóxicos: os produtos usados nos procedimentos de limpeza e sanitização não devem conter microrganismos indesejáveis e devem ser inócuos e adequados conforme as condições de uso.

c) Controle de pragas: Nenhuma praga deve estar presente nas áreas de processamento de alimentos. Deve-se tomar medidas eficazes para eliminá-las e para proteger os alimentos contra a contaminação. O uso de inseticidas ou raticidas é permitido somente com precauções e restrições que protejam os alimentos, as superfícies em contato com alimentos e os materiais de embalagem contra contaminação.

d) Higiene das superfícies em contato com alimentos: Todas as superfícies em contato com alimentos, incluindo utensílios e as superfícies de equipamentos devem ser limpas com a freqüência necessária para proteger os alimentos contra a contaminação.

As superfícies, em contato com alimentos, usadas para manipulação ou conservação de alimentos com pouca umidade devem estar secas e em condições higiênicas no momento do uso. Após a limpeza de superfícies, deve-se, quando necessário, higienizá-las e secá-las completamente antes de novo uso.

No processamento úmido a limpeza é necessária para proteger os alimentos de modo a não entrarem em contato com os microrganismos, e todas as superfícies em contato

com alimentos devem ser limpas e higienizadas antes do uso e depois de cada interrupção, quando elas podem se contaminar. Nos casos de operação contínua de produção, os utensílios e as superfícies dos equipamentos que entram em contato com os alimentos devem ser limpas e higienizadas quando necessário.

As superfícies de equipamentos que não entram em contato com alimentos e que são usadas em operações de plantas de alimentos devem ser limpas sempre que for necessário para proteger os alimentos contra contaminação.

Artigos descartáveis (como copos plásticos e toalhas de papel) devem ser armazenados em recipientes apropriados e manipulados, distribuídos, usados e descartados de modo que os alimentos e as superfícies em contato com alimentos não sejam contaminados.

Os agentes sanitizantes devem ser apropriados e seguros para as condições de uso. Qualquer instalação, procedimento ou máquina é aceito para limpeza e sanitização de equipamentos e utensílios, desde que permitam a sanitização adequada do equipamento e utensílios e que os mesmos possam ser limpos adequadamente.

e) Armazenamento e manipulação de equipamento e utensílios portáteis limpos: Os equipamentos portáteis com superfícies em contato com alimentos e utensílios, já limpos e higienizados, devem ser armazenados em local apropriado, de modo a proteger estas superfícies contra a contaminação.

Cada planta deve estar equipada com instalações sanitárias adequadas e serventias que incluem, mas não se limitam apenas a:

Abastecimento de água. O abastecimento de água deve ser suficiente para as operações pretendidas e deve ser de uma fonte adequada. Toda água que entra em contato com os alimentos ou com as superfícies em contato com alimentos deve ser inócua e de qualidade sanitária adequada.

Encanamentos. Os encanamentos devem ser de tamanho e desenho adequados, e instalados e conservados de modo a (1) conduzirem quantidade suficiente de água para as áreas da planta solicitadas; (2) transportar de forma apropriada as água residual e os resíduos líquidos da planta; (3) evitar que se torne uma fonte de contaminação para alimentos, para o abastecimento de água, para equipamento ou utensílios, criando uma condição não sanitária; (4) fornecer drenagem adequada de piso em todas as áreas sujeitas à limpeza úmida ou onde as operações normais deságüem ou liberem líquido residual no piso; (5) não causar refluxo ou conexão cruzada entre os sistemas de encanamento que

levam água residual ou esgoto e aqueles que transportam água para os alimentos ou para sua fabricação.

Escoamento de esgoto. A disposição de esgoto deve ser realizada em um sistema de esgotos adequado ou através outro meio apropriado.

Banheiros. Cada planta deve fornecer aos seus funcionários banheiros adequados e de fácil acesso, sem comunicação direta com a área de manipulação de alimentos.

Instalações para lavagem de mãos. Os lavatórios devem ser adequados e cômodos, abastecidos com água corrente em temperatura agradável. Cumpre-se essa exigência oferecendo: (1) instalações para lavar e, quando necessário, higienizar, as mãos em cada ponto da planta onde as boas práticas de higiene exijam que os funcionários lavem e/ou higienizem as mãos; (2) produtos eficientes para lavar e higienizar as mãos; (3) toalhas higiênicas (papel branco) ou instalações adequadas para secagem das mãos; (4) dispositivos ou instalações, como válvulas de controle de água, projetadas e construídas para proteger as mãos limpas e higienizadas contra a recontaminação; (5) sinais de compreensão imediata, que orientem os funcionários que manipulam alimentos, materiais de embalagem ou superfícies em contato com alimentos sem proteção, para lavar e, quando apropriado, higienizar as mãos antes do início do trabalho, depois de cada ausência do posto de trabalho, e quando as mãos estejam sujas ou contaminadas; e (6) lixeiras construídas e mantidas de modo a proteger contra contaminação de alimentos.

f) Retirada de lixo e resíduos: Lixo e resíduos devem ser transportados, armazenados e descartados para minimizar a formação de odor, minimizar o potencial do lixo se tornar um atrativo e albergue, ou lugar de reprodução para pragas, e proteger contra a contaminação de alimentos, superfícies em contato com alimentos, abastecimento de água e pisos.

2.3.2. FSIS (Food Safety and Inspection Service)

De acordo com o FSIS (1996) , todo estabelecimento que lida com alimentos deve elaborar, manter e cumprir as determinações, por escrito, do plano PPHO. Os PPHO's abordam todas os procedimentos diários de higiene operacional e pré-operacional que o estabelecimento deve implementar para evitar contaminação direta e adulteração dos produtos.

O **primeiro requisito** é que o estabelecimento tenha um plano por escrito, descrevendo todos os procedimentos que realizará antes e durante as operações, e a freqüência dos procedimentos para evitar contaminação direta ou adulteração de produtos. O objetivo é **evitar** contaminação direta do produto e ter procedimentos para **ação imediata** nos casos que ocorre a contaminação direta do produto.

O **segundo requisito** é o plano ser assinado e datado por um funcionário responsável pelo setor ou mais graduado no estabelecimento. O plano deve ser assinado quando implantado e sempre que modificado.

O **terceiro requisito** é o plano PPHO identificar os procedimentos sanitários pré-operacionais e distingui-los das atividades de sanitização realizadas durante as operações. Estes procedimentos pré-operacionais devem abordar, pelo menos, a limpeza de superfícies em contato com alimentos, equipamentos e utensílios. Esta exigência deve levar as indústrias a colocarem questões como, por exemplo, quão específicos devem ser os procedimentos. As plantas podem, mas não são obrigadas a, fornecer detalhes no plano SSOP, por escrito, sobre limpeza e monitoramento de cada equipamento específico.

O **quarto requisito** é o plano PPHO, por escrito, identificar as pessoas responsáveis pela implementação e manutenção das atividades diárias de saneamento. As plantas devem identificar essa(s) pessoa(s) pelo nome ou pelo cargo. Não há nenhuma exigência de que essas pessoas ou cargos tenham autoridade diferente daquela do processo de produção. Pode-se identificar funcionários de produção, chefes de setor ou de departamento para atender a essa exigência.

O **quinto**, e último, requisito do FSIS é o estabelecimento e a manutenção de registros diários para demonstrar que os procedimentos sanitários descritos no plano PPHO são executados, incluindo as ações corretivas tomadas. Não há exigência de se usar um formato estabelecido, apenas que os registros sejam mantidos. Os registros podem ser mantidos em computador, em vez de cópias físicas (por escrito em papel), desde que estejam disponíveis ao pessoal de fiscalização.

O saneamento efetivo do estabelecimento é essencial para a inocuidade de alimentos e o sucesso da implementação do APPCC. Instalações ou equipamento não sanitários, práticas indevidas de manipulação de alimentos, higiene pessoal inadequada e práticas não sanitárias criam um ambiente propício à contaminação de produtos.

Independente dos procedimentos PPHO adotados, se usados como parâmetro os indicados pelo FDA ou do FSIS, deve-se monitorá-los, registrá-los e fiscalizá-los (IDFA, 1996; Unnevehr et al, 1999; Hathaway, 1995; NACMCF, 1997).

A Resolução RDC 275 de 21 de Outubro de 2002, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece também a necessidade de Procedimentos Operacionais Padronizados – POPs, sendo eles:

a) Higienização das instalações, equipamentos, móveis e utensílios.

b) Controle da potabilidade da água.

c) Higiene e saúde dos manipuladores.

d) Manejo dos resíduos.

e) Manutenção preventiva e calibração de equipamentos.

f) Controle integrado de vetores e pragas urbanas.

g) Seleção das matérias-primas, ingredientes e embalagens.

h) Programa de recolhimento de alimentos.

Estabelece também a necessidade de serem aprovados, datados e assinados pelo: responsável técnico, responsável pela operação, responsável legal ou proprietário do estabelecimento: firmando o compromisso de implementação, monitoramento, avaliação, registro e manutenção dos mesmos.

2.4 - APPCC - Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle:

Segundo CODEX (1997) o objetivo do sistema APPCC é identificar os perigos relacionados à inocuidade para o consumidor que podem ocorrer em uma linha de produção, estabelecendo os processos de controle para garantir um produto inócuo.

A APPCC baseia-se em um sistema de engenharia conhecido como *Failure, Mode and Effect Analysis* (FMEA) [Análise de Falhas, Modos e Efeitos], em que se observa, em cada etapa do processo, os erros que podem ocorrer, suas causas prováveis e seus efeitos, para então estabelecer o mecanismo de controle.

O sistema APPCC é uma ferramenta de gerenciamento que oferece um programa efetivo de controle de perigos. É racional, pois se baseia em dados registrados referentes a causas de Doenças transmitidas por alimentos (DTA). É também lógico e abrangente, já que considera os ingredientes, o processo e o uso subseqüente do produto.

Este sistema é contínuo, detectando-se os problemas antes que ocorram, ou no momento que surgem, e aplicando-se imediatamente as ações corretivas. É sistemático, por ser um plano completo, que cobre todas as operações, os processos e as medidas de controle, diminuindo o risco de DTA's.

O APPCC é compatível com outros sistemas de controle de qualidade (WHO 1997). Isto significa que inocuidade, qualidade e produtividade podem ser abordadas em conjunto, resultando em benefícios para os consumidores, como maior confiança, mais lucros para as empresas, e melhores relações entre os que trabalham em função do objetivo comum de garantir a inocuidade e a qualidade dos alimentos. Tudo isso se exprime em evidente benefício para a saúde e para a economia dos países.

A crescente aceitação do sistema APPCC em todo o mundo, por indústrias, governos e consumidores, junto com a compatibilidade com sistemas de garantia da qualidade, permite prever que este sistema será a ferramenta mais utilizada no século XXI para garantir a inocuidade dos alimentos em todos os países.

2.4.1- História do sistema APPCC

O sistema Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) relaciona-se completamente com a produção de alimentos inócuos, e, de acordo com a FAO (1998) é:

"Uma abordagem preventiva e sistemática direcionada a perigos biológicos, químicos e físicos, através de antecipação e prevenção, em vez de inspeção e testes em produtos finais."

O sistema APPCC baseia-se em uma série de etapas inter-relacionadas, inerentes ao processamento industrial de alimentos, que inclui todas as operações, desde a produção primária até o consumo do alimento. Tem como base a identificação dos perigos potenciais para a inocuidade do alimento e as medidas preventivas para controlar as situações que criam os perigos.

O primeiro acontecimento que deu origem ao sistema APPCC está associado a W.E. Deming. Suas teorias de gerenciamento da qualidade são consideradas a principal causa de mudança na qualidade dos produtos japoneses, nos anos 50. O Dr. Deming e outros profissionais desenvolveram o sistema de gerenciamento da qualidade total (*total quality management* - TQM), que aborda um sistema voltado para fabricação e que pode melhorar a qualidade e reduzir os custos.

O segundo acontecimento, e também o principal, foi o desenvolvimento do conceito de APPCC. Na década de 1960, a Pillsbury Company, o exército dos Estados Unidos e a Administração Espacial e da Aeronáutica (NASA) desenvolveram um programa para a produção de alimentos inócuos para o programa espacial americano. Considerando-se as enfermidades que poderiam afetar os astronautas, julgaram como mais

importantes aquelas associadas a fontes alimentares. Assim, a Pillsbury Company introduziu e adotou o sistema APPCC para garantir mais segurança, enquanto reduzia o número de testes e inspeções no produto final.

O sistema APPCC permitiu controlar o processo, acompanhando o sistema de processamento da maneira mais detalha possível, utilizando controles nas operações, e/ou técnicas de monitoramento contínuo nos pontos críticos de controle.

A Pillsbury Company apresentou o sistema APPCC em 1971, em uma conferência sobre inocuidade alimentar, nos Estados Unidos, este sistema depois serviu de base para o FDA -Administração de Alimentos e Medicamentos, desenvolver normas legais para a produção de alimentos de baixa acidez.

Em 1973, a Pillsbury Company publicou o primeiro documento detalhando a técnica do sistema HACCP, *Food Safety through the Hazard Analysis and Critical Control Point System*, usado como referência para treinamento de inspetores do FDA.

A Academia Nacional de Ciências dos EUA, em 1985, respondendo às agências de controle e fiscalização de alimentos, recomendou o uso do sistema APPCC nos programas de inocuidade de alimentar.

Em 1988, a Comissão Internacional para Especificações Microbiológicas em Alimentos (ICMSF) publicou um livro que sugere o sistema APPCC como a base para o controle de qualidade, do ponto de vista higiênico e microbiológico.

A Comissão do *Codex Alimentarius* incorporou as *Diretrizes para aplicação do Sistema APPCC* (ALINORM 93/13ª, Appendix II), em sua vigésima reunião, em Genebra, na Suíça, de 28 de junho a 7 de julho de 1993. O Código de Práticas Internacionais Recomendadas - Princípios Gerais de Higiene Alimentar (CAC/RCP 1-1969, Rev. 3 (1997)), revisado, foi adotado pela Comissão do *Codex Alimentarius*, em sua vigésima segunda reunião, em junho de 1997.

2.4.2 - Importância do sistema APPCC

A responsabilidade pela inocuidade de produtos alimentares, assim como por sua aparência, seu sabor e custo, recai totalmente sobre a indústria.

O Sistema APPCC é desenhado para controlar o processo de produção e baseia-se em princípios e conceitos preventivos. É possível aplicar medidas que garanta um controle eficiente, através da identificação de pontos ou etapas onde se pode controlar o perigo (limitação de acesso, eliminação, diminuição, entre outros.). Os perigos aqui considerados podem ser físicos, químicos ou biológicos.

Este sistema é científico, sistemático, e garante não só a inocuidade do alimento, mas também redução de custos operacionais, diminuindo a necessidade de coleta de amostras, destruição ou reprocessamento do produto final por razões de segurança.

A implementação do sistema APPCC reduz a necessidade de inspeção e teste de produto final, aumenta a confiança do consumidor e resulta num produto comercialmente mais viável. Facilita o cumprimento de exigências legais, e permite o uso mais eficiente de recursos, acarretando redução nos custos da indústria de alimentos e uma resposta mais imediata para as questões de inocuidade de alimentos.

O sistema APPCC aumenta a responsabilidade e o grau de controle da indústria de alimentos. E, de acordo com a FAO (1998), um sistema APPCC implementado de modo adequado, estimula maior envolvimento dos manipuladores de alimentos e garante a inocuidade do alimento, além de motivar os funcionários.

O sistema APPCC pode ser aplicado em todas as etapas de processamento e desenvolvimento de alimentos, desde os primeiros estágios da produção até o consumo. Os princípios APPCC são aplicáveis a toda e qualquer atividade relacionada a alimentos. Um plano APPCC, entretanto, é específico para o produto e o processo, o que explica sua restrição a algumas etapas, como transformação e/ou processos industriais.

Todas as pessoas que participam do setor produtivo de alimentos devem estar envolvidas na implementação do sistema e dos princípios APPCC e, se necessário, na elaboração do plano APPCC.

Todo sistema APPCC deve ser capaz de se adaptar a mudanças, como inovações no projeto de equipamento, procedimentos de processo e desenvolvimentos tecnológicos.

A aplicação do sistema APPCC é compatível com a implementação de sistemas TQM (Gerenciamento da Qualidade Total), e as normas da série ISO 9000. Entretanto, apesar de outros sistemas disponíveis, o APPCC é o de escolha no gerenciamento da inocuidade de alimentos (Brayle, 1997).

O comércio internacional de alimentos é regulamentado pela Organização Mundial do Comércio (OMC), que garante que todas as relações econômicas envolvendo alimentos sejam controladas por normas, diretrizes e recomendações da Comissão do *Codex Alimentarius*, da Organização Internacional de Epizootias (OIE) e da Convenção Internacional de Proteção Fitossanitária (CIPF), (CAC/RCP, 1997).

Os padrões, diretrizes e outras recomendações do *Codex* tornaram-se a base identificada para a produção de alimentos inócuos e proteção do consumidor no comércio

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP IPEN

internacional de alimentos. Assim, as *Diretrizes para a Aplicação do Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC)* do *Codex Alimentarius* tornaram-se o ponto de referência para as exigências internacionais de inocuidade de alimentos (CAC/RCP, 1997).

Portanto, os países exportadores de alimentos podem exigir recursos adicionais para auxiliar suas indústrias de alimentos a atender a essas exigências. Deve-se tomar as devidas medidas para facilitar o comércio de alimentos, como treinamento de pessoal, transferência de tecnologia e fortalecimento dos sistemas nacionais de controle de alimentos.

2.4.3 - Introdução aos perigos

A Comissão do *Codex Alimentarius* definiu perigos como uma propriedade biológica, física ou química, que pode tornar um alimento prejudicial para consumo humano.

O ICMSF (1988) definiu perigo como uma contaminação inaceitável, crescimento ou sobrevivência de bactérias em alimentos que possam afetar sua inocuidade ou qualidade (deterioração), ou a produção ou persistência de substâncias como toxinas, enzimas ou produtos do metabolismo bacteriano em alimentos.

Os perigos devem ser de tal natureza que sua eliminação ou redução a níveis aceitáveis seja essencial para a produção de alimentos inócuos.

No sistema APPCC, perigo significa condições ou contaminações que podem causar enfermidade ou dano à saúde do consumidor. Esta definição não se aplica a outras condições indesejáveis ou à presença de outros tipos de contaminantes como insetos, cabelo, decomposição, fraude econômica e violação das exigências de qualidade.

Entre os diversos fatores que contribuem para a ocorrência de um perigo podemos citar:

Dose infectante:

A quantidade de microrganismos presentes. Assim como:

Variáveis do parasita ou microrganismo e

Variáveis do hospedeiro como:

- Idade
- Estado geral de saúde
- Gravidez

- Imuno-competência , dentre outros.

Portanto, de acordo com o exposto, as doenças transmitidas por alimentos (DTA) são classificadas em infecções, intoxicações ou infecções mediadas por toxina:

Infecção transmitida por alimentos é uma enfermidade que resulta da ingestão de alimentos contendo microrganismos vivos prejudiciais, como *Salmonella, Shigella,* vírus da hepatite A e *Trichinella spirallis*.

Intoxicação causada por alimento ocorre quando as toxinas ou os venenos de bactérias ou bolores estão presentes no alimento ingerido. Essas toxinas geralmente não possuem odor ou sabor e são capazes de causar enfermidade mesmo depois que os microrganismos forem eliminados. Algumas toxinas podem estar naturalmente presentes no alimento, como no caso de alguns fungos e animais, como o baiacu. Alguns exemplos de toxinas são a toxina botulínica, a enterotoxina do *Staphylococcus*, as micotoxinas e as saxitoxinas de dinoflagelados.

A **infecção mediada por toxina** é uma enfermidade que resulta da ingestão de alimento contendo uma determinada quantidade de microrganismos patogênicos e capazes de produzir ou liberar toxinas quando ingeridos, como *Vibrio cholerae* e *Clostridium perfringens*, respectivamente.

2.4.3.1 - Classificação dos perigos

Os perigos são classificados de acordo com sua natureza e podem ser biológicos, químicos ou físicos:

- **Perigos biológicos:** bactérias, vírus e parasitas patogênicos e toxinas microbianas.
- **Perigos químicos:** pesticidas, herbicidas, contaminantes tóxicos inorgânicos, antibióticos, promotores de crescimento, aditivos alimentares tóxicos, lubrificantes, tintas, desinfetantes, toxinas naturais.
- **Perigos físicos:** fragmentos de vidro, metal e madeira ou outros objetos que possam causar dano físico ao consumidor (feridas na boca; dentes quebrados ou outro tipo de lesão que necessite de intervenção médica para retirar o agente do organismo do consumidor).

2.4.3.2 - Avaliação da severidade

Nem todos os microrganismos são classificados da mesma maneira ao se avaliar o potencial para causar enfermidades. Esse potencial, ou o tipo de perigo que um micróbio apresenta, varia de nenhum a grave, com todas as variações entre esses extremos. Assim, os perigos podem ser classificados em quatro grupos, de acordo com sua severidade para a saúde do ser humano:

a) ALTA: efeitos graves para a saúde, inclusive morte.

- **Biológico:** toxina do *Clostridium botulinum*, *Salmonella* Typhi, *S.* Paratyphi A e B, *Shigella dysenteriae*, *Vibrio cholerae* O1, *Vibrio vulnificus*, *Brucella melitensis*, *Clostridium perfringens* tipo C, vírus da hepatite A e E, *Listeria monocytogenes* (em alguns pacientes), *Escherichia coli O157:*H7, *Trichinella spiralis*, *Taenia solium* (em alguns casos).

- **Químico:** contaminação direta de alimentos por substâncias químicas proibidas ou determinados metais, como mercúrio, ou aditivos químicos que podem causar uma intoxicação grave em número elevado ou que podem causar danos a grupos de consumidores mais sensíveis.

- **Físico:** objetos estranhos e fragmentos não desejados que podem causar lesão ou dano ao consumidor, como pedras, vidros, agulhas, metais e objetos cortantes e perfurantes, constituindo um risco à vida do consumidor.

b) MODERADA, DISSEMINAÇÃO POTENCIALMENTE EXTENSA: a patogenicidade é menor, o grau de contaminação é menor, contaminação cruzada. Os efeitos podem ser revertidos por atendimento médico e podem incluir hospitalização.

- **Biológico:** outras *Escherichia coli* enteropatogênicas, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Streptococcus* ß-hemolítico, *Vibrio parahaemolyticus*, *Listeria monocytogenes*, *Streptococcus pyogenes*, rotavírus, vírus Norwalk, *Entamoeba histolytica*, *Diphyllobothrium latum*, *Cryptosporidium parvum*.

c) BAIXA, DISSEMINAÇÃO LIMITADA : causa comum de surtos, disseminação posterior rara ou limitada, causa enfermidade quando os alimentos ingeridos contêm uma grande quantidade de patógenos.

- **Biológico:** *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* tipo A, *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterocolitica*, toxina do *Staphylococcus aureus*, a maioria dos parasitas.

- **Químico:** substâncias químicas permitidas em alimentos que podem causar reações moderadas, como sonolência ou alergias transitórias.

2.4.3.3 - Avaliação do risco

O risco é uma função da probabilidade de um efeito adverso e da magnitude deste efeito, resultante de um perigo em um alimento (IDEXX, 1998). O risco é a probabilidade de um perigo ocorrer em um processo e afetar a inocuidade do alimento, o que supõe uma análise estatística. A avaliação do risco potencial de um perigo (Hartog,2003) deve considerar a freqüência com que ele ocorre nos consumidores e a severidade dos sintomas. Apesar de existirem dados sobre a avaliação quantitativa do risco de alguns perigos químicos e biológicos, sua determinação numérica nem sempre está disponível.

A estimativa do risco é, em geral, qualitativa, obtida pela combinação de experiências, dados epidemiológicos locais ou regionais e informação bibliográfica específica.

É importante destacar que para o mesmo tipo de produto, os perigos e riscos podem variar devido a fatores como fontes diferentes de ingredientes e matéria-prima, pequenas variações na formulação, tipo de equipamento usado, tempo de duração do processo ou armazenamento, além da experiência e conhecimento dos funcionários da linha de produção.

Em resumo, uma análise de perigos pode ser dividida nas seguintes etapas:

- Análise detalhada dos perigos possíveis na matéria-prima;
- Avaliação das etapas do processo e sua influência na disseminação de um perigo e no aumento do risco;
- Observação, no local, das condições de processamento;
- Realização de análises (físicas, químicas e microbiológicas) para orientação e coleta de dados, e
- Análise final dos resultados.

O risco pode ser classificado em graus, que variam de alto a moderado, baixo ou insignificante. Esses dados podem ser usados para determinar os locais apropriados para estabelecer os pontos críticos de controle, o grau de vigilância necessário e qualquer mudança no processo ou nos ingredientes que possa reduzir a intensidade do perigo

existente. Um método para analisar a significância do perigo pode ser feito considerando a probabilidade de ocorrência (inversa ao grau de controle) e a severidade das conseqüências, a significância do perigo pode ser diferenciada como satisfatória (Sa), menor (Me), maior (Ma) ou crítica (Cr) (Bryan, 1992; Wwingold, 1994)

2.4.4- Perigos

2.4.4.1 - Perigos biológicos

Entre os três tipos de perigos (biológico, químico ou físico), o perigo microbiológico é o que representa maior risco à inocuidade dos alimentos (Jay, 1991).

Os microrganismos são seres vivos invisíveis a olho nu, que podem ser encontrados em qualquer parte, e alguns podem ser benéficos ao homem. Determinados microrganismos são usados na produção de alimentos com funções específicas, como fermentação, sendo, portanto, úteis. Outros causam a deterioração de alimentos, tornando-os impróprios ao consumo humano. Já os microrganismos patogênicos podem causar enfermidade ou dano aos seres humanos (Khodr, 1994)

Os perigos biológicos de origem alimentar incluem organismos como bactérias, vírus e parasitas. Estes organismos estão freqüentemente associados a manipuladores e produtos crus contaminados em um estabelecimento. Muitos desses microrganismos ocorrem naturalmente no ambiente onde os alimentos são produzidos. Vários são inativados pelo cozimento e muitos podem ser controlados por práticas adequadas de manipulação e armazenamento, como higiene, controle de temperatura e tempo (Knubley et al, 1995).

