

81
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"EMPLEO DE LA IRRADIACION PARA
GARANTIZAR LA CALIDAD HIGIENICA
DE LOS ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL"

Trabajo Monográfico de Actualización

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

QUIMICO FARMACEUTICO BILOGO

P R E S E N T A :

PERLA CARMINA LUNA CARBAJAL



TEXAS CON
FALLA DE ORIGEN

1991



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	INTRODUCCION.....	1
1.	PAPEL DE LAS BACTERIAS Y PARASITOS EN LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR LOS ALIMENTOS (ETA S).....	5
1.1.	INCIDENCIA.....	5
1.2.	ETIOLOGIA.....	7
1.2.1.	SALMONELLA.....	7
1.2.2.	CAMPYLOBACTER.....	10
1.2.3.	LYSTERIA MONOCYTOGENES.....	11
1.2.4.	ESCHERICHIA COLI.....	11
1.2.5.	STAPHYLOCCOCUS AUREUS.....	12
1.2.6.	SHIGUELLA.....	13
1.2.7.	YERSINIA ENTEROCOLITICA.....	13
1.2.8.	BACILLUS CEREUS.....	14
1.2.9.	CLOSTRIDIUM (PERFRIGENS..... Y BOTULINUM) ..	14 15
1.2.10.	VIBRIO (PARAHEMOLITICUS,..... CHOLERA Y VULNIFICANS).....	16 16
1.2.11.	PARASITOS TRANSMITIDOS POR LOS ALIMENTOS.....	17
A.	TRIQUINOSIS.....	17
B.	TAENIASIS.....	18
C.	TOXOPLASMOSIS.....	20
D.	ANISAKIASIS.....	20
E.	OPISTHARCHIS O CHLORIORCHIS SINENSIS.....	20
2.	UTILIDAD DE LA RADIACION EN LA CALIDAD HIGIENICA DE LOS ALIMENTOS.....	21
2.1.	EFFECTOS DE LA RADIACION IONIZANTE.....	22
2.2.	APLICACION Y UTILIDAD DE LA RADIACION IONIZANTE.....	23
2.2.1.	COMERCIALIZACION.....	23
2.2.2.	REGLAMENTACION.....	23
2.2.3.	UTILIDAD DE LA RADIACION IONIZANTE EN CARNE DE POLLO.....	24

2.2.4.	UTILIDAD DE LA RADIACION IONIZANTE EN CARNES ROJAS.....	28
3.	PROCESO DE IRRADIACION.....	31
3.1.	BREVE HISTORIA.....	31
3.2.	PROCESO DE IRRADIACION.....	35
3.3.	FUENTES RADIOACTIVAS.....	37
3.3.1.	COBALTO - 60.....	37
3.3.2.	CESIO - 137.....	38
3.3.3.	IRRADIADOR - FUENTE.....	39
3.4.	ELECTRONES.....	40
3.5.	RAYOS X.....	40
3.6.	PROPIEDADES FISICAS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES (GAMMA, RAYOS X Y ELECTRONES).....	41
3.6.1.	INTERACCION DE LA RADIACION ELECTROMAGNETICA CON LA MATERIA.....	41
A.	EFFECTO FOTOELECTRICO.....	42
B.	EFFECTO COMPTON.....	42
C.	PRODUCCION DE PARES.....	42
3.6.2.	PENETRACION DE LA RADIACION ELECTROMAGNETICA.....	43
3.6.3.	INTERACCION DE LOS ELECTRONES CON LA MATERIA.....	43
A.	IONIZACION.....	44
B.	EXCITACION.....	44
3.6.4.	PENETRACION DE LOS ELECTRONES.....	44
3.6.5.	PENETRACION DE LOS RAYOS X.....	45
3.7.	CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE IRRADIACION.....	45
3.7.1.	DOSIMETRIA.....	45
3.7.1.1.	TIPOS DE DOSIMETROS.....	47
A.	DOSIMETRO PRIMARIO.....	47
B.	DOSIEMTRO SECUNDARIO.....	47
B.1.	DOSIMETRO DE REFERENCIA.....	47
B.2.	DOSIMETRO DE RUTINA.....	48
3.7.2.	DISTRIBUCION DE DOSIS.....	48
3.8.	EFFECTOS QUIMICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES.....	49

A.	PROCESO PRIMARIO.....	50
B.	PROCESO SECUNDARIO.....	50
3.8.1.	EFFECTO DE LA RADIACION EN AGUA.....	51
3.8.3.	INFLUENCIA DEL OXIGENO.....	54
3.8.3.	INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA.....	55
3.9.	EFFECTOS BIOLOGICOS DE LA RADIACION IONIZANTE.....	55
A.	EFFECTO DIRECTO.....	56
B.	EFFECTO INDIRECTO.....	57
3.9.1.	SENSIBILIDAD A LA RADIACION.....	57
4.	COMESTIBILIDAD.....	60
4.1.	SEGURIDAD RADIOLOGICA.....	61
4.2.	SEGURIDAD TOXICOLOGICA.....	63
4.3.	CALIDAD NUTRICIONAL.....	73
4.3.1.	CARBOHIDRATOS.....	74
4.3.2.	LIPIDOS.....	75
4.3.3.	PROTEINAS Y AMINOACIDOS.....	75
4.3.4.	VITAMINAS.....	76
4.4.	SEGURIDAD MICROBIOLOGICA.....	77
4.4.1.	ESTUDIOS DE MUTAGENICIDAD.....	80
4.4.2.	CAMBIOS TAXONOMICOS Y CARACTERISTICAS RELEVANTES.....	81
5.	TECNOLOGIA DEL PROCESAMIENTO DE IRRADIACION PARA ASEGURAR LA CALIDAD HIGIENICA DE LOS ALIMENTOS.....	83
5.1.	RADURIZACION.....	84
5.2.	RADICIDACION.....	85
5.3.	RADAPPERTIZACION.....	85
5.4.	TECNOLOGIA DE IRRADIACION DE CARNICOS (POLLO, PUERCO Y RES).....	86
5.4.1.	TRATAMIENTO PRE IRRADIACION.....	86
5.4.2.	EMPAcado.....	87
5.4.3.	TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO PRE IRRADIACION.....	87
5.4.4.	IRRADIACION.....	87
5.4.4.1.	IRRADIADORES.....	88
5.4.4.2.	IRRADIACION DE CAJAS CON RADIACION GAMMA.....	88

A.	TIPO CONTENEDOR DE CAJAS.....	88
B.	TIPO ACARREADOR.....	88
C.	TIPO ESTIBAS.....	89
5.4.4.3.	IRRADIACION DE CAJAS CON HACES DE ELECTRONES.....	89
A.	CARNE DE POLLO DESHUESADA Y EMPACADA.....	89
B.	CARNE DE POLLO REFRIGERADA Y EMPACADA.....	89
5.4.4.4.	CONCEPTO BASICO DE UNA PLANTA DE IRRADIACION PARA CARNE DE PUERCO EN CANAL.....	90
5.4.5.	PRODUCTO FINAL.....	90
5.5.	COSTOS DE IRRADIACION.....	91
5.5.1.	COSTO - BENEFICIO DEL PROCESO DE IRRADIACION.....	92
6.	EFICACIA DEL PROCESO DE IRRADIACION COMPARATIVAMENTE A OTRAS TECNOLOGIAS.....	93
6.1.	OTROS PROCESOS.....	93
6.2.	VENTAJAS DE LA RADIACION IONIZANTE SOBRE OTROS PROCESOS.....	95
6.3.	ENERGIA UTILIZADA EN LOS PROCESOS DE CONSERVACION.....	96
6.4.	COMPARACION COSTO - BENEFICIO DE ALGUNOS METODOS DE HIGIENE DE CARNICOS.....	97
7.	BIBLIOGRAFIA.....	98
	TABLAS Y GRAFICAS.....	116

INTRODUCCION

La incidencia de enfermedades que se transmiten a través de los alimentos contaminados a nivel mundial es alto, las implicaciones de salud y productividad económica se ven afectadas notablemente; ésto no solo sucede en países subdesarrollados donde la gravedad es severa, aún en países altamente industrializados en que se siguen las más estrictas normas de seguridad higiénica también se presenta esta situación.

En México las enfermedades de origen alimentario, se encuentran entre las primeras causas de morbi-mortalidad.

El incremento y la frecuencia de las infecciones e intoxicaciones producidas por los alimentos se deben tanto a factores técnicos como sociales que son muy propios de cada país.

Estudios epidemiológicos han demostrado que la ingestión de alimentos de origen animal, constituye la causa principal en un 80 % a 90 % de los casos; los principales agentes etiológicos que causan estas enfermedades son de origen bacteriano y parasitario. La *Salmonella* es el agente causal más importante que produce enfermedades cuyos vehículos principales son los alimentos, su incidencia se ha incrementado significativamente durante los últimos 30 años; el pollo, la carne de puerco y de res son los principales agentes intermediarios de infección.

En orden de incidencia, el *Campylobacter* ocupa el segundo lugar, esta bacteria también produce serios problemas en individuos que consumen alimentos contaminados. En muchos países su incidencia supera a la salmonelosis. Otras bacterias como *Listeria Monocitógenes*, *Escherichia Coli* O157:H7; *Staphylococcos Aureus*, *Shigella*, *Yersinia Enterocolítica* *Bacillus Cereus*, *Clostridium Perfringens* *Vibrio* (*Parahemolitycus* y *Cholera*) son también responsables de muchas infecciones de relación alimentaria, aunque de menor importancia.

Otros organismos que causan enfermedades que involucran los alimentos, no tan inmediatos como las que son producidas por las bacterias, son los parásitos; cerca de 100 especies de éstos pueden transmitirse vía alimentos infectados, sin embargo solo cinco de éstos están bien identificados y presentan un riesgo aún

mayor que las enfermedades producidas por bacterias; según expertos de la Organización Mundial de la Salud, las enfermedades son Triquinosis, Teniasis, Toxoplasmosis, enfermedades como Anisakiasis y Opisthorchis solo se presentan en la región Asiática.

Todas estas enfermedades que involucran alimentos pueden disminuir si se aplican las correctas prácticas de manufactura, en todas las etapas de la cadena de producción, manipulación, procesamiento y distribución alimenticia, sin embargo en alimentos crudos es difícil de contar con un proceso que elimine o inactive las bacterias y parásitos que causan enfermedades, sin que se afecten sus cualidades organolépticas.

Los tratamientos tradicionales como el térmico, adición de sustancias químicas, curado, ahumado, deshidratado, cocinado, asado, congelado y otros, son utilizados; sin embargo muchos microorganismos patógenos resisten a estos tratamientos.

La alternativa de proceso para conservar la calidad de los alimentos crudos, es el uso de la irradiación, este método tiene aplicaciones que otras tecnologías no pueden brindar.

Las posibilidades de aplicar las radiaciones ionizantes en los alimentos, se basan principalmente en el hecho de que éstas inhiben eficazmente la síntesis de DNA, de manera que reduce la división celular de microorganismos e insectos indeseables en los alimentos. Aplicando la dosis correcta se logra la reducción bacteriana y se mantiene la calidad del producto, por consiguiente se puede impedir la reproducción de los microorganismos, gametos de insectos y meristemas de las plantas, logrando así prolongar la estabilidad del producto tratado.

La calidad higiénica de los productos cárnicos como pollo, carne de puerco, res y otros en forma cruda se mantiene, aplicándoles dosis de radiación muy por debajo de 10 KGy, que es la dosis máxima permitida por el Codex Alimentarius.

El control bacteriano en los productos cárnicos se logra a dosis de radiación entre 2 a 7 KGy y el control parasitario de protozoos y helmintos con dosis de 4 a 6 KGy, es suficiente para producir su muerte.

Actualmente a nivel mundial, 6 países utilizan el proceso industrialmente para tratar cárnicos; con lo que respecta a legislación 37 países han aprobado el uso del proceso de irradiación de alimentos de los cuales 16 legislaciones incluyen productos de origen animal.

La aplicación industrial está apoyada en 40 años de investigación sobre alimentos irradiados; todo tipo de estudios se realizaron para comprobar la comestibilidad o inocuidad de estos productos. En 1980 un comité de expertos integrado por científicos de la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), Organismo Mundial de la Salud (OMS) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) recomendaron utilizar el proceso de irradiación a dosis de hasta 10 KGy; esta dosis fue elegida de acuerdo a los estudios que antecedieron a esta reunión cumbre.

El proceso de irradiación para la conservación de los alimentos es un método físico comparable con el calor o la refrigeración, el proceso consiste en exponer los productos a granel o empacados a la radiación gamma proveniente de los radioisótopos Cobalto-60 que es el más utilizado o bien de Cesio-137 o electrones acelerados o rayos x, obtenidos de una máquina eléctrica denominada acelerador. Los alimentos se exponen a esta forma de energía durante un tiempo determinado y en instalaciones denominadas irradiadores.

A nivel industrial, el proceso de irradiación requiere de un control bien establecido para lograr una buena calidad del producto. Esto se lleva a cabo mediante la dosimetría, es decir un sistema de medición que nos asegura que la cantidad de energía que recibe el alimento es la correcta.

En este trabajo se analizaran los beneficios que presenta el proceso de irradiación en la conservación de productos cárnicos, como el pollo, carne res y carne de puerco, las implicaciones que trae consigo en cuestiones de salud y económicas.

Se presenta el proceso de irradiación; sus efectos, el control que debe llevarse en la planta para asegurar la calidad higiénica, el costo, diferentes opciones de irradiadores a nivel

industrial, sus ventajas sobre otros procesos, así como sus beneficios a nivel social.

Con lo que respecta a comestibilidad o inocuidad de los alimentos irradiados se presentan los principales estudios que se llevaron a cabo para probar que un alimento irradiado es seguro, no tóxico, no implica riesgos de tipo microbiano; es de óptima calidad nutricional y al exponerlo a este tipo de radiaciones no tiene residuos radiactivos y no induce radiactividad, en una palabra, el alimento es inocuo.

1. PAPEL DE LAS BACTERIAS Y PARASITOS EN LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR LOS ALIMENTOS.

Las enfermedades de origen alimentario causadas por agentes biológicos, es uno de los problemas de salud pública que actualmente la humanidad enfrenta.

1.1 INCIDENCIA

El informe del comité conjunto de expertos de la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO)/ Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1984, sobre la seguridad de los alimentos estableció que las enfermedades debidas a alimentos contaminados, es quizá el problema más ampliamente diseminado en el mundo contemporáneo y causa importante de una reducida productividad económica (WHO 1984)

La Oficina Europea de la OMS, informó que durante el período 1986-1989, la frecuencia de las enfermedades transmitidas por los alimentos fue la segunda causa de la morbilidad en Europa precedida de las enfermedades respiratorias (EURO/WHO 1984).

En E.U.A. se estimó que se producen más de 81 millones de casos de enfermedades debidas a contaminación bacteriana con alimentos y que éste tiene un costo anual de 17 millones de dólares en atención médica y disminución de productividad, mientras que en América Latina donde la situación es más grave, se producen 350 millones de casos de diarrea por año (Monckeberg 1990).

En la mayoría de los países de la región Latinoamericana y del Caribe, la enteritis y otras enfermedades diarreicas se encuentran entre las cinco primeras causas de mortalidad y se reconoce que los alimentos contaminados son causa de una alta proporción de incidentes diarreicos (Michanie et al 1987).

En nuestro país las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETAs) son las primeras causas de morbi-mortalidad

(Vigilancia Sanitaria S.S. 1989; Anuarios de Información Epidemiológica de México 1989, 1990), como se podrá observar en la tabla 1, éstas se encuentran dentro de las 20 primeras enfermedades.

Esta situación es grave, informes de varios países industrializados indican que el porcentaje de las enfermedades transmitidas por los alimentos, esta aumentando, en lugar de disminuir, (GCIIA 1989, Bryan 1980, Roberts 1982, Todd 1983), este fenomeno se aprecia en las figuras 1, 2, 3, 4 y 5.

En México ocurre una situación similar, las enfermedades gastrointestinales aumentan con el tiempo, como se podrá observar en las figuras 6, 7, 8, 9 y 10. La Dirección General de Epidemiología reporta datos de morbilidad de las enfermedades de origen bacteriano que se transmiten por alimentos, del año 1978 a 1989, (ver tabla II); con lo que respecta a enfermedades causadas por parásitos, solo se cuentan con datos de 1988 y 1989, sin embargo se sabe que las enfermedades causadas por parásitos ocupan altos valores de incidencia.

El incremento y la frecuencia de las infecciones e intoxicaciones producidas por los alimentos, se deben a factores técnicos, que son muy propios de cada país (Kaupert 1989).

Analizando una serie de estudios retrospectivos sobre la epidemiología de las enfermedades transmitidas por los alimentos, (Bryan 1980, Roberts 1982, Todd 1983). Se determinó que los factores que con mas frecuencia contribuyen a los brotes, se resumen en la tabla III.

Por otro lado factores sociales que se presentan a través del tiempo (Kampelmacher 1989), como es el caso de los cambios de hábitos alimenticios de la población autóctona bajo la influencia de nuevos grupos étnicos inmigrantes, la migración de millones de gentes (turistas, trabajadores, refugiados inmigrantes etc), dando lugar a importación de patógenos entéricos humanos, cría en masa y engorda de animales a partir de la segunda guerra mundial, hasta el más pequeño incremento de la población de microorganismos, tiene como resultado, un riesgo potencial en cuanto a la contaminación patógena de los alimentos

1.2 ETIOLOGIA

En la actualidad es difícil contar con datos estadísticos de la ocurrencia de las enfermedades transmitidas por los alimentos, muchos casos no son declarados, ésto sucede incluso en países industrializados, a pesar de este marcado grado de falta de declaración de las enfermedades alimentarias de etiología microbiana; su patogénesis ha sido completamente dilucidada en investigaciones epidemiológicas retrospectivas, (Mossel 1985, Bryan 1980, Foster 1989, Roberts 1982, Todd 1983, Curtin 1989), estableciendo que los principales agentes etiológicos de origen microbiano son: *Salmonella spp*, *Campylobacter spp*, *Escherichia Coli O157: H7*, *Listeria Monocitógenas*, *Yersinia Enterocolítica*, *Mohos* y *Levaduras*.

Los agentes etiológicos parásitarios como *Triquinella Spiralis*, *Taenia Solium*, *Taenia Saginata* y *Toxoplasma Gondii* son los más comunes que se encuentran en los alimentos de origen animal y forman parte obligatoria de su ciclo de vida (Quevedo y Thakur 1980).

Estudios epidemiológicos han demostrado que la ingestión de alimentos de origen animal contaminados constituye la causa principal en un 80 a un 90 % aproximadamente de los casos (Mossel 1985, Bryan 1980, Todd 1983).

En la tabla IV se presenta la relación de los productos alimenticios de origen animal y los agentes patógenos aislados de éstos (GCIIA 1989, Lasta 1989, Bryan 1980, Genigeorgis 1986).

1.2.1 SALMONELLA

La *Salmonella* es el agente causal más importante que produce enfermedades transmitidas por los alimentos, en países desarrollados y en vías de desarrollo, la incidencia de la salmonelosis en el ser humano se ha incrementado significativamente durante los últimos 30 años (WHO/EHE/FOS/87.2). En E.U.A. aproximadamente 25,000 casos se

reportan oficialmente cada año, mientras el número total de casos actuales se estima alrededor de un millón, involucrando 2,000 casos de muerte, el costo social anual de la salmonelosis, en ese país en el año de 1985 osciló entre 673 a 1205 millones de dólares americanos y el costo por caso fue de 350 a 600 dólares americanos (Curtin 1989).

En México la incidencia de la salmonelosis se incrementó notablemente a partir de 1985 hasta la fecha, en la gráfica 7 se puede observar este fenómeno. En el año 1989 se reportaron 93,711 casos por cada 100,000 habitantes en la República Mexicana (Anuarios de Información Epidemiológica 1988, 1989).

Revisando los datos de varios países se puede concluir que el pollo y las carnes rojas juegan un papel importante, quizás los principales vehículos de *Salmonella* (Kampelmacher 1980, Genigeorgis 1986, GCIIA 1987, Tood 1980, Shane 1990), como se muestra en la figura 11 en la cual se hace un análisis de incidencia de *Salmonella* en los productos alimentos.

La contaminación de esta bacteria en los animales para consumo humano, es a través de sus dietas alimenticias, los alimentos balanceados para pollos y otros animales, están contaminados por otros microorganismos e insectos (Ito 1981, Lapidot 1978, Figuer 1989). Esto trae como consecuencia un gran número de portadores de *Salmonella*, tanto humanos que consumen la carne, así como los animales que comen estas dietas y los animales mismos. A este tipo de contaminación se le conoce como fuente primaria de infección en animales (Lapidot 1978).

Esta fuente primaria es sumamente peligrosa, cuando el animal ha sido sacrificado, los alimentos que son consumidos crudos o insuficientemente cocidos procedentes de esta fuente, pueden ser consumidos en forma de bisteces, hamburguesas, salchichas de puerco fresco, trayendo como consecuencia un riesgo a la salud. (Kampelmacher 1989).

Además de los vehículos como pollo y cárnicos que traen consigo la *Salmonella*, se ha descubierto que algunos animales domésticos son también portadores como en el caso de los caballos, gatos, toros y en animales de sangre fría como

tortugas, lagartos, víboras y algunos insectos (Figuer 1989).

Estudios epidemiológicos han demostrado que debido a la presencia de *Salmonella* en muchos alimentos, existe la contaminación secundaria o cruzada, esto sucede durante la producción, procesamiento y preparación culinaria; los utensilios de cocina y manos de los trabajadores que colaboran en la faenas diarias relacionadas con la manipulación de pollo y carnes, juegan un papel importante en la contaminación cruzada y contribuyen a la diseminación de esta bacteria entérica, particularmente en los alimentos ya cocidos que están listos para consumirse como pollo, cárnicos y sus productos (Doyle 1981, Tood 1980).

Otra fuente de contaminación son las aguas superficiales, los canales de irrigación y los ríos que a menudo están contaminados con *Salmonella* y pueden producir proliferación de crustáceos y peces. Se reconocen 2,200 serovariedades o serotipos diferentes de *Salmonella* que se han encontrado en hombre, animales y medio ambiente (Figuer 1989).

Los cuadros clínicos producidos por la *Salmonella* son:

- fiebre entérica comúnmente conocida como tifoidea.
- intoxicación alimentaria, en ambos casos la bacteria entra al organismo por vía oral. La fiebre tifoidea es producida por una de las especies denominada *S. Tiphí* pero otras *Salmonellas* son capaces de producir el mismo síndrome. Dentro de este cuadro, se distingue la *S. Tiphí* y *S. Paratiphí*. La primera tiene un período de incubación más corto, incluso se puede sugerir una intoxicación alimentaria. La intoxicación alimentaria se caracteriza por una gastroenteritis aguda y el germen entra a través del agua o alimentos contaminados, el período de incubación es de 8 a 48 horas y la enfermedad dura de 1 a 7 días. La principal fuente de contaminación de este tipo de salmonelosis, está en los alimentos de origen animal como carne de vacuno, carne de cerdo, cecinas, pollo, pavo, leche cruda, huevos y helados, es importante mencionar que las salmonellas son capaces de permanecer por largos períodos de tiempo en los alimentos congelados (Monckeberg 1990, Figuer 1989, OMS 1987).

1.2.2 CAMPYLOBACTER

En años recientes la campylobacteriosis ha sido reconocida como una causa importante de enfermedades diarreicas y en los últimos años se ha incrementado notablemente esta enfermedad en países como E.U.A., Inglaterra y en Holanda (Kampelmacher 1989, OMS 1987, Doyle 1981 Walder 1982, Oosterom 1983).

Estas enfermedades se transmiten frecuentemente de los animales al hombre por alimentos de origen animal contaminados, además debe incluirse la posibilidad de transmisión entre humanos (Lasta 1989).

En numerosas publicaciones relacionadas con la enteritis en el hombre, indican que esta enfermedad es causada por *Campylobacter fetus* subespecie *Jejuni* y se ha encontrado en pollo, carne, almejas y leche (Doyle 1981, Oosterom 1983).

En E.U.A. se considera a la carne de pollo como la responsable del 12 % de transmisión de *Salmonella* y 50% de *Campylobacter*. En Inglaterra la incidencia de *Campylobacter* en las enfermedades transmitidas por alimentos es mayor que las que pueden producirse con *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia Enterocolitica*, en la tabla V se puede observar esta situación (Walder 1982).

En nuestro país no hay información epidemiológica concreta, la Dirección de Epidemiología solo reporta incidencia de otras infecciones intestinales y mal definidas, el índice de esta incidencia es muy alto, esto se puede observar en la tabla II (Información Dirección General de Epidemiología 1988 - 1989).

La manifestación clínica de la campylobacteriasis se resume de la siguiente manera; 35 % de los pacientes sufren de diarreas que frecuentemente se manifiestan en forma líquida, agua fiebre, cólicos abdominales, malestar general, dolor de cabeza y confusión (Doyle 1981, Walder 1982).

Investigaciones basadas sobre la prevalecencia de la campylobacteriasis realizadas en E.U.A., se presume que 2.1 millones de casos ocurren anualmente. Se estima que el rango de

severidad ocurre entre 60,000 -170,000, incluyendo 2,000 muertes por año y que el costo social de esta enfermedad es del rango de 7 a 14 millones de dólares.(Curtin 1989).

1.2.3 LISTERIA MONOCYTOGENES

La listeriosis es la enfermedad causada por la bacteria *Listeria Monocytógenes*, cuyo principal mecanismo de transmisión al humano es por la ingestión de alimentos contaminados (Michanie 1988, Cox 1989, Jacob 1990).

Este microorganismo tiene la habilidad de multiplicarse a bajas temperaturas como en leche, quesos, carnes (especialmente en estado crudo); aves de corral y sus derivados, hortalizas y verduras, pescados y mariscos (Monckenberg 1990; Cox 1989; Jacob 1990).

Esta enfermedad es poco frecuente y se manifiesta por un episodio agudo de fiebre en los individuos susceptibles (Jacob 1990). En cambio la enfermedad es más grave en mujeres embarazadas, recién nacidos y personas con trastornos del sistema inmunitario, la manifestación en este tipo de personas es a través de una meningitis; en mujeres embarazadas ocurre aborto y septicemia perinatal. En ausencia de tratamiento sobreviene la muerte (Michanie 1988, Cox 1989).

En un estudio de 280 casos de meningitis neonatal en Holanda de 1976-1982 se encontró que 4.3 % de estos casos se debieron a *L. Monocytógenes*, 47 % a *E. Coli* y 10.7 % a otras bacterias (Cox 1989).

1.2.4. ESCHERICHIA COLI

Otro organismo que recientemente ha sido reconocido como patógeno de enfermedades transmitidas por los alimentos es la *Escherichia Coli* 0157:H7 (OMS 1987, Foster 1989).

Este microorganismo fue descubierto en 1982 en comidas rápidas y en clínicas de reposo, escuelas y otras instituciones.

Este organismo produjo un severo tipo de colitis hemorrágica (sangrado abundante y diarrea con agua) algunas veces seguida de síndrome urémico hemolítico, dañando seriamente al riñón y coma. algunas veces ocurre la muerte, esto se presenta en niños pequeños.

La mayor fuente de contaminación es a través de heces de seres humanos contaminados y de las aguas. Los alimentos de origen animal se contaminan en los mataderos. La carne impropriamente cocida de pollo y vacuno han sido los responsables de los brotes de estas enfermedades (Foster 1989, OMS 1987).

1.2.5. ESTAPHYLOCOCCUS AUREUS

Estadísticas internacionales reconocen a la intoxicación estafilococcica como uno de los tipos más comunes de las enfermedades transmitidas por los alimentos (Genigeorgis 1986).

Este microorganismo se desarrolla en alimentos que contienen un alto contenido de sal y una de sus principales características es la de producir toxinas (OMS 1987). La carne y sus productos cárnicos, pescados, leche, crema, salsa y ensalada son los alimentos implicados (Monckenberg 1990, Genigeorgis 1986).

Datos epidemiológicos indican que la cocción impropia de los alimentos preparados a diario para servirse al otro día en forma recalentada, así como una impropia manipulación de los alimentos por el personal que labora en la preparación de los mismos, son los factores que contribuyen a que frecuentemente se produzcan brotes de envenenamiento por *Estaphylococcus* en los alimentos (Genigeorgis 1986).

Esta bacteria probablemente es el principal causante de diarreas por contaminación de alimentos, pero no existen estadísticas confiables, ya que el cuadro clínico que presenta se puede confundir con muchas otras causas de diarrea (Monckenberg

1990), el período de incubación es breve y los síntomas aparecen después de 6 horas de consumir el alimento, el cuadro clínico consiste en náuseas, vómitos, dolores abdominales, debilidad, deshidratación y temperatura inferior a la normal. Los síntomas son de escasa duración, en general menos de 1 o 2 días (Jacob 1990).

1.2.6. SHIGUELLA

Esta bacteria produce shigellosis o disentería bacilar, su habitat natural es el intestino del hombre, los principales afectados son niños pequeños y ancianos quienes presentan mayor susceptibilidad. La enfermedad tiene un período de incubación de 1 a 7 días y se caracteriza por diarrea, dolor abdominal, fiebre y vómito, la transmisión generalmente es de persona a persona por vía fecal - oral, siendo menos frecuente la contaminación en alimentos, las manos contaminadas de los manipuladores de alimentos, pueden transmitir esta bacteria a éstos. Los principales alimentos contaminados son ensaladas y los mariscos que se contaminan de persona a persona (Monckenberg 1990. Jacob 1990).

1.2.7. YERSINIA ENTEROCOLITICA

Este organismo adquirió importancia en el período 1975 -1985 debido a su marcada incidencia en enfermedades gastrointestinales producidas por ingerir leche en E.U.A. (Foster 1982), esta bacteria no es muy frecuente en las infecciones de los seres humanos, pero cuando entra al organismo produce graves síntomas de enterocolitis, la población más afectada es la infantil (Monckenberg 1990). Esta bacteria se encuentra en el tracto intestinal y heces de animales domésticos, alimentos

crudos de origen animal (Frade 1989), el reservóio más frecuente ha sido el cerdo, especialmente en su forma más virulenta (Monckenberg 1990) también se ha encontrado en aguas no cloradas como ríos, corrientes y lagos, esta bacteria es capaz de desarrollarse a temperaturas de refrigeración (Frade 1989).

1.2.8. BACILLUS CEREUS

Este microorganismo causa grandes problemas por la habilidad que tiene para sobrevivir indefinidamente por medio de sus esporas, además produce toxinas (Frade 1989). Los lugares donde se ha encontrado a esta bacteria con relativa frecuencia es en restaurantes y establecimientos en donde se sirven platillos de comida china (Bryan 1980), o bien en lugares donde la comida es hervida un día antes de servirse y se mantiene a temperatura ambiente durante 24 horas o más; cuando la comida es recalentada nuevamente, las esporas de *Bacillus Cereus* resisten a este tratamiento, inclusive bacterias vegetativas (Frade 1989).

Esta bacteria causa deterioros en productos lácteos, cereales como arroz, carne contaminada, productos de volatería y salsas de harina de maíz (Frade 1989, OMS 1987, Jacob 1990) algunas esporas pueden sobrevivir al tratamiento culinario y germinar en bacilos que produzcan las toxinas, cuando éstas están en el intestino humano. La manifestación de esta bacteria es rápida de 2 a 4 horas, los síntomas pueden ser de dos tipos; los leves pueden producir diarrea escasa, náuseas y vómitos, o bien la infección clásica se manifiesta de 6 a 16 horas donde ocurre diarrea aguda y vómitos (Jacob 1990, Frade 1989).

1.2.9. CLOSTRIDIUM PERFRINGENS Y BOTULINUM

CLOSTRIDIUM PERFRINGENS

Esta bacteria produce infecciones tóxicas producidas por alimentos que se reportan desde 1895 a la fecha. La

incidencia de *Cl. Perfringens* como responsable de la gastroenteritis intestinal de origen bacteriano ocupa el tercer lugar, siendo superado por *Staphylococcus Aureus* y *Salmonella* (Todd 1983, Frade 1989). Esta bacteria se encuentra frecuentemente en caracaras de animales como pollo, vacuno, cerdo, inclusive en alimentos deshidratados (Bryan 1989, Jacob 1990).

El *Cl. Perfringens* es una bacteria anaerobia, que puede tolerar una pequeña cantidad de oxígeno, forma esporas, éstas pueden soportar el calor y la deshidratación y pueden sobrevivir durante mucho tiempo en estado latente, en alimentos, suelo y polvo (Jacob 1990). La enfermedad se produce como consecuencia de la ingestión de alimentos contaminados con esta bacteria (Bryan 1990, Jacob 1990).

La enfermedad es consecuencia de una toxina que se produce cuando la bacteria adopta su forma esporulada en el intestino delgado. Los síntomas aparecen de 9 a 22 horas después de ingerir el alimento, se presentan dolores abdominales, contracciones y diarrea, los vómitos son raros. La epidemiología de la gastroenteritis debida a *Cl. Perfringens* destaca su relación con comidas colectivas y con platillos hechos a base de carne. cuando los alimentos congelados son recalentados, el calor puede activar la germinación de las esporas bacterianas y los gormenes podran multiplicarse activa y rápidamente. El enfriamiento lento es uno de los factores que fácilmente provocara la enfermedad (Bryan 1980, Jacob 1990, Frade 1989).

CLOSTRIDIUM BOTULINUM

Bacteria anaerobia, en su forma resistente se encuentra en forma esporulada, se encuentra en el suelo y en hortalizas, produce una de las sustancias mas tóxicas conocidas por el hombre.

Esta bacteria es absorbida en el intestino y se une irreversiblemente a las terminaciones nerviosas, los síntomas

tardan en aparecer, se manifiestan de 12 a 72 horas. después de haber ingerido el alimento contaminado, los síntomas que se manifiestan son náuseas, vómitos, fatiga, dolor de cabeza, sequedad en la piel y mucosas, parálisis muscular, doble visión y dificultad respiratoria. La enfermedad dura de 1 a 10 días y la mortalidad es de aproximadamente 10 %, la afección es denominada botulismo.

Las esporas son resistentes al calor y esta bacteria es la mayor preocupación de los fabricantes de conservas donde implica baja acidez; debido a que esta bacteria es anaerobia y esporulada, en los procesos de enlatado se consideran como un parámetro fundamental de esterilización. La mayor frecuencia de problemas de botulismo se da en la producción de conservas donde el tratamiento térmico es insuficiente (Monckeberg 1990).

1.2.10. VIBRIO (PARAHEMOLITICUS, CHOLERA Y VULNIFICANS)

Estos microorganismos son la causa principal de enfermedades transmitidas por alimentos de origen marino, estadísticas internacionales reportan víctimas en Japón y sureste de Asia (Kampelmacher 1989, Monckenberg 1990, OMS 1987, Frade 1989), en productos marinos originarios del golfo de México se detectó *Vibrio Cholera* (Foster 1989). En este año, en Perú se registra una epidemia producida por *V.Cholera*, con más de 600,000 afectados y 500 muertos, cuya vía de entrada de esta bacteria fueron productos del mar. (Periódico Excelsior 1991).

El *V.Cholera* produce una toxina que se manifiesta por una grave diarrea con pérdida de agua y deshidratación, si no se trata esta enfermedad se llega hasta la muerte de quienes la padecen (Monckenberg 1990).

VIBRIO PARAHEMOLITICUS

Esta bacteria es la responsable de epidemias gastrointestinales, fiebre y diarrea, la enfermedad no es grave y se cura por si sola, también se han descrito casos fatales

(Monckenberg 1990).

VIBRIO VULNIFICANS

Esta bacteria se asocia con infecciones de heridas que terminan con una septicemia, que tiene una mortalidad muy alta (Monckenberg 1990).

Los *vibrios* sobreviven a temperaturas de 10 grados centígrados o menos, su reproducción es lenta, mientras que a temperatura ambiente la reproducción es alta.

1.2.11. PARASITOS TRANSMITIDOS POR ALIMENTOS

Los parásitos tanto protozoos como los helmintos, ocasionan serios problemas, en la higiene de los alimentos, producen muchas enfermedades que con frecuencia alcanzan una difusión mundial (Quevedo y Thakur 1980).

Cerca de 100 especies de parásitos puedan ser transmitidos por los alimentos infectados, sin embargo cinco parásitos están bien identificados que comúnmente producen enfermedades que son transmitidas por los alimentos, representando un alto riesgo a la salud aún mayor que las bacterias. (OMS 1987, Quevedo y Thakur 1980).

Según los expertos, estos parásitos son responsables de la Triquinosis, Taeniasis, Toxoplasmosis, Anisakiasis y Opisthorchiasis/ Chlochiasis (OMS 1987).

A. TRIQUINOSIS

Esta enfermedad de origen alimentario con frecuencia es grave, es producida por el parásito *Triquinella Spiralis*, la

enfermedad se adquiere al comer carne de puerco cruda o insuficientemente cocida; proviene principalmente del cerdo y sus derivados que contengan quistes viables de triquina; la cápsula de los quistes que rodea esas larvas es digerida junto con la carne. Muchas de las larvas que quedan libres en el intestino son eliminadas en las heces; las que quedan, maduran a gusano, en el intestino delgado donde capulan en un lapso de 48 horas. Los síntomas de la infestación consisten de fiebres, vómitos, diarreas, hemorragias, dolores musculares, lesiones cutáneas y debilidad en general, el período de incubación varía de 5 a 45 días (Jacob 1990, Quevedo y Thakur 1980).

La triquinosis es un grave problema de salud en países desarrollados y en vías de desarrollo, así como un costoso estigma para la industria de la carne porcina. En E.U.A. se sacrifican 40 millones de posibles raciones de comida contaminada de triquina con la infección de 150,000 a 300,000 casos sin diagnosticar (Sivinsky 1985, Vásquez 1990). En el periodo 1975-1981 se reportaron 1,066 casos en E.U.A., de los cuales 70% se debió a productos porcinos, 19 % a otros productos cárnicos procedentes de otros animales y 11 % de productos indefinidos (Genigeorgis 1986). Reportes epidemiológicos sobre triquinosis en México indican que durante el año 1988, se registró una tasa de 0.29 por 100,000 habitantes y en el año de 1989, 0.26 por 100,000 habitantes, aunque la incidencia reportada es baja, realmente se carece de un programa de vigilancia bien establecido y los datos reales no se conocen con exactitud (Información Epidemiológica 1988 y 1989). En octubre de 1987, se reportó el más grande brote de triquinosis en México, esto sucedió en Delicias Chih. en donde se contagiaron 50 personas por ingerir chorizo de puerco (Vásquez 1990).

B. TAENIASIS

La taeniasis o teniasis es un enfermedad que se produce al consumir carnes de puerco y res insuficientemente cocidas y que antes han estado infectadas; es causada por dos parásitos importantes: *Taenia Solium* y *Taenia Saginata*. Las larvas de estos cestodos son los cisticercos a los que se les

denomina *Cysticercus Cellulosae* (*T. Solium*) y *Cysticercus Bovis* (*T.Saginata*), estas larvas se presentan principalmente en carne de puerco y res respectivamente, también se encuentran en mamíferos como perro y en el hombre. Al defecar el hombre expele segmentos grávidos de estos parásitos, los huevos contenidos en los segmentos son infectivos y pueden ser ingeridos por bovinos o porcinos en el forraje y recogidos de la tierra. Las larvas provenientes de huevos albergados por los bovinos y cerdos se alojan eventualmente como cisticercos en los músculos comestibles de los huéspedes intermediarios. Los huéspedes humanos completan el ciclo al consumir carne parcialmente cocida, de estos animales infestados, otra forma de infestación es a través de consumir verduras contaminadas (Quevedo y Thakur 1990).

Las taeniasis producidas por *T.Solium*, es la causa de la neurocisticercosis humana, este problema de salud se presenta en países con bajo desarrollo socioeconómico, con deficiente vigilancia en la crianza de cerdos y solo existe una esporádica inspección de la carne (Quevedo 1980).

En un estudio realizado sobre cisticercosis porcina en México, el año de 1990, se observó mediante un análisis de datos que el 1.55 % de 15 millones de cerdos que se sacrifican oficialmente en los diferentes rastros en México, se encontraron que tenían cisticercosis, las pérdidas económicas ascienden a millones de pesos, considerando que se pierde aproximadamente el 70 % de la inversión, por decomiso de cerdos infectados (Acevedo 1990).

La Dirección General de Epidemiología de la S.S. reporta una tasa de 15.48 por cada 100,000 habitantes en el año de 1988 y 16.61 por cada 100,000 habitantes en 1989 (Información Epidemiológica Dirección Gral. de Epidemiología 1988, 1989).

En E.U.A. el Centro Carter de CDC/Emory Universidad estimó que ocurren 1,000 casos de teniasis por año (Roberts 1985).

Según estimaciones hechas por FAO sobre Taeniasis en México, durante el año de 1982 se registraron pérdidas de 43 millones de dólares americanos (Rubio 1989).

C. TOXOPLASMOSIS

Enfermedad transmitida por los alimentos a causa de la resistencia de los quistes en las carnes insuficientemente cocidas o bien por manejo de carne de cerdo y otros animales como carnero, vacuno y conejo (GCIIA 1987, Quevedo 1980). Esta enfermedad es producida por el parásito *Toxoplasma Gondii*, investigaciones recientes han demostrado que la transmisión al hombre se produce por la ingestión de carne parcialmente cocida o cruda, o bien por la exposición a heces infectadas de gatos (Quevedo 1980).

La toxoplasmosis adopta varias formas en los humanos, como infección congénita del recién nacido, también es causa de malformaciones craneanas y consiguiente lesiones cerebrales, contraída en la edad adulta, puede provocar aborto en mujeres embarazadas, en cualquier adulto hay lesiones oculares y malestar general, la toxoplasmosis generalizada esta usualmente asociada con deficiencia inmunológica (Roberts 1985).

En México la tasa por 100,000 habitantes de esta enfermedad fue de 0.16 en 1988 y de 0.26 para 1989 (Información Epidemiológica, Dirección General de Epidemiología 1988 y 1989)

D. ANISAKIASIS

Esta enfermedad es producida por el parásito *Anisakis*, que es transmitido por peces, este organismo no presenta serios problemas de Salud Pública debido a que el pescado y los productos del mar son eviscerados y congelados (Quevedo 1980), ha habido algunas infecciones esporádicas en el hombre (OMS 1987).

En México la dirección Gral. de Epidemiología no reporta esta enfermedad (Inf. Epidemiológica de la Dirección General de Epidemiología S.S. 1988 y 1989).

E. OPISTHARCHIS O CHLORIORCHIS SINENSIS

Estas enfermedades causan serios problemas de Salud Pública en el sureste de Asia, la prevalencia y morbilidad son considerables

Hasta el presente, la prevención esta basada en el procesamiento industrial del pescado infectado (cocido, congelado, salado y secado) (OMS 1987).

En México la Dirección Gral. de Epidemiología no reporta esta enfermedad (Inf. Epidemiológica Dir. Gral. de Epidemiología 1988 y 1989).

2. UTILIDAD DE LA RADIACION EN LA CALIDAD HIGIENICA DE LOS ALIMENTOS

El abastecimiento de alimentos en cantidad y calidad es una de las necesidades prioritarias más urgentes que tiene la humanidad.

Actualmente la población mundial es de aproximadamente 5,000 millones de personas, y más de 500 millones sufren de desnutrición crónica (Saouma 1988) este mal reduce la energía de las personas que la padecen, así como la resistencia a las enfermedades. Para el año 2,000 se espera el incremento poblacional de 2,000 millones (Kampelmacher 1989).

A pesar de los esfuerzos del hombre por incrementar la producción de alimentos, las pérdidas continúan, la FAO estima que de un cuarto a un tercio de la población mundial de alimentos se pierde debido a plagas, insectos, bacterias, hongos y enzimas que comen degradan o destruyen los alimentos; en países de clima tropical hay pérdidas de hasta más del 50 % de su producción.

Aparte de las pérdidas de alimentos, la humanidad se enfrenta al problema de la contaminación de suministros de alimentos por patógenos y parásitos que dan lugar a enfermedades de origen alimentario. La incidencia de las enfermedades de origen alimentario ha tenido un dramático incremento desde 1945.

Por otra parte algunos alimentos que constituyen importantes fuentes de divisas, como aves, carnes, mariscos son rechazados por países importadores, ya que estos productos tienen una deficiente calidad higiénica, incluyendo contaminación por patógenos e insectos (OHS, Informe Técnico No 40/1987).

Para minimizar todas las pérdidas alimenticias, así como los riesgos a la salud, es imperativo adoptar y aplicar medidas y métodos que aseguren mantener la calidad en todos los estados de la producción, maniobras, procesamiento, empaque, almacén, transportación y distribución de los alimentos (Farkas 1987).

Con la ayuda de los tratamientos de conservación de los

alimentos, algunos tan antiguos como la humanidad misma (ahumado, deshidratado) hasta los métodos más modernos y sofisticados que actualmente se utilizan, las pérdidas se reducen notablemente.

Los métodos tradicionales de conservación de los productos de origen animal como congelación refrigeración, tratamiento térmico, adición de sustancias químicas, curado y ahumado, deshidratación, cocinado y asado son efectivos, sin embargo muchos patógenos resisten a estos tratamientos (OMS 1987, Reporte Técnico No. 40).

La adición más reciente a la larga lista de tecnologías para la conservación de alimentos, es el uso de la radiación ionizante (Kampelmacher 1989, OMS Reporte Técnico no. 40, 1987; Loaharanu 1989, Farkas 1980), la cual tiene aplicaciones que otras tecnologías no pueden brindar. La irradiación de alimentos o uso de la energía ionizante para conservar los alimentos, ofrece alternativas para la salud y beneficios económicos incluyendo la promoción del comercio internacional de los alimentos, reducción de pérdidas post cosecha así como de las enfermedades transmitidas por los alimentos (Pothisiri 1989).

Las posibilidades de aplicar las radiaciones ionizantes en los alimentos se basan principalmente en el hecho de que éstas inhiben eficazmente la síntesis de DNA, de manera que reduce la división celular de microorganismos e insectos indeseables en los alimentos. Aplicando la dosis correcta en el producto alimenticio, se logra una reducción bacteriana y la calidad de éste se mantiene; por consiguiente se puede impedir la reproducción de los microorganismos, gametos de insectos y meristemas de las plantas, lográndose con ello prolongar la estabilidad de producto tratado. En la tabla VI se puede observar los efectos de la radiación ionizante y la consecuencia o resultado que se obtiene (Farkas 1985).

2.1 EFECTOS DE LA RADIACION IONIZANTE EN LOS ALIMENTOS

La utilidad de la irradiación para superar diversos problemas de pérdidas alimenticias, ha quedado demostrada en múltiples trabajos de investigación realizados durante 40 años, que han confirmado el valor y la inocuidad de los alimentos

irradiados (Josephson 1983, Urbain 1986, Diehl 1990, Farkas 1981).

La cantidad de energía aplicada a cada alimento, estará en función del efecto deseado en la tabla VII se muestra una guía de la aplicación práctica y la utilidad del proceso de irradiación en diferentes alimentos, objetivo, así como la dosis promedio sugerida (Farkas 1981, Diehl 1990).

2.2 APLICACION Y UTILIDAD DE LA RADIACION IONIZANTE

Entre los objetivos de este trabajo esta mostrar la utilidad que tiene la radiación ionizante o irradiación en la conservación de productos cárnicos, con el fin de extender su vida de almacén y la utilidad que tienen las radiaciones para eliminar microorganismos que causan enfermedades.

El tratamiento en aves, carnes rojas incluyendo puerco con radiaciones ionizantes a dosis medias y altas han resultado ser efectivas (Kampelmacher 1981).

2.2.1. COMERCIALIZACION

Actualmente los países que utilizan el proceso de irradiación en productos alimenticios de origen animal a nivel industrial son Bélgica, Chile, Francia, Holanda Tailandia, URSS. En la tabla VIII se presentan los detalles de empresas o instituciones que manejan plantas que procesan estos productos (Ladomery 1989).

2.2.2 REGLAMENTACION

En cuestión de reglamentación, los gobiernos de 37 países han aprobado el proceso de irradiación, de los cuales 16 incluyen productos de origen animal (Food Irradiation Newsletter 1990). Cabe hacer notar que Food and Drug Administration es un organismo sumamente exigente en cuanto a aprobaciones alimentarias ya que pide una serie de requisitos estrictos con respecto a la inocuidad del proceso; este organismo dió su

aprobación para tratar carne de puerco con radiaciones ionizantes con el fin de eliminar *Triquina* en 1985 y lo mismo sucedió con carne de pollo en 1990 con el fin de eliminar *Salmonella* (Federal Register, Jul 1985, May 1990).

Todas las aprobaciones concedidas se basaron en investigaciones previas sobre la efectividad y seguridad del proceso de irradiación. A continuación se presenta un resumen de los estudios más importantes en lo que respecta a irradiación de productos alimenticios de origen animal:

2.2.3 UTILIDAD DE LA RADIACION IONIZANTE EN CARNE DE POLLO

La radiación ionizante incrementa la vida útil de anaquel de pollo, además elimina las bacterias patógenas que causan enfermedades al consumidor (OMS 1987).

En 1968 Idziak irradió carne de pollo a dosis de 5 KGy logrando extender la vida útil de anaquel por 14 días a temperaturas de 5 grados centígrados, reduciéndose el número de bacterias como *Salmonella* y *Estafilococcus*; el año siguiente el mismo autor logró disminuir la flora patógena, disminuyendo también la dosis hasta 3.5 KGy (Idziak 1968, 1969).

En una revisión bibliográfica de pollo, Klinger y Lapidot (1990) reportaron que Bakalivanov (1974) logró extender la vida útil de pollo por 3 semanas a dosis de 3 KGy, el control sin irradiar fue aceptable por solo 10 días.

En 75 piezas de pollo congelado y empacado se aplicó la irradiación a dosis de entre 2.5 - 8 KGy; sus propiedades organolépticas no variaron durante 2 años en almacén a -30 grados centígrados; no se encontraron diferencias significativas en el color, sabor, olor, consistencia entre pollo irradiado y el pollo control (Grunewold 1975).

En otro estudio se utilizaron dosis de 2.5 KGy que se aplicaron a caracaras de pollo contaminados con *Salmonella* el resultado obtenido fue que se redujo considerablemente el número de bacterias, lograndose disminuir 2.5 ciclos log (Mulder 1977)..

Utilizando el método combinado de almacén con refrigeración a 16 grados centígrados e irradiación a dosis de 2.5 KGy, se logró extender la vida de anaquel del pollo por 15 días, eliminando la *Salmonella* y otros microorganismos de significancia para la salud (Kahan 1979).

Piszer en 1980 trató carcasas de pollo a dosis de entre 2.5 y 5 KGy, el conteo total en placa disminuyó considerablemente y las diferencias en las propiedades sensoriales de la carne irradiada solo fueron de significancia moderada.

A estas mismas dosis, investigadores polacos, trataron pollo con radiación, los resultados obtenidos fueron satisfactorios ya que las muestras irradiadas se encontraron dentro del límite de aceptación sensorial, en comparación de las no irradiadas después de 14 días que duró almacenada la carne a más menos un grado centígrado (Zabielski J. et al 1981).

Kiss et al (1982) irradiaron pollo a dosis de 2.5 KGy logrando mantener la calidad del pollo sin deterioro de sus propiedades organolépticas y eliminando substancialmente la *Salmonella*.

A dosis de 2.5 KGy y temperatura de refrigeración de - 5 grados centígrados se extendió la vida útil de pollo de 14 a 21 días, además se redujo la cuenta bacteriana patógena (Luna C.P. y Bustos R.M.E. 1982).

A nivel industrial Ouwerkerk (1982) propone un irradiador para tratar carne de pollo con Cobalto-60 a dosis de 3 KGy y eliminar *Salmonella* al final de la línea de producción.

Mulder (1982) irradió pollo a dosis de 2.5 KGy, los resultados obtenidos fueron que se redujo el conteo de enterobacterias a bajos niveles y redujo el 93 % de contaminación de *Salmonella*, así como otros patógenos como *Estafilococcus* y las formas vegetativas de *CL. Perfrigens*, ésto se detectó después de un mes de almacén a cinco grados centígrados y después de cuatro meses en muestras congeladas a - 18 grados centígrados.

Bock (1984) trató pollo a dosis de 3 a 7 KGy y se almacenó a temperatura de 4 grados centígrados; el control no irradiado solo logró mantenerse en buenas condiciones por 3 días, el que se irradió a 3 KGy duró 13 días y el irradiado a 7 KGy por

29 días, con estas dosis se eliminaron *Salmonella* y otros patógenos y las características organolépticas del pollo irradiado fueron buenas.

En Francia se implementó el proceso de irradiación a nivel industrial, con un acelerador de electrones se trata carne de pollo mecánicamente separado del hueso con el fin de eliminar la *Salmonella*, la dosis que se aplica oscila entre 4 - 5 KGy dosis absorbida promedio, los resultados son excelentes. (Gallien et al 1985).