As bactérias patogênicas causam a maioria dos surtos e casos de doenças transmitidas por alimentos (DTA). É normal encontrar um certo nível desses microrganismos na maioria dos alimentos crus. O armazenamento ou a manipulação inadequados desses alimentos crus contribui para um número significativamente maior desses microrganismos antes do cozimento, aumentando o risco de se obter um alimento perigoso, caso haja falha no processo ou se esse alimento for consumido cru. Mesmo os alimentos cozidos fornecem um meio fértil para crescimento rápido de microrganismos se não forem manipulados e armazenados adequadamente (Monroe, 1990).

2.4.4.2 - Perigos químicos

Os contaminantes químicos em alimentos podem ser de ocorrência natural ou serem adicionados durante o processamento do alimento. Produtos químicos prejudiciais, em altos níveis, têm sido associados com casos agudos de enfermidades de origem alimentar e podem ser responsáveis por enfermidades crônicas em níveis mais baixos (NSHA, 1997). A contaminação química pode acontecer em qualquer etapa da produção e do processamento de alimentos.

Os perigos químicos (CODEX, 1993; Bryan, 1992) em alimentos incluem os compostos químicos que, quando consumidos em quantidades suficientes podem inibir a absorção assim como destruir nutrientes; possuírem características carcinogênicas, mutagênicas ou teratogênicas; ou são tóxicos e podem causar enfermidade severa e inclusive a morte devido ao seu efeito biológico no corpo humano.

Algumas vezes uma substância tóxica em alimentos pode ser controlada (reduzida a um risco mínimo) se o alimento é lavado ou aquecido (cozido) suficientemente. Entretanto, a melhor estratégia para o processador de alimentos é manter as substâncias perigosas fora do alimento adquirindo ingredientes e matérias primas de fornecedores controlados ou conhecendo as condições de produção, colheita, processamento e armazenamento.

O maior grupo de químicos usados no processamento de alimentos é a categoria dos aditivos alimentares diretos. Pela definição, este são produtos químicos que são adicionados intencionalmente ou incorporados diretamente nos alimentos. Eles são classificados nas seguintes categorias funcionais:

- Conservantes de alimentos
- Coberturas, películas e substâncias relacionadas
- Aditivos dietéticos e nutritivos especiais
- Agentes anticoagulantes
- Agentes aromatizantes, saborizantes e substâncias relacionadas
- Gomas, bases para chicle e substâncias relacionadas
- Outros aditivos específicos
- Aditivos multifuncionais

2.4.4.3 - Perigos físicos

Objetos estranhos no alimento podem causar enfermidades ou lesões. Estes perigos físicos resultam de contaminação e/ou práticas deficientes em vários pontos da cadeia produtiva, desde a colheita até o consumidor, inclusive dentro de um estabelecimento de alimentos.

Um estudo detalhado sobre esse tema (FDA, 1992) apresentou uma análise cuidadosa de 10.923 queixas de alimentos registradas no FDA, em um período de 12 meses. Dessas queixas, 25% (2.726 casos) estavam associadas a objetos estranhos em alimentos ou bebidas, e 14% (387 casos) tratavam de lesões causadas pela ingestão de objetos estranhos em alimentos ou bebidas. A maioria das lesões referia-se a cortes ou queimaduras na boca e garganta, danos causados em dentes ou próteses dentárias, ou sintomas gastrointestinais.

Os objetos estranhos são apresentados por ordem de freqüência: vidro, metal, plástico, pedras, cristais,cápsulas, cascas,caroços, madeira e papel. As queixas de objetos estranhos envolvendo lesões e enfermidades estão mais associados a refrigerantes, alimentos infantis, produtos de panificação, produtos à base de chocolate e cacau, frutas, cereais, vegetais e frutos do mar. A lesão por objetos duros pode causar problemas se for grave o suficiente para exigir atenção médica ou odontológica.

2.4.5 - Etapas anteriores à implementação do sistema APPCC

Na elaboração de um plano APPCC, existem cinco etapas preliminares a serem cumpridas antes da aplicação dos princípios do APPCC para produtos e processos específicos. As cinco etapas preliminares (USDA, 1999) são:

2.4.5.1. Montar a equipe APPCC

A primeira tarefa na elaboração de um plano APPCC é montar a equipe APPCC com pessoas que tenham experiência e conhecimentos específicos sobre o produto e o processo. A equipe deve ser multidisciplinar e incluir profissionais das áreas de engenharia, produção, higiene, garantia de qualidade e microbiologia de alimentos. Também deve incluir pessoas envolvidas nas operações, pois estão familiarizados com suas variabilidades e limitações. Além disso, participar deste grupo aumenta o senso de responsabilidade entre aqueles que implementam o plano.

A equipe APPCC pode precisar do auxílio de um especialista externo, com conhecimento sobre os potenciais perigos biológicos, químicos e físicos associados ao produto e ao processo. Por outro lado, um plano elaborado apenas por participantes externos pode ser falho, incompleto e não ter apoio local.

Devido à natureza técnica das informações, recomenda-se que os especialistas em processamento de alimentos participem da análise de perigos e da elaboração do plano APPCC, ou verifiquem se estão completos. Os especialistas devem ter conhecimento e experiência para:

a. realizar a análise de perigos;

b. identificar os perigos potenciais;

c. identificar os perigos que precisam ser controlados;

d. recomendar controles, limites críticos e procedimentos de monitoramento e verificação;

e. recomendar as ações corretivas adequadas quando ocorre um desvio;

f. recomendar pesquisas relacionadas ao plano APPCC, quando perceberem falta de conhecimento sobre informações importantes; e

g. validar o plano APPCC.

2.4.5.2. Descrever o alimento

A equipe APPCC descreve inicialmente o alimento, ou seja, faz uma descrição geral do alimento, dos ingredientes usados e métodos de processamento.

A descrição do produto deve ser por escrito, e incluir informações relevantes para inocuidade, como composição, estrutura física/química (incluindo Atividade de água, pH, entre outros), embalagem, validade, condições de armazenamento e métodos de distribuição (congelado, refrigerado ou em temperatura ambiente).

2.4.5.**3. Descrever o uso proposto e os prováveis consumidores do alimento**

Descrever o uso normal que se espera para este produto, por exemplo, se é cozido antes de ser consumido ou não. Os prováveis consumidores podem ser o público em geral ou um segmento específico da população, como bebês, idosos, pacientes imuno-deprimidos, entre outros. Esta etapa é importante porque determinados grupos são mais suscetíveis que outros aos perigos alimentares.

2.4.5.4. Elaborar um fluxograma descrevendo o processo

O objetivo de elaborar um fluxograma é fornecer um esboço claro e simples de todas as etapas envolvidas no processo. O fluxograma deve incluir todas as etapas do processo sob controle direto do estabelecimento. Além disso, também pode incluir as etapas da cadeia alimentar que ocorrem antes e depois do processo no estabelecimento. O diagrama não precisa ser complexo como os desenhos de engenharia. Um fluxograma de blocos é suficiente para descrever o processo, assim como uma ilustração esquemática das instalações ajuda a compreender e a avaliar o fluxo do produto e do processo.

2.4.5.5. Verificar o fluxograma

A equipe APPCC deve fazer uma revisão no local da operação para verificar a exatidão do fluxograma. Deve-se alterar o fluxograma, se necessário, e documentar as modificações.

Após realizar essas cinco etapas preliminares, aplica-se os sete princípios do APPCC.

2.4.6. - Os sete princípios

Para uma correta aplicação do sistema APPCC, é muito importante conhecer as definições e o significado exato dos princípios do APPCC descritos a seguir e detalhados mais adiante (USDA, 1999; CODEX, 1993 e 1997):

Princípio 1: Realizar uma análise de perigos.

Princípio 2: Determinar o ponto crítico de controle (PCC).

Princípio 3: Estabelecer limites críticos.

Princípio 4: Estabelecer um sistema de controle para monitorar o PCC.

Princípio 5: Estabelecer as ações corretivas a serem tomadas quando o monitoramento indicar que um determinado PCC não está sob controle.

Princípio 6: Estabelecer procedimentos de verificação para confirmar se o sistema APPCC está funcionando de maneira eficaz.

Princípio 7: Estabelecer a documentação sobre todos os procedimentos e registros apropriados a estes princípios e sua aplicação.

O sistema APPCC segundo o Codex, aborda somente a inocuidade do alimento e não as operações cotidianas da planta, que envolvem qualidade, aspectos econômicos e questões regulamentares. O conceito de APPCC aplica-se a todos os estágios da cadeia de produção do alimento, desde o plantio, cultivo, colheita, processamento, criação animal, fabricação, distribuição e comercialização até o preparo do alimento para consumo. Recomenda-se a adoção, a mais completa possível, do APPCC por toda a cadeia alimentar para obter um produto inócuo ao consumidor.

2.4.6.1 Princípio 1: análise de perigos

Realizar uma análise de perigo. Preparar uma lista de todas as etapas do processo onde os perigos significativos que podem ocorrer e descrever as medidas preventivas.

A análise de perigos é o elemento chave no desenvolvimento do plano APPCC. É essencial que este processo seja conduzido de maneira apropriada, já que a aplicação dos outros princípios envolve tarefas que dependem dos resultados desta primeira atividade. Desse modo, a análise de perigo representa a base para a elaboração do plano APPCC.

Nas "Diretrizes para Aplicação do Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC)" a análise de perigo é descrita como "um processo de coleta e avaliação das informações sobre perigos e as circunstâncias que resultam na sua presença, para decidir quais são significativos para a inocuidade do alimento e que devem, portanto, ser abordados no plano APPCC".

2.4.6.2. Princípio 2: pontos críticos de controle

Identificar os Pontos Críticos de Controle (PCC) no processo.

As diretrizes do *Codex* definem um ponto crítico de controle (PCC) como "uma etapa em que se pode aplicar um controle que seja essencial para evitar ou eliminar um perigo à inocuidade do alimento ou para reduzi-lo a um nível aceitável".

Se um perigo for identificado em uma etapa onde é necessário o controle em termos de inocuidade, e se não existir qualquer medida de controle naquela etapa ou em qualquer outra, então o produto ou o processo deve ser modificado naquela etapa, ou em um estágio anterior ou posterior, de modo a incluir uma medida de controle para este perigo.

A determinação de um PCC no sistema APPCC pode ser facilitada pela aplicação de uma árvore decisória, como a incluída nas "Diretrizes para a Aplicação do Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle - APPCC", do *Codex*, que faz uma abordagem de raciocínio lógico. A aplicação da árvore decisória deve ser flexível, de acordo com o tipo de operação (produção, abate, processamento, armazenamento, distribuição ou outro).

2.4.6.3 Princípio 3: limites críticos

Estabelecer limites críticos para cada ponto crítico de controle.

Para cada ponto crítico de controle (PCC) especificado deve ser estabelecido os limites críticos, que são definidos como critérios que separam o que é aceitável do que não é. Um limite crítico representa os limites usados para julgar se uma operação está fabricando produtos seguros. Pode-se estabelecer limites críticos para fatores como temperatura, tempo (exposição mínima), dimensões físicas do produto, atividade de água, nível de umidade, entre outros. Esses parâmetros, se mantidos dentro dos limites, confirmam a inocuidade do produto.

Os limites críticos devem atender às exigências estabelecidas por regulamentos oficiais e/ou padrões da empresa e/ou dados científicos. Em alguns casos, as autoridades oficiais de controle de alimentos fornecem informações para o estabelecimento dos limites críticos, de acordo com perigos conhecidos em alimentos e resultados de análise de risco (por exemplo, as exigências de tempo e temperatura para processos térmicos como pasteurização, cozimento; número máximo e tamanho de contaminantes físicos, resíduos químicos).

É essencial que o responsável por estabelecer os limites críticos conheça o processo e os padrões legais e comerciais exigidos para o produto.

2.4.6.4. Princípio 4: monitoramento do PCC

Estabelecer um sistema de monitoramento para cada Ponto Crítico de Controle.

As Diretrizes para Aplicação do Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) do *Codex* definem monitoramento como "o ato de realizar uma seqüência planejada de observações ou medidas de parâmetros de controle para avaliar se um PCC está sob controle".

Monitorar é a medida programada ou observação de um PCC para determinar se os limites críticos estão sendo respeitados. Os procedimentos de monitoramento devem detectar perda de controle de um PCC a tempo de evitar a produção de alimento inseguro ou de interrompê-la. Deve-se especificar, de modo completo, como, quando e por quem será executado o monitoramento.

Os objetivos do monitoramento incluem:

1) Medir o nível de desempenho da operação do sistema no PCC (análise de tendência)

2) Determinar quando o nível de desempenho do sistema leva a uma perda de controle do PCC, por exemplo, quando há desvio de um limite crítico

3) Estabelecer registros que refletem o nível de desempenho da operação do sistema do PCC para cumprir o plano APPCC

O monitoramento é a ferramenta que confirma se o plano APPCC está sendo seguido. O produtor terá meios para demonstrar que as condições de produção estão de acordo com o plano APPCC, se necessário.

2.4.6.5.Princípio 5: ações corretivas

Estabelecer ações corretivas a serem tomadas quando o monitoramento indicar que há desvio em um limite estabelecido.

As "Diretrizes para Aplicação do Sistema de Análise de Perigo e Ponto Crítico de Controle (APPCC)" do *Codex* definem ação corretiva como "qualquer ação a ser tomada quando os resultados do monitoramento do PCC indicarem uma perda de controle".

A perda de controle é considerada um desvio do limite crítico de um PCC. Os procedimentos de desvio são um conjunto documentado e predeterminado de ações que deve ser implementado em caso de desvio. Todos os desvios devem ser controlados, tomando-se ações para controlar o produto que não está de acordo e corrigir a causa da não conformidade. O controle do produto inclui identificação adequada, controle e eliminação do produto afetado. As ações corretivas tomadas devem ser registradas e arquivadas.

A variedade de possíveis desvios de cada PCC significa que possa ser necessária mais de uma ação corretiva em cada PCC. Quando ocorre um desvio, será provavelmente percebido durante o monitoramento de rotina do PCC.

Os procedimentos de ações corretivas e desvios são prescritos de forma que os funcionários responsáveis pelo monitoramento do PCC compreendam e sejam capazes de executar as ações corretivas apropriadas no caso de um desvio.

Deve-se também fazer ajustes no processo quando os resultados do monitoramento indicarem uma tendência à perda de controle de um PCC. Deve-se tomar uma ação para trazer o processo de volta aos limites operacionais, antes que ocorra um desvio. Os procedimentos para desvio em cada PCC devem ser devidamente registrados.

DESVIOS: O *Codex* define desvio como "falha em atender um limite crítico".

2.4.6.6. Princípio 6: verificação

Estabelecer procedimentos para verificar se o Sistema APPCC está funcionando corretamente.

As diretrizes do *Codex* definem verificação como "a aplicação de métodos, procedimentos, testes e outras avaliações, além do monitoramento, para determinar o cumprimento do plano APPCC". Verificação e métodos de auditoria, procedimentos e testes, inclusive amostras aleatórias e análises, podem ser usadas para determinar se o sistema de APPCC está trabalhando corretamente.

O preparo cuidadoso do plano total, com a definição clara de todos os itens necessários, não garante sua eficiência. Os procedimentos de verificação são necessários para avaliar a eficiência do plano e confirmar se o sistema de APPCC atende ao plano. A verificação permite que o produtor desafie as medidas de controle e assegure que há controle suficiente para todas as possibilidades.

A verificação deve ser feita por indivíduos qualificados, capazes de detectar as deficiências no plano ou em sua implementação. Este atividade deve ser feita na conclusão do estudo de APPCC; sempre que houver uma mudança de produto, ingrediente, processo e equipamentos.

2.4.6.7.Princípio 7: documentação e manutenção de registros

Estabelecer procedimentos eficientes de manutenção de registros que documentam o Sistema APPCC.

Os registros são provas, por escrito, que documentam um ato. São essenciais para revisar a adequação do plano e a adesão do sistema APPCC ao plano.

Um registro mostra o histórico do processo, o monitoramento, os desvios e as ações corretivas (inclusive descarte de produto) aplicadas ao PCC identificado. Os registros podem ter diversos formatos, como um quadro de processamento, um registro escrito ou eletrônico. A importância de registros para o sistema de APPCC não pode ser superestimada. É imprescindível que o produtor mantenha registros completos, atualizados, corretamente arquivados e precisos.

A exemplo de outros segmentos, a gestão da qualidade na indústria de alimentos modificou-se a partir dos anos 80, assumindo feição pró-ativa em vez de meramente reativa. Assim, ao sistema denominado Boas Práticas de Fabricação (BPF), que se completava por programas de análises laboratoriais dos lotes produzidos, visando garantir a qualidade, somou-se o de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), versão brasileira do internacionalmente conhecido HACCP , constituindo-se dessa forma a moderna base de gestão da qualidade na indústria de alimentos, conforme vem sendo adotada em todo o mundo.

Quem hoje atua na área de alimentação, com certeza teve contato com as referências técnicas não só pertinentes à higiene, como também à qualidade. Iniciando-se com a implementação da Portaria do Ministério da Saúde nº 1.428, de dezembro de 1993, todos os procedimentos envolvidos com a cadeia alimentar são revistos e otimizados. As orientações dessa portaria preconizam a adoção das normas de Boas Práticas de Fabricação em sinergia com as técnicas de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle . A legislação sanitária, por sua vez, dá forças para a aplicação desses conceitos, nos níveis federais, estaduais e municipais. Para a introdução de melhorias nas instalações e serviços é imprescindível adotar uma estratégia de trabalho que permita, não apenas o melhor planejamento mas, principalmente, a melhor forma de execução (o fazer efetivamente) (BRASIL, 1993; 1997 e 1998).

Para o atendimento aos requisitos da APPCC é condição primordial ter embasamento prévio nas Boas Práticas de Fabricação. São as normas de BPF que irão propiciar todo um conjunto de correções, diagnosticando procedimentos e situações discrepantes, incrementando mudanças para melhor, eliminando ou reduzindo riscos à Segurança da Qualidade. Essa atenção inicial com as Boas Práticas maximiza a planificação e assegura maior rapidez nos trabalhos de APPCC (Hathaway, 1995 ; NACMCF, 1997)

A maioria das empresas alimentícias, que hoje aplica com empenho a APPCC, inseriu, durante anos, os conceitos diversos anteriormente. Inclusive Rastreabilidade, Procedimentos Operacionais, Treinamento, PRP (Programa de Redução de Patógenos) Segurança de Produto, Documentação e até Meio Ambiente (Panisello, 2001; IDFA, 1996; Taylor,2001).

A indústria comercial de processamento de produtos alimentícios tem uma forte ligação com as técnicas praticadas na área da qualidade. Produção just-in-time e análise de causa e efeito foram adotadas e modificadas para ser utilizada na indústria alimentícia antes de se tornarem comuns em outros setores industriais. No entanto, essa indústria também tem sido caracterizada como sendo conservadora e lenta para mudanças. Nessa área, entender as práticas qualitativas requer um estudo de como o consumidor, a origem do alimento e o ambiente normativo interagem e afetam a indústria (Heggum,2001; IDFA, 1996).

O consumidor vê o alimento sob diversas perspectivas: uma delas é que, a "comida" é necessária para sobrevivência e a outra que o alimento é essencial para o nosso bem -estar psicológico. Por exemplo, alimento representa um papel importante, embora tenham padrões conservadores, de uma forma geral, os americanos têm experimentado novos produtos alimentícios. Uma pesquisa revelou uma variedade bem limitada de alimentos em suas despensas, especialmente se comparado ao que é oferecido no mercado. Os indicadores principais na decisão de compra ou consumo de um certo alimento são a conveniência, qualidade e o sabor. Assim como também esperam que o alimento seja nutritivo e confiável para o consumo, com uma avaliação que informe seu risco ser próximo a zero ou zero.

2.5 A técnica de irradiação na preservação de alimentos

O processamento de alimentos por irradiação vem sendo desenvolvido desde meados da década de 40. Ele é, praticamente, o mais novo método de preservação de alimentos, desde a invenção da comida enlatada por Nicolas Appert, há mais de 170 anos e já produziu muitos resultados importantes.

Quando totalmente aplicado, a irradiação será um importante meio de prevenção do apodrecimento e da perda de alimentos, permitindo um aumento na sua distribuição e a melhora dos padrões higiênicos e nutricionais (IAEA, 1982).

2.5.1 Histórico

A primeira proposta documentada sobre o uso de radiação ionizante foi feita pelo Reino Unido: "Provocar um melhoramento no estado de comestíveis" e em "Mantendo sua qualidade geral", cujo número da patente britânica foi o: 1609, em 1905, e publicada no J. Appleby, Miller, and A. J. Banks. Analytical Chemist. Os inventores propunham o tratamento de alimentos, especialmente cereais e seus produtos, com raios alfa, beta ou gama do rádio ou outra substância radioativa. Entusiasticamente, eles destacavam "a excepcional vantagem comercial da completa ausência da utilização de produtos químicos" e sugeriam que os efeitos do tratamento por radiação eram devido a "mudanças químicas similares àquelas que ocorrem na natureza". Entretanto, os preparados com rádio, sugeridos como fontes de radiação ionizante por estes inventores, não estavam disponíveis em quantidade suficiente para irradiar alimentos em escala comercial. Dificuldades similares ainda existiram em 1921, quando B. Schwartz, do U.S Department of Agriculture's Bureau of Animal Industry, sugeriu o uso de raios-X para inativar trichinea em carne de porco. As maquinas de raios-X disponíveis naquela época não eram suficientemente potentes, para tratar a carne de porco em quantidades comerciais.

Em 1929 a American Tobcco Corporation colocou em operação uma maquina de raios-X com sistemas de esteiras, na cidade de Nova Iorque (Estados Unidos), para irradiar caixas de cigarro, com o objetivo de esterilizar os ovos, matar as larvas e os insetos adultos de besouros do tabaco. Embora este tratamento tenha, efetivamente, desinfestado os cigarros a máquina se mostrou inadequada para o uso contínuo. O registro do motivo deste problema não foi deixado de forma clara, mas parece estar relacionado ao fato de que os tubos de raios-X daquela época serem feitos para um uso intermitente em medicina diagnóstica e terapêutica e não para um uso contínuo. De qualquer forma, mais tarde a fumigação química tomou o lugar, desta primeira aplicação industrial de processamento

por radiação.

Nas décadas seguintes novas tentativas foram feitas, para se estabelecer uma aplicação comercial de um processamento por radiação e todas fracassaram. Algumas vezes por não haver máquina de raio-X suficientemente potente, outras vezes por não haver radionuclídeos adequados em grandes quantidades. A situação começou a mudar na década de 50 do século XX, quando a Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos (USAEC) iniciou um programa coordenado de pesquisa, sobre o uso da radiação ionizante para a preservação de alimentos e providenciou fontes de radiação gama de elementos combustíveis descartados de reatores nucleares assim como outras fontes de radiação ionizante. A maioria dos experimentos com irradiação de alimentos nos Estados Unidos ocorreram durante a metade e o final da década de 50. Com o passar do tempo as fontes de elementos combustíveis de reatores foram sendo substituídas por fontes de ^{60}Co, cuja energia da radiação se mostrava mais adequada a finalidade do processo e vários irradiadores forma construídos tanto em instalações militares quanto em civis.

De 1953 a 1960 o exército americano patrocinou várias pesquisas envolvendo doses altas e baixas. Após 1960 o exército concentrou seus esforços em desenvolver a esterilização por radiação de alimentos a base de carne, para substituir as rações militares enlatadas e congeladas. De 1961 a 1962 um enorme laboratório para irradiação de alimentos foi construído em Natick (Massachusetts). Ele era equipado com uma fonte de ^{60}Co de 48 PBq (1,3 milhões de Ci) e um acelerador linear de 18 Kw.

Toda esta estrutura de irradiação espalhada e disponível nos Estados Unidos proporcionou oportunidades, para a pesquisa e o desenvolvimento da irradiação de alimentos, que seriam inimagináveis utilizando-se apenas máquinas de raios-X.

Relatos americanos sobre experimentos bem sucedidos estimularam esforços similares em outros países. No Reino Unido estudos sobre os efeitos da radiação em alimentos começaram em 1950 na Estação de Pesquisas de Baixas temperaturas em Cambriged e algum tempo mais tarde nos laboratórios de Pesquisa de Wantage. Do meio ou para o final da década de 50 programas nacionais de pesquisa sobre irradiação de alimentos foram também iniciados na Bélgica, Canadá, França, Holanda, Polônia, União Soviética, e Alemanha Ocidental.

O primeiro uso comercial de alimento irradiado ocorreu em 1957 na Alemanha Ocidental, quando uma empresa de especiarias em Stuttgart iniciou uma melhora na qualidade da higienização de seus produtos, irradiando-os com elétrons produzidos por um gerador de Van der Graaf. Mas em 1959 o processo teve que ser substituído pela

fumigação com óxido de etileno, devido a uma nova lei que proibia o tratamento de alimentos com radiação ionizante.

No Canadá a irradiação de batatas para a inibição de brotamento foi permitida em 1960 e uma empresa privada, Newfield Products Ltda, se iniciou neste ramo em setembro de 1965. Esta empresa possuía um irradiador, que operava com ^{60}Co, projetado para processar 15000 toneladas de batatas por mês. Esta empresa fechou depois de apenas uma estação, quando entrou em dificuldades financeiras.

A despeito destes fracassos, o interesse em irradiação de alimentos cresceu no mundo todo, gerando eventos internacionais para a troca de experiências entre vários países, que desenvolvem pesquisas nesta área. Entretanto, as autoridades sanitárias nestes mesmos países ainda hesitam, em conceder permissões para a comercialização de alimentos irradiados.

O debate sobre a segurança destes alimentos, para consumo humano, ainda não arrefeceu e este é reconhecidamente o maior obstáculo, para a utilização comercial desta técnica.

Para responder as questões deste debate foi criado em 1970 o Projeto Internacional no campo da Irradiação de alimentos. Patrocinado por vários órgãos das Nações Unidas este projeto reuniu vários países, que desenvolveram os mais completos e abrangentes trabalhos sobre a segurança alimentar de uma enorme variedade de alimentos irradiados. Sendo que os resultados obtidos foram repetidos por vários laboratórios, para se avaliar a sua reprodutibilidade. Em uma seção em novembro de 1980, o comitê concluiu que: "a irradiação de qualquer tipo de alimento até a uma dose média total de 10 kGy não representa qualquer risco de toxicidade, portanto testes de toxicidade nestes alimentos não são necessários".

Esta conclusão levou muitos governos a ampliar o número de alimentos irradiados que poderiam ser comercializados. Em alguns países esta medida não surtiu nenhum efeito e em outros causou um aumento expressivo na quantidade de alimento irradiado, com a tendência de crescimento para os próximos anos, como foi o caso da Bélgica. Há países em que algumas organizações políticas e de consumidores são vigorosamente contra este novo método de processamento dos alimentos. Infelizmente, o debate público sobre as presumidas virtudes e desvantagens da irradiação de alimentos é freqüentemente, caracterizada pela falta de uma sólida informação sobre o assunto (Diehl, 1990).

2.5.2 Técnicas

Não há uma terminologia específica para tratamento de alimentos por irradiação, sendo que esta varia conforme a referência consultada.

Em 1964 um grupo internacional de microbiologistas de alimentos **sugeriu** a seguinte terminologia: Radapertização, Radiciação e Radurização (Jay, 1991; Urbain, 1986) detalhadas a seguir.

2.5.2.1 Radapertização

Tratamento equivalente a "esterilização comercial" adotada em indústrias de alimentos enlatados. Tem o objetivo de eliminar microrganismos patogênicos e deterioradores (*Moraxella*, *Acinetobacter*, *Clostridium*). Utiliza doses na faixa de 30-40 kGy.

2.5.2.2 Radiciação

Tratamento equivalente à pasteurização na indústria de alimentos. Tem o objetivo de reduzir o número de patógenos viáveis não esporulados (*Salmonella*, *Streptococcus*, *Campylobacter*) a níveis não detectáveis pelas metodologias padrões de análise de alimentos. Utiliza doses de 2,5-10 kGy.

2.5.2.3 Radurização

Tratamento que pode ser considerado equivalente à pasteurização, reduzindo o número de microrganismos deterioradores viáveis (*Achromobacter*, *Pseudomonas*) geralmente associado a outras formas de conservação de alimentos como a refrigeração. Utiliza doses de 0,75-2,5 kGy.

A terminologia apresentada anteriormente tem o objetivo de separar as aplicações da irradiação de alimentos por faixas de doses.

O objetivo comum dessas aplicações é garantir a inocuidade dos alimentos, pelo simples uso da irradiação ou por sua associação com outras técnicas de conservação de alimentos, e, sempre que possível, estender a vida de prateleira dos alimentos tratados.

Atualmente a terminologia mais utilizada refere ao uso de faixas de doses de radiação ionizante. Para tal a Tabela 1 apresenta irradiação dos alimentos e seus principais propósitos.

TABELA 1. Faixas de doses de radiação ionizante utilizadas para diferentes propósitos e produtos.

PROPÓSITO	DOSE (kGy)	PRODUTOS
Doses baixas (até 1 kGy)		
Inibição de brotamento Permite maior tempo de estocagem, sem o uso de inibidores químicos de brotamento	0,05 – 0,15	Batatas, cebolas, alho, gengibre, inhame
Desinfestação de insetos Preventivo contra a perda de alimentos sem o uso de fumegantes químicos, preventivo contra a propagação de pragas no comércio de alimentos; como tratamento de quarentena sem o uso de fumegantes químicos.	0,15 – 0,75	Cereais, legumes, frutas frescas e secas, carne seca, peixe, carne fresca de porco
Desinfestação de parasitas Reduz doenças causadas pelo consumo de produtos crus ou mal cozidos, infectados, como por exemplo com triquina, *Taenia* sp, *Entamoeba histolytica*, *Toxoplasma gondii*.		
Retardo do processo fisiológico: Ex. Maturação, permitindo maior tempo de prateleira.	0,25 – 1	Frutas e vegetais frescos
Doses médias (1-10 kGy)		
Aumento da vida de prateleira Redução de microorganismos que causam deterioração	1 – 3	Peixe fresco, morango, entre outros.
Eliminação de microorganismos patogênicos e outros patógenos não formadores de esporos.	1 – 5	Frutos do mar frescos e congelados, carnes de ave e carnes vermelhas cruas ou congeladas, produtos de ovo, entre outros.
Eliminação de microorganismos patogênicos e de aqueles que causam deterioração	3 – 10	Ervas e especiarias, condimentos, vegetais desidratados, gomas.
Melhora das propriedades tecnológicas	2 – 7	Uvas (aumento do rendimento do suco), frutas desidratadas (melhorando a re-hidratação), vegetais desidratados (reduzindo o tempo de cocção).
Doses altas (10 – 100 kGy)		
Esterilização industrial (em combinação com calor moderado) Destrói ambos, esporos e microorganismos patogênicos, incluindo formadores de esporos tal como *Clostridium botulinum*, permitindo um período maior de estocagem em temperatura ambiente.	30 – 100	Carnes vermelhas, carne de aves, frutos de mar, alimentos prontos, dietas hospitalares.
Descontaminação de certos aditivos e ingredientes alimentícios Permite maior tempo de prateleira e a prevenção de alimentos contaminados com a substituição de fumegantes químicos.	10 – 50	Ervas e especiarias, condimentos, preparados de enzimas, gomas naturais.

Fonte: Delincée, 1997

2.5.3 Tipos de radiação usados para irradiação de alimentos

As radiações ionizantes são capazes de converter átomos e moléculas em íons pela remoção de elétrons. Elas podem ser formadas por partículas energéticas carregadas, como os elétrons, ou por fótons com energia alta, como os raios-X ou os raios gama. Nem todos os tipos de radiação são adequados para a irradiação de alimentos, porquê não tem penetração suficiente no material (por exemplo, partículas alfa).

O Comitê da Junta de Especialistas sobre Irradiação de Alimentos formados pelos seguintes órgãos das Nações Unidas: FAO, AIEA e OMS e o Codex Geral de Padrões para Alimentos Irradiados fazem a seguinte recomendação sobre os tipos de radiação ionizante, considerados adequados para a irradiação de alimentos (Diehl, 1990; IAEA, 1982):

- Radiação gama originados dos seguintes radionuclídeos: ^{60}Co e ^{137}Cs.
- Raios-X com energias de até 5 MeV.
- Elétrons com energias de até 10 MeV.

A desintegração de um átomo de ^{60}Co produz dois fótons, um de 1,17 MeV e o outro de 1,33 MeV. No caso de uma fonte de ^{137}Cs, 92 % das desintegrações dão origem a fótons com 0,66 Mev (IAEA, 1982).

2.5.4– Efeitos e mecanismos da radiação ionizante

A característica da radiação de alta energia é causar ionização no meio em que é absorvida, ou seja, é capaz de remover elétrons de suas órbitas em átomos ou moléculas. Por esta razão é denominada de radiação ionizante. As radiações ionizantes cedem sua energia ao meio no qual se difundem, mediante múltiplos processos de interação. A energia cedida é gasta na excitação e na ionização de moléculas gerando reações químicas que podem provocar modificações permanentes na estrutura físico-química do material irradiado. A dose absorvida, ou simplesmente dose, é a quantidade de energia absorvida por unidade de massa do material irradiado. A unidade utilizada denomina-se Gray (Gy), onde 1 Gy é equivalente à energia de 1 joule absorvido por 1 kg de material (Satin, 1993).

As radiações utilizadas no processamento de alimentos não possuem energia suficiente para provocar qualquer reação nuclear na matéria e, portanto, não deixam nenhum resíduo radioativo no material após a irradiação. Por esta razão, o alimento ou qualquer outro material submetido a esse tipo de radiação não se torna radioativo (Maxy, 1992; Owczarczyk, 1999).

2.5.4.1 Radiólise da água e seus produtos

A água está presente em quase todos os alimentos, numa proporção em torno de 90 % em muitos vegetais, 80 % em frutas, 60 % na carne e 40 % no pão. Mesmo produtos aparentemente mais secos contêm água: farinha de trigo 13 %, vegetais desidratados cerca de 10 % e nozes 5 %. A radiólise da água é, portanto, de particular interesse em irradiação de alimentos (Diehl, 1995). Os produtos da radiólise da água são (WHO, 1994):

•OH - radical hidroxila

e-aq - elétron aquoso (ou hidratado)

•H - átomo de hidrogênio

H_2 - hidrogênio

H_2O_2 - peróxido de hidrogênio

H_3O + (= H+aq) - próton hidratado

Enquanto •OH, e-aq e •H são espécies reativas transitórias, H_2 e H_2O_2, são os únicos produtos da radiólise da água estáveis. Por causa das reações (demonstradas abaixo) hidrogênio e peróxido de hidrogênio são largamente consumidos.

$$H_2O_2 + \text{e-aq} \rightarrow \bullet OH + OH^-$$

$$H_2 + \bullet OH \rightarrow H_2O + \bullet H$$

Eles são conseqüentemente produzidos em baixas quantidades, mesmo quando as doses de radiação são altas. A saturação da água com oxigênio pode aumentar intensamente a produção de H_2O_2. A formação de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), conhecido por ser um agente oxidante, têm grande significado na irradiação de alimentos. O radical hidroxila (•OH) é um poderoso agente oxidante e o elétron aquoso (e-aq) é um forte agente redutor. O átomo de hidrogênio (•H) é um agente redutor menos efetivo. Considerando que todos os alimentos contêm substâncias que podem ser oxidadas ou reduzidas, as reações acima descritas são esperadas quando alimentos que contêm água são irradiados (Diehl, 1995).

2.5.4.2 Influência do Oxigênio

A presença ou ausência de oxigênio durante a irradiação tem uma importante influência no curso da radiólise. A água, em equilíbrio com o oxigênio do ar, contem baixas concentrações de oxigênio (cerca de 0,27 mM a temperatura ambiente). Átomos de hidrogênio podem reduzir o oxigênio formando o radical hidroperóxido, que é um agente oxidante fraco (WHO, 1994):

$$\bullet H + O2 \rightarrow \bullet HO2$$

Em equilíbrio com radical ânion superóxido:

$$\bullet HO2 \square H+ + \bullet O-2$$

Outro caminho para formação do radical superóxido é a reação de elétron aquoso com oxigênio:

$$e\text{-}aq + O2 \rightarrow \bullet O-2$$

Através da remoção de agentes redutores (e-aq e •H), a importância do radical •OH e portanto o papel das reações de oxidação se torna maior em soluções oxigenadas. Ambos radical hidroperóxido (•HO2) e radical superóxido (• O–2) podem causar o aumento de do peróxido de hidrogênio (H2O2):

$$2 \bullet HO2 \rightarrow H2O2 + O2$$

$$\bullet O-2 + \bullet HO2 + H+ \rightarrow H2O2 + O2$$

2.5.4.3- Influência da temperatura

A temperatura, durante a irradiação, também influencia a extensão de mudanças radiolíticas. O congelamento produz um forte efeito protetor para o ácido ascórbico, por exemplo. Como mencionado anteriormente, as reações intermediárias da radiólise da água são interrompidas em materiais congelados e são, desta forma, mantidos inertes das reações entre os radicais ou com o substrato. Quando o material alcança novamente temperatura ambiente, os danos no substrato são muito menores do que em produtos não congelados, quando irradiados. O congelamento não significa uma completa restrição da difusão. A difusão de moléculas e radicais livres é maior em temperatura de -2 °C do que a -10°C, e a -10 °C mais do que -80 °C (Ley, 1970).

2.5.4.4 Efeitos da diluição

Quando uma solução diluída é irradiada, a extensão da degradação do soluto depende do número de radicais reativos disponíveis para a reação com as moléculas do soluto. A enzima pectinase apresenta uma alta radioresistência quando irradiada em estado seco, mas é amplamente inativada quando irradiada em soluções. O aumento da radiosensibilidade com o aumento da diluição é conhecido como efeito da diluição (Farkas, 1985).

2.5.4.5 Efeitos biológicos da radiação ionizante

Quando a radiação ionizante é absorvida por um material biológico, existe a possibilidade de que esta irá agir diretamente em alvos críticos na célula. As moléculas de ácido nucléico podem ser ionizadas ou excitadas, e por meio disso, iniciar a cadeia de eventos que conduzem às mudanças biológicas e à morte celular, se a mudança for suficientemente séria. Este é o efeito direto da radiação ionizante, o qual é o processo dominante quando esporos secos de microrganismos são irradiados. Alternativamente, a radiação ionizante pode interagir com outros átomos ou moléculas na célula, particularmente água, para produzir radicais livres, os quais podem difundir-se o bastante para alcançar e danificar o DNA. Este efeito indireto da radiação é importante em células vegetativas, onde o citoplasma contem cerca de 80 % de água (Diehl, 1995).

As doses de radiação causam pequenas mudanças químicas em alimentos, mas causa mudanças letais em uma célula bacteriana. Isto ocorre uma vez que o DNA tem uma propriedade particular diferenciada de todos os outros constituintes da célula.

O DNA carrega as informações genéticas. A seqüência de purinas e pirimidinas na cadeia de DNA serve como template para montar uma cópia de DNA no processo de divisão celular.

Através dos templates de RNA (ácido ribonucléico) esta seqüência determina a síntese de proteína, incluindo as enzimas que regulam o metabolismo celular.

Moléculas de DNA são enormes em comparação com outras moléculas na célula e com isso, gera um grande alvo.

A função do DNA como carreador de informação genética depende da molécula intacta.Somente uma cópia (ou poucas cópias) de uma molécula de DNA está presente na célula.

Essas considerações explicam porque uma dada dose pode ter um efeito letal nos microrganismos em uma amostra de alimento irradiado, sem causar muita alteração na composição química do alimento.

2.5.5 Efeitos da radiação ionizante em alimentos

O processamento de alimentos por irradiação requer uma exposição controlada e cuidadosa frente à radiação ionizante de energia conhecida. A exposição deve ser adequada para produzir um resultado desejado, evitando, ao mesmo tempo, a degradação do alimento. O tipo de irradiação utilizado no tratamento de alimentos se limita às radiações provenientes dos raios gama de alta energia, os raios X e os elétrons acelerados (WHO, 1994).

As fontes de radiação utilizadas para a irradiação de alimentos são: os raios gama dos radionuclídeos Cobalto 60 (^{60}Co) ou Césio 137 (^{137}Cs); raios-X gerados por máquinas com energia máxima de 5 MeV e feixes de elétrons com uma energia máxima de 10 MeV. Dos radionuclídeos o ^{137}Cs praticamente não é mais utilizado, devido ao tipo de contaminação que este possa vir a provocar se sua blindagem for danificada. Nesse tipo de fonte, o Césio-137 fica encapsulado, na forma de um sal, e guardado em um recipiente de chumbo, usado como uma blindagem contra as radiações, diferentemente do Cobalto 60 (que é um metal) seu uso é feito por pastilhas. Portanto, o ^{60}Co é a única fonte de raios gama de interesse prático.

As vantagens da fonte de ^{60}Co são (Matsuda, 2002):

· Alta penetração e dose uniforme, permitindo o tratamento de produtos de tamanho, forma e densidades variáveis;

· Uso comprovado por longa data em aplicações industriais;

· Fácil utilização da fonte;

· Baixo risco ambiental.

Desvantagens:

· Meia-vida de 5, 263 anos, o que significa que 12% da atividade da fonte deve ser substituída anualmente para manter a potência original;

· Baixa taxa de dose.

A irradiação inativa os organismos que decompõem os alimentos, em particular as bactérias, os mofos e as leveduras. É muito eficaz para prolongar o tempo de conservação de frutas frescas e hortaliças, pois, controla as mudanças biológicas normais associadas à maturação, à germinação e, por último, ao envelhecimento. A irradiação também destrói os microrganismos causadores de doenças, inclusive os vermes parasitas e os insetos que deterioram os alimentos armazenados (OMS, 1989).

A irradiação deve ser aplicada em alimentos já embalados, porém não evita a recontaminação ou a reinfestação. A qualidade do alimento irradiado, bem como o de outro alimento, é função da qualidade do produto original, que deverá ser produzido segundo as boas práticas de fabricação. A eficácia da ação bactericida e fungicida de uma determinada dose de radiação depende dos seguintes fatores:

· Tipo e espécie de microrganismos;

· Número de microrganismos (ou esporos) existentes inicialmente;

· Composição do alimento. É possível que alguns constituintes do alimento, por exemplo, as proteínas, a catalase e as substâncias redutoras exerçam sobre os microrganismos uma ação protetora;

· Existência ou falta de oxigênio;

· Estado físico do alimento durante a irradiação. Tanto a quantidade de umidade como a temperatura do alimento exerce uma influência diferente nos microrganismos;

Fatores próprios dos microrganismos. A idade, a temperatura de crescimento e a da esporulação, e o estado (células vegetativas ou esporuladas) podem influir no nível de sensibilidade dos microrganismos (Murano, 1995).

2.5.6. Aplicações da radiação ionizante em alimentos

2.5.6.1 Irradiação de produtos de origem animal

2.5.6.1.1 Segurança alimentar e saúde pública

Os alimentos de origem animal, não são totalmente isentos de risco para a saúde, pois sua riqueza em proteínas e água facilita a rápida deterioração do produto, bem como a sobrevivência e multiplicação de inúmeros microrganismos patogênicos. Assim, as enfermidades de origem alimentar podem ser causadas através da ingestão de agentes

infecciosos e parasitários ou por substâncias nocivas à saúde contidas no alimento. (Panetta. 1984).

A tuberculose. a cisticercose. a brucelose e a toxoplasmose, infecções de elevada prevalência no Brasil. são algumas das enfermidades de caráter zoonótico que podem ser adquiridas pelo homem ao ingerir produtos de origem animal contaminados ou sem a devida inspeção sanitária das matérias-primas. Sem dúvida. as infecções e, em especial. as toxi-infecções constituem os riscos mais importantes destes alimentos em saúde pública (Quevedo, 1984). Os alimentos de origem animal podem, ainda, servir de veículo para a transmissão de outros microrganismos patogênicos. que usualmente, utilizam outras vias de transmissão. como resultado de contaminação acidental, por secreções ou excreções de indivíduos portadores; como exemplos, podem ser apontados os Coliformes fecais e o *Staphyloccus aureus* (Germano,2001).

Escherichia coli O157:H7. Salmonella. Campylobacter jejuni, Listeria monocytogenes e Vibrio são patógenos de preocupação básica do ponto de vista da saúde pública. devido à severidade da doença e/ou devido ao alto número de casos individuais de doença veiculada pelo alimento. associada a estes patógenos. Destas bactérias, a *Salmonella e C. jejuni* são usualmente associadas com as aves. A *E.coli O157:H 7* também tem sido ligada aos maiores surtos de doenças transmitida pelos alimentos, através de várias fontes. incluindo carne e produtos lácteos no Reino Unido. carne de hambúrguer, suco de maçã e água nos EUA. e legumes no Japão. A *Listeria monocytogenes* tem sido associada com produtos lácteos. carnes processadas e outros alimentos com tempo de prateleira relativamente longo sob refrigeração. Os vibrios spp. por sua vez, têm sido os agentes causadores da cólera pandêmica mundial e muitas eclosões de doenças causadas pelo consumo de moluscos crus (ICGFI - 1999).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS). os distúrbios diarreicos são responsáveis por aproximadamente 25% das causas de mortalidade em países em desenvolvimento. sendo que em até 70% dos casos. os alimentos são incriminados como veículos de transmissão destas enfermidades. Estima-se que 6,5 a 33 milhões de casos de enfermidades de origem alimentar ocorram nos EUA, sendo responsáveis por 9.000 óbitos anualmente. (WHO. 1994).

Estima-se que cerca de 50% dos produtos perecíveis como carne. peixes, frutas e vegetais. sejam perdidos antes de atingirem o consumo final. Na região Asiática, estima-se que 30% da produção de grãos se deteriore anualmente. o mesmo acontecendo com 20% a 40% de frutas e vegetais e cerca de 50% dos peixes da região. A irradiação de alimentos,

nos dias atuais, contribui imensamente no controle dos perigos microbiológicos (An-Hung Fu *et al.*, 1995). Constitui importante método capaz de diminuir as perdas econômicas provenientes da deterioração e a eliminação de patógenos, aumentando o nível de segurança dos alimentos e favorecendo a aceitação dos produtos exportados pelos países em desenvolvimento (Loaharanu, 1994).

Devido à grande variedade de causas de alterações da saúde provocadas por alimentos e devido à dificuldade de determinar a causa desencadeante da maioria dos surtos de origem alimentar, podemos classificar as doenças transmissíveis pelos alimentos da seguinte forma (Riedel, 1992):

- **Intoxicações alimentares** : Causadas pela ingestão de alimentos contendo toxinas microbianas pré-formadas. Estas toxinas são produzidas durante a proliferação dos microrganismos patogênicos no alimentos. Ex: *Clostridium botulinum, Staphylococcus aureus, Bacillus cereus* (forma emética) e os fungos produtores de micotoxinas.

- **Infecções alimentares** : Causadas pela ingestão de alimentos contendo células viáveis de microrganismos patogênicos. Ex: *Salmonella, Shigella, Escherichia coli invasora, Yersínia enterocolítica, entre outras.*

- **Parasitoses:** Sempre ou usualmente transmitidas por alimentos, como nematóides (vermes cilindrícos) e cestóides(vermes chatos). Ex: *Taenia saginata* e *solium, Trichinella spiralis, Cysticercus cellulosae, Anisakis* spp, *Echinococcus granulosus*, entre outros.

- **Agentes virais** : Hepatite A (RNA vírus, do grupo dos enterovírus) e Rotavírus (É um RNA vírus que causa gastroenterite em crianças com idade inferior a seis anos).

2.5.6.1.2. Conservação de produtos de origem animal por irradiação

Os efeitos da irradiação em alimentos referem-se em geral sobre os organismos presentes no mesmo. Os efeitos da radiação ionizante, que causam mudanças nas características dos alimentos, representam um problema no emprego desta tecnologia, pois diferentes tipos de aplicações requerem quantidades de radiações diferentes. Baixas doses de geralmente resultam na extensão da vida de prateleira dos produtos ou destroem microrganismos contaminantes (vide Tabela 1).

Freqüentemente, a irradiação é combinada outro método de preservação como a refrigeração ou a retirada de oxigênio. Os aspectos microbiológicos são o maior enfoque da irradiação de alimentos e geram as variações do tipo de tratamento envolvido. Para

esterilização de produtos, a dose deve estar adequada para a destruição ou inativação de todos os microrganismos deterioradores. Para alimentos com baixo teor de acidez, contendo alta concentração de água e que permitem germinação dos esporos de *Clostridium botulinum*, a dose deve ser suficiente para reduzir a contagem de esporos na ordem de 10^{12} ($12D_{10}$). Para o *C. botulinum* tipo A, o tipo mais resistente, a dose requerida é de cerca de 45 kGy (IAEA/FAO - 1982).

• **CARNES DE AVES**: O tempo de conservação da carne de aves refrigerada é de 8 a 17 dias, dependendo das condições higiênicas durante o processamento. O trato digestivo das aves pode albergar um variado número de microrganismos patogênicos para o homem. Apesar da evisceração reduzir os riscos de contaminação, as superfícies externa e interna das carcaças podem apresentar níveis relativamente elevados de bactérias. estima-se que 60% a 80% da carne de aves, vendida no Reino Unido, pode estar contaminada por *Salmonella* spp e até 100% por *Campilobacter* spp. É muito difícil prevenir a infecção subclínica das aves por *Salmonella* spp, porém a enfermidade no homem poderia ser evitada, na maioria dos casos, pela irradiação do produto final (Germano, & Germano, 2001).

Irradiação na dose de 2,5 kGy em carcaças de frescas de aves virtualmente irá eliminar a *Salmonella* e o *Campilobacter*. Esta mesma dose destrói a *E. coli* O 157 : H 7, bactéria altamente virulenta que pode levar à doença e morte, e que se estima causar 20.000 infecções e 250 mortes anualmente nos EUA. A irradiação é presentemente o único método conhecido de tornar inativos estes patógenos em alimentos crus e congelados (ICGFI - 1999).

Várias pesquisas comprovaram a eficácia da irradiação com a finalidade de eliminar, além das mencionadas bactérias, outros microrganismos patogênicos, presentes nos alimentos de origem animal, como *Staphylococcus aureus, Clostridium perfringens, Yersínia enterocolítica* e *Listeria monocytogenes*. Uma dose de 4 kGy, ou menos, é suficiente para inativar os microrganismos presentes nas carnes de ave. O FDA aprovou, recentemente, a dose de 3 kGy para controlar as bactérias patogênicas da carne de ave. Estas doses permitem reduzir, também, o número de bactérias deteriorantes não esporuladas, a quantidades suficientemente baixas capazes de prolongar em uma a duas semanas o tempo de conservação (OMS, 1995).

Desde 1981, comprovou-se que era possível prevenir eficazmente as Salmoneloses no Canadá usando doses de 3 kGy. Em 1987, uma empresa francesa iniciou a irradiação comercial de frangos desossados congelados mediante um acelerador de elétrons, processando 7000 toneladas anuais com doses de 3 kGy.

Desde setembro de 1993, um pequeno número de supermercados nos Estados Unidos têm vendido carne de aves irradiada. Deve-se destacar que as propriedades nutritivas e sensoriais destas carnes não são afetadas pela irradiação (OMS,1989).

• **CARNE BOVINA**: As carnes bovina, suína, ou ovina são transportadas, quase sempre, em grandes peças, como por exemplo as costelas de boi, e sob refrigeração, método largamente utilizado. Contudo, o tempo de conservação da maioria destes produtos é curto, aproximadamente 72 horas, e a decomposição é muito mais rápida do que nas peças pequenas. A deterioração deve-se sobretudo, à ação de microrganismos ou de processos químicos: entre estes últimos destaca-se a ação do oxigênio atmosférico (Loaharanu,1994; IAEA,2001). A carne pode estar contaminada por diversos tipos de patógenos, obtidos durante as diversas fases de processamento. A maioria dos microrganismos de decomposição, assim como praticamente todas as bactérias patogênicas, são eliminadas com doses sub-esterilizantes de radiações ionizantes (mecanismo semelhante ao da pasteurização), o que prolonga o tempo de conservação. Porém, a irradiação não evita as alterações de cor e rancidez – conseqüência da ação do oxigênio, para as quais requer um tratamento especial (Diehl, 1995).