Kiss y colaboradores (1985) trataron carne de pollo contaminada con *Salmonella* y otros microorganismos con radiación a dosis de 4 KGy, la carne fue congelada a - 18 grados centígrados antes de irradiarse, al concluir el almacén, no se observaron cambios significativos en el contenido de compuestos lipídicos a esta dosis, los organismos mesofílicos fueron reducidos de 2 a 3 ciclos log y las enterobacterias de 3 a 4 ciclos log, no se detectó *Salmonella* ni *Estafilococcus Aureus* a esta dosis. Tampoco se detectaron efectos adversos del pollo irradiado y empacado en películas de Saran al ser preparado por métodos culinarios.

Lee (1985) estudió la calidad de manjares coreanos con el fin de comparar la materia prima proveniente de pollo irradiado a dosis de 8 - 10 KGy y de carne de pollo sin irradiar, después de 15 días observó que la calidad del producto proveniente de pollo irradiado fue superior a las muestras tratadas.

Utilizando dosis de 5,8 y 10 KGy se extendió la vida de anaquel por 2 -4 semanas del pollo irradiado (CHO 1985).

Basker y colaboradores examinaron la calidad de carne de pollo irradiado a dosis de 3.7 KGy y temperatura de más menos 0.5 grados centígrados y almacenado a 1-2 grados centígrados, la calidad del pollo irradiado y almacenado por dos semanas fue satisfactoria, el sabor aceptable; de la pierna de pollo logró mantenerse por 3 semanas y la calidad de pechuga irradiada fue buena por 3 semanas, disminuyendo notablemente su calidad a la cuarta semana.

Klinger (1986) evaluó la carne de pollo irradiada a 3.7

KGy, las pruebas organolépticas indicaron que no hubo diferencias entre el control organoléptico y el pollo irradiado, la calidad logró mantenerse por 4 semanas y disminuyó el conteo bacteriano de *Coliformes*, *Estafilococcus* y *Salmonella*.

El Hussenny (1986) irradió carne de pollo a dosis de 1.5 KGy observando sus características durante el almacén encontró que los microorganismos corruptores se incrementaron con el tiempo en muestras no irradiadas y mantenidas en refrigeración, mientras que en productos tratados, esos microorganismos disminuyeron notablemente. También observó que en muestras irradiadas y mantenidas en congelación se mantuvieron sin desarrollo de patógenos durante el almacenamiento.

Hanis (1989) realizó un estudio en carne de pollo irradiado, con el fin de observar los cambios químicos que se producen al utilizar dosis de descontaminación. Los resultados obtenidos fueron: con dosis de 3-5 KGy eliminó *Pseudomona Aeuroginasa*, a dosis de 2.5 - 5 KGy *S. Marescens* y la *Salmonella Tiphirium* con 10 KGy. Las características de "olor a radiación" se incrementó conforme la dosis aumenta, así como con la temperatura, cuando se cocinaron las muestras se eliminó este olor, la irradiación incrementó los valores de peróxido y ácido además destruyó parcialmente tiamina y riboflavina; al utilizar bajas dosis de radiación y temperatura, el contenido de aminoácidos no se incrementó y el índice de grasa disminuyó.

La vida útil de almacén del pollo fresco refrigerado es de 8 a 10 días, muchas veces las malas condiciones sanitarias reducen este tiempo, llegando a ser controlado solo por 3 a 7 días (Cast 1989). La irradiación en este caso particular extiende la vida útil por 10 a 14 días más en promedio y elimina sin lugar a duda la *Salmonella* y otros microorganismos patógenos que implican riesgo a la salud.

2.2.4 UTILIDAD DE LA RADIACION IONIZANTE EN CARNES ROJAS " VACUNO Y PUERCO"

La radiación ionizante es usada para eliminar muchos de los organismos contaminantes. El uso de dosis subesterilizante de radiación extiende la vida útil de anaquel de la carne, análoga a la pasteurización, comunmente acompañada de calor, refrigeración o congelación se le llama RADURIZACION.

El uso de la radiación a dosis subesterilizantes para inactivar organismos que causan enfermedades se le llama RADICIDACION y a la esterilización comercial se le denomina RADAPPERTIZACION (Urbain 1983).

Las bacterias patógenas que se encuentran en carne son *Salmonella*, *Campylobacter Jejuni* y *Yersinia Enterocolitica*; los parásitos que causan enfermedades y que se transmiten por carne son *Triquina*, *Cisticercus Cellulosae (Taenia Solium)*, *Cisticercus Bovis (Taenia Saginata)* (CAST 1989).

Resultados favorables sobre la inhibición de parásitos con radiación ionizante en carnes congeladas, han sido reportados por varios investigadores y se ha tomado en consideración como uso industrial potencial (Ley et al 1963, Neal 1965, CAST 1989).

A dosis de 6.5 Kgy se inactivó *Salmonella* en orden de 2 ciclos log en carne de caballo congelada (Moessel an De Groat 1965).

En resumen los datos experimentales sobre irradiación de carne; Metlitskii y colaboradores (CAST 1987), reportan que la dosis máxima de radiación ionizante que pueden absorber los cárnicos como vacuno y puerco, sin que se detecten cambios organolépticos es de 9 y 18 Kgy respectivamente (CAST 1989).

Sudarmadji y Urbain (1972) reportan valores de umbrales organolépticos de 2.5 y 1.75 Kgy para carne de vacuno y puerco respectivamente.

Bajas dosis de radiación para ciertos productos cárnicos pre-empacados como bisteces de vacuno, carne picada de pollo, hamburguesas, sirven para controlar el desarrollo de bacterias patógenas y parásitos que producen enfermedades a través de la carne. Experimentos realizados en Holanda indicaron

que a dosis de 1.0 KGy fueron efectivos para reducir *Salmonella*, aproximadamente 2 ciclos log; así como *Campylobacter Jejuni* y *Yersinia Enterocolitica* por 4 ciclos log a esa dosis (Kampelmacher 1984, Parkas 1987).

Holzppfel y Niomand (1985) encontraron que la dosis de radurización de 3 KGy de carne empacada a vacío y almacenada a 4 grados centígrados fue efectiva para eliminar bacterias dañinas.

La calidad de las carnes se conserva en mejores condiciones cuando esta es congelada y después irradiada, además se puede aplicar una dosis mayor al producto para eliminar bacterias resistentes a la radiación, en la tabla IX se indican las dosis necesarias para inactivar 5 ordenes de magnitud a las bacterias que se encuentran presentes en algunos cárnicos congelados (Kairiyama 1989).

La dosis de radiación que se aplica a los productos cárnicos en algunas ocasiones, modifica las propiedades organolépticas de la carne; utilizando procesos combinados de radiación y otro proceso, se reducen éstos, no obstante las dosis, ésto se puede observar en un estudio que realizó Szczawinski (1986) quién combinó la irradiación y curado con sales en carne de res para controlar el desarrollo de *Salmonella* a dosis de 3 KGy y refrigeración, los resultados obtenidos fueron disminución de 3.5 ciclos log en diferentes cepas de *Salmonella* y extendió la vida útil de la carne por 12 meses.

En otro estudio combinó radiación a dosis de 1 KGy con sales de NaCl al 3-6%; la población de *Salmonella* se redujo severamente. Utilizando 200 mg/Kg de Nitrito de Sodio y energía ionizante a dosis de 1.0 KGy, se logró un efecto sinérgico, se inhibió el crecimiento de *Salmonella* y sus propiedades organolépticas no cambiaron, esta aceptabilidad se logró con carne almacenada a 2 grados centígrados de refrigeración.

Los efectos de la radiación sobre los parásitos (protozoarios y helmintos) que infectan la carne, están asociados con pérdidas de infectividad, pérdidas de patogenicidad, reducción de desarrollo, muerte, atenuación, destrucción de huevos y larvas así como reducción de sobrevivencia (Thakur 1989) En la tabla X se muestra los efectos de la radiación en algunos

parásitos en alimentos de origen animal.

Muchos autores consideran que a dosis de 1.0 KGy es suficiente para prevenir infecciones de parásitos que se encuentran en cárnicos y que transmiten enfermedades, sin alterar las cualidades organolépticas de la carne (Farkas 1987).

La *Triquinella Spiralis* que se encuentra en carne de puerco queda sexualmente estéril y se bloquea su maduración de ingestar larvas en el músculo de la carne a dosis de entre 0.15 - 0.30 KGy (Gibbs et al 1964, CAST 1989, Brake et al 1985, Sivinski 1985, Farkas 1987); ni la edad del músculo encistado, ni la tensión en la carne, afecta significativamente la radiosensibilidad del parásito. Los estudios indican que la dosis de radiación a 0.30 KGy proporciona un margen de seguridad para consumo humano de la carne infestada e irradiada (Federal Register Dec 1988).

Estudios de factibilidad de la irradiación de la carne de puerco a escala comercial, indican que el proceso es técnica y económicamente factible en Estados Unidos de América (Sivinski 1985). Irradiación similar con dosis de 0.3 - 0.5 KGy es suficiente para matar *Toxoplasma gondi* (King and Josephson 1983, Duber et al 1985) y con dosis de 0.4 KGy se elimina *Cysticercus bovis* en carne de vacuno y se previene el desarrollo de parásitos en huéspedes humanos (King and Josephson 1983, Farkas 1987).

Un tratamiento combinado de 3.0 KGy con almacén de refrigeración a 2 grados centígrados post irradiación es fatal para cistos en carne vacuno (Van Kooij and Rabijsne 1968, Farkas 1987).

Vester y colaboradores (1977) sugieren que las carcasas infectadas con *Cysticercus Cellulosa* puede ser apta para consumo humano después de irradiarse a dosis de entre 0.2 - 6 KGy.

A dosis de 7 KGy se inhibe de manera inmediata la evaginación in vitro del 100 % de los metacístodos de *T. Solium*, en carne de cerdo, ésto no sucede con grupos controles sin irradiar, que si evaginaron hasta un 100 % (Nuñez E. 1989).

Con todos los estudios realizados en cárnicos se puede concluir que la irradiación es un proceso útil en la eliminación de bacterias y parásitos.

3. PROCESO DE IRRADIACION

3.1 BREVE HISTORIA

Los estudios hechos sobre el proceso de irradiación, para conservar a los alimentos han sido muy completos y el período de tiempo en que se realizaron fue prolongado; cerca de 40 años de investigación en todas las disciplinas relacionadas con la efectividad e inocuidad de los alimentos tratados con radiación, fueron llevados a cabo en programas nacionales de muchos países e internacionales (Sivinski 1987).

Esta sección se presenta con el fin de mostrar como fue evolucionando a través del tiempo, la efectividad del proceso de irradiación en los alimentos, a continuación se citaran en forma secuencial los principales estudios sobre irradiación de alimentos:

Se inicia el ciclo de la irradiación con el fin de conservar los alimentos en 1895 con el descubrimiento de los rayos x hecho por Roentgen. En 1896 Becquerel descubre la radiactividad (Goresline 1982, Goldblith 1966).

En este mismo año Minck (1896) inicia investigaciones acerca de los efectos de la radiación en bacterias y vislumbra la posibilidad de una eventual aplicación (Sivinski 1987).

En 1904 S. Prescott del Instituto Tecnológico de Massachusetts sugiere la utilización de rayos x o radiactividad en la preservación de los alimentos (Goldblith 1966).

Goresline (1977) en una investigación exhaustiva sobre aspectos históricos de la irradiación de alimentos nos muestra algunos de estos datos:

En 1921 Shwartz de E.U.A. obtiene la primera patente sobre irradiación de carne con rayos x, para eliminar *Triquinella*.

Wust en 1930 en Francia, también patenta el uso de la irradiación con el título "Los alimentos de todas clases son empacados y sellados en contenedores metálicos y son expuestos a la acción penetrante de los rayos roentgen de alta tensión para mutar toda clase de bacterias.

En 1943, Proctor, Vander Graff y Fram realizan trabajos sobre esterilización de hamburguesas utilizando rayos x de un acelerador electrostático.

En 1948 Brush y Huber describen la exposición de los alimentos crudos a electrones provenientes de un aparato llamado capacitron en un tiempo corto, logrando una penetración de 24 mm. Más adelante estos mismos investigadores realizan estudios sobre propiedades organolépticas de los alimentos expuestos a este tipo de radiación.

En 1949 Alicata y Burr reportan los efectos de la radiación en *T. Spiralis*.

Gaden et al en 1951 utilizan rayos x con energía de 2 Mev para eliminar microorganismos en leche.

Proctor y Goldblith en 1951 resumen 5 años de investigaciones, concluyendo que los alimentos y medicamentos pueden ser esterilizados con radiación ionizante y sin calentamiento.

En 1952 Astrack Et al determinaron los efectos de los electrones de alta intensidad en vegetales y aceite de pescado bajo condiciones de vacío, encontrando que este tipo de energía no causa cambios organolépticos.

En los años 50 la posibilidad de aplicar el proceso de irradiación, ofrecía muchas promesas, sin embargo los investigadores carecían de equipo e información; fue en esa época que el gobierno de E.U.A. inició un programa nacional de irradiación de alimentos.

En 1953 el programa adquirió gran importancia cuando el presidente Eisenhower propuso la política de los átomos para la paz, fue así que la Comisión de Energía Atómica de E.U.A. inicia estudios sobre el uso de bajas dosis de irradiación para extender la vida de anaquel de varios productos alimenticios (granos, vegetales, carnes y productos marinos), otorgando contratos de investigación a otras instituciones como universidades, asociaciones de industriales, Departamento de Agricultura y ejército de ese país (CAST 1989. Goresline 1983).

Simultáneamente en 1950 Canadá, Francia, Alemania, Inglaterra y Japón también iniciaron sus actividades en este

campo

En 1961 el proceso de irradiación empezó a interesar a varios organismos internacionales la primera reunión internacional al respecto se efectuó en Bruselas, patrocinada por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS; con el fin de evaluar los trabajos relacionados con la inocuidad de los alimentos procesados por la irradiación (Goresline 1983, OMS 1981, Langley 1985, IAEA 1989).

El primer permiso para irradiar alimentos para consumo humano, lo otorgó la URSS en 1958.

Canadá hace lo mismo en 1960, también para papas irradiadas (OMS 1981)

En E.U.A. se aprobó irradiar trigo y productos de éste, tocino y papas. en 1963.

En 1964 nuevamente se volvieron a reunir los organismos internacionales FAO, OIEA y OMS, creándose un comité mixto de expertos de alimentos irradiados; evaluaron los estudios sobre comestibilidad de los productos irradiados y recomendaron seguir con éstos de acuerdo a los procedimientos que se seguían para evaluar la inocuidad de los aditivos alimenticios (OMS 1981).

En 1966 se efectuó el primer Symposium Internacional sobre Irradiación de Alimentos en Karlsruhe Alemania; Josephson propone un documento sobre "Procedimientos para obtener permisos para consumir alimentos irradiados" este trabajo se basa en investigaciones intensivas realizadas durante 13 años (CAST 1989).

En 1969 el comité de Expertos de FAO/OIEA/OMS se reunió nuevamente para evaluar los estudios toxicológicos realizados en el período 1964 - 1969, basandose en todos esos estudios, recomienda utilizar la radiación en papas y trigo en forma provisional.

Con el fin de obtener mayor cantidad de datos sobre comestibilidad de los productos alimenticios, en 1971 se creó un Proyecto Internacional en el campo de la Irradiación de Alimentos (IFIP), en el cual participaron 23 países y lo patrocinó la

Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo (OECD), por FAO y por OIEA; financiado y conducido por los 23 países interesados en una aplicación práctica del proceso de irradiación para conservar los alimentos; el centro de operación fue el Instituto para la Tecnología de Irradiación del Instituto de Investigación Federal para Alimentos y Nutrición, en el Centro de Investigación Nuclear Karlsruhe en Alemania Federal.

El IFIP condujo las investigaciones sobre un desarrollo de metodología apropiada para pruebas de seguridad de alimentos irradiados, durante 12 años se realizaron estas pruebas, llegando a los resultados finales: que ninguno de los estudios hechos, indicaron que los alimentos irradiados podrían ser perjudiciales a la salud, no se encontraron sustancias tóxicas o carcinógenos en estos productos (CAST 1989, IAEA 1989, Food Irradiation Information 1981).

En 1976 se reunió nuevamente el Comité Mixto de Expertos FAO/OIA/OMS para revisar la información acumulada en el período 1970 - 1976, se revisaron una multitud de estudios en animales, a los que se les dieron dietas de alimentos irradiados y recomendó la aceptación incondicional o bien provisional de diferentes productos, en esta reunión también se analizaron los resultados de estudios químicos, llegando a la conclusión de que muchos de estos productos radiolíticos resultantes de irradiar alimentos, estaban también presentes en los alimentos tratados con calor y otros procedimientos y no los consideraron nocivos y recomendaron más estudios de otros productos.

Los productos autorizados para consumo humano fueron: cebollas, arroz, bacalao fresco, pescado rojo (CAST 1989, Langley 1985, OMS 1981, IAEA News Feature 1989).

Después de 1976 el número de autorizaciones para irradiar productos alimenticios por diferentes gobiernos de muchos países del mundo se multiplicó rápidamente.

En el año de 1989, el Comité Mixto de Expertos FAO/OIEA/OMS, se reúne nuevamente y basándose en la totalidad de los estudios toxicológicos, radiación química y sobre la ausencia de efectos adversos, resultado de dietas irradiadas para animales de laboratorio, ganado y pacientes inmunológicamente

incompetentes; el Comité concluyó que: "LA IRRADIACION DE ALIMENTOS A DOSIS PROMEDIO DE HASTA 10 KGY, NO REPRESENTA PELIGRO TOXICOLOGICO, POR CONSIGUIENTE LAS PRUEBAS TOXICOLOGICAS DE ALIMENTOS IRRADIADOS NO REQUIEREN DE NUEVOS ESTUDIOS" (Sivinsky 1967, Langley 1985, OMS 1981, Food Irradiation Information 1981).

En 1983 la Comisión del Codex Alimentarius adoptó las recomendaciones del Comité de Expertos designada por FAO/OIEA/OMS y las incorporó a la Norma General del Codex para Alimentos Irradiados y a su Norma Conexa para el Funcionamiento de Instalaciones de Irradiación (Norma Codex Alimentarius 1983).

Desde entonces el número de aprobaciones se incrementó casi al 100%, comparados con la década de los 60's y 70's. Hasta ahora la irradiación ha sido aprobada por las autoridades de 37 países y se tienen aprobaciones para 71 productos alimenticios diferentes (Food Irradiation Newsletter, Vol.19.).

En México se autorizó la irradiación de alimentos en el año de 1988 (Ley General de Salud 1989).

3.2 PROCESO DE IRRADIACION

La irradiación es un proceso físico de tratamiento de alimentos y como tal, es comparable al de calentamiento o de congelación con fines de conservación. La única característica especial de la irradiación es la energía empleada (Farkas 1990).

A los tipos de radiación utilizadas en el proceso de conservación de alimentos se les conoce como energía o radiación ionizante, por que son capaces de convertir átomos y moléculas en iones por remoción de electrones (Dielh 1990).

El proceso consiste en exponer los productos alimenticios empacados o a granel a la radiación, durante un tiempo determinado, de tal forma de que éstos absorban una dosis precisa y específica, ésto se lleva a cabo en instalaciones especiales llamadas irradiadores (Training Manual Food Irrad.

1982). en la figura 12 se aprecia un irradiador industrial.

El producto a ser irradiado pasará hasta la cámara de irradiación en donde se encuentra la fuente, por medio de un sistema de transportación automático. La rutina de transporte es escogido de tal forma de que la irradiación penetra al producto por todos lados, para asegurar que se reciba una cantidad de radiación uniforme (dosis).

El sistema de transporte puede ser cinturón aéreo o bien por un sistema monorriel. Los productos alimenticios estarán colocados en los contenedores y éstos serán empujados neumáticamente.

La cámara de irradiación que es el corazón del irradiador estará rodeada por paredes de concreto con un grosor inicial del orden de 1.5 a 1.8 m que servirán de blindaje; fuera de éste no existe radiación alguna.

Todos los sistemas de mantenimiento y seguridad están integrados en cada uno de los lugares o caminos del irradiador, para que en el caso de alguna interrupción en la operación, la fuente será directamente bajada a la posición de almacén en forma automática.

La entrada a la cámara de irradiación, puede garantizarse, cuando el procedimiento de operación e imprevistos se ha seguido correctamente y hay una certeza absoluta de que la fuente se encuentra en posición de almacén (Leemhorst 1981, Diehl 1990), en la figura 12 se observa la posición de almacén.

Todo lo anterior se aplica a irradiadores con fuentes de Cobalto - 60, los irradiadores de Cesio - 137 operan de forma similar a los de cobalto - 60, la única diferencia son las paredes de la cámara de irradiación que son de aproximadamente 1.2 m, esto se debe a que la energía del Cesio - 137 es menor y menos penetrante (0.66 Mev) que la energía del Cobalto - 60 (1.17 Mev y 1.33 Mev) (Diehl 1990).

Al utilizar electrones, el acelerador se integra a un irradiador en lugar de la fuente isotópica; los productos alimenticios son colocados en bandas transportadoras que pasan por debajo del haz de electrones en forma perpendicular a éste, con el fin de obtener una buena uniformidad en el producto

(Oosterhort 1987).

Debido a que los electrones tienen poca penetración los aceleradores pueden ser usados para tratar carcasas o carne en canal, o bien carnes pre empacadas en material delgado (Dielh 1990). En un acelerador se controlan variables como tiempo de exposición dado por la velocidad de la banda transportadora, potencia de máquina, energía de los electrones y las características del barrido del haz.

En la figura 13 se aprecia un esquema de la irradiación de un producto con electrones.

De acuerdo a la Norma General del Codex Alimentarius para Alimentos Irradiados y el conexo para instalaciones de irradiación (Norma Codex 1983), los tipos de radiaciones aceptadas son:

Rayos Gamma de los radionucléidos Cobalto-60 o Cesio 137.

Rayos x generados por máquinas que trabajen a energías de 5 Mev o inferiores

Electrones generados por máquinas que trabajen a energías de 10 Mev o inferiores.

En cuanto a dosis, instalaciones y control, la norma recomienda: LA CANTIDAD DE ENERGIA QUE SE DEPOSITE EN LOS ALIMENTOS TRATADOS POR IRRADIACION CON DIFERENTES PROPOSITOS NO DEBERA DE EXCEDER DE DIEZ KILOGRAY.

Por lo general es necesaria una dosis mínima. De la finalidad del tratamiento dependerá la dosis aplicada (Parkas 1985).

3.3 FUENTES RADIATIVAS

3.3.1. COBALTO - 60

El Cobalto - 60 es un metal grisáceo, con un densidad de 8.83 g/cc y posee una temperatura de fusión de 1490°C.

Este radionuclido es producido en reactores nucleares, por el método de activación, utilizando un material blanco, que

es el cobalto natural con un número de masa 59, el cobalto que se utiliza para estos fines deberá ser de alta pureza; cuando este blanco que se encuentra en pequeños cilindros metálicos, es expuesto en un reactor nuclear a un alto flujo de neutrones lentos, con energía térmica casi de 0.025 eV; una gran cantidad de átomos de Cobalto - 59 son convertidos a Cobalto - 60 que son radiactivos por absorción de neutrones .



Los pequeños cilindros de cobalto activado (Co - 60) son encapsulados y se les denomina elementos, dos elementos de este tipo son encapsulados nuevamente en tubos sellados de acero inoxidable, ésto se hace con el fin de evitar el contacto y la oxidación, a este tipo de fuente se les llama fuentes tipo lápiz, en la figura 14 se podrá observar este tipo de fuente.

La actividad del cobalto - 60 para uso industrial es de 50 - 100 Ci/ gramo, éste es insoluble en agua, tiene una vida media de 5.27 años y emite radiaciones gamma con energías de 1.17 y 1.33 Mev y una radiación beta con energía de 0.31 Mev.

El Cobalto - 60 se desintegra a nivel estable reduciendo su actividad de un promedio de 12.32 % por año y 1.096 % por mes.

En la Figura 15 se observa el esquema del decaimiento del Cobalto - 60 (Brynjolfsson 1974, Jarret 1983).

3.3.2 CESIO - 137

El Cesio es un elemento metálico del grupo de los alcalinos de color blanco. El Cesio - 137 es un producto de fisión que resulta de las operaciones asociadas con la producción de Plutonio - 239.

El Cesio - 137 tiene una vida media de 30.1 años, como

fuerza radiactiva en procesos industriales se utiliza en forma de sal cloruro de cesio, tiene una actividad de 23 Ci/gramo para uso industrial de fuente de gammas.

El Cesio radiactivo decae a Bario estable con emision de particulas beta y rayos gamma con energias de 0.66 Mev, en la figura 16 se presenta el decaimiento del Cesio - 137.

El cloruro de cesio es triplemente encapsulado en contenedores de acero inoxidable debido a que el cloruro de cesio es muy soluble en agua, en la figura 17 se muestra el cesio triplemente encapsulado (Jarret R.D.S., Farrel 1985).

La actividad de una fuente radiactiva se mide generalmente en Curies (Ci), recientemente se adoptó el Bequerel (Bq).

Un Ci se define como 3.7×10^{10} transformaciones nucleares / segundo esto es:

$$1 \text{ Bq} = 2.7027 \times 10^{-11} \text{ Ci}$$

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

3.3.3 IRRADIADOR - FUENTE

Los tubos sellados tipo lápiz se Cobalto - 60 y Cesio - 137 son colocados en un estructura metálica llamada bastidor, constituyendo así la fuente radiactiva que se utiliza en una instalación industrial y de hecho es el corazón de la planta, en la figura 18 se puede observar como estan colocados los lápices en el bastidor.

El bastidor con la fuente es movido por un elevador que bajará a la fuente a su posición de almacén o blindaje, comunmente una piscina con agua de 6 metros de profundidad, este almacén de encuentra colocado a nivel de piso, la posición de almacén también puede ser un pozo seco en piso de concreto; cuando la fuente es subida será para estar en posición de irradiación y el producto pasará alrededor de ésta; en la figura 12 a. se puede observar la

posición de almacén de la fuente, en un corte transversal de ésta (Reyes L.J. 1987).

3.4 ELECTRONES

Los electrones con energías de hasta 10 Mev que se utilizan para conservar alimentos, se obtienen de máquinas eléctricas llamadas aceleradores.

Los electrones se obtienen de un filamento incandescente y se aceleran mediante campos eléctricos o electromagnéticos, formando haces en el interior de un tubo al vacío, emergiendo a la atmósfera a través de una ventana metálica muy delgada (Reyes L.J. 1987).

La penetración de electrones de 10 Mev es menor que la radiación gamma de Cobalto - 60.

Para productos de densidad baja se recomienda utilizar aceleradores de electrones, como en el caso de granos (Odesa) y cortes delgados de pollo (Francia) que son utilizados a nivel industrial.