A maioria das carnes toleram doses mais elevadas de irradiação se forem adotadas várias precauções. Assim, antes da irradiação deve-se inativar as enzimas autolíticas com aplicação de tratamento térmico e eliminar o oxigênio mediante o envase a vácuo em latas ou embalagens de plástico, a fim de evitar sabores e odores desagradáveis. Mediante a dose de 25-45 kGy eliminam-se totalmente as bactérias, as leveduras e os mofos viáveis- esterilização. Nos países em que a *Trichinella spiralis* é endêmica na população suína, a carne fresca de porco deve ser bem cozida; mesmo assim, continuam sendo notificados, na população humana, casos de triquinelose, enfermidade que pode levar os doentes a óbito. As larvas deste parasito, contudo, perdem sua capacidade infectante quando se irradia a carne com uma dose de 0,3 kGy (WHO, 1998). A carne de porco tratada desta maneira é conhecida como "segura contra trichina". Outro parasita do porco, *Toxoplasma gondii* também pode se tornar inativo com uma dose mínima de 0,5 kGy (ICGFI, 1999).

A ingestão de carne bovina mal cozida, parasitada com cistos de tênia é causa de infecção em todo o mundo, porém é possível prevenir a transmissão da enfermidade mediante o congelamento das peças afetadas ou tratando-as com uma dose de 0,4 kGy de energia ionizante. Existem outros protozoários e helmintos, de grande repercussão sanitária nas regiões tropicais, que são destruídos por doses baixas de irradiação, não superiores a 1 kGy, sem afetar o sabor do alimento. (Josephson, 1991).

A viabilidade do cisticerco da *Taenia saginata* foi estudada *in vitro* por exposição à radiação gama, com dose variando entre 1 a 6 kGy. Uma dose mínima requerida para a desvitalização do cisto de *Cisticercus bovis* foi da ordem de 3,7 kGy e para a total inativação, 6 kGy. No caso do cisto da *Taenia solium*, doses em torno de 0,5 a 0,7 kGy não afetaram a capacidade de evaginação da larva, mas sim sua infectividade. Doses de 6,5 a 7 kGy mataram todas as larvas (FAO/IAEA-1991).

• **OVOS :** As aves infectadas por *Salmonella* spp podem produzir ovos contaminados. Nos Estado Unidos e em outros países, existem casos de salmoneloses comprovadamente transmitidos pelo consumo de ovos infectados. Outro estudo revelou que uma dose de 2 kGy, na presença de ar, reduzia até 1000 vezes o número de salmonelas no ovo em pó e na gema do ovo sólido, mantendo as propriedades sensoriais, bem como o valor nutritivo (OMS, 1988).

A irradiação dos ovos com casca, a fim de controlar os níveis de *Salmonella* spp, não é sempre tecnicamente viável, pois a dose requerida (2 - 4 kGy) pode afetar várias características do produto, reduzindo a viscosidade da clara ou debilitando a membrana da gema (Thayer, 1996).

Um trabalho mais recente sugere 2 kGy como a dose mais adequada para a inativação da *Salmonella* em ovo em pó; ainda preservando as propriedades sensoriais (ou organolépticas) e tecnológicas (ICGFI,1999).

• **PRODUTOS LÁCTEOS:** Muitos produtos lácteos apresentam alterações desfavoráveis de sabor, odor e cor ao serem irradiados, mesmo que com doses de 0,5 kGy. O queijo Camembert, elaborado com leite cru, entretanto, pose ser irradiado eficazmente com uma dose de até 2,5 kGy, para controlar o nível de *Listeria monocytogenes*. Na França, a irradiação do queijo Camembert está autorizada, e inclusive projetou-se um irradiador especialmente para este produto (OMS, 1995).

• **PESCADOS E MARISCOS:** O tempo de conservação do pescado é muito limitado, dificultando sua estocagem. Nos peixes e demais produtos marinhos comestíveis, têm -se identificado inúmeros microrganismos patogênicos: *Salmonella* spp, *Staphylococcus aureus, Clostridium perfringens*, cepas patogênicas de *E. coli* e do vírus da Hepatite A, os quais se encontram principalmente em águas contaminadas e no pescado incorretamente manipulado e armazenado. O *Vibrio parahaemoliticus* e o *V. vulnificus* constituem risco expressivo para as pessoas que consomem pescado cru (Riedel, 1992).

Maior atenção deve ser dada ao *Clostridium botulinum* do tipo E, cujos esporos são mais resistentes às irradiações ionizantes do que a maioria dos outros microrganismos de decomposição presentes no pescado. A dose recomendada para o pescado suspeito de conter estes microrganismo é inferior a 2,2 kGy. Esta dose permite o predomínio de outros microrganismos deteriorantes, que deste modo servem como indicadores de deterioração, antes que o tipo E possa produzir toxina; além disso, a temperatura de armazenamento deve manter-se abaixo de 3,3° C. O *Vibrio cholerae* e a *Shigella* spp, também, podem causar problemas graves de saúde ao homem, porém é possível controlá-los mediante doses baixas de irradiação (Diehl, 1995).

2.5.6.2. Preservação dos alimentos de origem vegetal

2.5.6.2.1 Preservação

A população mundial tem crescido significativamente elevando a demanda por alimentos. Este processo tem impulsionado a implementação de processos tecnológicos para o incremento da produção sem a necessidade do aumento da área cultiva. O melhoramento genético tem contribuído com variedades mais produtivas, adaptadas as diferentes condições climáticas, resistentes a pragas e doenças, porém ainda convivemos com perdas significativas na ordem de 20 a 80%, durante o processo de produção e armazenamento de produtos agrícolas. Estes valores são extremamente elevados e causam grande impacto nas cadeias produtivas como aumento da utilização de insumos (defensivos químicos), depreciação dos produtos, problemas no abastecimento, redução nas exportações, redução de receita para os produtores, dentre outros. O desenvolvimento de tecnologias que reduzam o impacto destes agentes traria benefícios tais como: maior disponibilidade de alimentos, melhor qualidade, redução do impacto ambiental devido a utilização de defensivos químicos, incremento nas exportações e elevação da receita dos produtores.

A irradiação de alimentos pode ser empregada para inibir o brotamento de tubérculos e raízes, retardo no amadurecimento e deterioração de frutas, retardo na senescência de flores, radiodesinfestação (insetos), radiodesinfecção (patógenos) e esterilização de embalagens. Em tecnologia de alimentos se preconiza a consonância de técnicas para preservação de alimentos e a irradiação é um processo que pode ser empregado isoladamente ou conjuntamente com outras tecnologias, tais como resfriamento, calor, congelamento e embalagem (Wiendl, 1996).

Diehl (1995) relata que em 1905 foi publicado o primeiro trabalho propondo o uso da radiação ionizante para gêneros alimentícios, especialmente no tratamento de cereais e seus produtos com raios alfa, beta ou gama de uma fonte de radium ou outro material radioativo.

Produtos armazenados como grãos, farelos, farinhas, frutas secas, especiarias comumente são infestadas por pragas como traças (mariposas), besouros e ácaros. A atividade destas pragas no substrato deprecia o produto visualmente e acelera a deterioração propiciando o aumento da presença de agentes microbianos que no caso de fungos produzem as micotoxinas, substâncias extremamente tóxicas que podem levar a morte. Ingram & Farkas em 1977, relatam que a utilização da radiação gama isoladamente ou associada a outras técnicas, em muitos casos, podem desinfetar produtos de origem vegetal com agentes microbianos. Os autores relatam ainda que a irradiação pode aumentar a taxa de mutações em bactérias e outros organismos, convertendo agentes não patogênicos em patogênicos ou ainda aumentar ou diminuir a virulência, porém a irradiação de populações de microrganismo tem demonstrado decréscimo ou paralisação em sua atividade, ou ainda, aumento da produção de vitaminas e aminoácidos por "strains" mutantes de microrganismos, de interesse industrial e farmacêutico.

A irradiação de alimentos pode ser empregada estrategicamente na formação de estoques reguladores de produtos que por condições climáticas ou ciclo vegetativo produzam apenas uma safra/ano, estendendo a oferta do produto e proporcionando maior rendimento econômico aos produtores. A qualidade de várias frutas pode ser preservada com doses de 500-750.0 Gy, porém fatores como temperatura e umidade podem interferir na qualidade das frutas irradiadas (Moy, 1993). Doses de 0,25 a 1,0 kGy atrasam a maturação de frutas tropicais e subtropicais como banana, manga, mamão (papaia), goiaba e outras (OMS, 1995).

A Tabela 2 apresenta produtos de origem vegetal conforme objetivo para irradiação e a dose utilizada.

Tabela 2 - Lista de alimentos de origem vegetal irradiado a diferentes doses e em diferentes países.

PRODUTO	PAÍSES	*OBJETIVO DA RADIAÇÃO*	DOSE (kGy)
Abacate	África do Sul	> "Shelf life"**	0,50-3,0
Alho	Argentina; África do Sul; Bélgica; China; França; Itália; Polonia; África do Sul; Iugoslávia; Coréia;	Inibição de brotamento	0,02-0,15
Amêndoas	África do Sul;	Controle de patógenos	4,5
Amendoim	China;	Desinfestação de insetos	0,40
Arroz	Bangladesh; Brasil; Chile; China;	Desinfestação de insetos	1
Bananas	África do Sul;	> "Shelf life"	1-4
Bananas secas	África do Sul;	Desinfestação de insetos	0,50
Batata	Argentina; África do Sul; Bangladesh; Bélgica; Brasil; Canadá; Chile; China; Cuba; Japão; Coréia;	Inibição de brotamento	0,15
Batata doce	China;	Inibição de brotamento	0,15
Cebola	Argentina; África do Sul; Bangladesh; Bélgica; Brasil; Canadá; Chile; China; Cuba; França; India;	Inibição de brotamento	0,15
Cacau (semente)	Chile; Cuba;		
Cogumelos comestíveis	China;	Inibição de crescimento	1
Condimentos (especiarias)	Argentina; África do Sul; Bangladesh; Bélgica; Brasil; Canadá; Chile; China; França; India; Israel; Coréia;	Controle de patógenos e insetos	10
Ervas (chá)	África do Sul; Bélgica; Brasil; Canadá; China; França; Coréia;	Controle de patógenos	10
Feijão	Brasil; China;	Desinfestação de insetos	1
Frutas secas	Argentina; Chile; França;	Desinfestação de insetos	1
Lichia	China;	> "Shelf life"	0,50
Maçã	China;	> "Shelf life"	0,40
Mamão papaya	África do Sul;Bangladesh; Brasil; Chile; China;	Desinfestação de insetos e > "Shelf life"	1
Manga	África do Sul;Bangladesh; Chile; China;	Desinfestação de insetos e > "Shelf life"	1
Milho (grão)	Brasil;	Desinfestação de insetos	0,50
Morango	Argentina; África do Sul; Belgica; Brasil; Chile; França; África do sul; Tailandia;	> "Shelf life"	2,5 -3
Páprica em pó	Bélgica;	Controle de patógenos	10
Pimenta do reino	Brasil;	Controle de patógenos	10
Soja (grão)	África do Sul; China;	Desinfestação de insetos	0,20
Tomate	África do Sul; China;	> "Shelf life"	0,30
Trigo e produtos	Bangladesh; Brasil; Canadá; Chile; China;	Desinfestação de insetos	1
Vegetais secos	África do Sul; Canadá; França; Israel;	Controle de patógenos	10

* Adaptado de DIEHL, 1995.

** > Shelf life – extensão da vida de prateleira do produto.

2.5.6.2.2. Desinfestação

Um dos principais fatores limitantes da produção agrícola são as pragas e doenças, que podem ocorrer nas diferentes fases do processo de produção: semente, plantio, desenvolvimento vegetativo da planta, inflorescência, frutificação, colheita, armazenamento e comercialização. Diversos processos para o controle das pragas e doenças tem sido utilizados, principalmente os químicos. A desinfestação de alimentos e produtos agropecuários pela radiação ionizante é um processo tecnicamente viável estabelecido por pesquisas conduzidas pelo mundo durante as últimas décadas. A eficácia da desinfestação pela radiação tornou-se uma alternativa real para outros métodos de tratamentos quarentenários, como a fumigação química, calor ou frio. A radiação apresenta total eficiência, custos competitivos, isenção de resíduo pós-tratamento com a manutenção da qualidade e retardo no amadurecimento de diversas frutas e vegetais (Potenza,99).

A dose de radiação necessária para eliminar os insetos depende do tipo de inseto e fase de desenvolvimento em que se encontra. A ocorrência de resistência dos insetos aos defensivos é conhecida, porém não a radiação (OMS, 1995). A radiação gama oriunda do Cobalto-60 tem como vantagem alta penetrabilidade e uniformidade da dose, permitindo tratar produtos de diferentes tamanhos e formatos. Alta disponibilidade de fontes deste material e baixo risco ambiental associado, como por exemplo, uma meia vida de 5,3 anos (Jarrett, 1982).

Moy. (1983) relata as vantagens da irradiação sobre tratamentos que utilizem fumigantes, tratamento térmico ou a combinação de ambos. A INTERNATIONAL AGENCY ATOMIC ENERGY (1985), reportou aos aspectos entomológicos da radiação gama como tratamento quarentenário para moscas-das-frutas, e afirmou que doses menores que 1000,0 Gy podem ser empregadas para tratamentos quarentenários em vegetais infestados por pragas. Doses de até 1,0 kGy inibem a maturação de alimentos frescos e eliminam infestações por artrópodos (Young & Bowen, 1986). Existe um interesse crescente no desenvolvimento da irradiação como um tratamento quarentenário para o comércio internacional (Task Force Meeting on Irradiation as a Quarantine Treatment, 1986), uma vez que a irradiação é uma técnica efetiva na desinfestação de pragas, podendo ser usada para tratamento de uma grande variedade de frutas frescas, vegetais e flores (Potenza, 1999).

2.5.7 Efeitos sobre componentes dos alimentos

Para a compreensão dos efeitos aqui apresentados, deve-se considerar alimentos com alto teor do componente em questão, com baixos teores de misturas e até mesmo os componentes puros (ex.: açúcar). Deve-se observar, porém, que a radiosensibilidade de sistemas puros é maior que a de sistemas mais complexos.

2.5.7.1 Carboidratos

O foco do estudo da química da irradiação de carboidratos está nos carboidratos no estado sólido. Os carboidratos puros na forma cristalina são muito radiossensíveis (Urbain, 1986). Quando se irradia carboidratos na forma de componente de alimentos, estes são muito menos radiossensíveis que na forma pura. Quando a composição do alimento apresenta determinados aminoácidos, estes agem como *scavengers* e os carboidratos são preservados (Diehl, 1990). Isto explica, de certa forma, as variações nos rendimentos de produtos radiolíticos e das alterações organolépticas dos alimentos irradiados.

Como indicativo de modificações químicas temos algumas modificações físicas da irradiação de carboidratos de baixo peso molecular como alterações no ponto de fusão, na rotação ótica e no espectro de absorção. A irradiação, dependendo da dose aplicada, pode gerar gases como H_2, CO_2, CH_4 e CO. Uma série de produtos radiolíticos não gasosos pode ser formada, como formaldeído, acetaldeído, acetona, lactonas, H_2O_2 e açúcares derivados como dextrinas, maltose e glicose.

Açúcares de baixo peso molecular em solução aquosa podem sofrer degradação oxidativa causada em parte pela ação direta da radiação e em parte pela ação de produtos da radiólise da água, em especial dos radicais OH·, que se ocorrerem na porção final da molécula geram derivados ácidos dos açúcares (Urbain, 1986). Como o radical OH· pode abstrair um hidrogênio de qualquer um dos seis carbonos da glicose, uma grande variedade de produtos pode ser formada a partir da glicose (Diehl, 1990).

A formação de ácidos a partir de açúcares pode gerar um decréscimo no pH do meio. Solução de glicose irradiada com uma dose de 25 kGy resulta num decréscimo de 3 unidades de pH. Tal decréscimo foi observado também quando do estudo de outros monossacarídeos e quando da irradiação de dissacarídeos e polissacarídeos que tal mecanismo de reação também pode ocorrer (Diehl, 1990).

A porcentagem de perda de açúcares no processo de irradiação é mínima desde que os produtos da radiólise dos açúcares sejam medidos em partes por milhão. Tal fato não traz, portanto, grande prejuízo nutricional ao alimento irradiado, mas pode trazer conseqüências estruturais que podem ser refletidas nas características organolépticas dos alimentos (Murray, 1990). Como exemplo pode-se citar o caso em que a pectina é degradada pela irradiação, alterando a textura de frutas e vegetais (Farkas, 1997) ou alterações nas propriedades funcionais de amidos irradiados (Urbain, 1986).

2.5.7.2 Proteínas e compostos relacionados

A química da radiação de proteínas requer uma ampla explanação pois cada proteína fornece condições essenciais à manutenção da vida. Embora os alimentos não contenham aminoácidos e polipeptídios isoladamente em grandes quantidades, a química da irradiação desses componentes dos alimentos pode ser complexa. Assim como os carboidratos, deve-se considerar as proteínas no estado seco e em soluções (Urbain, 1986). A presença de oxigênio durante a irradiação não altera o espectro de produtos radiolíticos, mas interfere nos rendimentos dos mesmos (Diehl, 1990).

Existem 20 aminoácidos, cada um com sua própria composição e estrutura, que formam os polipeptídios e as proteínas (Urbain, 1986) através de ligações peptídicas. Aproximadamente a metade dos aminoácidos que formam as proteínas é considerado essencial à dieta humana (Murray, 1990).

Todas as proteínas são formadas praticamente pelos mesmos componentes, raramente contêm fósforo e têm a seguinte composição (Bobbio, 1992):

ELEMENTO	%
Carbono	50-55
Hidrogênio	6-8
Oxigênio	20-24
Nitrogênio	15-18
Enxofre	0,2-5

Para se estudar a irradiação de proteínas estas serão divididas em dois grupos (Urbain, 1986):

2.5.7.2.1 Proteínas no estado seco:

Na ausência de água a ação da radiação é limitada praticamente à ação direta. Os radicais formados a baixas temperaturas são diferentes daqueles formados em

temperatura ambiente. No final, os radicais livres desaparecem, mas os que contêm enxofre permanecem por mais tempo. Devido a difusão ser limitada em baixas temperaturas, a recombinação é mais provável nessas condições. Já em temperaturas mais altas, a reação com outras substâncias é mais provável.

O estado de uma proteína antes da irradiação interfere no que possa ocorrer durante a irradiação. Uma proteína termo desnaturada, por exemplo, rende mais radicais livres do que em sua forma original. As estruturas secundária e terciária são alteradas, na proteína termo desnaturada, reduzindo as oportunidades dos radicais livres recombinarem e desaparecerem (Urbain, 1986).

A irradiação pode desnaturar proteínas quebrando as ligações pontes de hidrogênio e outras ligações envolvidas nas estruturas secundária e terciária, podendo alterar a forma da molécula e expor certos grupamentos como as pontes de sulfeto. A quebra das ligações peptídicas leva à formação de unidades menores com pesos moleculares menores. As ligações cruzadas, provenientes principalmente das quebras das pontes de hidrogênio, podem levar a agregação reversa.

As reações apresentadas anteriormente variam conforme a natureza da proteína e não ocorrem com todas as proteínas. Proteínas globulares possuem uma estrutura que favorece as reações de recombinação e, conseqüentemente, são mais resistentes às alterações. Já as proteínas fibrosas, que possuem uma estrutura mais "aberta", sofrem modificações mais facilmente. O colágeno, por exemplo, quando irradiado no estado seco, é degradado em unidades menores.

Muitas das alterações apresentadas anteriormente afetam as propriedades funcionais das proteínas como diminuição da viscosidade do sol de gelatina com o aumento da dose aplicada em gelatina seca.

O tipo de alteração causada pela irradiação está relacionada com a dose. Doses moderadas podem afetar as estruturas secundária e terciária, gerando produtos finais que variam conforme a natureza da proteína. Doses maiores geram alterações detectáveis na estrutura primária podendo ocorrer destruição de aminoácidos com doses muito elevadas (ex.: 1500 kGy em albumina bovina).

O valor nutricional das proteínas é determinado pelo seu conteúdo de aminoácidos. Para que ocorra a destruição desses aminoácidos são necessárias doses muito elevadas e essas doses estão muito acima daquelas empregadas na irradiação de alimentos, o que gera perdas insignificantes.

2.5.7.2.2 Proteínas em sistema aquoso (Urbain, 1986):

Nesta categoria estão as proteínas encontradas naturalmente em sistemas biológicos, em alimentos que não foram submetidos a processos de secagem e as soluções aquosas de proteínas. Deve-se considerar que a água ligada e a água congelada, por exemplo, não estão disponíveis para reações. A presença de água aumenta a ação indireta da radiação, mas a ação direta da radiação continua a ocorrer.

Pode-se demonstrar a desnaturação das proteínas por ação da irradiação através de modificações no padrão eletroforético e no coeficiente de sedimentação. Alterações do padrão sem alterações no peso molecular sugerem alterações na conformação da molécula. A radiação pode causar rupturas em unidades menores. A hemocianina quando tem suas pontes de hidrogênio rompidas, rompe irreversivelmente em duas subunidades de tamanhos iguais. A caseína também é quebrada em subunidades menores, mas com o aumento da dose sofre agregação, o que é evidenciado por alterações na viscosidade.

Os fenômenos de ruptura e agregação estão relacionados a distúrbios nas estruturas secundária e terciária das proteínas que expõem grupos reativos à ação dos produtos radiolíticos da água (e^-_{aq}, H•, OH•).

Podem ocorrer alterações na estrutura primária, que são similares àquelas apresentadas para proteínas no estado seco. Podem ocorrer reações de desaminação, descarboxilação, oxidação de grupamentos SH e grupos aromáticos, destruição de aminoácidos e outras. Na presença de água a radiação é menos eficiente pela razão de que parte da energia incidente é absorvida pela água.

A irradiação de proteínas também gera produtos radiolíticos, geralmente moléculas pequenas, como ácidos graxos, mercaptanas e compostos sulfurosos. As características sensoriais e de salubridade desses compostos devem ser avaliadas. O fato de a irradiação alterar proteínas não constitui uma dificuldade. Do ponto de vista Nutricional, os aminoácidos resistem muito bem ao processo. Algumas alterações nas estruturas secundária e terciária podem interferir em seu uso convencional.

Algumas proteínas merecem atenção especial em relação à sua irradiação: enzimas, cromoproteínas, proteínas e compostos relacionados ao DNA. As alterações nesses compostos geralmente são semelhantes às alterações das proteínas estudadas anteriormente.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP-IPEN

2.5.7.3 Lipídeos (Urbain, 1986)

Os efeitos da irradiação sobre os lipídeos são de interesse em termos de suas características funcionais, nutricionais, sensoriais e toxicológicas. Ao contrário dos carboidratos e das proteínas, os lipídeos estão presentes nos alimentos em uma fase distinta, totalmente separada dos sistemas aquosos. As considerações básicas de irradiação também se aplicam aos lipídeos, sendo estes sujeitos aos efeitos diretos e indiretos. O oxigênio tem um papel importante, pois certos lipídeos oxidam rapidamente na sua presença e a irradiação pode acelerar este processo.

Comparados com carboidratos e proteínas, os lipídeos são moléculas menores e com estrutura menos complexa. São compostos por ácidos graxos e glicerol, que constituem sua unidade básica assim como os aminoácidos o são para as proteínas.

Os triglicérides são os principais componentes do conteúdo de gordura total de um alimento. Outros componentes são as ceras, fosfolipídeos, esteróis, hidrocarbonetos e pigmentos. Partes das moléculas de ácidos graxos possuem uma deficiência de um elétron. Um ponto certo é o átomo de oxigênio do grupamento carbonila e um outro ocorre em ácidos graxos insaturados ao redor do centro de insaturação. Uma quebra na região do átomo de oxigênio ou da dupla ligação ocorre como um meio de satisfazer a deficiência do elétron. Tal fato leva a formação de radicais livres específicos como produtos intermediários principais e, por último, como produtos finais.

Os principais produtos finais dos ácidos graxos são CO_2, CO, H_2, hidrocarbonetos, principalmente alcanos e aldeídos. Alguns dos hidrocarbonetos insaturados são provenientes de ácidos graxos insaturados. Ácidos insaturados também formam dímeros e polímeros cujas quantidades são aumentadas na presença de oxigênio. A formação desses produtos é o resultado de quebras em diferentes locais dos ácidos que geram radicais livres.

Na presença de oxigênio os radicais livres podem formar hidroperóxidos pela abstração de hidrogênio no átomo de carbono adjacente à dupla ligação, seguido de uma adição de oxigênio. Os hidroperóxidos rendem uma variedade de produtos que inclui os aldeídos.

Os triglicérides sofrem uma seqüência de eventos similar à dos ácidos graxos. As quebras ocorrem preferencialmente nas ligações vizinhas ao grupo carbonila. Os radicais livres formados geram produtos finais estáveis através de várias formas: abstração, dissociação, recombinação, interação radical-molécula e desproporcionalização.

As propriedades físicas (ponto de fusão, viscosidade) sofrem alterações insignificantes e ocorrem com doses abaixo de 50 kGy; assim como modificações químicas nos valores de iodeto, peróxido e ácidos.

Se há a presença de oxigênio durante ou após a irradiação, a autoxidação é acelerada pela radiação. Os produtos finais da autoxidação são semelhantes àqueles que ocorrem sem radiação. A irradiação de alimentos contendo lipídeos como componente principal, tem melhores resultados se realizada na ausência de oxigênio; condição que indicada no período pós-irradiação.