La gran ventaja de los aceleradores, es que la radiación esta concentrada en el haz, por lo que se pueden procesar grandes volúmenes de producto en poco tiempo (Dielh 1990).

3.5 RAYOS X

Este tipo de radiación está muy ligada a los aceleradores de electrones, los rayos x con energías de hasta 5 Mev, se obtienen haciendo incidir electrones de 5 Mev en un blanco metálico; una máquina que produce rayos x deberá contar con un dispositivo de enfriamiento, ya que el 92 % de la energía que portan los electrones, se convierte en calor y solo el 8 % aparece en forma de rayos x (Dielh 1990, Reyes 1987).

La energía de los rayos x es tan penetrante como la energía producida por los radioisótopos emisores gamma.

A nivel industrial los rayos x, en la actualidad no se aplican, solo se hace forma experimental.

3.6. PROPIEDADES FISICAS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES (RADIACIONES GAMMA, RAYOS X Y ELECTRONES)

Las radiaciones gamma son ondas electromagnéticas de longitud de onda muy corta, comparada con la luz visible, son de la misma naturaleza que los rayos x, luz visible, ondas de radio, radiación infrarroja, ultravioleta, rayos cósmicos, etc., todas estas formas de energía forman parte del espectro electromagnético (Figura 19) (Brynjolfson 1974, Scott 1987, Jarret 1983, Puite 1987).

La radiación gamma se origina en el núcleo de los átomos radiactivos, se transportan en pequeños paquetes de energía que son llamados fotones o cuantos y viajan a la velocidad de la luz (Puite 1987).

Los rayos x se producen fuera del núcleo atómico, cuando la materia es bombardeada con electrones de alta energía.

Los electrones de alta energía al igual que los rayos x y gamma producen ionizaciones en la materia, los electrones son partículas ligeras cargadas con signo negativo (Diehl 1990).

3.6.1. INTERACCION DE LA RADIACION ELECTROMAGNETICA

Las interacciones de la radiación con la materia resultan de una transferencia de energía de la primera a la segunda.

Esto implica que un haz de radiación experimentará una disminución de su energía total a medida que atraviesa un medio.

Cualquier tipo de radiación al incidir sobre un medio absorbente y su trayectoria entre los átomos del mismo, estará sujeto a cualquiera de estos dos acontecimientos:

Pasar sin encontrar oposición

Interactuar con algun electrón

Cuando las radiaciones gamma provenientes de los radionúclidos, así como los rayos x, interactúan con los átomos del material irradiado pueden ocurrir tres tipos de interacción: Efecto Fotoeléctrico, Efecto Compton y Producción de Pares.

A. EFECTO FOTOELECTRICO

El rayo gamma o x al incidir sobre un átomo, transfiere toda su energía a uno de los electrones fuertemente ligado al átomo, expulsándolo del mismo, el electrón que salió es denominado electrón secundario, lleva energía suficiente para formar otros iones o excitar otros átomos, esto ocurre a energías de 0.5 Mev.

B. EFECTO COMPTON

Si consideramos un electrón poco ligado al átomo o bien un electrón prácticamente libre, sobre el cual incide un rayo gamma o x, los principios de conservación y de cantidad de movimiento, no permiten que el electrón absorba toda la radiación incidente, en este caso el electrón dispersa la radiación, sale de su órbita y se convierte en un electrón secundario, el fotón dispersado, vuelve a interactuar con el electrón de otro átomo, el rayo de energía en que se efectúa este efecto es de 0.5 - 5 Mev.

C. PRODUCCION DE PARES

Cuando la energía de radiación gamma es mayor que 1.022 Mev, puede ocurrir este proceso, el fotón incide en un átomo, cerca del núcleo sucede esta reacción, el fotón desaparece, por conservación de energía y cantidad de movimiento da lugar a la creación del par, electrón - positrón, ambas partículas llevan energía y son capaces de formar iones o excitar a otros átomos, en la figura 20 se presentan estos tres efectos.

En el proceso de irradiación de alimentos, el efecto que predomina es el Compton, debido a la energía que se utiliza.

Como podemos observar en la figura 21 el fotón que incide en el medio interactúa con el átomo absorbedor de tal forma que un electrón es expulsado. El fotón incidente continúa su trayectoria con un cambio de dirección después de la colisión y con menor energía que la original.

Los electrones expulsados (electrón Compton o secundarios) tienen poca energía cinética para causar excitaciones e ionizaciones en el átomo absorbedor (Diehl 1990).

3.6.2. PENETRACION DE LA RADIACION ELECTROMAGNETICA

Las radiaciones gamma y rayos x son muy penetrantes, siendo el agua el principal constituyente de los alimentos.

En la figura 22 se presenta una curva de penetración en agua, en la cual puede apreciarse como se distribuye la dosis en los primeros 10 cm. La penetración depende de la densidad del material, a mayor densidad menor penetración. Esta penetración característica es la base para el diseño de los mecanismos que pasan los productos por ambos lados de la fuente (plana), de este modo en la caja irradiada se logra una distribución de dosis como se muestra en la figura 23 (Reyes, 1987, IAEA 1977).

3.6.3. INTERACCION DE LOS ELECTRONES CON LA MATERIA

Quando los electrones de alta energía son absorbidos por un medio, pierden energía cinética por interacción con los electrones del medio.

La interacción de los electrones de alta energía provenientes de aceleradores de 5 Mev que son utilizados para alimentos con electrones de los átomos del medio (alimentos) causan ionización que es el mecanismo principal, pero también producen excitación

A IONIZACION

Cuando un electrón de alta energía interacciona con el medio; este entra en colisión con los electrones presentes, éstos absorben una cantidad de energía superior a la que los mantiene unidos al átomo, provocando así una expulsión de los electrones del medio (éstos son los electrones secundarios) quedando el átomo con una carga positiva; los electrones expulsados portando la energía del electrón incidente, también pierden energía a través de la interacción con los electrones del absorbedor (Kovacs 1986, Diehl 1990).

B. EXCITACION

Cuando la energía transmitida del electrón incidente al electrón del medio absorbedor es insuficiente para que pueda escapar del átomo, el electrón pasará a ocupar un nivel superior de energía pasando así a una órbita más alejada del núcleo (Diehl 1990, Kovacs 1986), esto se puede observar en la figura 24

3.6.4 PENETRACION DE LOS ELECTRONES

La penetración de electrones de 10 Mev es menor que la penetración de la radiación gamma del Cobalto - 60, como se puede observar en la figura 22 Los electrones se diferencian de la radiación gamma por la distribución de dosis que se obtiene en el material irradiado como se aprecia en la misma figura. El efecto de la radiación en los productos con lo que respecta a penetración, es mucho menor para los electrones que para la radiación gamma de Co-60, los aceleradores de electrones que se utilizan para productos de poco espesor y en general se irradian de ambos lados para uniformizar la distribución de dosis ver fig 25 (Ramler 1983).

3.6.5. PENETRACION DE LOS RAYOS X

La penetración de los rayos x de 5 Mev es similar a la de la radiación gamma, como se podrá observar en la figura 22, como la distribución de la dosis que se obtiene en un producto irradiado con rayos x es similar a la radiación gamma; los rayos x se utilizan para tratar productos empacados irradiados por ambos lados, para obtener mayor la uniformidad posible (Reyes 1987)

3.7 CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE IRRADIACION

3.7.1. DOSIMETRIA

Para lograr los objetivos de la conservación de alimentos por irradiación, es necesario aplicar correctamente la dosis de energía ionizante en los alimentos tratados.

El control de calidad de los alimentos con respecto a la dosis aplicada, solo puede ser llevado a cabo en la planta de irradiación por medio de la dosimetría de las radiaciones ionizantes, que tienen por finalidad determinar la energía absorbida por unidad de masa, es decir, la dosis absorbida en un medio irradiado.

El sistema internacional de unidades, ha designado al Gray (Gy) como la unidad de dosis absorbida; la unidad antigua fue el rad (ASTM 1985, CAST 1989, Codex Alimentarius 1983, OIEA 1977).

$$\begin{aligned} 1 \text{ Gray (GY)} &= 1 \text{ Joule /Kilogramo} \\ &= \text{w}^{-2} \text{ /Kilogramo} \\ &= 100 \text{ rad} \\ &= 6.24 \times 10^6 \text{ ev / Kg} \end{aligned}$$

Al aplicar la dosimetría se proporciona confianza en el proceso de irradiación desde el punto de vista legal y económico.

La dosimetría se efectúa a través de cálculos matemáticos y por medio de instrumentos denominados dosímetros.

A través de la dosimetría teórica es posible establecer la ubicación y dimensiones de los contenedores del material a irradiar, el sistema de irradiación etc. a fin de lograr mejor rendimiento de la planta de irradiación o sea obtener el mayor volumen posible del material irradiado en la unidad de tiempo para una determinada actividad de la fuente radioactiva, manteniendo la relación entre la dosis máxima y la dosis mínima, dentro de los límites compatibles para el producto que se desea irradiar (Dorda 1989)

En la práctica la dosis se determina utilizando los dosímetros que tienen la característica que al interactuar con la radiación sufren cambios que son medibles (Reyes 1985).

Existe una gran variedad de dosímetros, cada uno con sus propias características, ventajas y desventajas, sin embargo se elige aquel que se adapte mejor a las necesidades requeridas.

3.7.1.1. TIPOS DE DOSIMETROS

En general existen dos clases de dosímetros: dosímetros primarios y secundarios.

A. DOSIMETRO PRIMARIO

La principal característica de este dosímetro, está la de medir la cantidad de energía de ionización en forma directa, el dosímetro más común es el calorímetro, se utiliza como estandar para calibrar otros dosímetros. En la irradiación de alimentos, este dosímetro no es utilizado a nivel industrial (Miller 1989, Kovacs 1986, Manual de Dosimetría OIEA 1977, CAST 1989 y Diehl 1990).

B. DOSIMETRO SECUNDARIO

Este dosímetro mide la cantidad de energía absorbida de una forma indirecta. En general casi todos los dosímetros son de este tipo, por ejemplo el dosímetro de Fricke, polimetil metacrilato, etc, dentro de estas dos clasificaciones se tiene otra; en el proceso a nivel industrial se contemplan los dosímetros de referencia y los de rutina (CAST 1989).

B.1 DOSIMETRO DE REFERENCIA

Estos sistemas son usados para calibrar campos de radiación, así como dosímetros de rutina; el dosímetro de referencia más utilizado es el dosímetro de Fricke, el calorímetro también es utilizado como dosímetro de referencia con respecto a otro, pudiendo utilizar también Sulfato Cúprico Ferroso y Sulfato Cérico (Mc Laughlin W. C. 1983).

B.II. DOSIMETROS DE RUTINA

Este tipo de sistemas medibles son usados para controlar y asegurar la calidad del proceso de irradiación.

Estos dosímetros presentaran una señal reproducible como una función de la dosis absorbida dando la interpretación de la dosis lo más fiel y razonablemente en la materia de interés.

En la práctica esa señal se manifestará en los cambios que seran medidos por procedimientos estandares como espectrofotometría, potenciometría, rotación óptica etc.

En la tabla XI se muestran los dosímetros de rutina que son utilizados en el proceso de irradiación de alimentos, así como sus límites de dosis en los cuales pueden trabajarse y en la tabla XII sus características.

Para el procesamiento de alimentos por irradiación a nivel industrial la dosimetría se realiza en dos etapas:

Primero se determina la distribución de dosis en un lote experimental (con producto real o simulado) colocando un número grande de dosímetros en varias cajas, paquetes, etc. Ello permite medir la dosis mínima (D_{\min}) y la dosis máxima (D_{\max}) en el intervalo previamente establecido para lograr el efecto deseado.

Segundo para dosimetría rutinaria los dosímetros de rutina o para control de proceso se colocan en las posiciones D_{\min} y D_{\max} de unas cuantas cajas, paquetes etc., de un lote (Reyes 1987, Kovacs 1986, IAEA 1977).

3.7.2. DISTRIBUCION DE DOSIS

Cuando los alimentos reciben energía ionizante de una fuente externa, la distribución de la energía absorbida es de suma importancia.

Todas las porciones del alimento recibirán la energía suficiente para completar el objetivo deseado y ninguna parte del alimento recibirá una dosis excesiva, el principal factor en el diseño de una planta de irradiación es la uniformidad de la distribución de la dosis absorbida en un producto (Diehl 1990, Training Manual OIEA 1977).

El principio de la distribución de dosis en el producto se basa en la disminución de la intensidad de la radiación con la distancia de la fuente y con grosores por la absorción de la energía en el producto (Chadwick 1986).

La distribución de dosis en empaques rectangulares conteniendo a los alimentos a una fuente placa de Cobalto - 60 se puede observar en la figura 26. El irradiador de este tipo, diseñado en tal forma que el contenedor rectangular que contenga el alimento, reciba la radiación por ambas caras; la D máx se dara afuera del plano, donde el empaque es paralelo a la fuente y la D mín a la mitad del plano del empaque (IAEA 1977).

La posición exacta de D máx y D mín en el producto dependerá si el contenedor de los alimentos se encuentra en forma estacionaria, con dirección única o en dos o más direcciones.

En un acelerador de electrones la D máx se encuentra a la mitad del plano, en la parte central y la D mín en la parte inferior al empaque rectangular en los extremos del plano ver figura 27 (IAEA 1977).

La distribución de la dosis en el producto esta dada por la siguiente expresión:

$$\bar{D} = \frac{\bar{D}_{MAX} + \bar{D}_{MIN}}{2}$$

\bar{D} : Es la dosis promedio total absorbida en el producto.

3.8 EFECTOS QUIMICOS DE LA RADIACION IONIZANTE

La energía ionizante al interactuar con la materia tendrá un periodo de tiempo de 10^{-15} seg (Taub 1983), ocurriendo dos procesos básicos:

A. PROCESO PRIMARIO

Quando los electrones que provienen de los aceleradores o bien los que se producen del efecto Compton, interaccionan con la materia; produciendo ionización y excitación en el medio, causan la formación de radicales libres primarios, electrones y moléculas excitadas. Los electrones removidos de átomos o moléculas en el proceso primario pueden poseer alta energía, provocando así las ionizaciones adicionales (Dielh 1990).

Quando las radiaciones gamma, rayos x o electrones acelerados actúan sobre un sustrato complejo, como lo es un alimento; la distribución de la energía esta dada en función de la composición de ésta y en relación a los pesos moleculares de las distintas sustancias homólogas componentes de este complejo.

Esta distribución energética se mide por el número de especies formadas a partir de cada una de esas sustancias por cada 100 ev de energía absorbida y esta definición compete al valor "G" de cada sustancia (Training Manual Food Irrad. IAEA 1982).

B. PROCESO SECUNDARIO

Debido a la alta reactividad de los productos formados por el proceso primario, estos interaccionan ya sea entre si o con otras moléculas que no hubieran incidido con los electrones iniciales.

El número de reacciones dependerá de la reactividad y concentraciones de todos ellos. Esta competencia de reacción estará definida por la constante K de reacción de los productos y por la concentración molar de éstos (Kaupert 1989).

Mientras los efectos primarios son muy inespecíficos, los efectos secundarios dependen de la estructura química específica; la presencia de impurezas, aditivos, también influyen así como el oxígeno y temperatura (Training Manual on Food Irrad. IAEA 1982).

Por lo tanto, el efecto provocado en un producto alimenticio que ha sido sometido a la irradiación, depende de su

composición y de las condiciones de irradiación.

Por otro lado, cuando se someten los alimentos a la irradiación y en forma aparte sus componentes individuales como sustancias puras en iguales condiciones, se ha observado que el efecto radiolítico es mayor en soluciones puras que en el alimento completo (Josephson 1978).

Tomando en cuenta los factores que afectan la irradiación en los productos cárnicos como agua, oxígeno y temperatura, en este trabajo se presentarán los efectos que causa la radiación en estos.

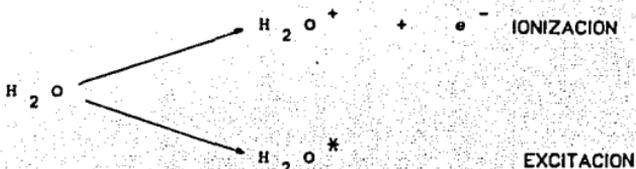
3.8.1 EFECTO DE LAS RADIACIONES EN AGUA

El agua este presente en casi todos los alimentos, en la carne su proporción es de 60 %. La radiólisis del agua es de particular importancia en la irradiación de alimentos.

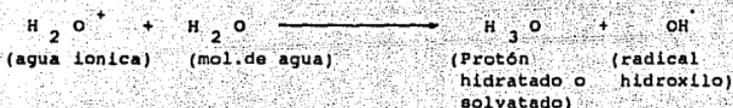
La naturaleza y distribución de los productos formados durante la radiólisis del agua son ligeramente diferentes, según los valores de LET ya sean altos o bajos, se formarán dichos productos.

La transferencia de energía LET hacia el agua por la radiación tiene lugar en un lapso de 10^{-16} segundos, produciéndose los fenómenos de ionización y excitación.

La partícula cargada al pasar por oa través del agua hace que las moléculas adyacentes a su trayectoria se ionicen de manera preferente y aquellas no adyacentes o alejadas a la trayectoria se exciten. en la siguiente presentación las moléculas con asterisco en la parte superior derecha representan a las moléculas excitadas.

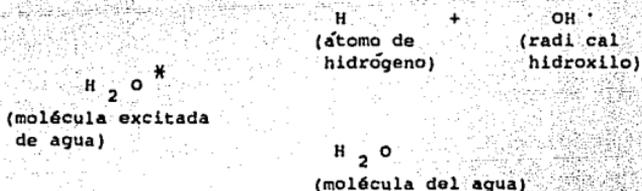


En un tiempo de 4×10^{-14} segundos, el agua iónica reacciona con una moléculas de agua, dando por resultado un radical libre que se representa por un punto en la parte superior derecha de la entidad química formada.

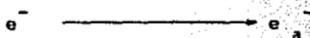


El radical OH^\cdot es un radical libre muy reactivo, ya que se encuentra en su estado inestable.

La molécula del agua excitada se descompone en un tiempo de aproximadamente 10^{-13} segundos, dando origen también a un radical libre o bien perderá su exceso de energía.



De acuerdo a la teoría de Lee, Gray y Platzman, el electrón libre formado durante el proceso de ionización, es solvatado por la moléculas de agua en un tiempo menor de 10^{-11} segundos y representado por e_a^-



En un período de tiempo de 10^{-11} segundos a 10^{-7} segundos, existe una competencia entre la combinación de los radicales para formar moléculas.

En un proceso de combinación se considera que las siguientes reacciones toman lugar :





Existen, asimismo, procesos de recombinación que pueden representarse por las siguientes reacciones:

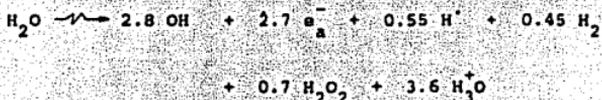


En aquellos sistemas que tienen bajos valores de LET la combinación y recombinación continúa hasta su terminación, éstas son las llamadas reacciones intra-trayectoriales.

Las radiaciones con altos valores de LET, estimulan las siguientes reacciones mediante un fenómeno de difusión contrario a las reacciones intra-trayectoriales.



Basados en las ecuaciones anteriores, las reacciones completas de la radiólisis del agua, también puede ser expresada como sigue:



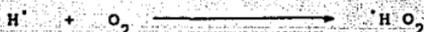
Los valores "G" que se expresan en los compuestos obtenidos difieren de texto a texto pero es importante mencionar que estos valores "G" se obtuvieron en rangos de pH de 4-11 que son los valores que oscilan en la irradiación de alimentos.

3.8.2 INFLUENCIA DEL OXIGENO

La presencia o ausencia de oxígeno durante la irradiación, tiene una influencia importante en el curso de la radiólisis.

El agua está en equilibrio con el oxígeno del aire, ya que contiene una baja concentración de oxígeno.

Los átomos de hidrógeno pueden reducir el oxígeno a radical hidropéroxido



El $\bullet HO_2$ es un agente no muy oxidante, estando en equilibrio con el radical anión superóxido.



Otro camino para la formación de radicales superóxido es la reacción de electrones solvatados con oxígeno.



A través de la remoción de los agentes reductores e_a^- y H, la importancia del radical OH en el papel de las reacciones oxidantes, tienen gran importancia en soluciones oxigenadas.

El radical hidropéroxido y el radical superóxido pueden aumentar el peróxido de hidrógeno.



En la figura 28 se podrá observar que la formación de peróxido de hidrógeno en un sistema acuoso irradiado depende de la presencia de oxígeno, se produce muy poco de este compuesto cuando el oxígeno se excluye. (Henglein 1969, Dielh 1990, Delince

3.8.3 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA

Otro factor importante que influye en el proceso de irradiación, es la temperatura; la congelación de los productos alimenticios al ser irradiados, protege la formación de radicales libres, las sustancias intermedias de la radiólisis del agua son atrapadas en el material congelado y se mantienen sin reaccionar, cuando el material regresa a su temperatura ambiente, el daño al sustrato es mucho menor que cuando no fue congelado, en la figura 29 se observa este efecto en soln. de ácido ascórbico (Dielh 1990, Proctor 1951).

3.9 EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACION IONIZANTE

Los efectos provocados en la células al ser irradiadas, son alteraciones físico químicas provocadas por absorción de la energía, por las diferentes sustancias que las componen.

Es importante considerar que los efectos resultantes de la interacción de la radiación con la célula viva, dependeran de diversos factores como:

- calidad y cantidad de los compuestos celulares.
- funciones en la que esos componentes están comprendidos.
- etapa fisiológica de la célula en el momento de la irradiación.
- grado de diferenciación celular.
- actividad metabólica celular.

Por otra parte tal como ocurre en los efectos químicos de las radiaciones, los efectos biológicos se verán influenciados por agentes intrínsecos (propios de la célula) y extrínsecos (del medio).

Así mismo los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes guardan una estrecha relación con la dosis, razón de dosis y fraccionamiento de la dosis aplicada (Kaupert 1989).

Los efectos que predominan en la célula viva al ser expuesta a la radiación ionizante son efectos directo e

indirecto. (OIEA 1982, Diehl 1990).

A. EFECTO DIRECTO

Universalmente se reconoce que el ácido desoxirribonucleico (DNA) contenido en los cromosomas celulares, representa el blanco más crítico de la radiación ionizante (OMS 1981).

Cuando la radiación ionizante es absorbida en el material biológico, hay la posibilidad de que la radiación actúe directamente en el blanco crítico (DNA celular) a esto se le denomina efecto directo.

Las transformaciones que puede sufrir una molécula de DNA por efecto de las radiaciones ionizantes, seguirán algunos de los mecanismos como excitación, ionización etc. con transformaciones de radicales libres.

Otras lesiones, además de las del DNA, pueden provocar el daño celular; la más importante de ellas es el daño causado a la membrana celular que posee estrecha relación con el DNA.

Muchas de las enzimas requeridas para la reparación del DNA están localizadas en las membranas y los lípidos de éstas parecen estimular la función de determinadas enzimas (nucleasas).

Varios tipos de daños pueden provocar la muerte celular, sin embargo al que se ha analizado con mayor detalle, es el daño que produce la radiación ionizante sobre el DNA completo, o bien en el momento previo a su duplicación.

Por efecto de la radiación, puede llegar a producirse una ruptura simple o doble del DNA. Los daños o roturas covalentes resultan:

En la pérdida de las bases púricas o pirimídicas provocando mutaciones.

Por la ruptura de las mismas cadenas de la molécula lo que impediría o afectaría su replicación.

Las consecuencias del daño al DNA producido por las radiaciones son tan grandes que puede llegar a producir la muerte celular. La molécula de DNA está asociada con péptidos,

nucleoproteínas, RNA, ciertos lípidos, lipoproteínas y cationes metálicos; el daño del RNA significaría una alteración metabólica tan grande que se produciría la muerte (IAEA 1990, Diehl 1990).

B. EFECTO INDIRECTO

Alternativamente la radiación puede interactuar con otros átomos o moléculas en las células particularmente con el agua para producir radicales libres que se disipan a través de la célula y alcanzan y dañan al DNA.

El efecto indirecto de la radiación es importante en la destrucción células vegetativas; el citoplasma contiene cerca del 80 % de agua, los productos radiolíticos formados de la radiólisis del agua son de trascendencia.

Los efectos de la radiación no pueden ser descritas en forma simple para todos los organismos y especialmente por su complejidad.

3.A.1. SENSIBILIDAD A LA RADIACION

La correlación de sensibilidad a la radiación es inversamente proporcional a la complejidad biológica como se podrá observar en la tabla XII (IAEA 1982).

El análisis del efecto de la radiación en seres vivos se concretará a bacterias y párasitos que intervienen en la descomposición y contaminación de alimentos de origen animal.

Sin embargo en la aplicación práctica las dosis utilizadas para producir la muerte en las bacterias, parásitos, e insectos son mucho menores que las que se observan en la tabla XII. Las bacterias tienen diferentes sensibilidades a la radiación ionizante, los factores de que dependen son: especie, cepa, condiciones ambientales, antes, durante y después de la irradiación.

La absorción de la radiación ionizante causa cambios químicos en los componentes celulares, produciendo incluso la muerte celular, generalmente ésta asociada con la incapacidad de reproducción.

Es importante conocer la dosis de inactivación de las bacterias, desde el punto de vista proceso, con el fin de eliminar a éstas.

Diferentes especies y diferentes cepas de la misma especie requieren diferentes dosis para alcanzar el grado de inactivación.

En una población dada de organismos, a medida que se incrementa la dosis, la fracción de sobrevivientes se hace cada vez menor.

La relación entre dosis y fracción de sobrevivientes es exponencial; en la figura 30 se presenta el efecto de la radiación en una población bacteriana es decir el logaritmo de la fracción de microorganismos sobrevivientes en función de la dosis absorbida.

Para proporcionar una medida de sensibilidad de un organismo a la radiación y estimar la dosis necesaria para un determinado efecto cualitativo se refiere el concepto D_{10} expresado en Grays, que es la dosis de radiación necesaria para reducir el 90 % de una población.

$$\log \frac{N}{N_0} = - \frac{D}{D_{10}}$$

$$D_{10} = \frac{D}{\log N_0 - \log N}$$

Donde N_0 = población inicial

N = población después de aplicar la dosis D

D = dosis aplicada en Gray

Un porcentaje relativamente alto de alimentos contaminados con bacterias patógenas como *Salmonella*,

Campylobacter, Staphylococcus, Clostridium y otros ocasionan infección alimentaria y en consecuencia provocando enfermedades que se transmiten a través de los alimentos (OMS 1982).

4. COMESTIBILIDAD DE LOS ALIMENTOS IRRADIADOS

Los alimentos tratados por irradiación con una dosis de hasta 10 KGy, no causan ningún riesgo toxicológico, ni plantea problemas microbiológicos, ni nutricionales (OMS 1981) a esta conclusión llegó el comité de expertos integrado por el Organismo Mundial de la Salud, Organismo Internacional de Energía Atómica y Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (OMS/OIEA/FAO) en base a múltiples estudios sobre la comestibilidad de los alimentos irradiados (Food Irradiation Information 1981).

Ningún método de preservación de alimentos ha sido tan ampliamente analizado en cuanto a su inocuidad como el de irradiación.

La aceptación legal de los alimentos irradiados ha sido cuestionada durante muchos años por los gobiernos de muchos países que se mostraron reacios a otorgar permisos para procesar alimentos por irradiación (Dielh 1985).

A partir del momento en que se aprobaron algunos productos alimenticios tratados por irradiación, las exigencias de inocuidad sobre éstos fue mayor; cada vez se exigían nuevos ensayos que se llevaron a cabo en laboratorios especializados en todo el mundo. Estos estudios dieron inicio desde 1950 en los cuales se probaba la comestibilidad de dietas irradiadas, en 1979 se efectuó una recopilación de los estudios hechos en alimentos irradiados; encontrándose en esa época 1223 estudios en los cuales se mencionaba la complejidad con que fueron llevados a cabo, el personal científico especializado y el tiempo y costo por cierto muy caros estos experimentos, con el fin de comprobar la comestibilidad de 278 alimentos (Barna 1979).

En 1961, durante una reunión internacional patrocinada por FAO/OIEA/OMS en Bruselas (OMS 1981), se insistió en la necesidad de considerar la comestibilidad del alimento procesado por irradiación; durante casi 20 años se realizaron reuniones periódicas con el fin de revizar los avances. El comité de expertos FAO/OIEA/OMS, pasó revista a todas las pruebas

disponibles en los años 1964, 1969, 1976 y 1980 y ha publicado sus recomendaciones (OMS, Series de informes técnicos 1965, 1970, 1977 y 1981).

Los informes de dicho comité, muestran como la opinión de los expertos fue progresando a través del tiempo, desde un enfoque restrictivo en 1964, hasta la aceptación de la inocuidad de todos los alimentos irradiados a una dosis media global, no más de 10 KGy en 1980.

Las alteraciones químicas producidas en los alimentos, como consecuencia de la energía aportada por las radiaciones, fue la principal preocupación. Para comprobar esas alteraciones, se efectuaron numerosos y prolongados estudios de alimentación en animales; con objeto de mancomunar los recursos necesarios para dichas pruebas, se realizó el proyecto internacional para la irradiación de alimentos (PIIA) desde 1970 hasta 1982, en el que participaron 24 países; la FAO y OIEA coordinaron el proyecto, mientras que la OMS participó como asesor.

Además de los estudios de alimentación en animales, se efectuaron numerosos ensayos, para detectar posibles mutágenos de los alimentos irradiados en diversos sistemas biológicos (OMS 1981, Diehl 1985).

Las principales preocupaciones que se plantearon al realizar los estudios fueron:

Posibilidad de inducir radiactividad en los alimentos

Producción de sustancias nocivas a la salud del consumidor.

Pérdida de nutrientes en cantidades inaceptables.

Inducción de cambios indeseables en la flora microbiana (Ladomery 1989, Narvaes 1989).

4.1 SEGURIDAD RADIOLOGICA

La radiación gamma del Cobalto-60 con energía de 1.17 Mev y 1.33 Mev y la del Cesio-137 de 0.66 Mev, no inducen radiactividad en los elementos constituyentes de los alimentos,

ya que sus energías son muy bajas para producir radiactividad (Diehl 1990, FDA 1986).

Esto ha sido demostrado en estudios realizados por Fleming(1985), en estimaciones de radiactividad inducida en alimentos usando fuentes isotópicas emisoras de rayos gamma; Miller y Jensen (1987) investigaron la radiactividad inducida en carne de vacuno irradiado a dosis de 200 - 300 KGy, no se encontró radiactividad alguna por medio de métodos espectrofotométricos.

Los electrones de hasta 10 Mev de energía, tampoco inducen radiactividad significativa a dosis de 10 KGy o menores.

Se calculó la radiactividad inducida en carne de res irradiada a 32 KGy utilizando electrones de 10 Mev, los resultados fueron: que la radiactividad de esta carne es 10^8 veces menor que la radiactividad natural en la carne (Becker 1979 in CAST 1986).

Otros estudios realizados al respecto, basándose en los anteriores, también demuestran que en carne de res irradiada con electrones de energías de 10 Mev, no se detecta radiactividad inducida medible (Miller 1986).

En estudios experimentales, no se detectó radiactividad inducida medible en pollo procesado por electrones en un rango de dosis de 10 - 68 KGy (Klinger and Lapidot 1990, CAST 1984).

Se calculó que la radiactividad inducida a dosis de 10 KGy con rayos x de 5 Mev o menor energía, es de 250 veces menor que la radiactividad natural detectada en algunos alimentos y que la máxima radiactividad inducida es de 12 000 veces menor que la permitida por la OMS en agua potable (Advisory Committee on Irradiated and Novel Foods 1986). Aún a energías mayores por ejemplo 32 Mev, la radiactividad inducida es comparable a la radiactividad natural, debido a presencia de Potasio - 40, Carbono - 14 y otros radioisótopos que contienen los alimentos (Diehl 1990).

El comité mixto de expertos OMS/OIEA/FAO, basándose en el informe técnico de Becker 1979, en el cual mostró que en fuentes instrumentales, la actividad inducida es despreciable y de corta vida por debajo de un nivel de energía de hasta 16 Mev; en este sentido el comité recomendó que se restringieran las

fuentes de radiación empleadas para el tratamiento de alimentos y que se utilizarán aquellas cuyos niveles de energía se encuentran por debajo de las que inducen radiactividad en los alimentos tratados por radiación, por lo que recomendó irradiar alimentos, con un nivel máximo de energías de 10 Mev para electrones, 5 Mev para rayos x y para gammas se utilizarán Cobalto - 60 y Cesio - 137 (OMS 1981).

En 1983, la comisión del Codex Alimentarius adoptó estas recomendaciones (Codex Alimentarius 1983). En E.U.A. la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) aprobó la irradiación de alimentos; en su norma asienta que no existe evidencia alguna sobre radiactividad inducida en los alimentos tratados con radiaciones gamma de Cobalto -60 y Cesio - 137; rayos x y electrones con energías de 5 Mev y 10 Mev respectivamente (FDA 1986).

4.2 SEGURIDAD TOXICOLOGICA

Como ocurre con otros métodos de conservación, la irradiación produce cambios biológicos, químicos y fisiológicos en el alimento tratado. Para comprobar si estos cambios, pudieran ocasionar daños a la salud del consumidor, se realizaron estudios para evaluar la inocuidad de los alimentos irradiados.

Las experiencias fueron hechas con animales de experimentación, del mismo estilo y con todas las exigencias que se llevan a cabo usualmente para la aprobación de un nuevo fármaco (Narvaes 1989).

También hubo un grupo de voluntarios jóvenes varones del departamento médico de la Armada de E.U.A., que se sometieron a experimentación (CAST 1986) y en China recientemente, cientos de personas voluntarias consumieron alimentos irradiados por períodos de 7 a 15 semanas (Brynjolfsson 1986). En todos los estudios tanto en animales como en humanos, no hubo efectos adversos que demostraran que los alimentos irradiados causarían efectos nocivos.

Los estudios de comestibilidad de los alimentos

irradiados se enfocaron en los siguientes aspectos:

Toxicidad subcrónica

Toxicidad crónica

Carcinogénesis

Teratogénesis

Mutagenicidad, ensayos en vivo de prueba dominante letal, hospedero mediador y citogenicidad.

Analizando varios estudios de toxicidad para probar la comestibilidad de los alimentos irradiados, en este trabajo se presentan los más importantes en orden cronológico.

En una revisión realizada por Barna en 1979 sobre todo tipo de estudios en alimentos irradiados para probar su comestibilidad, encontró 1221 estudios realizados en 278 alimentos, que se presentan a continuación (Barna 1979).

Ludwig (1925) y Narat (1927) concluyeron que no existe ningún efecto adverso en el consumo de alimentos irradiados que sea ambiguo o reproducible.

Swift y Cía. en 1950 realizaron estudios en tres generaciones de ratas, a las cuales les incluyeron en sus dietas carne tratada con electrones a dosis de 18.6 KGy durante 2 años y a sus generaciones sucesivas, los estudios indicaron que la irradiación no tiene efectos tóxicos (Poling Et al 1955).

En la década 1950 - 1960 el Ejército de E.U.A. junto con el Consejo Nacional de Investigación, diseñaron y desarrollaron métodos para evaluar la comestibilidad de los alimentos irradiados como carnes (pollo, tocino, bistec, salchichas, embutidos, jamón, pavo); pescados (salmón camarón, atún y pescado haddock), frutas, vegetales, granos y cereales a dosis comprendidas en el rango de 27.8 a 55 .6 KGy. La dieta irradiada se les suministró a ratones, perros, ratas y gatos por un período de 2 años y en 4 generaciones. Los parámetros analizados fueron: desarrollo, utilización alimenticia, reproducción, lactancia, longevidad, histopatología y carcinogenicidad; concluyendo que la irradiación no produce sustancias tóxicas ni carcinogénicas (Raica and Howie 1966).

En 1955 el ejército de E.U.A. realizó un estudio con humanos, 41 varones voluntarios consumieron durante 15 días

dietas que contenían 54 alimentos diferentes, los estudios finalizaron en 1958 y no se encontraron efectos desfavorables en las personas que consumieron alimentos irradiados (Sierman Et al 1958, WHO/Food/77.45).

Como resultado de estos estudios, el Ejército de E.U.A. pidió a FDA (Food and Drug Administration) que aceptara y reglamentara el tratamiento por irradiación de papas blancas, para la inhibición de germinación a dosis de 0.05 - 0.1 Kgy y tocino con el fin de esterilizarlo a dosis de 45 - 56 Kgy, estas aprobaciones se llevaron a cabo en los años 1963 y 1964 respectivamente.

Otros investigadores de E.U.A. de la Universidad de Michigan en cooperación con el ejército de E.U.A., también pidieron a FDA, aprobación para irradiar trigo y sus productos con el fin del control de insectos utilizando dosis de 0.2 - 0.5 Kgy, en 1963 se dió la aprobación para estos productos.

Revisando las finanzas de la investigación sobre comestibilidad de los alimentos irradiados durante 10 años, el ejército de E.U.A. reportó un costo de 6 millones de dólares americanos, llegando a la conclusión en 1965, de que los alimentos irradiados a dosis de hasta 56 Kgy con fuentes de Cobalto-60 o con electrones cuyas energías son de 10 Mev, son inocuos, es decir son seguros y nutricionalmente adecuados (Congress of the United States 1965, Diehl 1990 , Brynjolfsson 1985).

Progresos notables sobre la comestibilidad de los alimentos irradiados se observaron en los estudios que se realizaron en otros países; en un trabajo sobre irradiación, establecido por el Gobierno Británico terminó en 1964 (HMSO 1964) y se llegó a la conclusión de que no existía alguna evidencia de carcinogénesis, en investigaciones realizadas a largo plazo sobre la comestibilidad de los alimentos irradiados.

En países como la Unión Soviética se aprobó el uso de la irradiación para tratar trigo en 1958; seguida por Canadá (Diehl 1990).

En 1966 el Ejército de E.U.A. solicitó una petición a FDA, para que aprobara el jamón utilizando radiaciones

ionizantes; el organismo rechazó esta solicitud, argumentando que el jamón es un subproducto intermedio del puerco, que aún cuando se le hicieron estudios de comestibilidad en 1955, los estándares de toxicidad cambiaron en 1968 (Barnas 1968), recomendó realizar estudios adicionales para investigar los posibles efectos de la radiación ionizante en las grasas de jamón y tocino, además retiró su aprobación para irradiar tocino por las mismas razones que argumentó para jamón.

A pesar de que la gran mayoría de los estudios de alimentación en animales, mostraron que los alimentos irradiados no causaban efectos nocivos, fue preciso reevaluar los resultados. Cuando los animales alimentados con productos irradiados se criaban mejor que los animales testigo a los que no se ofrecía comida irradiada lo normal era suponer que existía un error estadístico; pero cuando los animales en la dieta se prueba con alimentos irradiados crecían con deficiencias lo normal era sospechar de la dieta y no de la estadística. La repetición del estudio, en efecto reveló que los diseños experimentales estaban equivocados o que la evaluación de los resultados había sido incorrecta, en otras ocasiones se descubría una variable biológica que no se había tomado en cuenta (OMS 1989). Muchos trabajos en los cuales se reportaron efectos nocivos en los animales prueba se volvieron a repetir.

La administración que regula las normas en E.U.A. (FDA) examinó 444 estudios de toxicidad sobre alimentos irradiados en tabla XIV se presenta una relación (Federal Register FDA 1986).

De los cuales solo fueron considerados cinco estudios completos, entre los que se presentan: 3 estudios sobre toxicidad crónica, uno de reproducción y un estudio combinado de toxicidad crónica y teratología, para concluir que los alimentos tratados a bajos niveles de radiación no causan efectos toxicológicos.

Sobre toxicidad crónica los estudios revelaron que las dietas con alimentos irradiados aplicadas en animales prueba, no causaron efectos adversos a éstos (Elias 1980).

Un estudio de reproducción realizado por Hickman Et al en 1964 no reveló cambios en la reproducción de animales que consumieron alimentos irradiados (Hickman Et al 1964 in Federal

Register FDA 1986).

En un estudio realizado por Coquet Et al durante el período 1976 - 1980 en animales que consumieron productos irradiados, se comprobó que los alimentos tratados por irradiación no producen tumores en los fetos de los animales que comieron estos productos y la reproducción fue normal (Federal Register FDA 1986).

Levina e Ivanov (1978) reportaron efectos nocivos en estudios de comestibilidad de alimentos irradiados en ratas que comieron éstos en periodos prolongados de tiempo. Estos experimentos fueron considerados imperfectos por los expertos y sus conclusiones engañosas. Aunque sus estudios no se detallaron experimentalmente, utilizaron una fuente de Cobalto - 60, expusieron los alimentos a ésta por 10 horas y sin control de temperatura y oxígeno a una dosis de 56 KGy.

En un trabajo similar para probar esta teoría Wierbicki (1984) enuncia que varios parámetros de proceso no fueron tomados en cuenta como la presencia de oxígeno en cárnicos; a esas dosis y con oxígeno la irradiación produce severos cambios oxidativos; en el trabajo experimental realizado por este autor, en el cual la carne fue irradiada a esas dosis, sin oxígeno y a bajas temperaturas los alimentos prueba fueron considerados inocuos.

Bhaskaram y Sadasivan (1975) reportaron posibles aberraciones cromosomales (poliploidía) en células de sangre de niños que consumieron trigo irradiado durante 4 a 6 semanas, al analizar este estudio un comité científico de la India, concluyó que el número de datos no solo eran contradictorios, si no que también contradecían las leyes de la Biología (Kasavan 1979); en este análisis se dictaminó que el potencial mutagénico del trigo irradiado no fue demostrado, ya que el estudio reportó 1.8 % de poliploidía en las células de los niños que comieron trigo irradiado, este dato se reporta en un rango normal, mientras que la poliploidía en células de niño control, el porcentaje fue 0.0%, ésto resulta imposible (Kasavan 1988). En individuos saludables los niveles son 3 o 4 % en linfocitos (Dielh 1990); después del reporte de estos resultados, varios estudios de la misma clase se llevaron a cabo con el fin de confirmar la

mutagénesis.

En el resumen que reporta el Consejo para las Ciencias Agrícolas y Tecnológicas sobre comestibilidad de los alimentos irradiados se tienen registrados varios trabajos en los cuales concluyen que:

Los resultados de estudios mostrados en contraste con los estudios realizados por los indúes sobre comestibilidad de trigo irradiado, reportan que no hay ninguna incidencia de poliploidía, tampoco hubo incidencia en células micronucleadas que de alguna manera fueran afectadas significativamente por la dieta hecha a base de harina de trigo irradiado (Georges Et al 1976; Tesh Et al 1977, Rodii Et al 1977, Chauhan Et al 1977; Murthy 1981a, 1981b).

En otros estudios sobre comestibilidad, la carne de vaca y jamón fueron evaluados, se utilizaron dosis de 47.1 KGy y 37 - 52 KGy respectivamente, para esta prueba se utilizó la mosca *Drosophila* en este estudio corto, no se encontró evidencia de aberraciones genéticas o mutagenicidad como resultado del consumo de estos productos (Mc Gawn 1979, Milter 1979).

Para evaluar el potencial mutagénico de la carne de vaca irradiada, se utilizó la prueba de Ames, esta prueba tiene relación con la carcinogenicidad, encontrándose el resultado negativo (Gutherz and Fruin 1981).

El bistec irradiado a dosis de 47.71 KGy con radiaciones gamma y acelerador de electrones, no contiene sustancias antitiamínicas, ésto se demostró utilizando 312 ratas de ambos sexos deficientes en tiamina, esta vitamina es fundamental, ya que su deficiencia afecta el sistema nervioso periférico, el aparato digestivo y sistema cardiovascular (Harper 1976).

Con el fin de evaluar la comestibilidad del pollo esterilizado con radiación ionizante, se invirtieron 7 años de investigación, el costo del estudio fue de 8 millones de dólares, USDA y el Ejército de E.U.A. patrocinaron la investigación y la compañía Raltech Scientific Services lo llevaron a cabo, se evaluaron 5 dietas:

Carne esterilizada con electrones a dosis de 58 KGy.

Carne esterilizada con radiación gamma a dosis de 58 KGy

Carne esterilizada con proceso térmico

Carne inactivada enzimáticamente y almacenada bajo refrigeración

Dieta control 100 % de comida para roedores y 100 % de dieta chow para perros.

En todas la dietas se evaluaron diferentes parámetros, a continuación se presenta un resumen de las pruebas de toxicidad.

En lo que respecta a actividad antitiamina, no hubo evidencia de ésta en dietas de pollo esterilizadas por radiación a dosis de 58 KGy con rayos gamma y electrones (Mc Gown 1979 b), tampoco se encontró actividad antivitamina B6 en los productos irradiados (Mc Gown Et al 1981).

En estudios sobre toxicidad genética se realizaron 4 métodos:

En el primero se utilizó la prueba de Ames modificada (modificada debido a la presencia de histidina en pollo) en este estudio no se observó mutagénesis (Kuzdaz Et al 1980).

La segunda prueba se realizó utilizando la prueba de *Drosophila Melanogaster* para mutaciones letales recesivas; no hubo evidencia de que el pollo esterilizado por energía ionizante causa mutaciones; para validar la prueba se utilizó un control positivo utilizando la sustancia química tri 2,3 dibromo propil - fosfato (Sullivan Et al 1979).

La tercera prueba fue para ver si había mutaciones de trans locación hereditable en ratones (daño cromosomal), en esta prueba no se encontró evidencia de daño cromosomal al consumir pollo tratado con radiación ionizante (Black Et al 1981 a)

El cuarto estudio genético fue para encontrar mutaciones letales dominantes; no hubo evidencia de éstas en ratones machos y hembras que consumieron las dietas (Black Et Al 1981 b).

Todos estos estudios proporcionaron la evidencia de que la carne de pollo esterilizada con radiaciones ionizantes con rayos gamma y electrones no es mutagénica.

Con el fin de detectar teratogénesis, al consumir carne de pollo tratada con energía ionizante, se realizaron estudios en ratones, hamsters, ratas y conejos. (Dahlgren Et al 1977, 1978; Christopher Et al 1979; Israelson Et al 1982). A las hembras preñadas durante el período máximo de organogénesis se les aplicaron dietas prueba hecha con carne de pollo esterilizada con radiación y a los animales control positivo se les aplicó sustancias teratogénicas que inducen malformaciones congénitas y reabsorbedores de embriones; a ratones, ratas y hamsters se les aplicó ácido trans-retinoico y a conejos Talidomida. Al término del estudio no se observó evidencia de malformaciones genéticas o producción de una toxicidad maternal. Los autores concluyeron que no hubo teratogénesis en las cuatro especies diferentes de animales por comer estas dietas durante el período máximo de organogénesis,

Durante dos años se realizaron estudios de toxicidad crónica y oncogenicidad (promoción de tumores), se estudiaron cuatro generaciones de ratas aplicándoles las cinco dietas, los resultados de estos estudios, concluyeron que no hubo efectos adversos por el consumo de carne de pollo tratada con radiación ionizante (Dahlgren Et al 1982).

En otro estudio sobre toxicidad crónica y estudios de reproducción con perros sabuesos, se les dió la dieta en cuatro etapas; prenatalmente, durante la lactancia y después de ésta; luego hasta antes de su muerte o bien después de 36 meses de lactancia para hembras y 40 meses después para machos. Los investigadores declararon que no hubo signos aparentes de toxicidad atribuibles a las dietas. De las observaciones hechas en las necrosias y los tejidos examinados microscópicamente no se notaron anomalías o cambios relacionados al tratamiento (Besancenez Et al 1983).

Ronning Et al (1984) describió la posible toxicidad crónica oncológica y estudios de reproducción en tres generaciones usando ratones.

De acuerdo a Thayer y Wierbicki (1985) la única parte negativa del reporte final de Ronning fue la reducción de ratones hembras que comieron dietas de carne tratada con radiación gamma

y un incremento en la incidencia de neoplasmas de células Leydig intersticiales (desarrollo de tumores intersticiales benignos,) (Seifried Et al 1983).

El Centro para Seguridad Alimenticia y División de Nutrición Aplicada de Patología, condujo su revisión propia e independiente sobre los neoplasmas, células de Leydig intersticiales benignas en ratones.

FDA concluye finalmente que el pollo esterilizado por energía ionizante no causa tumores (Hart 1985).

No solo en E.U.A. se realizaron estudios para evaluar la comestibilidad de los alimentos irradiados, países como Holanda, Francia, Inglaterra y otros países también hicieron estudios de este tipo.

Con el fin de unificar estudios de comestibilidad en todo el mundo la FAO y OIEA, asesorados por la OMS decidieron iniciar un proyecto internacional en materia de irradiación de alimentos, este estudio fue muy amplio, ya que no solo se evaluaron aspectos toxicológicos, si no también seguridad microbiológica y nutricional a dosis iguales o inferiores a 10 KGy (OMS 1977).

Ninguno de los estudios realizados bajo los auspicios del proyecto, indicó de modo alguno que los alimentos irradiados contenían productos cancerígenos, ni otras sustancias tóxicas producidas por la irradiación. El proyecto finalizó en 1982, habiendo establecido claramente la comestibilidad de los alimentos irradiados a dosis de hasta 10 KGy.

En Holanda se llevaron a cabo extensos estudios sobre reproducción y estudios toxicológicos en ratas y perros a los cuales se les suministró pollo irradiado a dosis de 3 - 6 KGy.

Las ratas estudiadas no mostraron variaciones significativas en el peso de sus órganos, ni en los parámetros hematológicos, ni en estudios urinarios y los estudios histopatológicos no mostraron indicios de alguna lesión (Knecht - Van Eekelen Et al 1971, 1972), en perros que consumieron el mismo alimento, tampoco se observaron anomalías en la función de sus órganos como cerebro, riñón, ni hubo cambios de peso, ni lesiones histopatológicas (Til Et al 1971).

Con el fin de obtener resultados a largo plazo se hicieron estudios de comestibilidad de pollo irradiado a dosis de 7 KGy, aplicándose a ratones y para confirmar el resultado se involucró un control positivo de una sustancia carcinogénica (0.03 % de 2 acetamido flumeno) el resultado fue que no hubo diferencia significativa de la incidencia de tumores entre el grupo control y el grupo que comió pollo irradiado, mientras que el control positivo mostró una alta incidencia de hepatomas y carcinomas en la vejiga (Proctor Et al 1971).

Otro estudio de comestibilidad en el que pollo irradiado a dosis de 3 - 6 KGy fue suministrado a ratones durante 2 años con el fin de observar la toxicidad de este producto. Los análisis hematológicos, química sanguínea, análisis de orina y las patológicas no indicaron que el pollo irradiado indujera neoplasmas y efectos deteriorantes (de Kneet - Vand Eakelen Et al 1972).

Sobre estudios de reproducción, estos mismos autores realizaron pruebas en ratas concluyendo que ninguna de las generaciones de ratas, alimentadas con pollo irradiado mostraron anomalías en apariencia o comportamiento.

Todos los estudios fueron la base para que se comprobara la inocuidad del pollo irradiado a dosis de hasta 7 KGy, junto con pruebas hechas en humanos (Bierman Et al 1958, WHO/FOOD/ADD/77.45).

En la tabla XV se resumen los estudios toxicológicos que se realizaron para probar la comestibilidad de los alimentos irradiados (pollo y cárnicos en el periodo 1976 - 1980).

Otros estudios similares se realizaron con jamón y carne de vacuno, el comité de expertos evaluó otros estudios además de los descritos; en la tabla XVI se presenta un resumen de estas pruebas.

En 1986, un estudio reciente sobre alimentos irradiados consumidos por humanos en China, las dietas fueron hechas de diferentes productos incluyendo pollo. El tratamiento de irradiación fue llevado a cabo con pollo congelado a dosis de 37 KGy y se almacenó a temperatura ambiente durante 3 meses.

El pollo irradiado se les dió a voluntarios con edades

oscilantes entre 20 y 23 años de edad, después de consumido el pollo, los voluntarios fueron sometidos a rigurosos exámenes médicos y clínicos; no se encontró ninguna anormalidad clínica.

Los investigadores llegaron a la conclusión que no se observaron efectos desfavorables como resultado de la ingesta de alimentos irradiados (Brynjolfsson 1987).

4.3 CALIDAD NUTRICIONAL

Los métodos de tratamiento y preparación de alimentos, suelen originar cierta pérdida de nutrientes.

En el caso de la irradiación, cuando un alimento es tratado con este tipo de energía, bajo condiciones comerciales, este alimento sufre pequeños cambios que no son significativos en la calidad nutricional; estos cambios no son muy diferentes de aquellos que se producen por los métodos convencionales (Josephson Et al 1978).

Numerosos estudios han demostrado que el valor biológico de las proteínas resulta poco afectado por la irradiación, aún cuando se apliquen al alimento dosis elevadas.

Si bien determinadas vitaminas como la riboflavina, la niacina y la vitamina D son bastante estables, otras como la tiamina y las vitaminas E y A son muy sensibles a la radiación, especialmente cuando no se ha extraído el aire del envase del producto alimenticio que será tratado con radiación ionizante (Dielh 1985).