2.5.7.4 Vitaminas

A maior preocupação com as vitaminas quando um alimento é irradiado está focada no fato de que sejam mantidas suas funções biológicas como nutriente essencial. Por este motivo, as informações disponíveis sobre os efeitos da radiação nas vitaminas relatam apenas as quantidades disponíveis das mesmas após a irradiação. Nos casos em que há a perda de vitaminas, freqüentemente não há informações sobre os produtos radiolíticos finais. Como a quantidade de vitaminas presentes nos alimentos é pequena, torna-se difícil as análises dos compostos radiolíticos.

2.5.7.4.1 Vitaminas hidrossolúveis

- **Vitamina C**: é a mais lábil das vitaminas. Em solução aquosa é facilmente destruída e como produto radiolítico tem-se ácido dehidroascórbico. Em pH neutro é atacada por elétron aquoso e radical hidroxila. Em contraste, com doses superiores a 5 kGy, foram observadas perdas pequenas de ácido ascórbico em frutas e vegetais.

- **Complexo B**: a tiamina parece ser a mais radio sensível, formando dihidrotiamina em solução aquosa; mas sua destruição é reduzida na presença de scavengers como N_2O, O_2 ou glicose. Perdas substanciais de tiamina ocorrem quando os alimentos são irradiados. A riboflavina em solução aquosa reage com os radicais livres sofrendo alterações mas é relativamente resistente quando presente nos alimentos. Niacina, piridoxina e B_6 são moderadamente afetadas quando irradiadas nos alimentos (Villavicencio et al. 2000). Colina, ácido pantotênico, biotina e folacina são resistentes à irradiação quando nos alimentos.

2.5.7.4.2 Vitaminas lipossolúveis

- **Vitamina A**: tanto a vitamina A como os carotenóides (precursores) sofrem os efeitos da radiação. Para carotenóides complexos, as proteínas e carboidratos exercem papel protetor. Em gorduras e leite as perdas são grandes; podendo reduzir-se as perdas de carotenóides com adição de ácido ascórbico ou α-tocoferol. Em vegetais as perdas de vitamina A e carotenóides são pequenas. Estudos realizados em salsa desidratada indicam que a radiação gama, mesmo em doses crescentes, não afetam significativamente o conteúdo de b-caroteno. Os níveis de b-caroteno total e seus isômeros, não estão diretamente correlacionados às doses de radiação aplicadas. Portanto, radiações de 0 a 20 kGy em salsa desidratada não contribuíram para a redução dos níveis de Vitamina A (Sebastião et al.2002).

- **Vitamina D:** está presente na forma de D_2 e D_3. A irradiação de alimentos geralmente causa pequenas perdas desta vitamina.

- **Vitamina E:** é um componente facilmente oxidado, especialmente por produtos da oxidação de gorduras insaturadas. A irradiação de alimentos com alto teor de lipídeos na presença de oxigênio, ou sua estocagem em ar causa grandes perdas de vitamina E. é a mais sensível das vitaminas lipossolúveis, sua sensibilidade pode depender da presença de oxigênio e da dose aplicada (Ohene-Adjei.2004).

- **Vitamina K:** há um grande número de compostos que possuem esta atividade vitamínica. A sensibilidade à irradiação depende do composto em particular e do meio em que ocorre a irradiação. A vitamina K_3 é a mais radiosensível. Em vegetais é mais radio resistente.

2.5.8 Embalagens para irradiação de alimentos

São várias as razões para embalar os alimentos, mas o motivo básico é protegê-los do meio ambiente. Se o objetivo do tratamento por radiação é controlar a perda por ação bacteriológica, então a principal função da embalagem é prevenir a recontaminação do alimento. Em outros casos a função da embalagem pode ser a de evitar a perda ou o ganho de umidade, manter uma atmosfera diferente do ar, proteger o alimento de impactos ou simplesmente mantê-lo limpo.

O empacotamento de alimento irradiado não é comum, uma vez que, na maioria dos casos, o alimento é embalado antes do tratamento. Somente raios-X ou elétrons de baixa energia podem apresentar problemas de penetração. Sob condições apropriadas é possível a irradiação na embalagem de embarque ou em grandes volumes.

Os efeitos da radiação nos principais materiais usados nas embalagens são mostrados na Tabela 2. Ela mostra que a irradiação pode ser aplicada com sucesso na maior parte das embalagens convencionais. Informações adicionais sobre as classificações de materiais, para embalagem de alimentos a serem irradiados, pode ser um guia para uma escolha adequada:

Celulose: Este é um polímero natural com massa molecular elevada e características cristalinas. Além da celulose natural, também está disponível uma variedade de derivados da celulose, como o celofane, o rayon e o acetato de celulose. A irradiação causa a degradação da cadeia e outras mudanças químicas, o que diminui a força de ligação entre as moléculas. Os polímeros de celulose estão entre os materiais mais radio sensíveis, para embalagens.

Vidro: No vidro a radiação produz elétrons livres, que podem ser aprisionados e causar a formação de centros de cor. Em doses altas os vidros transparentes tornam-se marrons. Aquecendo-o a sua cor original retornará. A radiação não produz outro efeito significativo nos vidros.

Metais: A radiação, nos níveis empregados nos alimentos, aumenta a mobilidade dos elétrons das camadas mais externas dos átomos. Este acréscimo de energia se dissipa em calor, em quantidades desprezíveis. Não há outro efeito nos metais.

Polímeros orgânicos: Radicais livres são formados nas substâncias poliméricas e estas levam a reticulação, cisão da cadeia ou a recombinação. Hidrogênio e outros produtos químicos podem ser formados ao mesmo tempo. Se há oxigênio pode ocorrer oxidação. O resultado final é determinado pela reação predominante, que vai depender da estrutura química do polímero, da força a que a embalagem é submetida e do meio ambiente. As mudanças induzidas pela radiação podem ter um grande efeito sobre as propriedades físicas do polímero, a reticulação pode aumentar a tensão e a flexibilidade e diminuir a elasticidade, a solubilidade e a cristalinidade. Com o aumento da dose a cadeia polimérica vai diminuindo, por meio das cisões, o que resulta em uma diminuição da tensão e da flexibilidade (IAEA, 1982).

A tabela 3 apresenta os níveis de dose em diferentes materiais para embalagem, considerando que há uma grande variação do efeito da radiação nos diversos materiais.

TABELA 3 - Sensibilidade relativa dos principais materiais usados em embalagens.

DOSE (kGy)	MATERIAIS PARA EMBALAGENS
	Metais.
10.000	Polímeros orgânicos e limite máximo para danos nas propriedades físicas.
	Poliestireno.
1.000	Polietileno.
	Poliester.
	Polivinil
Região de radapertização	Vinidileno
10	Monoclorotrifluoretileno
	Poliamida
Região de radurização	Celuloses, limite máximo para danos nas propriedades físicas.
0.1	Vidros, indução de cor

Fonte: IAEA 1982.

2.5.9 Irradiação de alimentos no Brasil

2.5.9.1 Produtos irradiados (mercado interno e externo)

Em 1999, autoridades de 40 países aprovam a irradiação de mais de 60 alimentos diferentes. Em agosto de 1999, mais de 30 países irradiavam alimentos para propósitos comerciais. Existem mais de 60 instalações de irradiação (de Cobalto – 60) sendo usadas para este propósito e outras em construção ou no estágio de planejamento.

Consideráveis quantidades de frutos do mar congelados e pernas de rã, bem como ingredientes de alimentos secos, são irradiados pela Bélgica, França e Holanda, com o propósito de eliminar bactérias patogênicas. A irradiação com feixe de elétrons de blocos de carne de aves congeladas, mecanicamente desossadas, é industrialmente feita na França.

A irradiação de especiarias, com o objetivo de evitar a fumigação, está sendo praticada em muitos países, incluindo: Argentina, Bélgica, Brasil, Canadá, China, Dinamarca, Finlândia, França, Hungria, Indonésia, Israel, México, Holanda, Noruega, República da Coréia, África do Sul, Reino Unido e EUA. O volume de especiarias e temperos de hortaliças secas irradiadas cresceu global e significativamente nos últimos anos para mais de 60.000 toneladas (ICGFI.1999).

O comércio de produtos alimentícios é um dos principais itens no comércio regional e internacional, sendo que os mercados estão crescendo. Entretanto, satisfazer regulamentos de quarentena e de saúde pública entre os países exportadores e importadores é uma das principais barreiras para este comércio. Nem todos os países permitem a

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP-IPEN

importação de frutas quimicamente tratadas. Os maiores países importadores, como os EUA e o Japão, baniram o uso e a importação de produtos tratados com fumigantes, classificados como perigosos para a saúde. Uma nova política permitindo a importação de frutas frescas e vegetais tratados por radiação, para evitar as moscas das frutas, foi implementada em 1996, pelo Departamento de Agricultura dos EUA - USDA. O processamento por radiação oferece, aos países exportadores destes produtos, uma alternativa à fumigação e a alguns outros tratamentos.

Todo ano alguns milhares de toneladas de produtos alimentícios e ingredientes são irradiados em todo o mundo, porém é pouco em comparação com os volumes totais de alimentos processados e não é significativo no comércio internacional (ICGFI, 1999).

2.5.9.2 Irradiadores comerciais

Os equipamentos que se destinam a irradiar alimentos devem seguir a seguinte recomendação sobre os tipos de radiação ionizante:

Radiação gama originada dos seguintes radionuclídeos: ^{60}Co e ^{137}Cs.

Raios-X com energias de até 5 MeV.

Elétrons com energias de até 10 MeV.

Somente os dois primeiros tipos de radiação podem ser usados para irradiações de produtos relativamente espessos (maior que 7 cm), por causa do grande poder de penetração (IAEA, 1982) e os irradiadores gama que usam ^{60}Co são muito mais comuns dos que os que usam 137Cs (Diehl, 1990; IAEA, 1982).

Um irradiador típico possui uma blindagem, cuja função é proteger os trabalhadores e o público dos efeitos da radiação ionizante, um sistema de transporte, que leva o material para passar pela fonte sem a intervenção humana e uma fonte radioativa, que pode ser de elétrons, de raios gama ou de raios-X (Diehl, 1990; IAEA, 1982; Mclaughlin et al., 1989).

As Figuras 1, 2 e 3 mostram exemplos de irradiadores gama de ^{60}Co, respectivamente, para cebola, batata e de uso múltiplo. A função dos dois primeiros é evitar o brotamento, o último pode ser usado para evitar brotamento, estender o tempo de prateleira, reduzir a carga microbiana e esterilizar. As Figuras 4 e 5 mostram exemplos de irradiadores de elétrons e de raios-X.

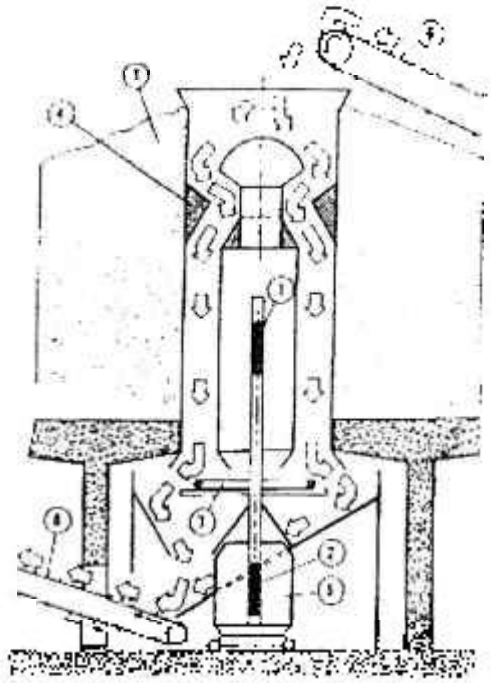


Figura 1: Irradiador de ^{60}Co, que opera por gravidade, para inibir o brotamento de cebolas (McLaughlin et al., 1989).

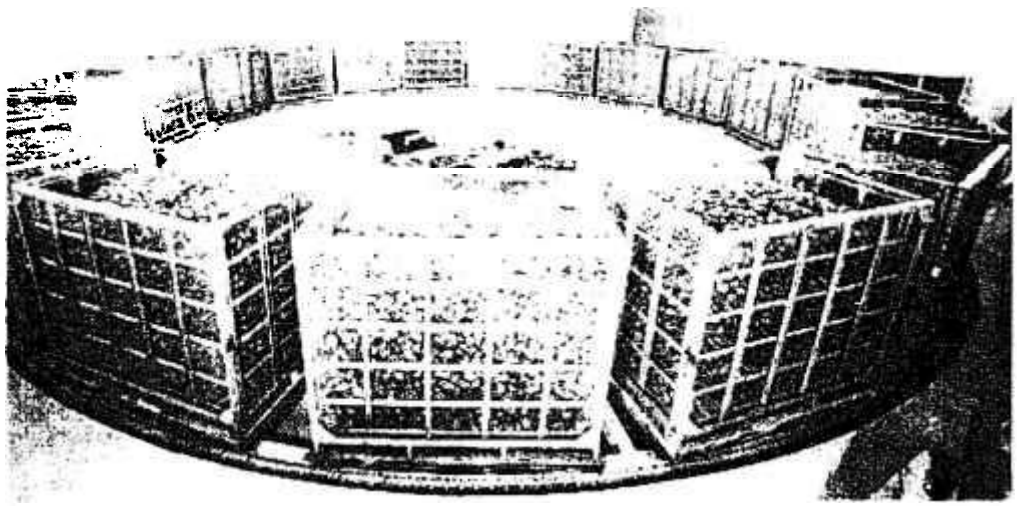


Figura 2: Irradiador de ^{60}Co, localizado no Japão, para inibir o brotamento de batatas (IAEA, 1982).

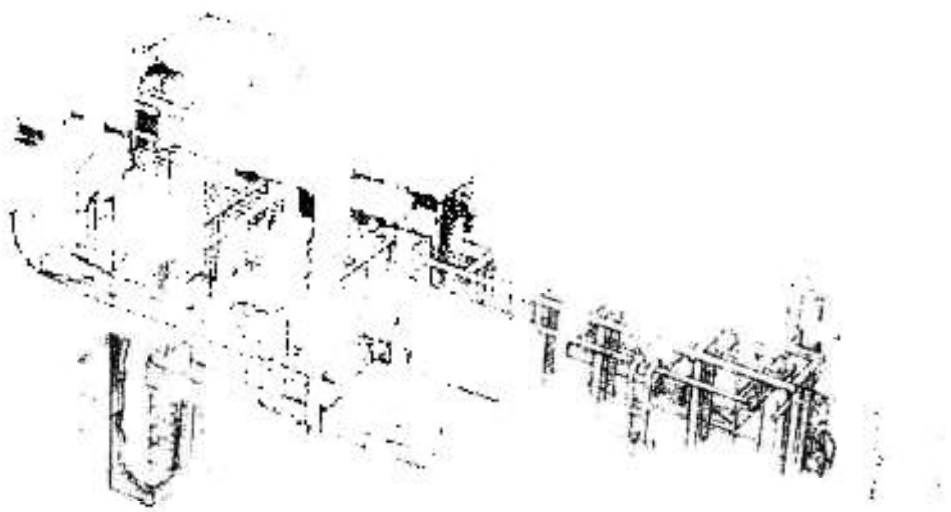


Figura 3: Irradiador de ^{60}Co de grande porte de uso múltiplo: evitar brotamento, estender o tempo de prateleira, reduzir a carga microbiana e esterilizar (McLaughlin et al., 1989).

No Brasil, atualmente, há 02 empresas que irradiam alimentos em escala comercial, sendo que todas elas utilizam irradiadores de grande porte de radiação gama de ^{60}Co. O nome destas empresas e algumas informações adicionais, fornecidas por seus representantes, são mostradas a seguir:

EMBRARAD Empresa Brasileira de Radiações, localiza-se na cidade de Cotia (Grande São Paulo). Iniciou suas operações em 1980, com um irradiador JS 7500, em 1999 inaugurou o seu segundo irradiador, um JS 9600, ambos fabricados pela Nordion (Canadá). O principal tipo de alimento irradiado é a especiaria (pimenta, cominho, páprica, entre outros.). Processa materiais de diversos segmentos, o maior volume de material irradiado pertence a área médica e farmacêutica.

CBE Companhia Brasileira Esterilização, localiza-se na cidade de Jarinú (Próxima a Campinas). Iniciou suas operações em 1999, com um irradiador de fabricação Nacional.

Como na EMBRARAD, o principal tipo de alimento irradiado é a especiaria (pimenta, cominho, páprica, entre outros.). Processa materiais de diversos segmentos, o maior volume de material irradiado também pertence a área médica e farmacêutica.

O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN – CNEN/ SP possui um Irradiador Multipropósito de Cobalto-60 tipo Compacto no Centro de Tecnologia das Radiações (CTR). É inteiramente nacional e inédito em muitas de suas características técnicas. O porte desse irradiador permitirá o desenvolvimento de lotes adequados para estudos de otimização da produção em escala industrial, validar sistemas dosimétricos e códigos computacionais de mapeamento de doses e transferir tecnologia para implantação de irradiadores de grande porte no País.

No Irradiador Multipropósito os produtos serão processados em sua embalagem, acondicionados em caixas de transporte ou *carriers*, que foram projetados em conjunto com o sistema de transporte, visando a movimentação do material com segurança e de modo otimizar a homogeneização das doses. Assim, utilizará a radiação gama para processar continuamente os produtos e/ou matérias primas nas áreas de:

- esterilização de produtos médicos e farmacêuticos;
- desinfestação e preservação de produtos alimentícios (especiarias, ervas aromáticas liofilizadas, proteínas de origem animal e vegetal), plantas ornamentais e frutas;
- produtos de aplicação na agricultura (turfa e sementes);
- esterilização de tecidos biológicos para implantes cirúrgicos;
- beneficiamento de gemas (turmalinas, topázio, citrilos e ametista) e quartzo;
- tratamento de efluentes industriais, esgotos domésticos, lodos e lixo hospitalar;
- desenvolvimento de novos irradiadores e dispositivos de irradiação;
- desenvolvimento de detectores e sensores de radiação, e
- novos materiais poliméricos por meio de modificações induzidas pela radiação.

Suas características técnicas são: Capacidade total de 37PBq (1 milhão de Curies) e Atividade inicial de operação de 3,7PBq (100kCi).

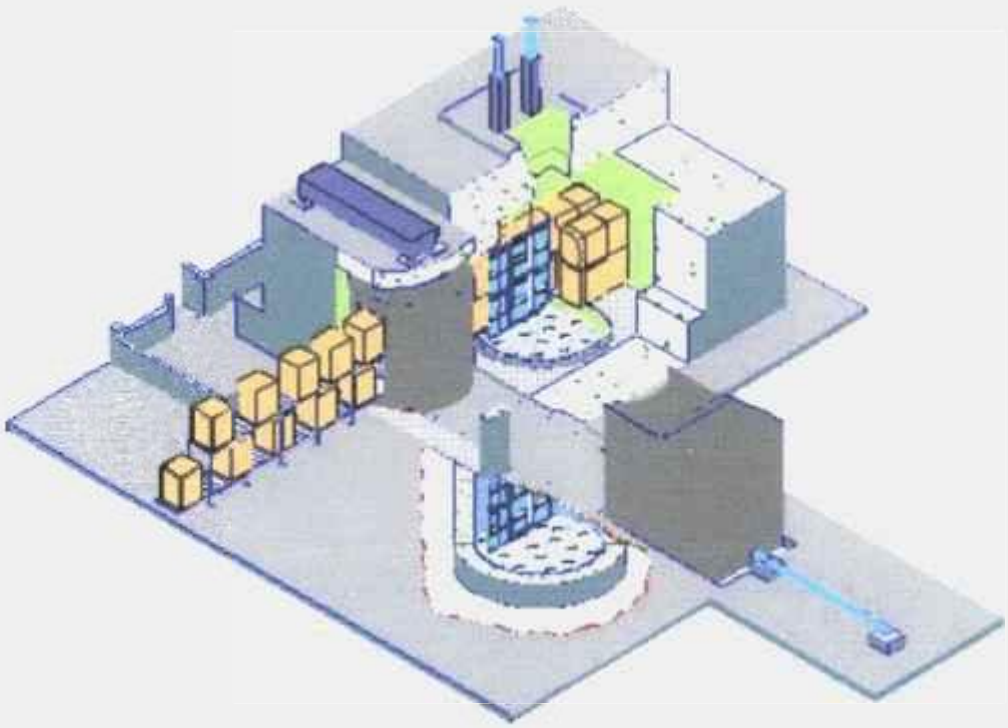


Figura 4: Irradiador Multipropósito de Cobalto – 60 Compacto – IPEN- CNEN/SP.

2.5.9.3 – Legislação na área de irradiação de alimentos

No Brasil, a elaboração, armazenamento, transporte, distribuição, importação, exportação e exposição à venda ou entrega ao consumo de alimentos irradiados, são regulados, em todo o território nacional, pelas disposições do Decreto-lei n° 72.718 de 2 de agosto de 1973. As portarias n°09 e n°30, aprovadas posteriormente pela Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos foram revogadas pela Resolução RDC n°21, de 26 de janeiro de 2001(ANVISA). Portanto, não há mais restrições em relação às doses a serem aplicadas, não mais vigorando a lista restrita de alimentos autorizados para serem irradiados que constavam na legislação anterior, vide Tabela 4.

Paralelamente, o próprio Codex Alimentarius, está revendo a eliminação de restrições em relação às doses, de acordo com a proposta do Grupo Internacional Sobre Irradiação de Alimentos (ICGFI) levando em consideração o relatório da Organização Mundial da Saúde (WHO, 1999).

Os países da América do Sul produzem uma grande variedade de alimentos, entretanto, em muitos casos, há deficiências na preservação, estocagem e condições sanitárias. Dessa forma a irradiação de alimentos pode contribuir muito para o desenvolvimento agrícola destas regiões. Somente os países Brasil, Chile e Argentina têm legislações sobre irradiação de alimentos e estas regulamentações diferem entre si principalmente em termos de alimentos que podem ser irradiados e doses aplicadas (Del Mastro,1999; Oliveira, 2000).

A pesquisa de irradiação de alimentos remonta ao início do século XX - 1905, para eliminar bactérias nos alimentos.

Em 1980 o JECFI (Joint Expert Committee on Food Irradiation = Comitê Conjunto de Especialistas em Irradiação de Alimentos) conclui que a irradiação de alimentos até uma dose de 10 kGy "não apresenta qualquer risco toxicológico" e não é necessário teste adicional para provar isto.

Somente em 1983 uma norma mundial foi adotada. A Comissão Codex Alimentarius, um órgão conjunto da FAO e WHO, responsável pela emissão de normas sobre alimentos para proteger a saúde do consumidor e facilitar práticas sadias no comércio de alimentos, representando mais de 150 governos. A Norma Geral para Irradiação de Alimentos surgiu com o auxilio da IAEA (Agencia internacional de Energia Atômica).

"Para a irradiação de qualquer alimento, a dose mínima absorvida deveria ser suficiente para alcançar o objetivo tecnológico e a dose máxima absorvida deveria ser menor que aquela na qual adversamente afetaria propriedades funcionais ou atributos sensoriais [1]"

[1] Foods irradiated in accordance with good manufacturing practice are wholesome in that they are safe to consume and nutritionally adequate (*High Dose Irradiation: Wholesomeness of Food Irradiated with Doses above 10kGy, Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Study Group*, Technical Report Series 890 WHO, Geneva, 1999; *Safety and Nutritional Adequacy of Irradiated Foods*, WHO, Geneva, 1994; and *Wholesomeness of Irradiated Food*, Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee, Technical Report Series 659, WHO, Geneva, 1981)

O ICGFI foi criado em 1984 pela Organização Mundial da Saúde (WHO), conjuntamente com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) e a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), para estudar as diversas aplicações da irradiação de alimentos. Esse grupo vem acompanhando a evolução da aplicação dessa tecnologia a nível mundial. O Brasil, junto com mais 44 países, faz parte desse grupo (FIG.6). Somente os países Brasil, Chile e Argentina têm legislações sobre irradiação de alimentos e estas regulamentações diferem entre si principalmente em termos de alimentos que podem ser irradiados e doses aplicadas (Matsuda, 2002).

Fonte - ICGFI, 1999.

FIGURA 5. Utilização Mundial da Irradiação de Alimentos. Países que aplicam irradiação de alimentos com propósitos comerciais (em verde) e países que ainda não aplicam a irradiação de alimentos (branco).

A partir de 1997 Grupo de Estudos formado pela FAO e IAEA para avaliar a salubridade do alimento irradiado com doses acima de 10 KGy, conclui que "não há base cientifica para limitar doses absorvidas em nível superior a 10 kGy " contanto que não altere as qualidades sensoriais do alimento e microrganismos nocivos sejam destruídos.

Tabela 4 - Legislação para Irradiação de Alimentos

CÓDIGO/ NOME	EMENTA	OBSERVAÇÕES
Decreto – lei n ° 986 de 21 de Outubro de 1969	Estabelece normas gerais sobre alimentos.	Início da movimentação sobre legislação brasileira sobre irradiação de alimentos
Decreto lei n ° 72 718, de 29 de agosto de 1973	Estabelece normas gerais sobre irradiação de alimentos.	Somente será autorizada a irradiação de alimentos ou grupos de alimentos sobre os quais se disponha de trabalhos técnicos e científicos, desenvolvidos por instituições de pesquisa, nacionais ou internacionais, devidamente aprovados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear. Normas Gerais para processamento. Estocagem, transporte, importação e exportação , venda e consumo de alimentos irradiados. Estabelece o logo da Radura no Rótulo do produto irradiado.
Portaria DINAL n ° 9 de 8 de março de 1985 MS (revogada)	Em conjunto com a CNEN (comissão nacional de energia nuclear) e o INCQS (instituto nacional de controle de qualidade em saúde) da FIOCRUZ	Resolvem: Aprovar normas gerais para irradiação de alimentos no Brasil, indicando para cada caso o tipo, nível e dose média de energia de radiação e o tratamento prévio conjunto ou posterior. Limitam dose a 10 kGy; Proíbem a re irradiação.
Portaria DINAL n ° 30 de 25 de setembro de 1989 (revogada)		Ampliando autorização a outros tipos de alimentos que não constavam da portaria anterior.
Resolução ANVISA- RDC n° 21, de 26 de janeiro de 2001	Regulamento técnico para irradiação de alimentos	Qualquer alimento poderá ser tratado por radiação desde que sejam observadas as seguintes condições: > A dose mínima absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida; > A dose máxima absorvida deve ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e ou os atributos sensoriais do alimento.