Por otra parte existe una protección en los nutrientes de los alimentos irradiados, ya que la sensibilidad de éstos, es menor que cuando los mismos nutrientes son expuestos a la radiación en forma pura o en soluciones artificiales y mezclas (Breguadza and Bokeira 1971, Metlisku Et al 1968).

La protección de los nutrientes se perfecciona cuando se tratan los alimentos por irradiación en forma congelada y en ausencia de oxígeno (Thomas and Josephson 1970, Metliskis Et al 1968).

El comité mixto de expertos consideró en 1980 que la

Irradiación de alimentos hasta una dosis media de 10 KGy no crea ningún problema especial relativo a la nutrición (OMS 1981).

A continuación se reportan los aspectos nutricionales más relevantes de los alimentos expuestos a la radiación ionizante bajo condiciones de aplicación comercial:

Kennedy (1965) observó pequeños cambios en el valor nutritivo en dietas animales (concentraciones proteicas) cuando se aplicaron dosis de 5 a 10 KGy; en otro estudio similar pero con alimento congelado e irradiado, no se encontraron cambios nutricionales.

Ley (1972) notó excelentes resultados con dietas esterilizadas con radiación, cuando las aplicó a ratas y ratones durante 5 años concluyendo que hubo una excelente calidad nutricional en los alimentos irradiados.

Ralca y Howie (1966) reportaron que los valores biológicos de las proteínas y de la energía metabolizable; en componentes de dietas para ratones son inalterables a dosis de 56 KGy.

4.3.1 CARBOHIDRATOS

Los efectos de la radiación en los carbohidratos son: oxidación oxidativa e hidrólisis; los polisacáridos son depolimerizados y la célula es más susceptible a la hidrólisis enzimática.

La irradiación convierte a los carbohidratos complejos en compuestos simples. Aunque la irradiación puede causar cambios en las propiedades físicas y químicas de algunos carbohidratos de los alimentos (granos y vegetales) estos cambios no tienen significancia nutricional (Josephson 1978).

4.3.2 LIPIDOS

Las principales reacciones que se generan al irradiar los lípidos son oxidación, polimerización, descarboxilación y deshidratación. Después de haber irradiado lípidos, resultan una gran cantidad de compuestos que dependen de la composición de los ácidos grasos (Meritt 1966, Mitchel 1959).

Los ácidos grasos insaturados son más fácilmente oxidados que los ácidos grasos saturados. Los cambios químicos son minimizados cuando los productos que van a ser irradiados se congelan antes de tratarlos con esta forma de energía y sin oxígeno (Gel - Ford 1970).

Un estudio hecho en humanos que consumieron carne de cerdo irradiada a dosis entre 20 - 80 Kgy y almacenados a temperatura ambiente; los valores de digestibilidad fue igual para dietas irradiadas y no irradiadas (Plough ET al 1957).

4.3.3 PROTEINAS Y AMINOACIDOS

Utilizando dosis de irradiación elevadas, se observaron marcados efectos en las proteínas y aminoácidos, sin embargo los niveles utilizados para la irradiación de alimentos, no causan efectos de deterioro en proteínas y aminoácidos (Josephson 1978).

Ley Et al (1969) reportó que la proteína procedente de dietas esterilizadas con radiación a dosis de 70 Kgy no se encontraron efectos significantes en la digestibilidad, valores biológicos y utilización neta de proteína, aplicada las dietas a ratas como se observa en la tabla XVII, tampoco hubo cambios significativos en la composición de los aminoácidos de la dieta, en la tabla XVIII se puede observar este efecto.

El departamento médico del Ejército de E.U.A. y la compañía Brotes Inc. llevaron a cabo un estudio sobre comestibilidad en carne de res irradiada a dosis de 47 - 71 Kgy con un pre tratamiento a -40°C ; los resultados obtenidos de este

estudio es que no hubo una destrucción significativa de cistina, metionina y triptofano, estos aminoácidos son considerados los más sensibles a la irradiación (Josephson 1978).

Con el objeto de conocer el valor nutritivo de pollo pasteurizado a 6 KGy, De Groot Et al (1972) realizaron estudios, en los cuales no encontraron cambios significativos de la concentración de aminoácidos; la concentración de lisina no fue afectada por la irradiación, ni tampoco se afectó el valor nutritivo de las proteínas, ver tabla XIX.

Frumkin Et al (1977) irradiaron carne de vacuno crudo a dosis de 6 KGy y carne cocida a 8 KGy; los resultados de este estudio concluye que no afecta el valor nutricional proteínico en la carne.

4.3.4 VITAMINAS

Las pérdidas de vitaminas causadas por la irradiación en forma individual en soln. es diferente, de aquellos que se encuentran en los alimentos, utilizando la misma dosis, ésto se debe a los efectos protectivos de otros constituyentes (Dielh 1990, Rao Et al 1978).

Por otra parte la sensibilidad de algunas vitaminas a la irradiación puede disminuir, si se mantiene el producto congelado durante la irradiación. Thomas y Josephson (1970) reportan que la destrucción de tiamina en carne tratada con radiación ionizante puede ser disminuida eliminando el oxígeno y tratando a la carne en estado congelado.

En otro estudio realizado por el ejército de E.U.A., en el cual se irradió carne de puerco congelada a 60 KGy con una completa ausencia de oxígeno, fue comparado con un tratamiento térmico, obteniéndose mejor retención de tiamina en alimentos irradiados que en los cocidos (Thomas 1981).

No hay evidencia de que a dosis de 6 KGy exista una reducción significativa de los valores nutritivos en el pollo.

Una pérdida del 10 % de tiamina se determinó al irradiar pollo a dosis de 3 KGy; revisando la contribución de tiamina a través de carne pollo en la dieta diaria, representa el 1% por lo tanto la pérdida de este nutriente es insignificante (Shane 1990).

4.4 SEGURIDAD MICROBIOLÓGICA

La seguridad microbiológica obtenida por los procesos de irradiación de alimentos es absolutamente comparable con la de otros tratamientos de alimentos aceptados en la actualidad. A esta conclusión llegó el comité de expertos FAO/OMS basados en estudios microbiológicos (OMS 1982).

Según la comisión del Codex Alimentarius (CDC 19) no existen problemas de seguridad microbiológica con alimentos húmedos, como carne de pollo y pescado que han sido tratados con una dosis promedio de 10 KGy de energía ionizante y que esos alimentos después de tratarse sean adecuados y distribuidos a temperaturas cercanas a 0°C (2 - 5°C) y siguiendo las buenas prácticas de manufactura en todas las etapas del proceso.

De acuerdo a los objetivos que se plantearon cuando se iniciaron estos estudios, la irradiación podría aplicarse en productos percederos como carne de res, pollo y pescado con fines de esterilidad comercial, utilizando dosis altas arriba de 10 KGy (Radappertización) o bien utilizando dosis bajas, abajo de 10 KGy que se utiliza para inhibir el desarrollo microbiano y eliminar bacterias patógenas específicas para pasteurización (radurización y radicidación) (Food Irradiation Information 1981).

Sin embargo se plantearon algunas interrogantes con respecto a las características de los microorganismos resultantes.

Posibles mutaciones que hicieran a las bacterias muy resistentes a la radiación.

Incremento de virulencia de los patógenos

Producción de cambios en las características

fisiológicas que pudiera hacer difícil su identificación.

Los estudios realizados con anterioridad, indicaron que no hay evidencia alguna de las posibilidades antes mencionadas (Ingram and Farkas 1977, OMS 1976, 1981).

De los cuales solo mencionan los de mayor relevancia, de estudios que se realizaron en microorganismos que causan enfermedades y que se transmiten por los alimentos con respecto a su resistencia a la radiación y después creándoles las bacterias irradiadas, un medio de desarrollo óptimo, temperatura, oxígeno etc. (Dielh 1990, Farkas 1989. Maxcy).

La respuesta de una célula bacteriana y su resistencia a la radiación ionizante depende de:

La naturaleza y cantidad de daño directo producido en su blanco vital.

En el número, naturaleza y longitud de especies químicas reactivas inducidas por la radiación y la habilidad inherente de la célula para tolerar o reparar exactamente lo anterior.

La influencia del medio ambiente intra y extracelular.

No solo hay diferencia de resistencia a la radiación de las bacterias, entre especies microbianas si no también entre cepas de misma especie (Farkas 1989).

Los organismos supervivientes a tratamientos de irradiación a dosis bajas son *Enterococos*, *Levaduras*, esporas de *Clostridium spp.* Otra bacteria que ha sido identificada como muy resistente a la radiación es el *Micrococcus Radidurans*, (Andersen et al 1956), afortunadamente no causa deterioro en los alimentos, ni produce enfermedades; otros miembros de este género son *D. Radiophilus* y *D. Proteolyticus*, estas bacterias se reparan fácilmente y siempre multiplican el doble filamento del DNA (Moseley 1984).

Las esporas de *Clostridium* y *Bacillus* son las más resistentes a la radiación (Farkas 1989, Teufel 1981) esto también sucede en microorganismos que han sido expuestos o sometidos a técnicas de preservación de alimentos convencionales, este inconveniente se supera con la combinación de tratamientos químicos (sales y nitratos) o por condiciones apropiadas de

almacén, después de irradiar (Teufel 1981).

Las *Pseudomonas* son las especies que se encuentran asociadas a una baja resistencia (Toufel 1981) a la radiación, mientras que *Moraxella - Acinetobacter*, presentan una alta resistencia a la radiación (Tiwari and Maxcy 1972, Farkas 1989).

Una serie de investigaciones hechas por Maxcy Et al (1978) demostraron que las bacterias sobrevivientes en pollo y carne tratados por irradiación, no presentan ningún problema de significancia en la salud pública.

Patógenos gram negativos como *Escherichia Coli* y los asociados con la familia enterobacteriacea presentan una baja resistencia a la radiación (Farkas 1989).

Bacterias como *Yersinia Enterocolitica*, *Vibrio Parahemoliticus*, *Aeromonas Hydrophyla*, *Campylobacter spp*, *Shigella spp* y *Listeria Monocitógenes*; presentan ser muy susceptibles a la radiación, ofreciendo así, una muy buena posibilidad de eliminación de estas bacterias (Matsumaya 1973, El Zawahry and Rawlwy 1979, Torkowski Et al 1984, Lambert and Maxcy 1985, Farkas 1985, Palumbo Et al 1986).

De las bacterias gram negativas, la *Salmonella* es la más resistente a la radiación, por lo tanto al eliminar esta bacteria en los alimentos, se eliminan todos los antes mencionados (Farkas 1989).

Para prevenir la multiplicación de bacterias *Salmonella* supervivientes del proceso de irradiación, se recomienda mantener el producto a 5°- 6° C (Klinger and Lapidot 1990).

Estudios en cultivos de cepas puras de *Cl. Botulinum*, se encontró que pueden resistir 12 ciclos log. al cultivarse las células sobrevivientes a temperaturas óptimas y nutrientes óptimos para lograr su recuperación.

El proceso industrial a dosis altas, se matan las esporas de *Cl. botulinum*; con dosis bajas se previene la posible formación de toxinas en productos como pescado, siempre y cuando se logre seguir las buenas prácticas de manufactura.

A dosis de 3 KGy en pollo y pescado es suficiente para asegurar el proceso libre de *Cl. Botulinum* tipo E (Klinger and Lapidot 1990).

4.4.1 ESTUDIOS DE MUTAGENICIDAD

Es bien conocido que la radiación es un agente mutagénico, al igual que muchos tratamientos tradicionales (Ingram and Farkas 1977), como rayos ultravioleta, calor, uso de químicos, desinfectantes etc. .

Dosis subletales de radiación ionizante pueden producir cambios en el material genético de los microorganismos (mutaciones) dejando alteradas sus características que serán propagadas en subsiguientes generaciones (Wedekig 1987).

En 1977 Ingram y Farkas revisaron todos los estudios de radiaciones relacionado con la microbiología, con el fin de identificar algún indicio de que la radiación produjera mutaciones al respecto, o bien que un microorganismo no patógeno se convirtiera en patógeno que las cepas menos virulentas se transformaran en más virulentas; en todos esos estudios no se encontró algo que indicara lo antes mencionado.

Por el contrario, ellos reportaron pérdidas de virulencia o infectividad, como resultado del tratamiento de la radiación (Dielh 1990)

Científicos en microbiología británicos aseguran que la inducción de mutaciones en microorganismos, no tiene significancia en la irradiación de alimentos (Gould 1986).

No se ha encontrado reporte alguno en el cual certifique que la irradiación induce infectividad producida por *Salmonella* (Food Irradiation Information 1981, OMS 1977), muchas de las investigaciones han demostrado que la irradiación disminuye la producción de las toxinas (OMS 1977).

4.4.2 CAMBIOS TAXONOMICOS Y CARACTERISTICAS

RELEVANTES

Las características taxonómicas son herramientas especiales para la inoculación, enumeración, e identificación de microorganismos y comprende forma y tamaño del organismo, su multiplicación sobre diferentes medios y sus propiedades bioquímicas y microbiológicas. Cambios permanentes en esas características dejan dificultades en la diagnóstico; esto puede ser causado por irradiación repetida (Toufel 1981). Evidencias reportadas nos indican que un tratamiento de radiación utilizando bajas dosis, induce cambios transitorios en las células supervivientes y que éstos se manifiestan después en los subcultivos (Farkas 1989).

Cambios ocasionales en la forma son temporales y es rápidamente revertido hasta la resucitación, excepto en las células recicladas.

Los cambios en patrones bioquímicos o en el desarrollo son pequeños y responden al medio selectivo y usualmente se restauran por un período corto de resucitación (Farkas 1989).

Entre 1976 y 1980 no se encontró reporte alguno sobre los cambios por radiación inducida de las propiedades bioquímicas de la *Salmonella*, importantes para el diagnóstico; tampoco hubo cambios en la composición antigénica, las pruebas de laboratorio demuestran al aplicarse una dosis de radiación entre 5.5 y 25 Kgy (Toufel 1981).

Evidencias factibles indican que bajas dosis de radiación no cambian significativamente las características taxonómicas relevantes de microorganismos que causan enfermedades transmitidas por los alimentos y que este método es comparable al calor o al secado y que se justifica el uso corriente de métodos de detección y enumeración de microorganismos dañantes.

En resumen, existe un impresionante cúmulo de pruebas que demuestran sin lugar a dudas, que los alimentos irradiados con una dosis de hasta 10 Kgy son aptos para consumo humano.

En realidad son muchos los estudios hechos en animales que consumieron productos alimenticios irradiados con dosis mucho

más elevadas (50 - 60 KGy) y no se ha observado de manera coherente efectos perjudiciales, ni siquiera en estas condiciones, existe una afirmación positiva.

Por lo que podemos concluir de que existe un margen de seguridad para consumir alimentos irradiados.

5. TECNOLOGIA DEL PROCESAMIENTO DE IRRADIACION PARA ASEGURAR LA CALIDAD HIGIENCIA DE LOS ALIMENTOS

El uso de la radiación ionizante, al igual que otros procesos industriales en el procesamiento de alimentos, es solamente una de las etapas en la cadena de producción, manipulación, procesamiento y distribución; cada uno de los cuales requiere de controles de calidad específicos, para lo cual es necesario tener presente que las buenas prácticas de sanidad y manufactura o elaboración (BPM) de los productos alimenticios, deben aplicarse siempre, antes y después de la exposición a la irradiación (WHO /EHE/POS/87.2).

En esencia, las buenas prácticas de manufactura requieren que las materias primas crudas deben de estar tan limpias, buenas para la salud y exentas de contaminación, tanto como sea posible, cuando se reciban en la planta (antes de someterse a la irradiación).

Los productos que no sean aceptados, deben de ser rechazados y aquellos que se acepten deben someterse de un modo efectivo y rápido a un análisis estricto de su calidad microbiológica (WHO 1988).

Para lograr una alta calidad en los productos de origen animal, un grupo de trabajo constituido por FAO/OIEA/OMS (1989) sugirieron aplicar LOS CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS PARA ALIMENTOS QUE SERAN PROCESADOS POR IRRADIACION (OMS 1989), como carnes rojas, aves de corral, camarones, ancas de rana, gambas cocidas peladas y congeladas, pescados y mariscos y carne de pollo separada del hueso por medios mecánicos.

En este capítulo se analizará la tecnología del proceso de irradiación, así como sus más importantes características.

El propósito de la irradiación en productos como carne de pollo, res y puerco entre otros es el de eliminar o inactivar microorganismos patógenos presentes que representan un riesgo a la salud de consumidor y para extender la vida de anaquel de carnes frescas reduciendo su población microbiana (Guidelines for the Irradiation 1987, Klinger and Lapidot 1990).

El proceso de la irradiación en productos frescos y

congelados de origen animal es aplicado con diferentes dosis de radiación y con fines muy específicos.

Para poder diferenciar estos procesos se aplica una terminología especial (Goresline 1964, Urbain 1983).

A continuación se presentan cada uno de estos conceptos:

5.1 RADURIZACION

Con la radurización de carnes y aves se extiende la vida de anaquel del producto, eliminando la flora bacteriana que descompone el producto.

Las *Pseudomonas* y *Achromobacter* son las principales especies bacterianas que causan la descomposición en carnes, afortunadamente estas bacterias son muy sensibles al tratamiento, su valor D10 de *Pseudomonas* esta en el rango de 0.2 - 1.0 KGy y para *Achromobacter* entre 0.1 - 0.06 KGy (Urbain 1986).

El *Lactobacillus* es otra bacteria que puede estar presente en la flora bacteriana de la carne, su valor D10 es de 1.2 KGy (Hasting 1986).

La apariencia y grado de un sabor indeseable en carnes irradiadas se aprecia cuando la dosis de irradiación se incrementa, este factor se debe a que la concentración de productos radiolíticos, también se ve incrementada. Este factor limitante que modifica la calidad organoléptica se puede eliminar combinando el proceso de irradiación con un empaçado al vacío y refrigeración extendiendo la vida de anaquel por 50 días (Mc Givney 1988), retardando así la oxidación y el escurrimiento que contribuyen al deterioro de la carne.

Como la radurización no elimina completamente las bacterias es necesario utilizar la refrigeración para evitar el desarrollo de la flora bacteriana.

El valor D10 es la dosis necesaria para reducir el 90 % de una población bacteriana.

En resumen la radurización se puede definir como el tratamiento de productos alimenticios en los cuales se aplica la

radiación ionizante suficiente para mantener la calidad del producto y reducir substancialmente el número de colonias microbianas que causan daño al producto (OIEA , Manual de entrenamiento sobre alimentos 1980).

5.2 RADICIDACION

Este proceso de radiación elimina bacterias patógenas como *Salmonella*, muchas estimaciones sugieren que el valor D10 para las bacterias es del orden de 1.0 KGy (Mc Givney 1988).

El OIEA define a este tipo de tratamiento como la radiación aplicada al alimento suficiente para reducir las colonias bacterianas no formadoras de esporas.

En la tabla No. XX se pueden observar los valores D10 para algunas bacterias patógenas no esporuladas en diferentes productos alimenticios (Kairiyama 1989).

El valor D10 para eliminar el riesgo a la salud de *Triquinella* es de 0.3 - 1.0 KGy (Hasting 1980).

5.3 RADAPERTIZACION

Este proceso evita completamente el daño al producto, también se eliminan en forma total los microorganismos presentes.

Los productos tratados con este proceso, pueden mantener su vida de anaquel de forma indefinida, siempre y cuando no se abra el empaque que contiene el producto.

Para lograr ésto, se requiere de la aplicación de altas dosis de irradiación (aproximadamente 50 KGy o más) acompañandose de tratamientos previos como un calentamiento a 70°C para inactivar enzimas presentes durante 10 segundos aproximadamente y después una congelación a 50°C empacando a vacío. (Wierbicki 1985, Urbain 1986, Goresline 1964).

El objetivo de aplicar este proceso es inactivar las esporas y *Clostridium Botulinum* para asegurar con certeza la sanidad y calidad de carnes y aves, con este tratamiento se logra la esterilidad comercial (Mc Givney 1988).

5.4 TECNOLOGIA DE IRRADIACION DE CARNICOS (POLLO, PUERCO, RES)

El Grupo Consultivo Internacional sobre Irradiación de Alimentos ha recomendado una guía para tratar pollo, carnes rojas y puerco con radiaciones ionizante, en el cual detalla las condiciones pre irradiación, durante el proceso, post irradiación así como las especificaciones del producto final.

5.4.1 TRATAMIENTO PRE IRRADIACION

Para mantener una buena calidad del producto, que se someterá tanto a la irradiación como a otro proceso cualquiera, (congelación, proceso térmico etc.). Se recomienda seguir el Código de Prácticas Para Pollo y Carnes Frescas (CAC/CRP 14 - 1976) y las Normas de Buenas Prácticas de Manufactura. Esto incluye, suministro de productos, sacrificio de animales solamente sanos, operaciones sanitarias de desplumado, cortes apropiados, deshuesado (si es necesario) operaciones de picado (si es necesario) etc. en la figura 31 se presenta un esquema de los pasos en que opera una planta de procesamiento de pollo.

Es muy importante que la temperatura del pollo se mantenga a la temperatura de refrigeración (0 - 5°C) antes de ser irradiado.

Cuando el producto se congela, se sugiere hacerlo después de un enfriamiento primario, se recomienda que la temperatura final del pollo sea de - 18°C y que no se someta a almacén innecesario.

Un producto refrigerado que contiene una alta contaminación microbiana, no es recomendable procesarlo por irradiación, ya que esta no incrementará la vida útil de almacén del producto.

5.4.2 EMPACADO

El empaque del alimento será previo a la irradiación; ésta es muy penetrante como se mencionó antes, esta ventaja se aprovecha para que el producto empaqueado y procesado por irradiación no se exponga a una nueva contaminación (Hosel 1985).

Es muy importante utilizar un empaque adecuado y seguro, Food and Drug Administration tiene aprobados 15 tipos de materiales de empaque, que pueden utilizarse para irradiar productos cárnicos con una seguridad completa de que no se formarán productos tóxicos que puedan migrar a los alimentos en un momento dado, en la tabla XXI se presentan estos materiales (Federal Register 1968).

5.4.3 TRANSPORTE Y ALMACEN PRE IRRADIACION

El principal requisito para almacén pre irradiación, es de mantener el producto a temperaturas bajas (0.5°C) sin congelación, el segundo, es que el período de almacén sea corto preferentemente menos de un día o bien 24 horas.

5.4.4 IRRADIACION

Para tratar los productos del pollo o bien cárnicos, se recomienda que se utilice y se siga la Norma General Para Alimentos Irradiados (Codex Alimentarius, Comisión CODEX STAN 106 - 1985) y el Código Conexo de Prácticas para la Operación de Instalaciones de Irradiación usadas para tratar alimentos (CAC/RIP 19 - 4979 Rev 1).

Las dosis aplicadas a cada producto estará en función del objetivo perseguido, sin embargo es importante tener en

cuenta las modificaciones organolépticas del producto al ser expuesto a esta energía. En la tabla XXII se puede observar la dosis umbral de calidad organoléptica al utilizar radiaciones ionizantes de diferentes productos (Sudarmadji and Urbain 1972).

En la tabla XXIII se indican las dosis de radiación aplicada a diferentes productos alimenticios de origen animal, éstas son recomendadas por el Grupo Consultivo Internacional sobre Irradiación de Alimentos y por Food and Drug Administration (IGCFI 1988, Federal Register 1988).

A continuación se describe la tecnología de irradiación aplicada a pollo, una vez que éste se encuentra en forma limpia, empacada y lista para irradiarse.

5.4.4.1 IRRADIADORES

5.4.4.2 IRRADIACION DE CAJAS CON RADIACION GAMMA

A TIPO CONTENEDOR DE CAJAS

Las cajas con el producto (pollo u otro cárnico) se colocan dentro de contenedores de aluminio o fibra de vidrio (en cada uno se pueden acomodar varias cajas). Uno a uno de los contenedores son transportados automáticamente hasta el interior de la cámara de irradiación, donde ocupará diversas posiciones alrededor de la fuente, hasta que absorban la dosis de radiación necesaria. Después de haberse irradiado sale uno a uno hacia la estación de descarga (Herkert B. 1978) en la figura 32 se aprecia este concepto.

B. TIPO ACARREADOR

Las cajas con producto se colocan en acarreadores de Aluminio (3 m de altura), los acarreadores se mueven suspendidos

de un monorriel, automáticamente son introducidos en la cámara de irradiación donde cumplen su ciclo de tratamiento, después salen hasta la estación de descarga (Ovwerkerk 1981) en la figura 33 se observa una planta de este tipo.

C. TIPO ESTIBA

En este proceso se emplean acarreadores, (bastante más grandes que los del tipo anterior) que admiten cajas de producto estibadas. En la estación de carga se colocan las estibas de cajas en los acarreadores denominadas "pallet". Este acarreador es llevado al interior de la cámara de irradiación, donde circula alrededor de la fuente a una velocidad que permite al producto absorber la dosis de radiación necesaria y salir de la cámara hacia la estación de descarga (Ovwerkerk 1982) (Fig 34).

5.4.4.3 IRRADIACION DE CAJAS CON HACES DE ELECTRONES

A. CARNE DE POLLO DESHUESADA Y EMPACADA

La carne de pollo es destazada y mecánicamente deshuesada y molida (+ 8°C), se congela posteriormente, se cortan paralelepípedos de 50 x 40 x 5 cm, se empacan en bolsas de polietileno. A continuación se colocan en una banda transportadora que las llevará hasta el barredor del haz de electrones donde reciben la dosis de radiación necesaria (Gallien 1983) como se podrá observar en las figuras 35 a y b.

C. CARNE DE POLLO REFRIGERADA NORMALMENTE (4 GRADOS CENTIGRADOS) Y EMPACADA.

La carne de pollo se empaca en cajas de pequeño grosor que se van colocando en una banda transportadora que las lleva

hasta donde se encuentra el barredor de haz de electrones. Cada caja permanece debajo del haz de electrones por un lapso de tiempo generalmente pequeño, en las figuras 35 a y b se podrá observar este proceso (Herkert 1978).

A nivel industrial no existe un irradiador de rayos x que procese alimentos.

5.4.4 CONCEPTO BASICO DE UNA PLANTA DE IRRADIACION PARA CARNE DE PUERCO EN CANAL

Este diseño preliminar se bosquejó en la compañía CH2 M HILL Inc. con el fin de irradiar la carne de cerdo en canal a nivel industrial.

No se tiene detalle del diseño, este proyecto se basa en utilizar un irradiador de Cesio - 137 con capacidad para tratar el producto.

Las canales de carne de puerco son insertados en transportadores monorriel que se moverán suspendidos hasta la cámara de irradiación en forma automática, ahí cumplirán su ciclo de tratamiento, después saldrán hasta la estación de descarga (Ferrell and Sloan 1985). En la figura 36 se presenta un esquema de este proyecto.

5.4.5 PRODUCTO FINAL

Los alimentos que han sido irradiados se etiquetarán indicando que se ha utilizado el proceso, es importante informar en esta etiqueta el propósito y beneficio del tratamiento; en algunos países se utiliza el símbolo universal de la irradiación como se podrá observar en la figura 37.

Los productos cárnicos, se mantendrán a temperaturas de refrigeración después de haber sido irradiados (GCIIA 1988), cuando se utilizan dosis de radurización o radicación; en caso

de aplicar dosis altas o sea de radappertización, el proceso se mantiene a temperatura ambiente (Wierbicki 1986).

5.5 COSTOS DE IRRADIACION

En la tabla XXIV se presentan los costos estimados para procesar carne de pollo y carne de puerco por radiación, de acuerdo a diferentes volúmenes y dosis establecidas para inhibir el desarrollo de *Salmonella* y de *Triquina* respectivamente.

Estos costos se basaron en las capacidades de algunas plantas de producción de productos cárnicos en E.U.A. y fueron estimados tomando en cuenta algunas consideraciones técnicas como costos del componente de un irradiador (fuente o máquina; sistemas auxiliares y blindaje; maquinaria y transportadores y otros costos de capital y costos de operación).

Haciendo un análisis de cada consideración se tiene:

Fuente de irradiación

Se debe tomar en cuenta la actividad de la fuente en Curies o Bequerels, cantidad del producto que se tratará por unidad de tiempo Kg o Lb /Hora, Hora/Año etc.

Dosis requerida para llevar a cabo el efecto deseado.

Utilización neta de la eficiencia (porcentaje de energía emitida por la fuente que es absorbida en el producto).

Con lo que respecta al blindaje y sistemas auxiliares es importante considerar:

El grosor de la pared de la cámara de irradiación (1.6 m de espesor de concreto).

La piscina que alberga la fuente (6 m de profundidad).

La distribución del laberinto en el cual se desplazan los acarreadores hasta llegar a la cámara de irradiación.

En la maquinaria y transportadores se debe considerar el elevador del bastidor que contiene la fuente y los contenedores que transportan el producto hasta la fuente.

En otros gastos de capital y costos operacionales se incluye terreno, mano de obra, diseño y costos de ingeniería,

salarios y horario laboral, mantenimiento y conservación; suministros, utilidades, seguro, impuestos, recarga del radioisótopo o reposición de maquinaria.

Los costos unitarios del producto irradiado difieren de país a país (Morrison 1985).

En un estudio de prefactibilidad de pollo que se estimó para Brasil, el costo para irradiar este producto a una dosis media de 10 KGy es del orden del 1% del valor del producto que es aproximadamente 5.00 dólares americanos /tonelada.

5.5.1 COSTO - BENEFICIO DEL PROCESO DE IRRADIACION

Estimando los beneficios médicos o de productividad asociados con la prevención de enfermedades humanas transmitidas por carne de puerco, res y pollo y el papel de la irradiación, se hicieron estimaciones al respecto, llegando a la conclusión que con dosis de 0.3 KGy es suficiente para inactivar *Triquinella Spiralis* y 0.5 KGy el *Toxoplasma Gondii*; la *Salmonella* y el *Toxoplasma* se reducen a 2.5 KGy.

El tratamiento de irradiación en pollo a 2.5 KGy podría tener beneficios en la salud pública de 341 a 653 millones de dólares americanos y en carne de puerco a dosis de 0.3 KGy el costo-beneficio está entre 186 a 280 millones; en la tabla XXVI se hace una comparación de los beneficios anuales al utilizar la irradiación.

Los costos del proceso se estimaron en base a la cantidad procesada de producto por costo unitario.

Estas estimaciones indican que los costos de Salud Pública son alrededor de un billón de dólares americanos en E.U.A. para enfermedades como Salmonelosis, toxoplasmosis, Campylobacteriosis, Triquinosis y Taeniasis, pueden reducirse en un 90 % gracias al proceso de irradiación.

Este beneficio potencial está basado en la aceptación pública y compras de alimentos irradiados (Roberts 1985, Curtin 1989).

6 EFICACIA DEL PROCESO DE IRRADIACION COMPARATIVAMENTE A OTRAS TECNOLOGIAS DE PROCESAMIENTO

6.1 OTROS PROCESOS

Los métodos de conservación más comunes para conservar carne de ave, rojas y puerco en forma fresca con el fin de eliminar bacterias entéricas patógenas son principalmente tratamientos térmicos que incluyen el uso de agua caliente o bien vapor y tratamientos con rayos infrarrojos (Mossel 1982).

Todos estos procesos pueden lograr un nivel eficaz de la eliminación de agentes patógenos. Sin embargo los tratamientos por calor tienen algunos inconvenientes como: modificación de los caracteres organolépticos propios del alimento fresco y el proceso por calor requiere grandes cantidades de energía.

Por ello se ha estudiado la eficacia de varios agentes desinfectantes, normalmente, éstos son los que se utilizan en los equipos de procesado de alimentos; entre estos productos se incluyen:

Los bactericidas clásicos como el cloro y sus derivados
Agentes bactericidas de desarrollo reciente como compuestos derivados del glutaraldehído o diguanidina.

Antibióticos

Adición de ácidos orgánicos como el láctico, glutámico.

La mayoría de estos desinfectantes se han mostrado muy limitados en sus posibilidades de aplicación, ya que sus efectos bactericidas en la práctica son a menudo poco eficaces a pesar de sus adecuados efectos letales "in vitro".

Algunos de estos agentes tienen además problemas de aceptabilidad fisiológica, mientras otros a pesar de su demostrada ausencia de toxicidad, están limitados por las reglamentaciones sanitarias y por la aceptabilidad de los consumidores (Mossel 1985).

La aplicación del ácido láctico que es rociado sobre las carcasas, puede ser un auxiliar en la reducción de la contaminación (Parkas 1987, Kampelmacher 1981).

La eficacia de la inmersión de las carcasas en tanques con cloro, esta limitada por la presencia de materia orgánica y el tratamiento con cloro a niveles efectivos puede producir un mal sabor en la carne procesada. El cloro corroe los componentes metálicos del equipo de proceso y forma trihalometanos, estas sustancias son potencialmente carcinógenas, este factor limita el futuro uso del cloro.

Otros descontaminantes como ácido succínico, glutaraldehidos beta- propiolactona, aureomicina y PHMV han sido evaluados por FDA y ninguno ha sido aprobado por este organismo (Shane 1990).

La refrigeración y congelación son los procesos más utilizados para mantener a la carne en buenas condiciones higiénicas. Muchos estudios hechos en diferentes países indican que del 30 % a 50 % de las carcasas de pollo congelado o refrigerado estan contaminadas con *Salmonella* (Silliker 1982).

Entre las bacterias vegetativas que crecen a temperaturas de refrigeración incluyen *Yersinia Enterocolitica*, *Salmonella Spp*, *Listeria Monocitógenes*, *Aeromona Hidrophila* y *Escherichia Coli enteropatógena* (Kairiyama 1989), de éstas, tres causan enfermedades y sobreviven a este tratamiento, presentando un grave riesgo a la salud.

En diferentes partes del mundo se ha reportado contaminación con *Salmonella* de hasta 50 % de carcasas de pollo refrigerado y congelado con unidades formadoras de colonias (UFC) de aproximadamente 5 y 1,000 - 1,500 UFC/carcasas. Otras bacterias patógenas que estan comprometidas son *Campylobacter Jejuni*, *Staphylococcus Aureus*, *Clostridium Perfringens* y *Listeria Monocitógenes*.

En Holanda el 68 % de muestras congeladas analizadas contenían *Yersinia Enterocolitica*. En Inglaterra se encontró que el pollo congelado contenía 60 % de *L. Monocitógenes* y 28 % de *Listeria spp* (Kairiyama 1989).

La radiación ionizante tiene ventajas realmente atractivas en eficacia sobre los métodos antes mencionados.

En un documento publicado por la Organización Mundial de la Salud, enunció que ningún proceso de tratamiento para el

control de microorganismos y control de productos cárnicos es capaz de eliminar *Salmonella* a excepción de la radiación (WHO 1981).

Después de cuatro décadas de investigación y cientos de trabajos que apoyan este enunciado, proporciona así a los consumidores y procesadores de productos alimenticios, la seguridad microbiológica de los alimentos tratados por radiación ionizante (Mossel 1985).

6.2 VENTAJAS DE LA RADIACION IONIZANTE SOBRE OTROS PROCESOS

El uso apropiado de la radiación ionizante, puede con seguridad minimizar la carga de contaminación microbiana sin causar alteraciones indeseables en la composición o aceptabilidad de lo productos.

La radiación puede inactivar organismos en los alimentos que han sido empacados y sellados herméticamente en productos congelados o deshielados; la congelación reduce la actividad del agua y puede incrementarse la dosis de radiación para reducir el número de microorganismos y proteger las cualidades organolépticas (Farkas 1987).

Además de ser un proceso limpio utiliza poca energía en comparación con otros procesos de conservación (Brynjolfsson 1979).

Tomando en cuenta que muchos microorganismos patógenos causantes de enfermedades y que se transmiten a través de alimentos de origen animal, sobreviven a la refrigeración o congelación; éstos son sensibles a la irradiación, en la tabla XXVII se podrá observar este efecto, al incremento de la dosis de radiación, disminuye la población bacteriana notablemente (Phachasitfhsakdi Et al 1985, Farkas 1987).

6.3 ENERGIA UTILIZADA EN LOS PROCESO DE CONSERVACION

En un estudio comparativo de energía utilizada en diferentes procesos de conservación de pollo, Brynjolfson (1978) presenta la cantidad de energía gastada en Kilojoules/Kilogramo, además hace un análisis de la eficacia comparativa entre proceso de refrigeración, congelación, uso de tratamiento térmico y radiación ionizante (radapasteurización y radurización)

El resumen de esta comparación de energía se puede observar en la tabla XXVIII.

Con lo que respecta a la eficacia de conservación entre estos tratamientos, la vida útil de anaquel del pollo refrigerado fue inferior a la que se observó con radiación; el pollo irradiado a 2.5 KGy eliminó *Salmonella* y logró extender la vida de anaquel de 14 a 21 días, mientras que la de pollo congelado fue de 7 días.

Analizando el gasto de energía empleada para la radiación, ésta tiene un valor de 21 KGy; durante la exposición a esta energía, se utiliza refrigeración a -5°C con un gasto de 40 KJ/Kg.

La congelación tiene un gasto de 7,560 KJ /Kg, como se podrá observar, la radiación consumió menos energía que la refrigeración y congelación.

Utilizando el proceso térmico la energía se reduce casi menos del 50% con respecto al proceso de congelación, sin embargo al utilizar este método hay una significativa pérdida de la calidad del producto (organolépticamente).

Un proceso alternativo es la radappertización, el pollo recibe un tratamiento especial antes de irradiarse; primero se hace un blanqueado a temperatura de 70°C , posteriormente los rollos de pollo son empacados y sellados al vacío, en empaques laminados de plástico y aluminio y congelados a -40°C , a esta temperatura se irradian, aún cuando este proceso no es comercial, el gasto de energía utilizado es inferior a la congelación y al proceso térmico de enlatado, esta alternativa se ofrece a países en los cuales, los sistemas de refrigeración no están desarrollados, el producto radappertizado se almacena a

temperatura ambiente y la vida de anaquel de los productos es de años. Una de las aplicaciones de la radappertización de carne fue llevada a cabo en el programa de vuelos espaciales Apolo - Soyuz; este producto fue consumido por los astronautas.

6.4 COMPARACION COSTO - BENEFICIO DE ALGUNOS METODOS DE HIGIENE DE CARNICOS

En un estudio realizado por Morrison (1985) sobre la comparación de efectividad costo/beneficio de diferentes métodos de conservación que reducen la contaminación que implican enfermedades transmitidas por los alimentos, presenta a la irradiación como un proceso muy efectivo, el costo de la inversión inicial no es muy económico, pero el beneficio es superior a la inversión. Además este costo es amortizable y con el tiempo resulta muy competitivo con otros métodos que inicialmente presentan ser económicos. En la tabla XXIX se muestran los diferentes métodos de conservación, su costo, efectividad y beneficio.

Desde el punto de vista de salud pública, la irradiación es quizá el único proceso que elimina con efectividad bacterias patógenas y parásitos que causan enfermedades y que se transmiten por los alimentos.

BIBLIOGRAFIA

Acevedo, A., (1990) "Cisticercosis Porcina en México",
Revista Mexicana de Parasitología Vol 3, No. 1.

Advisory Committee on Irradiated and Novel Foods
(1986), "Report on the Safety and Wholesomeness of Irradiated
Foods", Her Majesty's Stationary Offices London England.

Anuario de Información Epidemiológica de Morbilidad en
los Estados Unidos Mexicanos 1988, Dirección General de
Epidemiología, (1989).

Anuario de Información Epidemiológica de Morbilidad en
los Estados Unidos Mexicanos 1989, Dirección General de
Epidemiología, (1990).

ASTM, Standard Guide for the Irradiation of fresh and
frozen meats and poultry (to control pathogens), Draft No. 5
December 1989.

Back, H. E., and W.H., Holzpfel, (1984), "Extension of
Shelf life of refrigerated chicken carcasses by radurization
food", Review 11;69-71.

Banes, D., (1988), in "States of the food irradiation
program." Hearings before the subcommittee on research
development and radiation of the Joint Committee on the Atomic
Energy Congress the United States, July 18 and 30, 1968 P 164
U.S. Government Printing Office Washington D.C.

Basker, D.I., Et. al., (1986), "Effect of radiation
pasteurization of chicken carcasses on the taste quality of the
resultant cooked meat." International Symposium Food Irradiation
Processing Washington IAEA Vienna.

Barna, J., (1979), "Compilation of bioassay data on the
wholesomeness of irradiated food items",. Acta Alimentaria vol
8(3) p 205-315.

Becker, R.L., (1979), "A determination of the
radioactivity induced in foods as a result of irradiation by
electrons of energy between 10 and 16 Mev". US Army Natick
Research and Development Command.

Besancenes, Et. al., (1983), "Irradiation sterilized
Chicken meat: A chronic toxicity and reproductive performance
study in Beagle Dogs", Vols 1-9, Raltech Scientific Services St.
Louis Mo Available from National Information Service,
Springfield, Vc PB 84- 187020.

Bhaskaram, C., and G., Sadasivan, (1975), "Effects of
feeding irradiated wheat to malnourished children", Am, J. Clin.
Nutrit. 28:130..

Bierman, E.L., Et. al. and S.O., Bowman, (1958), U.S.A. Army Medical Nutrition Laboratory Report 224.

Black, C.M., Et. al., (1981 a), "Study Report Heritable translocation test in mice.", Raltech Scientific Services, St Louis, Mo. Available from National Technical Information Service Springfield, Va PB 84 - 1870 53.

Black, C.M., Et. al., (1981 b), Final Report. Dominant lethal study Raltech Scientific Services, St Louis, Mo. Available from National Information Services Springfield Va PB 84 - 18053.

Bracke, R.J., Et. al., (1985), "Destruction of trichinella spiralis by low dose irradiation of infected pork", J. Food Safety 7, 127 - 143.

Breguadze, V.D., and N.H., Bokeriya, (1971), "Effect of gamma irradiation on aminoacid composition of wines.", Tr Cruz Nauch- Issled Inst. Pish Pron 4. 90-96 (Russian).

Bryan, F.L., (1980), "Foodborne diseases in the United States associated with meat and poultry ", J. of Food Protection 43 (2) 140 - 150.

Brynjolfsson, A., (1974), "Cobalt-60 irradiator designs", Conference on technical Developments and Prospects of Sterilization by ionizing radiation Vienna Austria.

Brynjolfsson, A., (1978), "Energy and Food Irradiation "Technical Report Natick /TR-78/032 United States Army Natick Research and Development Command Natick Massachusetts 01760.

Brynjolfsson, A., (1985), "Wholesomeness of irradiated foods" :A review J. of Food Safety 7, p 107-126.

Brynjolfsson, A., (1987), "Results of Feeding Studies of irradiated diets in human volunteers summary of the chinese studies", Food Irradiation Newsletter 11:33

CAC (1983), "La inocuidad microbiológica de los alimentos irradiados" Codex Alimentarius Commission CX/FH83/9 from Italia.

Codex of Practice for Fresh (CAC/RCP 11, 1976) on Frozen Meats and Poultry (CAC/CRP 14 - 1976) and Standards of Good Manufacturing Practice.

Codex Alimentarius Commission the Microbiology Safety of irradiated foods CAC 19 Rome Italy.

Norma General del Codex para Alimentos Irradiados" (1983) Codex Alimentarius.

Chadwick, K.H., and F., Oosterheert, (1986), "Dosimetry concepts and measurements in food irradiation processing", Appl.

Bierman, E.L., Et. al. and B.O., Bowman, (1953), U.S.A. Army Medical Nutrition Laboratory Report 224.

Black, C.M., Et. al., (1981 a), "Study Report Heritable translocation test in mice.", Raltech Scientific Services, St Louis, Mo. Available from National Technical Information Service Springfield, Va PB 84 - 1870 53.

Black, C.M., Et. al., (1981 b), Final Report. Dominant lethal study Raltech Scientific Services, St Louis, Mo. Available from National Information Services Springfield Va PB 84 - 18053.

Bracke, R.J., Et. al., (1985), "Destruction of trichinella spiralis by low dose irradiation of infected pork", J. Food Safety 7, 127 - 143.

Breguadze, V.D., and N.H., Bokeriya, (1971), "Effect of gamma irradiation on aminoacid composition of wines.", Tr Cruz Nauch- Issled Inst. Pish Pron 4. 90-96 (Russian).

Bryan, F.L., (1980), "Foodborne diseases in the United States associated with meat and poultry ", J. of Food Protection 43 (2) 140 - 150.

Brynjolfsson, A., (1974), "Cobalt-60 irradiator designs", Conference on technical Developments and Prospects of Sterilization by Ionizing radiation Vienna Austria.

Brynjolfsson, A., (1978), "Energy and Food Irradiation Technical Report Natick /TR-78/032 United States Army Natick Research and Development Command Natick Massachusetts 01760.

Brynjolfsson, A., (1985), "Wholesomeness of irradiated foods" :A review J. of Food Safety 7, p 107-126.

Brynjolfsson, A., (1987), "Results of Feeding Studies of irradiated diets in human volunteers summary of the chinese studies", Food Irradiation Newsletter 11:33

CAC (1983), "La inocuidad microbiológica de los alimentos irradiados" Codex Alimentarius Commission CX/FH83/9 from Italia.

Codex of Practice for Fresh (CAC/RCP 11, 1976) on Frozen Meats and Poultry (CAC/CRP 14 - 1976) and Standards of Good Manufacturing Practice.

Codex Alimentarius Commission the Microbiology Safety of irradiated foods CAC 19 Rome Italy.

Norma General del Codex para Alimentos Irradiados" (1983) Codex Alimentarius.

Chadwick, K.H., and F., Oosterheert, (1986), "Dosimetry concepts and measurements in food irradiation processing", Appl.

Christopher, Et. al., (1979) " Final Report Rat Teratology Study" Raltech Scientific Services, St Louis, Mo, Available from National Technical Information Service, Springfield Va. 187046.

CHO, H.O., Et. al. (1985), "Radurization of the microorganisms contamination chicken Korean", J.Food Sci Technol, 17, 170 -174

Cox, L.J., (1989), "A perspective on Listeriosis", Food Technology Dec.

Congress of the United States, (1965) "Radiation Processing of Foods", Hearings before the subcommittee on Research Development and Radiation of The Joint Committee on Atomic Energy, June 9 - 19 p 105

Council for Agricultural Science and Technology Report No. 109 Jul 1986, "Wholesomeness of food treated with ionizing energy".

Council for Agricultural Science and Technology, (1989), "Ionizing energy in food treated with ionizing energy in food processing and pest control II Applications Task force No 115 June.

Curtin, L, (1989), "Economic costs foodborne diseases", Taller Regional sobre el uso de la irradiación para asegurar la calidad higiénica de los alimentos. Bs. Argentina.

Dahlgren, R.R., Et. al., (1977), "Final Report: Mouse teratology study", Raltech Scientific services, St. Louis, Mo Available from National Technical Information Services Springfield Va. PB 84 - 187046.

Dahlgren, R.R., Et al (1978) Final Report Hamster Teratology study, in rats", Raltech Scientific Services, St. Louis, Mo. Available from National Technical Information Service, Springfield Va. PB 84 - 187046.

Dahlgren, Et. al., (1982), "Irradiation Sterilized Chicken: A feeding study in rats. " Raltech Scientific Services, St Louis, Mo. Available from National Technical Information Service, Springfield, Va. PB 84 - 187038.

De Gootap Et. al., (1972), "Composition and nutritive value of radiation -pasteurized chicken", rept. No. 3787 Central Inst. for Nut. and Food J. Res Zeist the Netherlands.

De Knecht Van Eekelen, Et. al., (1971), Central Institute for Nutrition and Food Research, TNO, Report No. 3622 Nov.

De Knecht - Van Eekelen, Et. al., (1972), Central Institute for Nutrition and Food Research, TNO Report No. R3773 April.

Dielh, J.F., (1985), "La comestibilidad de los tratados por irradiación " Seminario de Irradiación de Alimentos en America Latina, OIEA.

Dielh, J.F., (1990), "Safety of irradiated Foods", Marcel Dekker. Inc New York an Basel.

Dorda, E., (1989), "Dosimetría de la irradiación y Control de Proceso", Taller regional sobre el uso de la irradiación para garantizar la calidad higiéncia de los alimentos Bs, Argentina.

Doyle, M.P., (1981), "Campylobacter Fetus subsp Jejuni and pathogen of new concern", J of Food Protection vol. 44 no. 6 p 480 -488.

Eklund, P.S., (1982), "Significanse of Clostridium Botulinum in fishery products preserved short of sterilization", Food Technology 36(12) 107 - 112.

El Husseniny, T.M., Et. al., (1986), "The effect of gamma radiation on decreasing the spoilage microorganisms in chilled and frozen chickens carcasses", Ann Agric. Sci. Ain Shams University 31, 937 - 948.

Elias, P.S., (1980), "The Wholesomeness of irradiated food, Toxicol Enviroment Safety 4: 172.

El Zawahry, Y.A., and D.B., Rowley, (1979), "Radiation resistance and injury of Yersinia Enterocolitica Appl. Env. Microbiol 37.50-54.

Euro/WHO (1984) Proposed Programme Budget 1984 - 1985 and preliminary target for 1986 - 1989 p 96.

FAO/WHO, The microbiological Safety of irradiated food report of the board of the Intern. Comm. Food Microbiol. L.Hygiene (ICFMAL of the Intern Union Microbial) Soc (IUMS Copenhagen CAC Rome CX/FH 83/9 (1982).

Farkas, J., (1980), "Technological Feasibility of food irradiation processes inter regional training course on radiation technology and engineering", IFFIT, Wageningen, Netherlands..

Farkas, J., (1981), "Microbiological implication of food irradiation", IFFIT Report, no. 18, International Facility for food Irradiation Technology Wageningen, Netherlands. Farkas, C.S., (1985), "Elimination of Shigella from foods by radiation treatment", Konzer Paprikain 4, 134 - 136.

Farkas, J., (1985), "Principios de la Irradiación de Alimentos" La irradiación de alimentos en América Latina. OIEA Vienna. IAEA-TECDOC-331.

Farkas, J., (1986), "Disinfection, including parasite control of dried chilled and frozen food by irradiation", IFFIT training course, Wageningen, Netherlands.

Farkas, J., (1987), "Decontamination including parasite control of dried, chilled and frozen foods by irradiation. Acta Alimentaria vol 16 (4) p 351-384.

Farkas, J., (1987), "Radiation decontamination of foods", IFFIT - Training course Wageningen Netherlands.

Farkas, J., (1989), "Review Microbiological safety of irradiated foods" J. of Food Microbiology 9:11-15.

Farrel, N., and D.L. Sloan, (1985): "Demonstration facilities for the byproducts utilization program " Radiat Phys Chem Vol 25 No. 1-3 pp 251 -261.

FDA, (1986) Irradiation in the production processing, and handling of food, Federal register 51:13376.

FDA, (1988) Federal Register, Irradiation in the production processing and handling of food to authorization use of gamma radiation for the treatment of pork to control *Trichinella Spiralis* and for the treatment of certain other foods 21 CRF part 179 Dec 30, 1988.

FDA, (1990) Federal Register Irradiation in the production, processing and handling of food; Final rule, approval the use of sources of ionizing radiation for the control of food-borne pathogens in poultry.

Figuer, T., y M.I., Laffer, (1989), "Rol de la Salmonella en la infección alimentaria", Taller Regional sobre la irradiación para garantizar la calidad higiénica de los alimentos.

Fleming, R.F., (1985), "An assesment of induced radiactivity in foods using isotopic gamma ray sources", Transactions of the American nuclear Society 49 1 - 474.

Food Irradiation Information No. 11 (1981) ISSN 0301-099X Printed in the Republic of Germany.

Food Irradiation Newsletter, FAO/OIEA vo. 19 No. 1 (1990) ISBN 1011-2588.

Foster E.M. (1989) "A half Century of food microbiology" Food Technology pp 208 - 244.

Frade A.H. (1989) "Microorganismos esporoformadores como responsables de intoxicaciones alimentarias", Taller Regional sobre la irradiación para garantizar la calidad higiénica de los alimentos. Bs Argentina.

Frumkin, M. C., Et. al., (1973), "Technological principles in the radiation treatment of food products", Pischevaya Promyschlennust Publ. Moscow USSR.

Gallien, C.L., Et. al., (1983), "Use of electron beam for decontamination of mechanically separated poultry meat", Radiation Physic and Chemistry Vol II No. 3 - 5 pp 759 - 764.

Gallien, Et. al., (1985), "Electron beam processing in food industry technology and costs", Radiation Physics and chemistry Vol 25 No. 1 - 3, pp 81 - 96.

Get'Fand, S., (1970), "Effect of packaging materials on the changes of the intramuscular lipids of culinary irradiated meat products", Pro Sci Technol Conf util. ionizing radiation natl. economy issue: 3 90 - 95 Prioks Book Pinting Office, Tula USSR.

Genigeorgis, C., (1986) , "Problems Associated with perishable processed meats", Food Technology 40: 140 -154.

Gibbs, H.C., Et. al., (1964), "Further studies of the effects of gamma on the *Triquinella Spiralis* and pork infected with *Triquinella Spiralis* Can.", J. Pub Health 55, 191.

Goldblith, S.A., (1966), "Historical development of food irradiation", in Food Irradiation Proceedings of a Symposium, Karlsruhe, June 1966, Int.Atom.Agency,Vienna p 3.