Alimentos irradiados já foram aprovados por diversos países ao redor do mundo. Nos Estados Unidos a aprovação para irradiar um alimento deve ser feita em bases individuais e é concedida pelo FDA (Food and Drug Administration), depois do exame de uma petição específica para aquele alimento. A tabela abaixo representa o conjunto de informações (dose, propósito e alimento) mais significativas para irradiação.

TABELA 5 - Regulamentação para irradiação aprovada pelo FDA (Food and Drug Administration) dos Estados Unidos.

Produto	Propósito	Dose (kGy)	Data
Trigo e farinha de trigo	Desinfestação	0,2 a 0,5	21/08/63
Batatas	Estender a vida útil e desinfestação	0,05 a 0,15	01/11/65
Temperos vegetais secos e especiarias	Descontaminação e desinfestação de insetos	30 (máx)	15/07/83
Prep. Enzimáticas secas ou desidratadas	Controle de insetos e microrganismos	10 (máx)	10/06/85
Carcaças suínas, cortes frescos ou processados	Controle de T. spiralis	0,3 a 1,0	22/07/85
Frutas frescas	Retardar maturação	1	18/04/86
Prep. Enzimáticas secas ou desidratadas	Descontaminação	10	18/04/86
Substâncias vegetais aromáticas secas ou desidratadas	descontaminação	30	18/04/86
Frango	Controle de microrganismos patogênicos	3	02/05/90

Fonte - Spolaore *et al.*, 2003

2.6 – Microbiologia dos alimentos

Os microrganismos podem ser classificados em três grupos distintos, dependendo do tipo de interação existente entre eles e os alimentos (Franco,1996):

1 – Os microrganismos em alimentos são causadores de alterações químicas prejudiciais, resultando no que chamamos "deterioração microbiana". A deterioração resulta em alterações de cor, odor, sabor, textura e aspecto do alimento. Essas alterações são conseqüências da atividade metabólica natural dos microrganismos, utilizando o alimento como fonte de energia.

2 - Os microrganismos presentes nos alimentos podem representar um risco à saúde. Estes microrganismos são genericamente denominados "patogênicos". As características das doenças que esses microrganismos causam dependem de uma série de fatores inerentes ao alimento, ao microorganismo patogênico em questão e ao indivíduo a ser afetado.

3 - Os microrganismos presentes nos alimentos causam alterações benéficas em um alimento, modificando suas características originais de forma a transformá-lo em um novo alimento. A este grupo pertencem aqueles microrganismos que são intencionalmente adicionados aos alimentos para que determinadas reações químicas sejam realizadas. Muitos destes microrganismos já estão naturalmente presentes, não sendo necessário adicioná-los ao alimento, mas sim estimular seletivamente sua atividade biológica.

2.6.1 - Fontes de contaminação dos alimentos

Segundo Franco (1996) podem ser:

a – Solo e água: estes dois ambientes são considerados em conjunto, pois muitos dos microrganismos neles presentes têm várias características em comum. Microrganismos de solo podem, através de vento, contaminar o ar e posteriormente chegar até os corpos hídricos através da chuva. Água da chuva pode também remover microrganismos do solo e transferi-los para os corpos hídricos.

b – Plantas: poucos microrganismos presentes no solo e na água têm capacidade de sobreviver e multiplicar na superfície da plantas. Para que isso seja possível, é necessário que os microrganismos apresentem um mecanismo de adesão à superfície das plantas e que possam obter os nutrientes necessários.

c – Utensílios: como recipientes, bandejas, facas, tábuas, têm papel importante como fonte de contaminação. Sua higienização inadequada resulta em transmissão de microrganismos de um alimento para outro (contaminação cruzada).

d – Manipuladores de alimentos: a microbiota das mãos e roupas dos manipuladores pode ser oriunda do solo, água, poeira e outros ambientes. Outra fonte importante são as fossas nasais, a boca e a pele.

2.6.2 – Efeitos da radiação nos microrganismos

A eficácia da ação bactericida de uma determinada dose de radiação depende dos seguintes fatores:

1 – Tipo e espécie de microrganismos

2 - Número de microrganismos (ou esporos) existentes inicialmente.

3 - Composição do alimento. É possível que alguns constituintes do alimento, por exemplo, as proteínas, a catalase e as substâncias redutoras (nitritos, sulfitos e compostos sulfídrilicos) exerçam sobre os microrganismos uma ação protetora.

4 - Existência ou falta de oxigênio. O efeito devido a existência de oxigênio livre é variável para cada microorganismo, oscilando desde a produção de nenhum efeito até a sensibilização do microorganismo.

5 - Estado físico do alimento durante a irradiação. Tanto a quantidade de umidade como a temperatura do alimento exercem uma influência diferente nos microrganismos.

6 – Fatores próprios dos microrganismos. A idade, a temperatura de crescimento e a da esporulação, e o estado (células vegetativas ou esporuladas) podem influir no nível de sensibilidade dos microrganismos (Frazier, 1993).

Geralmente os organismos mais simples são mais resistentes aos efeitos da radiação ionizante. Por exemplo, os vírus são mais resistentes do que as bactérias, as quais são mais resistentes que os bolores que, por sua vez, são mais resistentes que os seres humanos. Portanto, doses que eliminarão todos os bolores não destruirão todas as bactérias (Murano,1995b, Adams,1997).

As bactérias Gram negativas, tanto as deteriorantes como as patogênicas, são geralmente mais sensíveis do que as bactérias Gram positivas A diferença na resistência do microrganismo não se restringe somente aos gêneros, mas também entre linhagens de uma mesma espécie (Monk,1995).

A tabela 6, apresenta dados de diferentes procedências, relativos às doses aproximada de radiação necessária para destruir diferentes tipos de microrganismos.

Tabela 6 – Doses letais aproximadas de radiação ionizante, expressas em kGy

Organismos / Microrganismos	**Doses letais aproximadas**	**Organismos / Microrganismos**	**Doses letais aproximadas**
Humanos	0.0056-0.0075	*Escherichia coli*	1.0-2.3
Insetos	22-93	*Pseudomonas aeruginosa*	1.6-2.3
Vírus	10-40	*Enterobacter aerogenes*	1.4-1.8
Leveduras (fermentativas)	4-9	*Lactobacillus spp.*	0.23-0.38
Torula cremoris	4.7	Esporos bacterianas	3.1-3.7
S. cerevisae	5	*Bacillus subtilis*	12-18
Candida krusei	11.6	*Bacillus coagulans*	10
Mofos (com esporos)	1.3-11	*Clostridium botulinum* (A)	19-37
Penicillium spp.	1.4-2.5	*Clostridium botulinum* (E)	15-18
Aspergillus spp.	1.4-3.7	*Clostridium perfringens*	3.1
Rhizopus sp.	10	*Bacillus stearothermophilus*	10-17
Fusarium sp.	2.5	*Staphylococcus aureus*	1.4-7.0
Mycobacterium tuberculosis	1.4	*Corynebacterium diphtheriae*	4.2
Salmonella sp.	3.7-4.8		

Fonte: adaptado de Frazier, 1993

2.7 Custos da Irradiação de Alimentos:

Como qualquer tipo de processamento ou tratamento de alimentos, a irradiação de um alimento irá adicionar custo. Em sua grande maioria os preços dos alimentos ou produtos não aumentam necessariamente apenas porque o produto foi tratado. Existem diversas variáveis que afetam o custo. Entre eles estão enlatamento, congelamento, pasteurização, refrigeração, fumigação e a irradiação. Todos trarão benefícios aos consumidores em termos de disponibilidade e quantidade, tempo de armazenamento, conveniência e a melhoria da higiene.

Os principais fatores que influenciam a economia da irradiação de alimentos incluem: parâmetros de projeto de irradiação tais como dose aplicada, densidade de acondicionamento dos produtos, condições de manuseio como produtos secos, deterioráveis, que necessitam de temperatura de conservação controlada, uniformidade da dose e produtividade operacional. Os custos de irradiação variam de US$ 10 a $15 por tonelada para uma aplicação de baixa dose (como por exemplo, para inibir o crescimento de brotos em batatas e cebolas) e de US$ 100 a $250 por tonelada para aplicação de altas doses (por exemplo para assegurar a qualidade higiênica de especiarias) (ICGFI,1999).

3. MÉTODOS

Existem proibições e restrições crescentes quanto ao uso de vários produtos químicos utilizados na desinfestação e descontaminação biológica de alimentos , por razões de saúde e/ou ambientais A irradiação pode garantir a segurança microbiológica de vários alimentos, particularmente aqueles de origem animal, uma vez que , autoridades de saúde (IDFA,1996) de vários países introduziram normas rígidas de higiene no comércio de alimentos, e essas normas, freqüentemente, requerem tolerância zero de patogênicos, tais como a *Salmonella e Listeria*. A irradiação pode ser usada como método para satisfazer essas normas de higiene, para tanto, a documentação necessária para a efetividade deste sistema necessita ser desenvolvida.

Diversos estudos mostram que gêneros alimentícios crus são frequentemente contaminados com um ou mais tipos de microrganismos patogênicos. A fonte de contaminação é variável. Depende do produto pode variar de métodos provenientes da criação do animal, incluindo contaminações por alimentos e meio ambiente, confinamento, abate automatizado, uso de produtos contaminantes no solo ou água resíduária em hidroponia, uso de esterco como fertilizante, ou condições de colheita e processamento e contaminações ambientais. Estes fatores devem levar a contaminação dos alimentos com vários microrganismos patogênicos, parasitas ou vírus. Por meio das Boas Práticas de Agricultura/ Aqüicultura o nível de contaminação microbiana dos alimentos podem ser mantidas a um nível mínimo, é um fator estabelecido que atualmente até sob condições melhores de produção, esta contaminação não pode ser totalmente prevenida (Rubio,2002).

Em muitos países industrializados um grande percentual de produtos de aves, acima de 60%, tem se mostrado estar contaminado com patogênicos, tal como *Salmonella* e *Campylobacter* (D'Aoust, 1995). No Reino Unido, apesar da redução dos níveis de contaminação, de 33 a 41% do produto frango cru vendido no varejo em 1993 foi encontrado contaminado por *Salmonella* e *Campylobacter* (Anon,2001; Jacob,1995). Produtos de carnes cruas e de peixes tanto quanto produtos frescos foram encontrados contaminados com patogênicos tal como, *Salmonella* (WHO,1998; FAO,1998) ou outros vários parasitas (Eckert,1996; Vishwanathan,2001).

Alimentos ou ingredientes crus representaram o fator principal de aproximadamente 23% de 766 casos de doenças transmitidas por alimentos nos EUA entre 1977 e 1982 (Bryan,1988). Alguns países também tiveram falta de recursos para implementarem medidas para minimizar contaminação alimentar. Assim como, deve ser considerado que muitos patogênicos são parte do meio ambiente e inevitavelmente estarão presentes na cadeia alimentar. (Billy,2002)

Muitas tecnologias de processo de alimentos baseadas no tratamento a quente, tal como apertização e pasteurização, eficientemente controlam o perigo biológico nos alimentos e rendem a eles segurança se aplicados apropriadamente (USDA,2001; USDA,2002). Contudo, por definição, tratamento a quente não pode ser aplicado a alimentos que serão vendidos crus, similarmente, alguns produtos minimamente processados não podem ser submetidos a qualquer aquecimento (Fain, 1996). A partir de outros tratamentos, especialmente químicos tal como lavagem de produtos frescos com água clorada (WHO,1998), "spray" de solução ácida orgânica em carcaças bovinas (Dickson & Siragusa,1994) ou uso de "spray" de água com alta pressão ou imersão de carcaças de aves em solução de fosfato efetivamente decresce o número de bactérias patogênicas no produto final, nenhum deles pode assegurar suficiente redução de perigo biológico, não interfere em parasitas para garantir segurança (Zhongping et al,1998). Conseqüentemente, patogênicos devem sobreviver em produtos que são minimamente processados ou vendidos crus (Kamat,2003).

Durante o transporte e a distribuição há oportunidades adicionais para crescimento dos microrganismos presentes nos alimentos e para contaminação cruzada entre gêneros alimentícios.A injúria do tempo e temperatura dos alimentos é também uma ocorrência comum que deve levar a níveis crescentes de patógenos (Bryan,1989), este fator é particularmente importante em países com deficiências na cadeia fria ou em que falhas energéticas são freqüentes.

A etapa de preparação na cadeia produtiva é muito importante, tal como a última etapa antes do consumo. Qualquer perigo, que não é controlado nesta etapa é provável conduzir a doença. Dados epidemiológicos de doenças transmitidas por alimentos (DTA's) têm demonstrado que a maioria dos episódios de DTA's ocorre como um resultado de um ou mais combinações de vários erros durante o processo produtivo, entre outros:

...NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP-IPEN

a) cocção inadequada;

b) contaminação cruzada de produto cru para produto pronto para o consumo.

c) crescimento de microrganismos sobreviventes como resultado de refrigeração ou estocagem inadequados (Harris,2002; HEALTH CANADA,2000).

Uma revisão sobre a origem de DTA's explode em pontos como de higiene, preparação de alimentos e práticas de manipulação inadequados (Scott,1996). Alguns consumidores, particularmente os grupos vulneráveis, necessitam ser educados sobre como manterem-se afastados destes alimentos.

Processos primários de educação em boas práticas de agricultura / aqüicultura e manipulação segura de alimentos por consumidores é essencial para garantir medidas de controle e prevenção de DTA's, contudo, não é suficiente para preveni-las. A eficácia de tais medidas seria elevada se a irradiação fosse introduzida na cadeia alimentar como uma medida adicional de controle que pode descontaminar muitos produtos de origem animal, vegetal como frutas e vegetais minimamente processados.

O efeito letal da radiação ionizante sobre microrganismos foi observado e reportado desde 1898, e proposta para uso da radiação para destruir bactérias em alimentos remonta desde 1916.

Tais medidas podem contribuir para prevenção de DTA's por eliminarem patogênicos como *Salmonella, Campilobacterm Yersinia, Listeria, Shigella, Vibrio, E. coli O157, Toxoplasma gondii, trematodes, protozoa, Trichinella e Taenia* dos alimentos, assim como por minimizarem os riscos de contaminação cruzada em diferentes estágios da cadeia produtiva. Como a tecnologia pode ser aplicada em alimentos embalados de forma final para varejo, re-contaminação durante o transporte e distribuição também podem ser prevenidas. Minimiza o risco de sobrevivência ou crescimento de patogênicos como resultado de baixa cocção, refrigeração inadequada durante estocagem e principalmente reduzir o risco no consumo de produtos crus.

Um PCC é definido como uma etapa da qual o controle pode ser aplicado e é essencial para prevenir ou eliminar um perigo de segurança no produto ou reduzir a níveis aceitáveis (Anon,1997). Dentro deste contexto a irradiação é totalmente qualificada como um PCC (Mollins,1996). A irradiação por ser um tratamento não térmico pode ser usado efetivamente para eliminar ou reduzir número de patogênicos a níveis aceitáveis em produtos crus, minimamente processados e processados (Loaharanu, 1996).

Dada a diversidade de alimentos e produtos possíveis de se realizar este tipo de trabalho, considerando que existem aspectos quanto a diferença tanto no aspecto físico, quanto na composição química e, principalmente ao conteúdo de compostos ativos, que poderão interferir neste trabalho, estabeleceu-se como parâmetro as gamas já conhecidas e anteriormente estudadas, compatíveis com o processo de irradiação, descrição de controle e documentação necessária para APPCC e seus pré-requisitos. Sendo assim, estabeleceu-se como sistemática:

3.1. Definição de parâmetros para qualidade e segurança alimentar.

Estabelecer os requisitos gerais / essenciais a que se deve ajustar todo o processo com a finalidade de indicar alimentos aptos para o consumo humano. Os parâmetros escolhidos versam sob requisitos legais pré-estabelecidos ou aqueles que os estabelecimentos produtores / industrializadores possam operar. Estes devem:

- proteger adequadamente consumidores contra enfermidades ou lesões causadas por alimentos;
- considerar a vulnerabilidade da população, ou de diferentes grupos dentro da população;
- dar garantia de que o alimento seja inócuo para consumo humano;
- manter a confiança no comércio internacional de alimentos; e
- fornecer dados de saúde que comuniquem efetivamente os princípios de higiene alimentar da indústria para os consumidores.

3.2. Estabelecimento de procedimentos de obediência aos parâmetros definidos.

Estabelecer um procedimento que defina uma seqüência planejada de observações ou mensurações, que devidamente registradas permitam avaliar se um processo ou etapa está sob controle. Tais registros devem conter os dados apropriados para garantir informação adequada e acessível para a próxima etapa ou processo na cadeia alimentar. Tais dados devem assegurar que o lote ou a partida seja facilmente identificado e recolhido, quando necessário. O monitoramento pode ser contínuo ou descontínuo. Sempre que possível, prefere-se o monitoramento contínuo, que é possível para muitos tipos de métodos físicos ou químicos. Essas informações ou dados visam :

• garantir que os consumidores recebam informação clara e de fácil entendimento, por meio de rotulagem ou outros meios adequados, para que possam proteger seus alimentos contra contaminação e crescimento / sobrevivência de patógenos de origem alimentar, armazenando, manipulando e preparando corretamente os alimentos, ou

• permitir que a próxima pessoa da cadeia produtiva possa manusear, expor, armazenar, preparar e usar o produto de maneira segura e correta.

Os tópicos seguintes referem-se a algumas das medidas que podem ser tomadas, dependendo do produto ou do tipo de processo:

- Medida de temperaturas de produto, considerando o processamento com calor e operações de resfriamento: deve-se medir no ponto mais frio do produto, ao avaliar o processo de aquecimento, e no ponto mais morno, ao analisar o resfriamento (em geral, no centro do maior pedaço ou peça);

- Medida de tempo / temperatura para cozimento, pasteurização, resfriamento de enlatados, armazenamento, descongelamento, reconstituição, etc.;

- Dimensão dos recipientes usados para conservar alimentos sendo resfriados e a profundidade da massa de alimento;

- Medida de pressão, espaço superior, ventilação, adequação do fechamento do recipiente, temperaturas iniciais e qualquer outro fator crítico ao êxito de um processo programado;

- Medida do pH do produto durante o processamento, e, também, do produto acabado, medindo o pH à temperatura ambiente, sempre que possível;

- Medida de Aw (atividade de água) do produto, tomando amostras em duplicata, sempre que possível, e lembrando-se de fazer correções para temperatura ambiente, se necessário.

3.3. Estabelecimento de uma metodologia para elaboração de documentação comprobatória do processo.

Considerando-se que os produtos terão como parte final de processamento a radiação por raios gama (60-Cobalto), sugere-se os formulários de acompanhamento dos produtos, conseqüentemente a possibilidade de rastreabilidade, que determinem ou possam identificar o irradiador, data do tratamento, identificação do lote, dose e outros detalhes do tratamento a depender do tipo de produto, sendo os seguintes:

> O **primeiro formulário** a ser entregue a empresa que procederá a irradiação, faz referência à composição do produto. Tais dados tornam-se importantes como fonte de informação para definições de doses no processo de irradiação.

FORMULÁRIO 1

COMPOSIÇÃO DO PRODUTO

PRODUTO: _____

Matéria-Prima	**Ingredientes Secos**	**Ingredientes Líquidos**
Outros Ingredientes	**Aromatizantes**	**Conservadores**
Material de Embalagem		

DATA: ___ ___ APROVADO POR: _____

Fonte: extraído e adaptado da : **United States Department Agriculture** Food Safety and Inspection Service May 1999 HACCP-8

> O **segundo formulário** a ser entregue a empresa que procederá a irradiação faz referência ao fluxograma de processo do produto.

Este modelo considera desde o recebimento do produto cru /fresco até a sua distribuição. Os processos devem ser separados por linha pontilhada, estabelecendo o limite para o qual o produto será encaminhado para irradiação.

FORMULÁRIO 2
FLUXOGRAMA DE PROCESSO

DATA: APROVADO POR: _____

OBS: A linha pontilhada delimita a etapa final na indústria e o processo de irradiação.

Fonte: extraído e adaptado da : **United States Department Agriculture** Food Safety and Inspection Service May 1999 HACCP-8

> O **terceiro formulário** a ser entregue faz referência aos perigos detectados no processamento do produto. Podendo estes serem químicos , físicos ou biológicos. Este deve ser entregue a empresa de irradiação, para que tome conhecimento dos possíveis contaminantes do produto/ alimento.

FORMULÁRIO 3

RESUMO DA ANÁLISE DOS PERIGOS A SEREM CONTROLADOS PELA IRRADIAÇÃO

Etapas de Processo	Perigos	Justificativa	Limite Crítico	Medidas Adotadas

DATA: _____ **APROVADO POR:** _____

Fonte: extraído e adaptado da : **United States Department Agriculture** Food Safety and Inspection Service May 1999 HACCP-8

> O **quarto formulário** – emitido pela empresa de serviços de irradiação - deve ser entregue após a realização dos serviços acompanhando o produto associado à etiqueta que identifica que o produto sofreu irradiação (Radura).

FORMULÁRIO 04

IRRADIAÇÃO / MAPEAMENTO DA DOSE

Dados do Produto: _____

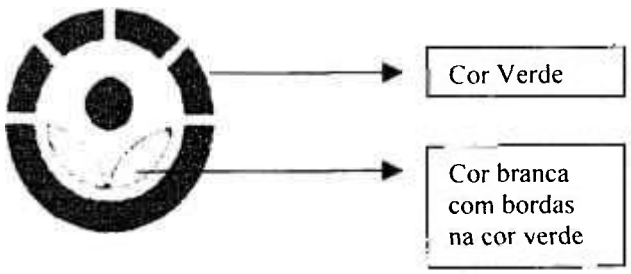
Dose de Radiação	Posição dos Dosímetros	Absorção	Dose Equivalente (kGy)	Verificado por:

Taxa de dose: _____

Fonte: extraído e adaptado da : **United States Department Agriculture** Food Safety and Inspection Service - Irradiation of meat and poultry products. fev. 2000.

ETIQUETA

RADURA



3.4. Definição de estratégia para apresentação da proposta de padrão, para disponibilizar aos órgãos competentes.

Este item tem como objetivo poder unir em um mesmo item proposta de diretrizes e informações a serem entregues aos órgãos sanitários competentes de modos a permitir detalhamento, identidade, rastreabilidade e responsabilidades sobre o produto. Para tanto os produtos passariam a apresentar de modo ordenado, as seguintes informações:

3.4.1 Os documentos a serem apresentados ao órgão sanitário:

ANVISA ou Ministério da AGRICULTURA (a depender do registro do produto), de modos a fornecer dados específicos e detalhados sobre o processo:

a) Exigência para PIQ - Padrão de Identidade e Qualidade, conforme Portaria Federal 1.428 de 26/11/1993 – Ministério da Saúde que aprova: regulamento técnico para inspeção sanitária de alimento; diretrizes para o estabelecimento de Boas Práticas de Produção e de Prestação de Serviços na Área de Alimentos; e regulamento técnico para o estabelecimento de padrão de identidade e qualidade para serviços e produtos na área de alimentos;

b) Processo completo de APPCC conforme Portaria Federal 326 de 30/07/97- Regulamento Técnico: "Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores / Industrializadores de Alimentos" e Portaria Federal 46 de 10/02/98 do Ministério da Agricultura - Instituir o SISTEMA DE ANÁLISE DE PERIGOS E PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE – APPCC.

c) Solicitação de registro do produto.

3.4.2 As instruções constantes na embalagem dos produtos:

De vital importância devem fornecer aos que manusearem o produto, informações claras sobre o modo de conservação, como manter a embalagem e o local mais adequado, (afastado de produtos químicos, de higiene e de limpeza e perfumaria, para evitar contaminação ou impregnação com odores estranhos se forem mantidos sem refrigeração). Portanto informações mínimas de modos a manter a segurança do produto assim como as informações básicas exigidas por lei conforme o tipo de produto.

3.4.3 Transporte e armazenagem:

Como em todo processo produtivo o transporte e a armazenagem, seja de matéria-prima, produto em processo ou de produto acabado, é de vital importância para a redução de perdas e a manutenção da qualidade do produto. Conforme o padrão normativo compulsório de qualidade (norma NBR ISO 9004:2000), "convém que a direção identifique os recursos necessários para manter o produto ao longo de seu ciclo de vida para prevenir dano, deterioração ou uso impróprio".

3.4.4 Formulários anteriormente apresentados como parte integrante da documentação legal de processo produtivo do produto.

De fato, a segurança do produto deve ser uma das principais prioridades de uma organização industrial de qualquer segmento, mas assume maior importância para algumas áreas como a de alimentos que, como outras, têm relação direta com a saúde do consumidor.

3.4.5 Proposta de texto normativo:

Gerenciar eficazmente cada etapa do processo produtivo, evitando perdas ou falhas, pode ser um grande diferencial para os produtores de alimentos. Tomando os cuidados recomendados, os fabricantes podem manter sob controle seus processos internos. Mas também é necessário atentar para as etapas envolvidas nos processos externos, como a distribuição, a venda aos lojistas, o uso e conservação destes pelos consumidores.

USO DA IRRADIAÇÃO EM PRODUTOS PARA CONSUMO HUMANO E ANIMAL

Considerando que a segurança alimentar pode ser um objetivo a ser atingido estabelecendo-se a freqüência e / ou concentração máxima de um perigo microbiológico que um alimento provê na hora do consumo com um nível apropriado de proteção que deveria ser quantificável e mensurável. Porém, deve ser realizável pela indústria afetada dentro de um período especificado de tempo com anuência da agência governamental responsável. Deve ser estabelecido um critério de desempenho e programas educacionais de consumidores. Um dos critérios de processo mais provável pode ser a combinação de

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP-IPEN

tempo / temperatura para alcançar o nível desejado para satisfazer um objetivo de segurança alimentar. Um critério de desempenho pode ser uma redução de patógeno ou um limite para qualquer aumento em números.

Esta diretriz provê requisitos básicos para a implementação e uso de irradiação como segurança alimentar em estabelecimentos produtores de alimentos para consumo humano ou animal.

Considerando que o objetivo de segurança alimentar significa levar em conta algum grau de ação de consumidor, o critério de desempenho será mais estrito que o próprio objetivo de segurança alimentar se o processo de multiplicação no produto armazenado é esperado, mas menos estrito se o produto for cozido. Programa educacional pode suplementar critério de performance, mas o impacto deles é difícil de mensurar. (USDA, 2001; HEALTH CANADA, 2000).

I. OBJETIVO

A proposta de um regulamento de controle de produtos alimentícios irradiados deve ser:

a) para assegurar que o processo de irradiação de produtos seja implementado seguramente e corretamente, de acordo com todos os padrões normativos e códigos de práticas higiênicas;

b) para estabelecer uma sistemática de documentação para acompanhar o produto alimentício irradiado, de modo que o fato da irradiação possa ser levada em consideração durante a manipulação subseqüente, estocagem e venda.

c) para assegurar que os produtos alimentícios irradiados entrem no comércio internacional em conformidade aos padrões de processos de irradiação e sejam corretamente rotulados.

A proposta deste regulamento é proporcionar princípios para o processamento de produtos alimentícios por radiação ionizante que sejam consistentes com padrões relevantes do codex e de códigos de práticas higiênicas. Irradiação de alimentos deve ser incorporada como parte de um plano de APPCC quando aplicável. As determinações deste regulamento proverão orientações para aplicar o sistema de APPCC para o processo de irradiação onde aplicável com o objetivo de segurança alimentar para alimentos processados por radiação ionizante.

II . REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Ministério da Saúde, Resolução RDC 21 de 26 de Janeiro de 2001 – Aprova o Regulamento técnico para irradiação de alimentos ;

BRASIL. Secretaria de Vigilância Sanitária - Ministério da Saúde, Portaria 326 de 30 de julho de 1997 – Aprova o Regulamento Técnico: "Condições Higiênico - Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos";

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAA) Portaria 46 de 10 de fevereiro de 1998 - Institui o SISTEMA DE ANÁLISE DE PERIGOS E PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE - APPCC;

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAA) Portaria 368 de 4 de setembro 1997 - Aprova o Regulamento Técnico sobre as Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Elaboradores/Industrializadores de Alimentos; e

BRASIL. Secretaria de Vigilância Sanitária - Ministério da Saúde, Portaria 1428 de 26 de novembro de 1993 – Estabelece o "Regulamento Técnico para Inspeção Sanitária de Alimentos", as "Diretrizes para o Estabelecimento de Boas Práticas de Produção e de Prestação de Serviços na Área de Alimentos" e o "Regulamento Técnico para o Estabelecimento de Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ's) para Serviços e Produtos na Área de Alimentos".

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Ministério da Saúde, Resolução - RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002- Estabelece o "Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores /Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores /Industrializadores de Alimentos".

Norma NBR ISO 9001:2000 – Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos, ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Dez.2000.

Norma NBR 14900 de Setembro de 2002 - Sistema de gestão da análise de perigos e pontos críticos de controle – Segurança de alimentos. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Set. 2002.

III – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Este regulamento estabelece o uso da radiação ionizante para tratamento de produtos à temperatura ambiente, refrigerados e congelados para reduzir níveis de patógenos veiculados por alimentos assim como a extensão da vida de prateleira destes produtos.

A irradiação é um processo de exposição do alimento a níveis pré-estabelecidos de energia ionizante. Irradiação penetra profundamente no alimento, eliminando microrganismos sem elevar significativamente a temperatura do alimento. Dados científicos indicam que radiação ionizante pode reduzir significantemente níveis de muitos microrganismos patogênicos de produtos cárneos, inclusive *Salmonella; Escherichia coli O157:H7; Staphylococcus aureus; Listeria monocytogenes; Campylobacter jejuni*; e o parasita protozoário *Toxoplasma gondi*. A irradiação é um dos muitos tratamentos que podem ser usados em conjunto com o Sistema APPCC para reduzir o nível de microrganismos patogênicos em diversos produtos alimentícios a base de carnes, aves, suínos e vegetais.

Se uma organização optar por produtos irradiados, estes devem estar conforme com os requerimentos do sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), assim como há regulamentos específicos conforme o produto. Qualquer produto ou gênero irradiado poderá usar como base o Plano APPCC de outro estabelecimento. Cada estabelecimento deverá desenvolver e implementar seu próprio plano. Estabelecimentos que fazem uso de irradiação deverão, claro que, estar embasados em outros requerimentos legais pertinentes para o produto ou região de aplicação, assim como da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) quanto aos padrões para Irradiação.

Os estabelecimentos produtores principalmente de produtos a base de cárneos, devem estar encorajados a estabelecer / aderir ao Programa de Tolerância Zero para contaminações de microrganismos como *Salmonella; Escherichia coli*. Sendo assim as organizações devem estabelecer, documentar, implementar e manter um sistema que promova a adoção de uma abordagem de processo para o desenvolvimento e implementação de diretrizes básicas para segurança alimentar e atendimento aos requisitos do cliente.

IV. REQUERIMENTOS

1. Irradiação

Produtos cárneos ou vegetais devem ser tratados por radiação ionizante para reduzir patógenos veiculados por alimentos e para extensão da vida de prateleira. O estabelecimento deve aplicar o processo de irradiação no seu produto ***conforme Resolução RDC nº 21 de 26/01/2001, que determina que, qualquer alimento pode ser tratado com a radiação ionizante considerando que a dose mínima absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida, e a dose máxima deve ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e os atributos sensoriais do alimento.***

2. Plano APPCC e BPF

APPCC é um meio para a indústria controlar e prevenir problemas e assegurar alimentos seguros controlando o processo de produção do começo ao fim, em lugar de detectar problemas no término da linha. O plano APPCC é reconhecido amplamente pelas autoridades científicas e organizações internacionais e é extensivamente usado na indústria de alimentos para produzir produtos em conformidade com saúde e segurança exigidos.

Uma planta analisa seus processos para determinar em quais pontos os perigos poderiam existir, que pudesse afetar a segurança de seus produtos. Estes pontos são chamados pontos críticos de controle (PCC's). Exemplos de pontos críticos de controle estão o resfriamento; o processo de cocção; procedimentos de processo, como enchimento e lacração de latas; e certamente procedimentos de abate , como remoção de organismos internos. A localização e número de perigos diferirão grandemente dependendo do tipo de facilidade, alimentos preparados e procedimentos de processo usados e muitos outros fatores. Os PCC's uma vez identificados, a planta tem que estabelecer limites críticos. Os limites críticos são normalmente expressos como números que representam tais parâmetros como tempo /temperatura, umidade, atividade de água, pH, concentração de sal e nível de cloro. Limites críticos podem estar estabelecidos em requisitos legais ou podem ser estabelecidos pela planta, desde que amparado por literatura científica e técnica ou recomendações de peritos. Logo, a planta estabelece requerimentos de monitoramento para cada PCC e ações corretivas devem ser tomadas quando indicadores de monitoramento apontarem divergência entre o limite crítico estabelecido e o registrado. Exemplos de ações corretivas são: ajustes de processo, sequestro e destruição de todo o

produto se não puder ser trazido para conformidade ou desenvolvendo-o para um processo alternativo. A planta também deve estabelecer registro mantendo procedimentos que documentem a operação do sistema de APPCC e verificar que controles são mantidos como pretendido.

Todas as plantas devem desenvolver e implementar um plano de APPCC para cada um dos seus processos. Os planos de APPCC devem ser implementados conforme os sete princípios de APPCC e estabelecidos PCC's que afetam segurança do produto.

Sendo assim, todo estabelecimento de produto irradiado deve tratar o uso da irradiação em sua análise de perigos. Assim como se um estabelecimento determinar que Irradiação será usada para prevenir da ocorrência de perigos e proporcionar segurança alimentar, ações devem ser tomadas para o cumprimento de Boas Práticas de Fabricação e posterior aplicação do Plano APPCC conforme portarias MS 326/97, MAA 46/98 e MAA 368/97. Estes estabelecimentos deverão designar irradiação como um Ponto Crítico de Controle (PCC), dentro do Plano APPCC, assim como ter a possibilidade de outro (s) PCC (s) que deverão ser praticados influindo no produto como Temperatura. Os limites críticos poderão ser a dose absorvida, mensurada por dosimetria, temperatura do produto ou outro parâmetro de processo que reflita a eficácia da irradiação.

Como os produtos devem ser irradiados fora da empresa produtora, estes estabelecimentos não devem estabelecer a expedição final até liberação, por parte da empresa irradiadora do produto, de toda documentação relativa ao lote.

Nota: Para programa de inspeção personalizado, tal como "Tolerância Zero", deverá contemplar coleta de amostra do produto depois do tratamento por irradiação.

Se o estabelecimento requer que a irradiação seja usada apenas com o propósito de extensão de vida de prateleira, é concebível embora altamente contrário, que o estabelecimento venha recolher amostras de seu produto após tratamento por irradiação.

3. Dosimetria

Estabelecimentos que irradiam produtos alimentícios devem manter procedimentos referentes a:

a) Procedimentos de operação do laboratório para determinar o valor de dose absorvida utilizando um dosímetro.

b) Critério de Calibração para verificar a precisão e consistência dos meios/ instrumentos de medida (por exemplo, relógios de tempo e balanças).

c) Calibração e critério de responsabilidade para verificar a rastreabilidade e precisão de dosímetros conforme objetivo e a verificação de calibração pelo menos a cada 12 meses. Para confirmar rastreabilidade, os estabelecimentos devem relatar por meio de documentação, a medida final de um dosímetro contra padrões reconhecidos.

d) Procedimentos para assegurar que a unidade de produto é mapeada por dose, de modo a identificar as regiões de mínima e máxima de dose absorvida e que tais regiões são consistentes de uma unidade de produto para outro, tal como o produto.

e) Procedimentos para responder pela dose absorvida total recebida pela unidade de produto (por exemplo, aplicações parciais de dose absorvida dentro de um lote de produto).

f) Procedimentos para verificar a rotina de dosimetria, assegurando que cada lote de produto receba dose absorvida total. Estabelecimento deve posicionar um dosímetro às regiões de mínima e máxima dose absorvida (ou a uma região verificada para representar tal) pelo menos na primeira metade e última unidade de produto em cada lote de produção ou usar validação baseada na estatística e mapa de dose para determinar o número e a disposição dos dosímetros em cada lote de produto.

g) Procedimentos para verificar a relação da dose absorvida medida pelo dosímetro pelo tempo de exposição da unidade de produto à fonte de radiação.

h) Procedimentos para verificar a integridade da fonte de radiação e procedimento de processo. Tal procedimento deve descrever como o estabelecimento faz os ajustes necessários e como checa periodicamente se a fonte de radiação foi alterada, modificada, recarregada ou ajustada.

Nota: Se o produto receber dose maior que a estabelecida será considerado um produto adulterado. Portanto, o produto não pode ser levado ao consumidor. O produto deve ser condenado. Para tanto o estabelecimento deve ter procedimento para controle de produto não conforme e sua disposição final.

4. Segurança do Campo à Mesa:

Diversos estudos mostram que gêneros alimentícios crus são frequentemente contaminados com um ou mais tipos de microrganismos patogênicos. A fonte de contaminação é variável. Depende do produto e pode variar de métodos provenientes da criação do animal, incluindo contaminações por alimentos e meio ambiente, confinamento, abate automatizado, uso de produtos contaminantes no solo ou água resíduária em hidroponia, uso de esterco como fertilizante, ou condições de colheita e processamento e contaminações ambientais. Estes fatores devem levar à contaminação dos alimentos com

vários microrganismos patogênicos, parasitas ou vírus. Através de Boas Práticas de Agricultura/ Aqüicultura o nível de contaminação microbiana dos alimentos pode ser mantida a um nível mínimo, fator já conhecido, uma vez que atualmente até sob as melhores condições de produção, esta contaminação não pode ser totalmente prevenida.

Esta medida regulatória trata perigos dentro do processo. Tais medidas devem ser parte de uma estratégia de segurança alimentar que trata perigos em outros pontos da cadeia da fazenda à mesa . Sendo assim, as atividades de segurança alimentar vão além dos processos nas indústrias/ plantas, com ênfase em perigos que surgem durante o transporte, distribuição e venda.

Melhorar a segurança alimentar na produção animal/vegetal e fases intermediárias antes da sua entrada efetiva na planta da indústria, de modo a desenvolver e nutrir medidas que possam ser levadas à fazenda e por em distribuição e comercialização animais/vegetais para reduzir os perigos de segurança alimentar. Para tanto práticas de produção nesta fase baseado em princípios de APPCC podem ser úteis, estabelecendo práticas de redução de risco na fazenda e durante as fases intermediárias de comercialização. Desta forma, os padrões de desempenho crescentemente incentivarão os produtores a adotarem práticas de segurança alimentar em nível de produção animal/vegetal.

A segurança alimentar durante o transporte, armazenamento e venda também são vínculos importantes na cadeia de segurança alimentar. Nestas áreas as autoridades estão trabalhando para desenvolver padrões que estabeleçam a segurança alimentar durante o transporte, armazenamento com ênfase na importância de controle de temperatura minimizando o crescimento de microrganismos patogênicos. Na etapa de venda, os restaurantes e afins devem trabalhar junto a seus funcionários para adoção e desenvolvimento quando necessário, de critérios e padrões para a segurança de seus produtos reduzindo o risco de doenças transmitidas por alimentos.

Deve-se pensar também em práticas efetivas de educação do consumidor e grupos de interesse público quanto as informações de manipulação segura do produto.

5. Manipulação, estocagem e transporte

A intenção em processar produtos alimentícios por irradiação não atribui requerimento exclusivo relativo a manipulação, a estocagem e o transporte de produtos alimentícios antes e após a irradiação, mas sim em todos os estágios do processo como por exemplo: pré irradiação, irradiação e pós irradiação. Assim como, devem estar em

conformidade com as Boas Práticas de Manipulação para maximizar a qualidade, minimizar a contaminação e se embalado manter sua integridade. A irradiação deve ser aplicada nos produtos preferencialmente na forma para a qual eles serão apresentados ao consumo ou preparados para o processamento final comercialmente ou para outro uso diferenciado.

A prevenção da contaminação também deve ocorrer nos estabelecimentos que irradiam produtos alimentícios. O processo de estocagem deve ser embasado em boas práticas de tal forma que os produtos que já sofreram irradiação sejam armazenados em locais diferentes e isolados daqueles que aguardam para receberem o tratamento.

6. Embalagem

Para evitar contaminação ou infestação antes da irradiação os produtos alimentícios devem ser embalados em materiais que proporcionem uma barreira efetiva para re-contaminação ou re-infestação.

V. DOCUMENTAÇÃO

As empresas que realizam atividade de irradiação devem ter a seguinte documentação disponível aos órgãos de fiscalização competentes:

a) Documentação que a atividade de irradiação é autorizada ou possui fontes de radiação gama registrada na CNEN Comissão Nacional de Energia Nuclear tal como o registro oficial da fonte.

b) Documentação demonstrando capacitação e competência dos operadores por meio de um programa de segurança do trabalhador implantado e efetivamente implementado nas instalações assim como garantindo as evidências da habilitação dos profissionais que operam as instalações.

Os estabelecimentos produtores devem apresentar as empresas de irradiação e / ou aos órgãos competentes os documentos destacados no item 3.3 - ***Estabelecimento de uma metodologia para elaboração de documentação comprobatória do processo, anteriormente citado.*** Assim como todo plano do sistema de APPCC implementado na indústria.

VI- ROTULAGEM

Considerando o direito dos consumidores de ter informações sobre as características e composição nutricional dos alimentos que adquirem, na rotulagem dos alimentos irradiados, além dos dizeres exigidos para os alimentos em geral e específico do alimento, deve constar como um logotipo especial: "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.

Qualquer produto que foi irradiado na totalidade, mas não é vendido em pacotes, o logotipo exigido deve ser exibido ao comprador com etiqueta claramente à vista do recipiente de tamanho com um sinal , cartão ou outro dispositivo apropriado que suporte a informação que o produto foi tratado com radiação. Em qualquer caso, a informação deve ser proeminente e visivelmente exibida aos compradores. A menos que a palavra "Irradiado" seja parte do nome do produto, etiqueta, sinal, cartão ou outro dispositivo deve suportar a declaração como " TRATADO COM IRRADIAÇÃO " ou " ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO ".

A inclusão de um produto / ingrediente irradiado em qualquer produto de múltiplos ingredientes deve ser refletido na declaração de ingredientes sobre o rótulo do produto acabado.

VII. INSPEÇÃO

Pessoal especifico para Programa de inspeção, deverá receber treinamento com fundamentos de radiação, exposição à radiação, proteção de radiação, e dosimetria pessoal por entidades oficiais registradas na CNEN / IPEN .

Considerando a necessidade de segurança ao pessoal de inspeção, deve ser exigido para os empregados do programa de inspeção que usem distintivos de dosímetros individuais quando a trabalho de modo a registrar a dosagem profissional recebida.

VIII. VERIFICAÇÃO

A organização deve avaliar que o sistema estabelecido para a segurança alimentar é capaz de alcançar o nível planejado de controle dos perigos identificados. A atividade de verificação deve incluir ações para confirmar que:

a) Os limites críticos estabelecidos para os PCC's (Pontos Críticos de Controle) são capazes de alcançar níveis aceitáveis definidos.

b) A eficácia das medidas de controle compõe o sistema de controle.

c) A combinação de medidas de controle estabelecida representa controle suficiente dos perigos identificados para obtenção de produtos finais a níveis aceitáveis definidos.

Assim como a empresa alimentícia deve planejar e implementar os processos necessários de monitoramento, medição, análise e melhoria para a segurança alimentar pré-estabelecida, de modo a:

a) demonstrar que o produto final apresenta níveis aceitáveis identificados conforme público pré-determinado,

b) assegurar a conformidade do sistema de gestão de segurança alimentar e

c) melhorar continuamente a eficácia do sistema de gestão de segurança alimentar.

Um programa de verificação, que pode incluir auditorias deve ser planejado, levando em consideração a situação e a importância dos processos e áreas a serem verificadas, bem como os resultados de verificações anteriores.

Os critérios desta verificação, freqüência e métodos devem ser definidos. A seleção dos verificadores e a sua execução devem assegurar objetividade e imparcialidade do processo verificado.

As responsabilidades e os requisitos para planejamento, para execução destas verificações e para relatar os resultados e manutenção dos registros devem ser definidos em um procedimento.

Portanto a verificação deve ser planejada e deve incluir:

a) Método (s).

b) Freqüência (intervalos planejados).

c) Responsabilidade e

d) Registros.

Caso a verificação mostrar falta de conformidade com nível de perigo aceitável os produtos devem ser manipulados como produtos potencialmente inseguros. Caso já tenham sido distribuídos ao comércio, um processo de "Recall" deve ser implementado.

A organização, além de documentar as ocorrências relativas ao risco de segurança alimentar, deve manter documento de notificação imediata para autoridades, clientes e consumidores para rápido "recall". Os produtos originados de "recall" devem ficar sob supervisão da empresa até sua destruição, assim como, após tomada as medidas corretivas.

4. COMENTÁRIOS

A aplicação do APPCC depende de uma visão empresarial: qualidade é um investimento estratégico, que deve gerar oportunidades de negócios e aumentar a competitividade no mercado. Diferente de uma despesa para a empresa trata-se de um investimento em capacitação e treinamento do pessoal da empresa em busca da melhoria contínua.

Esta ferramenta de gestão da qualidade da produção, o APPCC, assegura a organização o planejamento do sistema produtivo, integrando dentro de um sistema de qualidade da produção todos os departamentos de apoio e a cadeia de suprimentos (Supply Chain), liberando seus executivos e diretoria para aplicação da energia disponível para os negócios estratégicos com o mercado. Negócios estes que exigem cada vez mais a presença, empenho intelectual e agilidade nas soluções de investimentos: compra, venda e outras oportunidades que garantam o sucesso do negócio e do empresário do ramo.

Irradiação não faz milagre, não é uma técnica capaz de resolver todos os problemas de preservação de alimentos. Não é possível transformar um alimento deteriorado em alimento de alta qualidade.

Reprovação para aplicar esta tecnologia como uma medida de controle, indica que a segurança de muitos produtos alimentícios não pode ser garantida. A ascensão de outras medidas de controle tal como aquecimento que serão propriamente aplicados no preparo dos alimentos não devem ser validados. Além disso, irradiação é uma medida de controle que cumpre as condições para um PCC que: a) elimina ou reduz a níveis aceitáveis o risco proposto por bactérias patogênicas e parasitas nestes produtos; b) limites críticos são bem estabelecidos para esta técnica de processo, e c) de acordo com os limites críticos podem ser precisamente monitorados através de dosímetros.

Não é possível pensar em segurança alimentar permitindo o esquecimento de fases importantes do processo como segurança do campo a mesa. Tais medidas devem ser

parte de uma estratégia de segurança de alimentar que trata perigos em outros pontos da cadeia: da fazenda à mesa. Sendo assim, as atividades de segurança alimentar vão além dos processos nas indústrias/ plantas, com ênfase em perigos que surgem durante transporte, distribuição, e venda de varejo.

Melhorar segurança alimentar na produção animal e vegetal e fases intermediárias, antes da sua entrada efetiva na planta da indústria, de modos a desenvolver e nutrir medidas que possam ser levadas à fazenda e por em distribuição e comercialização animais e vegetais para reduzir perigos de segurança alimentar. Para tanto, práticas de produção nesta fase baseado em princípios de APPCC podem ser úteis, estabelecendo práticas de redução de risco na fazenda e durante fases intermediárias de comercialização. Desta forma padrões de desempenho crescentemente incentivarão os produtores a adotarem práticas de segurança alimentar ao nível de produção animal ou vegetal.

Segurança alimentar durante transporte, armazenamento e venda a varejo também são vínculos importantes na cadeia de segurança alimentar. Nestas áreas, autoridades estão trabalhando para desenvolver padrões que estabeleçam a segurança alimentar durante transporte, armazenamento com ênfase na importância de controle de temperatura minimizando o crescimento de microrganismos patogênicos. Na venda a varejo, restaurantes e as próprias empresas devem trabalhar junto a seus funcionários para adoção e desenvolvimento quando necessário, de critérios e padrões para segurança de seus produtos, reduzindo o risco de doenças veiculadas por alimentos.

Deve –se pensar também em práticas efetivas de educação do consumidor e grupos de interesse público quanto a informações de manipulação segura dos produtos.

Mudança de cultura: Implementação de APPCC e uso de irradiação como PCC, requer uma mudança significativa nos papéis e atitudes de profissionais da indústria, inspetores e órgãos oficiais.

No passado, algumas empresas confiaram em seus "controles de qualidade" para identificar deficiências antes da companhia definir ações para os corrigir. A Implementação do APPCC clarifica os respectivos papéis da indústria e dos órgãos oficiais.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP-IPEN

Os produtores são os responsáveis pela sua segurança. Eles precisam poder conhecer tudo que poderia sair possivelmente errado para assegurar que seus sistemas previnam tais problemas. e entrem em ação imediatamente se um problema surgir.

O órgão oficial tem o papel de fixar padrões de segurança alimentar, mantendo inspeção vigorosa e contínua sobre tais, para assegurar que esses padrões sejam conhecidos e executados, assim como, que ações sejam tomadas quando tais padrões não forem cumpridos:

Avaliação - determinar que os PPHO's / BPF e sistema APPCC de cada planta estão planejados em conformidade com exigências dos requisitos legais.

Verificação - determinar, em uma base contínua que uma planta está cumprindo seu plano e nele inclui verificação microbiana.

Documentação – verificar se a documentação cumpre o padrão estabelecido e se registros são mantidos.

Execução - entrar em ação apropriada quando uma planta não está em conformidade com exigências estabelecidas.

Enquanto todos esforços possíveis deveriam ser feitos para decrescer em longo período o nível de contaminação em estágios de produção, o potencial de irradiação de alimentos contribui para reduzir a crescente incidência de Doenças Transmitidas por Alimentos e para contribuir para sua prevenção.

Métodos de produção atuais não podem garantir produtos crus seguros microbiologicamente. Embora muitos destes produtos sejam tratados a quente durante sua preparação até o consumo, o riscos destes alimentos serem contaminados durante o preparo é alto. A crescente incidência de Doenças Transmitidas por Alimentos no mundo provê a evidência disto.

Por aceitar uma abordagem baseada em APPCC para gerenciamento de risco, pode ser claramente demonstrada que aplicação de uma tecnologia tal como irradiação de alimentos é essencial para garantir a segurança de produtos crus. Tal intervenção deve ser considerada como um PCC na cadeia alimentar, assim como pasteurização de leite hoje é reconhecida como necessária para garantir a segurança do leite e de seus produtos.

5. CONCLUSÃO

O Sistema APPCC pode ser aplicado para toda cadeia alimentar como ferramenta de gerenciamento de segurança alimentar na identificação de medidas de controle para prevenção de doenças transmitidas por alimentos. A aplicação do sistema APPCC permite identificação de perigos e a análise de risco de cada perigo, guiando para o estabelecimento de medidas de controle que são essenciais para segurança alimentar. Ao nível de processo, o APPCC deve sugerir o melhor instrumento para assegurar segurança de produtos de produtos frescos e certamente de produtos manipulados por minimizar a incidência e nível de microrganismos patogênicos.

A irradiação deve ser aplicada em alimentos já embalados, porém não evita a re-contaminação ou a re-infestação. A qualidade do alimento irradiado, bem como o de outro alimento, é função da qualidade do produto original, que deverá ser produzido segundo as boas práticas de fabricação.

Os custos do tratamento de irradiação de alimentos são competitivos com tratamentos alternativos. Em alguns casos a irradiação pode ser considerada menos dispendiosa.

Este trabalho demonstrou que a adoção de gerenciamento de perigos baseado em APPCC associado a aplicação de um tratamento de descontaminação tal como irradiação de produtos crus de origem animal, alimentos sólidos, alguns produtos frescos e outros diversos produtos minimamente processados e cozidos, torna-se uma medida de controle necessária para assegurá-los e conseqüentemente torná-lo um ponto critico de controle (PCC).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIA. ***O Sistema e a indústria agroalimentar no brasil, diagnóstico de competitividade, indicadores e tendências***. ABIA - Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos, Departamento Agroindustrial da ABIA, São Paulo, p. 41,1993.

ADAMS, M. R.; MOSS, M.O. ***Microbiolagia de Los Alimentos***. 1.ed. Zaragoza: Acribia, 1997.

AKTERIAN, S.G.; FERNANDEZ, P.S.; HENDRICKX, M.E.; TOBBACK, P.P.; PERIAGO, P.M.; MARTINEZ, A. Risk analysis of the thermal sterilization process. Analysis of factors affecting the thermal resistance of microorganisms. ***Int. J.Food Microbiol.***, 47, 51-57, 1999.

ALMEIDA, C.R. O sistema HACCP como instrumento para garantir a inocuidade dos alimentos. ***Higiene Alimentar***, 12 (53), 12-20, 1998.

AN-HUNG Fu., SEBRANEK J.G., and. MURANO E.A. Suviral of Listeria monocytogenes and Salmonella typhimurium and Quality attributes of Cooked Pork Chops and Cured Ham after Irradiation, ***Reprinted from J. Food mSci,*** 60 (5), 1001-1008, 1995.

ANON. Codex Alimentarius. ***Food hygiene*** – basic texts. FAO & WHO , 1997.

ANON. Microbiological criteria for foodstuffs in community legislation in force 001/471/EC, Directive 94/65/EEC for minced meat and meat preparations. 2001. Disponível em: <http://europa.eu.int/comm/food/> Acessado em setembro de 2001.

BAKER, D.A. Application of Modeling in HACCP Plan Development. ***Int. J. Food Microbiol.*** 25, 251-261, 1995.

BANWART, G.J. ***Basic food microbiology***, 3ª ed. Wedstport, Connectitcut, AVI Publishing, 781 p., 1983.

BAUMAN, H. HACCP: Concept, development, and application. ***Food Technology***, 44(5), 156-158, 1990.

BEAN, N.H. and GRIFFIN, P.M. Foodborne Disease Outbreaks in the United States, 1973-1987; Pathogens, Vehicles and Frends", ***J. of Food Protection***, 53, 804, 1997.

BILLY, T.J. HACCP – a work in progress . ***Food Control*** 13, 359 – 362, 2002.

BILLY, T.J. Administrator of United States Department of Agriculture Food Safety and Inspection Service (FSIS) - ***HACCP-1 Guidebook for the Preparation of HACCP Plans***, 1999. Disponível em : <http://www.fsis.usda.gov> Acesso em julho 2001.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. ***Introdução à Química de Alimentos***. 2ed., 1 reimpr., São Paulo, 1992.

BRASIL, Portaria MAA n.° 368 de 04 de Setembro de 1997, Disponível no site do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAA), Brasil : < http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa > Acesso em junho de 2001.

BRASIL, Portaria MAA n.° 46 de 10 de Fevereiro de 1998, Disponível no site do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAA), Brasil : < http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa> Acesso em junho de 2001.

BRASIL, Portaria SVS/MS n.° 1428 de 26 de Novembro de 1993, Disponível no site da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil (ANVISA): < http://www.anvisa.gov.br > Acesso em junho de 2001.

BRASIL, Portaria SVS/MS n.° 326, de 30 de julho de 1997, Disponível no site da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil (ANVISA): < http://www.anvisa.gov.br > Acesso em junho de 2001.

BRASIL, Resolução RDC 275 de 21 de Outubro de 2002, Disponível no site da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil (ANVISA): <http://www.anvisa.gov.br > Acesso em Novembro de 2002.

BRASIL, Resolução RDC n ° 21, de 26 de Janeiro de 2001, Disponível no site da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil (ANVISA): <http://www.anvisa.gov.br > Acesso em junho de 2001.

BRASIL, Ministério da Saúde. Decreto n° 72. 718, de 29 de agosto de 1973. Estabelece normas gerais sobre irradiação de alimentos. Publicada no **Diário Oficial da União** de 30 de agosto de 1973.

BRASIL, Portaria MS n° 09 de 08 de Março de 1985. Diário Oficial da União, Brasília. D.F. 13 de Março de 1985. Seção 1. Disponível no site da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil (ANVISA): <http://www.anvisa.gov.br > Acesso em junho de 2001.

BRASIL, Portaria MS n° 30 de 25 de Setembro de1989. Diário Oficial da União, Brasília. D.F. 28 de Setembro de 1989. Seção 1. Disponível no site da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil (ANVISA): <http://www.anvisa.gov.br > Acesso em junho de 2001.

BRAYLE, D. [trad.] Manual de orientação sobre controle dos riscos dos produtos de pesca. ***FDA Regulamentos*** (21 CFR 123). FAO, 1990. Fortaleza, 1997

BRYAN, F. L. Risks associated with vehicles of foodborne pathogens and toxins. ***J. of Food Protection***, 51, 498– 508, 1988.

BRYAN, F. L. Risks of practices procedures and processes that lead to outbreaks of foodborne illness. ***J. of Food Protection***, 51 (8), 663-673, 1989.

BRYAN, F.L. Análise de risco nas empresas de alimentos. ***Higiene Alimentar***, 6 (21): 14-17, 1992.

BRYAN, F.L. ***Hazard analysis critical control point evaluations***. A guide to identifying hazards and assessing risks associated with food preparation and storage. World Health Organization, Geneva. 1992

CAC/RCP 1-1969, Rev. 3 In: Codex Alimentarius Comission. ***Codex Alimentarius.*** Volume 1: General Requirements. 2a. Rome: FAO, 1997.

CODEX (a) ALIMENTARIUS - Joint FAO/WHO Food standards Programme (1997) ***HACCP system and guidelines for its application***. Rev.3 1997.

CODEX (b) Alimentarius. Hazard Analysis and Critical Control Point System and Guidelines for its Aplication, ***Alinorm 97; 13 A***, Codex Alimentarius Commission, Rome, 1997.

CODEX Alimentarius. Guidelines for the Aplication of the HACCP System, ***Alinorm 93/13A*** . Codex Alimentarius Commission, Rome. 1993.

CORLETT, D.A. Jr. and Stier, R.F. Risk Assessment within the HACCP System. ***Food Control***, 2, 71-72, 1991.

D'AOUST, J. Salmonella and the international food trade. ***Int. J. of Microbiol.,*** 24, 11-31, 1995.

DEL MASTRO, N. L. Development of Food Irradiation in Brazil. ***Progress in Nuclear Energy***, 229-248,1999.

DELINCÉE, H. Safety Aspects in Food irradiation. ***Second Symposium on Food Safety and Human Health.*** Doha, Qatar, April, 1997.

DICKSON, J.S. & SIRAGUSA, G.R. Survival of Salmonella, E. coli O157:H7 and Listeria monocytogenes during storage of beef sanitized with organic acids. ***J. of Food Safety***, 14, 313-317, 1994

DIEHL, J. F. ***Safety of irradiated foods***. 1. ed. New York, N.Y.:Marcel deckker, 1990.

DIEHL, J. F. ***Safety of irradiated foods.*** New York: Marcel Deckker, 454 p., 1995.

DOYLE, M. P. ***Foodborne bacterial pathogens***. New York, Marcel Dekker, 1989.

DOYLE, M.P.; BEUCHAT, L.R.; MONTVILLE, T.J. ***Food microbiology, fundamentals and frontiers.*** Washington, D.C., ASM Press, 768 p. 1997.

EASTER, M.C., et al. The Role of HACCP in the Management of Food Safety and Quality. ***J. Soc. Dairy Technology,*** 47, 42-43, 1994

ECKERT,J. Food safety, meat and fish-born zoonoses. ***Veterinary Parasitology.*** 64, 143-147, 1996.

ELLIOT, P.H. Predictive microbiology and HACCP. ***J. of Food Protection,*** 48-53, 1996 .

FAIN,A.R. A review of the microbiological safety of fresh salads. ***Dairy, Food Environment and Sanitary***, 16 (3) 146-149, 1996.

FAO. ***Food Quality and Safety Systems***. A training manual on food hygiene and the Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) system. Rome : FAO, 232 p , 1998.

FAO. Joint FAO/WHO ***Food Standards Programme***. Codex committee on fish and fishery products. 23. session. Washington D.C., june. 1998.

FAO/IAEA - Use of Irradiation to Control Infectivity of Food-Borne Parasites, p. 24-28, June- 1991.

FARKAS, J. Principios de la irradiación de alimentos. In: LA IRRADIACION DE ALIMENTOS EN LATINOAMÉRICA, octubre 24-28, 1983, Lima, Peru. ***Proceedings,*** Vienna: OIEA, p. 11-23, 1985.

FARKAS, J. Physical Methods of Food Preservation. In: DOYLE, M.P.; BEUCHAT, L.R.; MONTVILLE, T.J. ***Food Microbiology: fundamentals and frontiers.*** Washington, DC, 1997.

FDA - Food and Drug Administration. The Bad Bug Book. Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook. Center for Food Safety & Applied Nutrition, 1992. Disponível em < http://vm.cfsan.fda.gov> , acesso em julho de 2002.

FRANCO, M.G.D.B.; LANDGRAF, M. Microbiologia dos Alimentos. São Paulo: Atheneu, 1996

FRAZIER, W.C.;WESTHOFF, D.C. Microbiología de los alimentos. 4.ed. ZARAGOZA: Acribia, 1993

FSIS Supervisory Guide for the Evaluation Process of the SSOP Regulatory Requirement. Dec, 1996. Disponível em homepage: <http://www.fsis.usda.gov/OA/haccp/supguide.htm>. Acesso em agosto de 2002.

GERMANO, M.I.S.; GERMANO P.M.L.; SPOLAORE, A.J.G. ***Higiene e vigilância sanitária de alimentos***, parte 27, Irradiação de Alimentos, p. 421-439, 2001.

GERMANO, P.M.L. & Germano, M.I.S. ***Higiene e Vigilância Sanitária de alimentos*** - Livraria Varela, 2001.

HARRIS, C. Americans increasingly aware of foodborne illness. Meat Processing News Online, Watt Publishing Company, Mt. Morris, IL, 10 July, 4(28) Health Protection Branch, 2002. Disponível em : <http://www.meatnews.com/> Acesso em fevereiro de 2003.

HARTOG, J.den. Feed for Food: HACCP in the animal feed industry , ***Food Control*** 14, 95–99, 2003.

HATHAWAY, S.C. Harmonization of international requirements under HACCP-based food control systems. ***Food Control*** 6, 267–276, 1995.

HEALTH CANADA. Policy development framework for the management of risks associated with the consumption of raw food of animal origin (RFAO). Health Products and Food Branch, Ottawa. 2000. Disponível em: <http://www.hc-sc.gc.ca/food-aliment.htm > acesso em abril 2002.

HEGGUM, C. Trends in hygiene management- the dairy sector example, ***Food Control*** 12, 241-246, 2001.

HUNTER, C. Changing attitudes to irradiation throughout the food chain - ***Radiation Physics e Chemistry,*** 57,239-243, 2000.

IAEA BULLETIN ***Rising calls for food safety***. v. 43, n.02, p.37-42, Fevereiro de 2001

IAEA/FAO - training ***Manual on Food Irradiattion Technology and Techniques*** - second edition - (Tecnichal Reports No 114).1982 .

IAEA- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, ***Use of irradiation as a quarantine treatment of agricultural commodities***, Technical document, Vienna, 66 p., 1985.

ICGFI – Grupo Consultivo Internacional sobre Irradiação de Alimentos. Fatos sobre irradiação de alimentos. Belo Horizonte, CDTN – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, 1999.

ICMSF. International Commission on Microbiological Specification for Foods. ***HACCP in Microbiological Safety and Quality***. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p.176-242, 1988.

ICMSF. Potential application of risk assessment techniques to microbiological issues related to international trade in food and food products. ***J. Food Prot.***, 61, 1075-1086 , 1998.

IDEXX Food Safety Net Services. The comprehensive Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP). Westbrook : IDEXX, 1998

IDFA. ***Dairy Product Safety System.*** A technical manual for the entire dairy industry encompassing basic sanitation, good manufacturing practices, and focusing on Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP). Washington, D.C., may, 1996

ILSI - Risk Science institute pathogen risk assessment working group. Aconceptual framework to assess the risks of human disease following exposure to pathogens. ***Risk analysis***, 16, 841-848, 1996.

ILSI. Simple guide to understanding and applying the Hazard Analysis Critical Control Point concept. Washington, D.C., ILSI Press, (ILSI Europe Concise Monograph Series), 1993.

INGRAM, M. & FARKAS, J. Microbiology of foods pasteurised by ionising radiation. ***Acta Alimentaria***, 6, 123-184, 1977.

JACOB, M. Salmonella in poultry – Is there a solution? . ***Environmental Policy and Practice***, 5 (2), 75-80, 1995.

JAY, J. ***Modern Food Microbiology***. 4a. ed. New York : Chapman & Hall, 1991.

JARRETT, R. D., Isotope (gamma) radiation sources. IN: JOSEPHSON, E.S., PETERSON, M.S., eds. Preservation of food by ionizing radiation, Vol. 1. Bocaratón, CRC Press, p. 137-163, 1982.

JOSEPHSON, E. Health Aspects of food irradiation. ***Food and Nutrition Bulletin***, 1991

KAMAT,A . et al, Potential application of low dose gamma irradiation to improve the microbiological safety of fresh coriander leaves. ***Food Control*** 14, 529 – 537, Washington, DC, 2003.

KHODR, M.; Hill, S.; PERKINS, L., et al. Bacillus cereus food poisoning associated with fried rice at two child day care centers - Virginia, 1993. ***Morbidity and Mortality Weekly Report,*** 43(10), 177-178, 1994.

KNUBLEY, W.; McChesney, T.C.; Mallonee, J. Foodborne botulism - Oklahoma, 1994. ***Morbidity and Mortality Weekly Report***, 44, 200-202, 1995.

LEY, F. J.; KENNEDY, T. S.; KAWASHIMA, K.; ROBERTS, D.; HOBBS, B. C. The use of gamma radiation for the elimination of Salmonella from frozen meat. ***J. Hygiene.***, 6, 293-311, 1970.

LOAHARANU, P. Food Irradiation en developing countries: a pratical alternative. IAEA Bulletin - 1994

LOAHARANU, P. Irradiation as a cold pasteurization process of food. Veterinary Parasitology, 64, 71-82 .1996.

MATSUDA, A. H. ***Aplicação da técnica de irradiação gama para preservação de própolis***.– Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2002.

MAXY, R. B. Irradiation of Food for public Health Protection. ***J. Food Prot.***, 45, 363-366, 1992.

McLAUGHLIN, W.,L.; BOYD, A. W.; CHADWICK, K. H.; McDONALD, J. C.; MILLER, A. Dosimetry for radiation processing. London: Taylor & Francis Ltd., 1989.

McNab, W.B. A general framework illustrating an approach to quantitative microbial food safety risk assessment. ***J. Food Prot.*** 61, 1216-1228, 1998.

MOLLINS,R. ***Integration of food irradiation into HACCP plans for minimally processed foods***. In international regulatory status of food irradiation, EFFoST conference on minimal processing of food, a challenge for quality and safety. Germany, 6-8, 1996.

MONK, J. D.; BEUCHAT, L. R.; DOYLE, M. P. Irradiation Inactivation of Food-borne Microrganisms. ***J. Food Prot.***, Ames, 58 (2), 197-208, 1995.

MONROE, M.W., MCGRAY, P.E.; FINTON, R.J., et al. Yersinia enterocolitica infections during the holidays in black families - Georgia. ***Morbidity and Mortality Weekly Report***, 39 (45), 819-820, 1990.

MORTIMORE, S., ***An example of some procedures used to assess HACCP systems within the food manufacturing industry*** , Pillsbury Europe, Harman House, 1 George Street, Uxbridge, Middlesex UB8 1QQ, UK ,1999.

MOTARJEMI,Y., & KÄFERSTEIN,F. Food safety, HACCP and the increase in foodborne diseases: a paradox? ***Food Control***, 10, 325 -333, 1999.

MOY, J. H., Efficacy of irradiation vs thermal methods as quarantine treatments for tropical fruits. ***Radiat. Phys. Chem.***, Oxford, 42, 269-272, 1993.

MURANO, P. S. Quality of Irradiated Food. In: Food Irradiation. ***A Sourcebook.*** Ed. E. A. Murano. Iowa State University, Ames, Iowa, p. 63-87, 1995 (a)

MURANO, E. A. Irradiation of Fresh Meats. ***Food Technol.***, p. 52-54, 1995 (b)

MURRAY, D.R. ***Biology of Food Irradiation.*** Great Britain, 1990.

NACMCF - National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods; hazards analysis and critical control point principles and application guidelines, Adopted, 1997.

NACMCF - National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods, Generic HACCP application in broiler slaughter and processing. ***J. of Food Protection***, 60 (5), 579-604, 1997.

NACMCF - National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods, Hazard Analysis and Critical Control Point principles and application guidelines. ***J. of Food Protection,*** 61 (6), 762-75, 1998.

NSHA - National Seafood HACCP Alliance. HACCP: Hazard Analysis and Critical Control Point. 3a. ed. Raleigh: North Carolina Sea Grant, 276 p, 1997.

NBR ISO 9004:2000, - Sistemas de gestão da qualidade – Diretrizes para melhorias de desempenho. , ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, Brasil, Dez 2000.

NBR ISO 9001:2000 – Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Dez.2000.

NBR 14900 de Setembro de 2002 - Sistema de gestão da análise de perigos e pontos críticos de controle – Segurança de alimentos. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Set. 2002.

NSW Meat Industry Authority. HACCP Manual. Attachment G - HACCP plan audit check-list Austrália 1997. Online. Disponivel em Home page < http: // www.meat.nsw.gov.au/haccp > acesso em setembro de 2001.

OHENE-ADJEI,S.; BERTOL,T.; HYUN,Y.; ELLIS,M.; MCKEITH,F.K.; BREWER,M.S. Effect of vitamin E, low dose irradiation, and display time on the quality of pork. Meat Science, n.68, p.19-26, 2004 Disponível em < http://www.elsevier.com/locate/meatsci> Acesso em abril de 2004.

OLIVEIRA, L. C., Present Situation of Food by Irradiation and the Regulatory Pespectives for Brazil. ***Radiation Physics and Chemistry,*** 57, 249-252, 2000.

OWCZARCZYK, H.B. – Book of Extended Synopses – FAO/IAEA/WHO International Conference on Ensuring the Safety and Quality of Food through Radiation Processing; Antaly, Turquia, Outubro 1999.

OMS. Inocuidad e idoneidad nutricional de los alimentos irradiados., Food and Drug Administration Irradiation of poultry. Federal register, 1995.

OMS. Inocuidad e idoneidad nutricional de los alimentos irradiados. P.29, 1995 apud. ST LOUIS, M. E. et al. The emergence of grade A eggs as a major source of Salmonella enteritidis infection. ***J. of the American Medical Association***, 259, 2103-2107, 1988.

OMS. La irradiacion de los alimentos una técnica para conservar y preservar la inocuidade de los alimentos. Genebra, Organización Mundial de la Salud., p. 18-23, 1989.

PANETTA, J.C., Controle higiênico e sanitário dos alimentos de origem animal. Importância social e econômica e de saúde pública. ***Higiene Alimentar***, 3, 135-137, 1984.

PANISELLO,P. J..& QUANTICK,P. C. . Technical barriers to hazard analysis critical control point (HACCP). ***Food Control,*** 12,165–173. 2001.

POTENZA, M.R. Emprego da Radiação gama como tratamento Quarentenário, visando o controle da Traça Opogona sacchari (Bojer, 1856) (Lepidoptera: Tineidae) em Banana (Musa sp.) e Dracena (Dracaena fragans). Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, São Paulo, 1999.

PRICE, R. J. Compendium of fish and fishery product processing methods, hazard and controls. National Seafood HACCP Alliance for Training and Education. University of California Davis , 1997.

QUEVEDO, F. Enfermedades transmitidas por los alimentos. ***Higiene Alimentar*** , 3, 167-172, 1984

RIEDEL, G. – Controle Sanitário dos Alimentos – Atheneu – São Paulo – 1992.

RUBIO, T. Status of acceptance and application of irradiation as a sanitary treatment. Use of Irradiation to ensure Microbiological Safety of Food. In: FAO/IAEA (RCA) ***Training Workshop Manual***,4-8 Febr.,2002 Mumbai, India, Proceedings... FAO/IAEA, p. 10–17, 2002.

SATIN, M. ***Food Irradiation***, A Guidebook. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, USA 146 p., 1993

SCOTT, E. Foodborne disease and other hygiene issues in the home: a review. ***J. of Applied Bacteriology***, 80, 5-9, 1996.

SEBASTIÃO, K.I.; ALMEIDA-MURADIAN,L.B.; ROMANELLI,M.F.; KOSEKI,P.M.; VILLAVICENCIO,A .L.C.H. Effect of gamma-irradiation on the levels of total and cis/trans isomers of beta-carotene in desydrated parsley. ***Radiation Physics and Chemistry*** , 63, 333-335, 2002.

SPOLAORE, A. J. G. Irradiação de Alimentos. In: GERMANO, M. I. S.; GERMANO, P. M. L. ***Higiene e Vigilância Sanitária de Alimentos.*** 2 ed. São Paulo, Varela, 1, 445 - 463, 2003.

SOLÍS, C. S. Gestão e certificação da qualidade de sistemas alimentares integrados. ***Higiene Alimentar***, 13 (61), 91-8, 1999.

TASK FORCE MEETING ON IRRADIATION AS A QUARANTINE TREATMENT, Cgiang mai, Thailand, 1986. Vienna, International Consultive Group on Food Irradiation, Joint FAO/IAEA Division, 20 p., 1986.

TAYLOR,E., HACCP in small companies: bene.t or burden? ***Food Control***, 12,217–222. 2001.

THAYER, D. W. Radiation pasteurization of food Issue paper no. 7. Council for Agricultural Science and Technology, Ames, Iowa, 1996.

TODD, E.C.D. Risk assessment of use of cracked eggs in Canada. Int. ***J. Food Microbiol.*** 30, 125-136,1996

UNNEVEHR ,Laurian J. a, Jensen, Helen H . The economic implications of using HACCP as a food safety regulatory standard . www.elsevier.com . ***Food Policy*** 24, 625, 1999

URBAIN, W.M. Food Irradiation. London, 1986.

USDA United States Department of Agriculture, Food Safety and Inspection Service, ***Guidebook for the Preparation of HACCP Plans and the Generic HACCP Models***, Federal Register / Rules regulations – HACCP-8, Washington, 51, May 1999

USDA United States Department of Agriculture, Food Safety and Inspection Service, Irradiation of meat and poultry products, Washington, Fev. 2000. Disponível em: <http://www.usda.gov/>Acesso em agosto 2001.

USDA United States Department of Agriculture, Food Safety and Inspection Service. Performance Standards for the Production of Processed Meat and Poultry Products, ***Proposed Rule. Federal Register***, 66(39), 12589–12636. 2001.

USDA United States Department of Agriculture, Food Safety and Inspection Service. ***E. coli O157:H7 contamination of beef products***. 9 CFR Part 417. Federal Register, 67(198), 7 October, 62325–62334. 2002.

VILLAVICENCIO, A. L. C. H. Avaliação dos efeitos da radiação ionizante de 60 Co em propriedades físicas, químicas e nutricionais dos feijões Phaseolus vulgaris L. e Vigna unguiculata (L.) Walp. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

VILLAVICENCIO,A. L.C.H.; MANCINI-FILHO,J.; DELINCÉE,H.; BOGNAR,A. . Effect of gamma irradiation on the thiamine, riboflavin and vitamin B6 content in two varieties of Brazilian beans. ***Radiation Physics and Chemistry*** 57, 299-303, 2000.

VISHWANATHAN, P., & KAUR, R. Prevalence and growth of pathogens on salad vegetables, fruits and sprouts. ***Int. J. of Hygiene and Envir. Health***, 203, 205–213, 2001.

WHITING, R.C.; Buchanan, R.L. Development of a quantitative risk assessment model for Salmonella enteritidis in pasteurised liquid eggs. ***Int. J. Food Microbiol.*** 36, 111-125, 1997.

WHO. Surveillance Programme. Sixth report of WHO surveillance programme for control of foodborne infections and intoxications in Europe. FAO/WHO Collaborating Centre for Research and Training in Food Hygiene and Zoonoses, Berlin, 1995

WHO, (U.S. Department of Health and Human Services, 1997). Referencia: WHO World Health Organization. Safety and Nutritional Adequacy of Irradiated Food, Geneva, Switzerland, 1994.

WHO. Food irradiation: a technique for preseving the safety of food. Geneva, 1998.WHO. Surface decontamination of fruit and vegetables eaten raw. ***a review. WHO Unpublished Document*** WHO/ FSF/ FOS 2, 1998.

WHO. "High-dose irradiation: wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy", TECHINICAL REPORTS SERIES 890,Geneva, 1999.

WHO. World Health Report. WHO Unpublished Document WHO, Geneva ,1997

WHO. Safety and nutritional adequacy of irradiated food, Geneva, p. 1-17, 1994.

WIENDL, F. M. 1997. ***Irradiação de alimentos.*** Biologico, 59 (1), 75-76, 1996.

WWINGOLD, S., GUZEWICH, J., and FUDALA, J. Use of Foodborne Disease Data for HACCP RiskAssessment. ***J. of Food Protection.*** 57 (9), 820-830. 1994.

ZHONGPING,Y. et al. Use of antimicrobial spray applied with na inside-outside birdwasher to reduce bacterial contamination on prechilied chicken carcasses. ***J. of Food Protection.*** 61 (7), 829-832, 1998.

YOUNG, F. E. & BOWEN, O.R. Irradiation in the production, processing and handling of food: final rule. ***Federal Register***, 51, 13376-13399, 1986.