Goresline, H.E., Et. al., (1964), "Tentative Classification of food irradiation processes with microbiological objctive", Nature 204 - 237, In Dieh Safety of irradiated foods 1990, Marcel Dekker, Inc. New York and Bassel.

Gould, G.W., (1986), " Food Irradiation Microbiological Aspects", Institute of food J. Science and Technology 19:175.

Grunewald, T., and M.T., Lagerversuch, (1986), Bestrahlten tiefgetroren Haenchen Fleischwt Schaft 55. 1093-1095.

Guthers, L.S., and J.T., Fruin ,(1981), "Assessment of mutagenic activity in thermally processed, frozen, electron - irradiated and gamma irradiated beff using the AMES/ salmonella/marm malian micrososome mutagenecity",.in Safety of Irradiated Foods, Marcel Dekker ,Inc. New York and Bassel.

Hains, T.P., Et. al., (1989), "Poultry meat irradiation effect of temperature on chemical changes and inactivation of microorganisms". J. Food Prot 52: 26 -29.

Hasting, J. W., Et. al. ,(1986), "Radiation Resistance of *Lactobacilli* isolated from radurized meat relative to growth and environment", J Appl. Microbiol. 52, 896 - 901.

Harold, A. H., (1976) "Manual de Química Fisiológica Ed. El Manual Moderno S.A. México 11 D.F.

Henglen, A.W., Et. al., (1969), "Introduction to Radiation Chemistry (In German) Velaschemie, Weinherim p 378 In Safety of irradiated foods J.F. Dielh (1990)..

Herkert, B., (1978), "Multipurpose food irradiation" Ley -vold-Heravs, GmbH 650 Hanalmain Federal Republic of German.

HMSO (1986), Report on the Safety and wholesomeness of irradiated foods, advisory committee on irradiated and novel foods Her Majesty's Stationary Office, London.

Holzpfel, W.H., and J.G., Niemand, N.G., (1989), "The role of *Lactobacilli* and other bacteria in radurized meat ", Food Irradiation Processing IAEA Vienna p 239 -240 IAEA -SM -27/40P

Hort, L.G., (1985), Summary Minutes for the Peer Review of the Data from the Raltech Lifetime Feeding Study with irradiated chicken meat in CD-1 mice by National toxicology Program board of Scientific Counselars technical Reports review sub committe and panel of Experts (Peer Review Panel) March, (1985) Letter to W.G. Flam Food and Drug Administration May 16, 1985 Department of Health and Human Services Public Health Service National Program Research Triangle Park. North Carolina in: Council for Agricultural Science and Tech Report Np. 109 (1986).

IAEA, (1977), "Manual of food irradiation dosimetry" Technical Reports Series No. 178 IAEA/Vienna/1977.

IAEA, (1982), Training manual on food irradiation technology and techniques second edition. Technical Reports series No. 114 Printed in Austria.

IAEA, (1989), "Food processing by irradiation worldfacts and trends" News features No. 5 Vienna, Austria.

Idziak, E.S., and K., Inczø, (1968), "Radiation treatment of foods I Radurization of fresh eviscerated poultry ", Appl. Microbiol 16 - 1061 - 1066.

Idziak, E.S., and R.S., Whitaker, (1969), "Alteration of Microbial population of poultry after radurization and storage treatment ", Bact J. Pro 13.

ICGFI, (1988), FAO/IAEA/WHO "Provisional Guidelines for the irradiation of fresh and frozen red meats and poultry (To control pathogens)" Vienna.

Ingram, M, and Farkas, J., (1977), "Microbiology of foods pasteurised by ionizing radiation " Acta Alimentaria 6:123:185.

Israelson, F.L., Et. al., (1982), "Final Report Rabbit teratology study", Raltech Scientific Research Services St Louis, Mo available from National Technical Information Service Springfield, VA PB 84 - 187046.

Ito, H., Et. al., (1981), "Distribution of microorganisms in animal feeds and their disinfection by radiation" Radiat Phys Chem vol 18 No 3-4 p569 -579.

J., Oosterom, Et. al., (1983), "Journal of Food Protection " vol 46, No8, 702-706.

Jacob, M., (1990), "Manipulación correcta de los alimentos", Organización Mundial de la Salud Ginebra, ISBN 924354245 - 1.

Jarret, R.D., Sr., (1983), "Isotope (gamma) radiation Sources in Preservation of Food by Ionizing Radiation vol I ed E.S. Josephson and M.S. Peterson.

Josephson, E.S., and M.S., Peterson, (1983), "Preservation of Food Radiation vols I II and III. CRC Press Inc Boca Raton Florida.

Josephson, E.S., and Thomas, M.H., & Calhoun, (1978), "Nutritional Aspects of Food Irradiation an Overview", Journal of food processing and Preservation 2 (1978) p 249 - 313.

Kahan, R.S., and J.J., How Ker, (1979), "Low dose irradiation of fresh non-frozen chicken and other preservation methods for shelf -life extension and improving its public health quality in: Food preservation by irradiation IAEA.

Kampelmacher, E.H., (1981), "Prospects of elimination pathogens by the process of food irradiation", in Ccombination Process in Food Irradation IAEA Vienna p 265.

Kampelmacher, E. H., (1984), "Irradiation of food; a new technology for preserving and ensurig the hygiene of foods fleisch.

Kampelmacher, E.H., (1989), "Food Irradiation its Contribution to Public Health, Control of and Trade in Irradiated Food" IAEA, Vienna STI/PUB 786, ISBN 92 -0 - 010189-5

Kaupert, N., (1989), "Factibilidad técnica de la irradiación de los alimentos ", Taller Regional sobre Irradiación para Garantizar la Calidad Higiénica de los Alimentos" Bs. Argentina.

Kaupert, N., (1989), " Efectos químicos y biológicos de las radiaciones ionizantes", Taller Regional sobre Irradiación para Garantizar la Calidad Higiénica de los Alimentos Bs. Argentina.

Kairiyama, E., (1989), "Radioresistencia de *Salmonella*, *Campylobacter* y *Listeria*", Taller Regional sobre Irradiación para Garantizar la Calidad Higiénica de los Alimentos. Bs. Argentina.

Kairiyama, E., (1989), "Irradiación de aves de corral y huevos para asegurar la calidad higiénica ", Curso Regional para Garantizar la Calidad Higiénica de los Alimentos Irradiados " Bs.Argentina.

Kennedy, T.S., (1965), " Studies on the nutritional value of foods treated with gamma radiation II, Effects on the protein in some animal feeds, egg and wheat ", J. Sci Food Agric 16:433 - 437.

Kesavan, P.C., (1978), "Indirect effects of radiation in relation to food preservation facts and fallacies", J. Nucl. Agric. Biol. 7:93 - 97.

King, B.L., and Josephson, (1983), "Action of radiations on protozoa and helminths",. In: E.S. Josephson & M.S. Peterson (Eds) Preservation of food by ionizing radiation vol II pp 245 - 267 CRC Press, Boca Raton Florida.

Klinger, I., Et. al., (1986), "Irradiation of broiler chicken meat Israel", J. Vet Med 42, p 181 -193.

Klinger, I., and Lapidot, M, (1990), "Application of ionizing radiation to poultry and meat products ", a technical monograph. ICGFI / VII /WP - 6 Consultive Group International Food Irradiation.

Kiss, I., and J., Farkas, (1982), "Radurization of whole eviscerated chicken carcass", Acta Alimentaria Academia Scientiarum Hungaricae 1, 73 -86.

Kiss, I., J., Beczner, E., Kovács, and S., Kovács, (1985), "Precommercial scale irradiation experiments with spices, vegetables and fruits", Final Report Research Agreement No. 3033/CF, Budapest, Hungary.

Kovács, D., V., Stenger, G., Foldiak, (1986), "Dosimetry control in radiation processing ", Institute of Isotopes of the Hungarian Academy of Sciences.

Kuzdaz, C.D., G., Thomson, and R.M., Lusskin, (1980), Final Report: "Application of the Ames mutagenicity test for the Assessment on mutagenicity activity in thermal processed frozen electron irradiated and gamma irradiated chicken "Raltech Scientific Services, St Louis Mo Available from National technical information service, Springfield, Va. PB84 - 187053.

Ladomery L. (1989) "Wholesomeness of irradiated food", Workshop on the use of irradiation to ensure hygienic quality food. Bs. Argentina.

Ladomery L (1989) Status of the Practic Applications of food irradiation ", Workshop on the use of irradiation to ensure hygienic quality of food Bs. Argentina.

Lambert, J.D., and R. B., Maxcy, (1984), "Effect of gamma radiation on *Campylobacter Jejuni*", J Food Science 49, 665

Lapidot, M., and R. Padova, (1978), "Treatment of animal feeds with ionizing radiation", STI/PUB 470, Vol. II IAEA.

Lasta, J., (1989), "Rol de *Campylobacter* en la infección alimentaria ", Taller Regional sobre Irradiación para Garantizar la Calidad Higiénica Bs Argentina.

Leboutet, H., and Aucoutirer, (1985) "Theoretical evaluation of induced radioactivity in food products by electron or x ray beam sterilization " Radiat Phys Chem vol 25 Nos 1 - 3 PP 233 - 242.

Lechowich, R.V., (1968), Food Technol., 40 (12) p 84.

Lee, M.K., Et. al., (1985), "Cooking properties of gamma irradiated chicken ", Journal of the Korean Society of Food and Nutrition 14, 151 -156 in Council for Agricultural Science and Technology Rep No. 109, 1989.

Leemhorst, J.G., (1981), "Industrial application of food irradiation now, Proceeding of a symposium, Netherlands.

Letterman Army Institute of Research Report No. 70 Presidio of San Francisco California. Ley, F.J.,; B.H., Freeman,; and B.C., Hobbs, (1963) "The use of gamma radiation for the elimination of Salmonella from various foods", Journal Hygiene Camb 61, 615.

Ley, F.J., Et. Al., (1969), "Sterilization of laboratory animal diets using gamma radiation", Lab. animals 3:221 - 254.

Ley, F.J., (1972), "The use of irradiation for the treatment of various animal feed products " Food Irradiation Information 1:8-22.

Levina, A.I., and Ivanov, A.E., (1978), "Pathomorphology of kidneys in rats after prolonged ingestion of irradiated foods", Bulletin of experimental Biology and Medicine 85(2) 230 - 232 (translated into english from Russian by Consultants Bureau New York.

Loaharanu, P. (1989), "Food Irradiation a contribution to economy and health application of nuclear techniques" FAO/IAEA.

Ludwig, F., and H. Hopf, (1925), "Experimental study on the effect of roentgen - irradiation on the Food Strahlentherapie 20: 342.

Luna, C.P., M.E., Bustos, y G.T., Ramírez, (1982), "Tratamiento en carne de pollo, utilizando dosis de Co 60 y refrigeración con fines de comercialización" IV Simposio sobre Química Nuclear Radioquímica y Química de Radiaciones México D.F.

Matsuyama, A., (1973), "Present Status of food irradiation research in Japan with special reference to microbiological and entomological aspects in: Radiation preservation of food", Proceedings of Symposium Nov. 1972 IAEA Vienna p 261 -278.

Maxcy, R. B., and D.B., Rowley, (1978), "Radiation resistant vegetative bacteria in a proposed system of radappertization ", in Food Preservation by Irradiation vol I IAEA /STI/PUB/470 PP 347 -359.

Maxcy, R.B., (1983), "Significance of residual organisms in foods after sterilizing of gamma radiation ", : A review J. Food Safety 5 : 203.

Mc Givney, W.T., (1988), "Preservation of food product by irradiation", Seminar in Nuclear Medicine, Vol XVIII No. 1 (JAnuary) pp 36 - 45.

Mc Gown, E.L., Et. al., (1981), "Investigation of possible antivitamin B - 6 properties in irradiation sterilized chicken", div. Res Support, letterman Army Institute Research. Inst. Report No. 87 Presidio of San Antonio Calif. Available from National Technical Information Service, Springfield Vo. PB 84 - 187079.

Mc Laughlin, W.L., R.D., Jarrets, T.A., Olensnik, (1983), "Dosimetry preservation of food by ionizing radiation Vol I, Ed by E. Josephson and M. Peterso.

Herrit, C., Jr., (1966), "Chemical changes induced by irradiation in meats and meats components pp 197-210. In Food Irradiation Proc, Symp. Karlsruhe June STI/PUB /127 IAEA Vienna Austria.

Metlitskill, L.V., Et. al., (1968), "Radiation processing of food products status of the food irradiation program", in hearings before the subcommittee on research development and radiation of the Joint Committee on Atomic Energy Congress of the United States U.S. Gout Printing Office Washington D.C. in Council Agricultural Science and Technology Re. No. 109 (1986).

Michanie, S., y F., Quevedo, (1987), "Aplicación del enfoque de análisis de riesgos y determinación de puntos críticos de control (ARPPC) en el mejoramiento de la calidad e inocuidad de los alimentos", III Taller sobre Normalización de Alimentos y Salud para América Latina y del Caribe. Feb (1987).

Michanie, S., (1988), "Listeriosis" reunión de la comisión de inspección veterinaria de carnes de la cuenca de la plata (CINVECC) Bs Argentina.

Miller, A., and H., Jensen, (1987), "Measurements of induced radioactivity in electron and photon irradiated beef" Appl. Radiat Isot. Vol 38, No 7.

Mitchell, J.H.Jr., (1957), "Action of ionizing radiation on fats oils and related compounds", in Radiation Preservation of Food United States Army, Quatermaster Corps. U.S. Printing office, Washington D.C. p 119-125.

Mittler, S., (1979), "Failure of irradiated beef and ham to induce genetic aberrations in *Drosophila* " Int J. Radiat Biol 35 (6) p 583 - 588.

Monckeberg, B.F., (1990), "Preservación de Alimentos en el subdesarrollo", Taller Regional de Factibilidad Técnico Económica, Santiago de Chile.

Mossel, D.A.A., and P.A., De Grot (1965), "The use of pasteurizing doses of gamma radation for the destruction of Salmonellae and other Enterobacteriaceae in some foods of ion water activity. In Radiation Preservation of Foods Publication 1273. National Academy of Sciences Natural Research Council, Washington D.C. p 233 -264.

Mossel, D.A.A., and P.Van Netten, (1982), "Whiter protection of consumer against enteropahogenic bacteria on fresh meats and poultry by processing for safety food irradiation now", ISBN 90 - 247 - 2703 - 0 Printed in The Netherlands.

Mossel, D.A.A. and H. Stegeman (1985), "Irradiation: an efective mode of processing food for safety ", in Food Irradiation Processing, IAEA Vienna P 251 - 279.

Mossel, D.A.A., (1985), "Protección del consumidor frente a las enfermedades entéricas febriles causadas por alimentos de origen animal ", IAEA, TEC DOC - 331.

Moseley, B.E.B., (1984), "Radiation damage and its repair in non sporulating bacteria", in M.H.E. Andrew and A.D. Russel (Eds) The revival of injured microbes Academic Press London PP 147 - 174.

Morrison, R.H., (1985), "Economies of scale in single - purpose food irradiation ", Food Irradiation Processing Whashington E.U.A. STI/PUB/695 IAEA 1985.

Mulder, R.W., A.W. S., Notorman, & Kampelmacher, (1977) "Inactivation of *Salmonella* of chilled and deep frozen broiler carcasses by irradiation", J.Appl. Bact. 42, 179 - 185.

Mulder, R.W., (1982) "In aplication of ionizing radiation to poultry meat and poultry meat products", in I. Klinger and M. Lapidot ICGPI (VII) WP - 6 1990.

Narvais, P, (1989), "Inocuidad de los alimentos irradiados", Taller Regional sobre la Irradiación para Garantizar la Calidad Higiénica de los Alimentos, Bs Argentina.

Neal, W. T. L., (1965), "Prospecte for radition preservation of foods in Britain in radiation preservation of

foods", National Academic of Sciences National Research Council, Washington D.C., p 25 - 30.

Norat, J.K., (1927), "Effect of food with x rays upon mice" Radiology 8:41.

Núñez, E.J., Et. al., (1989), "Efecto letal de la irradiación gamma sobre el metacestodo de la *Taenia Solium* en carne de cerdo", Memorias del III Seminario sobre irradiación de alimentos Nov. ININ.

OMS, (1977), Serie de informes técnicos No. 604 (1977), "La comestibilidad de los alimentos irradiados", informe de un comité mixto FAO/OIEA/OMS de expertos .

OMS, (1981), Serie de Informes técnicos No. 659 (1981), "La comestibilidad de los alimentos irradiados " Informe de un comité mixto FAO/OIEA/OMS de expertos. Organización Mundial de la Salud (OMS) (1987), "Realidades" Informe Técnico No. 40/87.

Organización Mundial de la Salud, (OMS), (1989), "La irradiación de los alimentos una técnica para conservar y preservar la inocuidad de los alimentos", ISBN 92 4 359 - 240.

Oosterheart, W.F., (1987), "Factors of radionuclide and machines source for food irradiation", IFFIT, Training course Wageningen Netherlands.

Ovwerkerk, T., (1982), "Salmonella control in poultry through the use of gamma irradiation in combination processes", in Food Irradiation P 325 - 345.

Palumbo, Et. al., (1986), "Determination of irradiation D - values for *Aeromonas Hydrophyla* J. Food Protect. 49, 189 - 191.

Periódico Excelsior 12 de Feb 1991 México D.F.

Phachasifthisakdi, Et. al., (1984), "Lethality and flora shift of the psychrotropic and mesophilic bacterial associations of frozen shrimps and chicken after radication ", in Kiss Ed. Microbial Associations and Interactions in Food Akademia Kiado Budapest P417 - 428.

Piña, G.V., (1990), "Irradiación de Granos para Desinfestación", Conferencia presentada en ANDSA, México D.F.

Piszer, (1990), "In application of ionizing radiation to poultry meat and poultry meat products a technical monograph in Klinger I and M. Lapidot ICGFI/VII/WP-6 August (1990)..

Plough, I.C, Et. al., (1957), "An evaluation in human beings of the acceptability digestibility and toxicity of pork sterilized by gamma radiation and stored at room temperature U.S. Army Medical Nutrition Laboratory Report No. 204 Fitzsimonts Army Hospital Denver Co.

Poling, E.C., Et. al., (1955), "Growth reproduction, survival and histopathology of rats fed beef irradiated with electron", Food Research 20: 193 - 214.

Pothisiri, P., (1989), "Regulatory control of food irradiation process for consumer protection" Conferencia Internacional sobre aceptación, control y comercio, de los alimentos irradiados Ginebra Suiza.

Proctor, B. E., and J.P., O'Meora, (1951), "Effect of high voltage cathode rays on ascorbic acid" Ind Eng Chem 43: 718.

Procter, Et. al., (1971), "Bio Research Labs Ltd Project No. 245, Research report dated 19 march 1971.

Puite, K.J., (1987), " Properties of Radiation" IFFIT Training Cours Wageningen Netherlands.

Quevedo, F., y A.S., Thakur, A., S., (1980), "Parasitosis transmitidas por alimentos ", serie de monografías científicas y técnicas, Centro Panamericano de Zoonosis OPS /OMS.

Raica, N. Jr., and Howie, D.L., (1966), Review of the United States Army "Wholesomeness of irradiated food program (1955-1966) pp 119 -113 in Food Irradiation IAEA STI/PUB/127 Vienna Austria.

Ramler, J., (1983), "Machine sources preservation of food by ionizing radiation Vol II ed. E. Josephson and M. Peterson, CRC PRESS Boca Raton Florida.

Reyes, L.J. (1985) "Dosimetría en la Irradiación de Alimentos" Actas de un Seminario sobre Irradiación de Alimentos para países de América Latina, Lima, Peru (1983), Documento Técnico Publicado por el OIEA, IAEA-TECDOC-331.

Reyes, L.J., y H.V.López, (1987) "Irradiación de Alimentos", Trabajo presentado en el II Seminario sobre Irradiación de Alimentos, Centro Nuclear Méx.

Rao, K.N., Et. al., (1978), Bhabha Atomic Research Centre Report Trombay Bombay India.

Roberts, D., (1982), "Factors contributing to outbreaks of food poisoning in England and Wales 1970 - 1979. J. Hyg. Camb. V 89, P 491 - 498 Printed Great Britain.

Roberts, T, (1985), "Microbiol pathogens in raw pork, chicken and beef : Benefit estimates for control using irradiation " American Journal of Agricultural Economics Vol 67 (5) 957 - 965.

Romning, Et. al., (1984), " A chronic toxicity, oncogenicity and multigeneration reproductive study using CD-1 mice to evaluate frozen, thermally sterilize, Cobalt -60 irradiated, and 10 Mev electron irradiated chicken meat ERRC -ARS

Rubio, C.T., (1989), "Problemas económicos causados por pérdidas post cosecha en Latinoamérica. Estudios sobre uso de la irradiación para garantizar la calidad higiénica de los alimentos Taller Regional Uso de la Irradiación para Garantizar la calidad Higiénica de los alimentos. Bs Argentina.

Tamminga, S.K., Brumer, R.B., and Kampelmacher (1982) "Microbiological studies on hamburguers" J.Hyg. Camb Vol 88 PP125 - 143.

Tarkowski, J.A., Et. al., (1984), "Low gamma irradiation of raw meat bacteriological and sensory quality effects ", Int J Food Microbiol. 1, 13 - 23.

Taub I. A., (1983), "Reaction mechanisms irradiation parameters and product formation " in Preservation of food by ionizing radiation Vol II Ed. E Josephson and M. Peterson.

Tesh, J.M., Et. al., (1977) "Studies in rats feed diet incorporation irradiated wheat part 1, incidence of poliploid configuration in bone marrow cell part 2, incidence of micronucleated, polichromatic erythrocytes in bone marrow cell part 3 dominant letal assay. Technical report Series IFIP - 45 International Project in the field of Food Irradiation Institut fur Strahlenthchnologie, Karlsruhe Republic of Germany.

Thakur, A.J., (1989), "Efecto de la irradiación ionizante en parásitos de origen animal" Taller regional sobre la irradiación para asegurar la calidad higiénica de los alimentos. Bs. Argentina.

Thayer, D.W., and W., Wierbicki, (1985), "Toxicology studies of gamma and electron irradiated chicken", Activities Report 37 (1) p 99 - 105.

Thomas, M.H. and F.S., Josephson, (1970), "Radiation preservation of food and its effect on nutrient " Sci Teacher 37, PP 59 - 63.

Thomas, M. H., Et. et., (1981), "Effect of radiation and conventional processing on tiamin content in pork ", J. Food Sci 46 (3) PP 824 -828.

Til, H.P., Et. Al., (1971), Central Institute for Nutrition and Food Research TNO Report No. R34543 dated may 1971.

Tiwari, N.P., and R.B., Maxcy, (1972) *Moraxella* - *Acinetobacter* as contaminants of beef and occurrence in radurized product " J. Food Sci 37: 901 - 903.

Tood, E., (1980). "Poultry associated foodborne disease its occurrence cost source and prevention ", J. .Food Protection 43:(2), 129 - 139.

Toufel, P., (1981), "Microbiological implications of the food irradiation" Process Food of the Food Irradiation Information No 11.

Sacouma, E., (1988), "Discurso Inaugural de la Conferencia Internacional sobre Aceptación, Control y Comercio de los Alimentos Irradiados. IAEA (Vienna) ISBN 92 -0 -0101895.

Saravi, M., (1989), "Radiactividad - propiedades de las radiaciones ionizantes", Taller Regional sobre la Irradiación para Garantizar la Calidad Higiénica de los alimentos, Bs Argentina.

Scott B. and B.E. Ahlstrom (1987) "Arriving at an informed opinion about food irradiation" Division Manager, CH2M Hill, P.O. Box 2208. Denver Colorado.'

Seifried, E. al., (1983), Report prepared under contract. No. 53 - 3K06 -2 - 143 for USDA Eastern Regional Research Center, USDA by Tracor Jitco Inc. Final Report, June 30, 1983. In Thayer, D.W. 1984. "Summary of supporting documents for Wholesomeness studies of precooked (enzyme - irradiated) chicken products in vacuum sealed containers exposed to doses of ionizing radiation sufficient to achieve scale commercial sterility" ERRC -ARS Document No. 85 Available from National Technical Information Service Springfield Va PB 84 - 186980.

Shane, S.M., (1990), "Quality of irradiated meat", National Seminary on Food Irradiation Mexico City.

Shane, S.M., (1990), "Control of bacterial pathogens in poultry meat by irradiation " National Seminary of Food Irradiation, Mexico City.

Silliker, J.H., (1982), "The salmonella: problem current status and future direction", J. Food Protection 45, 661-666.

Sivinsky, J.S., (1985), "Efficacy of triquinosis by low-dose irradiation of pork", Radiat Phys. Chem. 25, 263 -269.

Sivinsky, J.S., (1985), "Transferencia a la industria de la tecnología del tratamiento de alimentos por irradiación", IAEA, Vienna TECDOC - 331.

Sivinsky, J.S., (1990), "Food Irradiation process control", National Seminar on Food Irradiation Mexico D.F.

Stegeman, H., (1988), "Radiation resistance of *Listeria monocytogenes*", Abstract Proceeding of the 10 th International Symposium on Listeriosis August 22 - 26, 1988 Pecs Hungary.

Sudarmädji, S., and V.M., Urbain, (1972), "Flavour sensitivity of selected animal protein foods in gamma radiation", J. of Food Science 37: 671 - 672.

Sullivan, D., R.M., Lusskin, and G.M., Thomson, (1979), Final report: "Evaluation of the mutagenicity of irradiated sterilized chicken by Sex - linked recessive lethal test in *Drosophila Melanogaster*", Raltech Scientific Services, St. Louis. Mo Available from National Technical Information Service Springfield Va. PB 84 - 187053.

Szczawinski, J., (1986), "Combined effects of irradiation and conventional methods of meat irradiation", Food Irradiation Newsletter 10 (2) 30 - 31.

Urbain, W., (1983), "Radurization and Radicidation of meat and poultry", in Preservation of Food Ionizing Rad. Vol III Ed. Josephson and M. Peterson CRC Press.

Urbain, W. M., (1986), Food Irradiation Academic Press Orlando Florida.

U.S. Army, (1986), Eastern Regional Research Center USDA Toxicological studies of chicken sterilized by ionizing energy of CAST report 109 July 1986.

Vásquez, I.L., y Colaboradores, (1990), "El más grande brote de triquinosis reportado en México", Revista Mexicana de Parasitología Vol 3 No. 1.

Van Kooij, J.G., & J.G. Rabijs, (1968), "Gamma irradiation elimination of *Cisticercus Bovis* in meat" in elimination of harmful organisms from food and feed by irradiation", IAEA p 81 - 89.

Verster, Et. al., (1977), "The eradication of tapeworms in pork and beef carcasses by irradiation", Radiat Phys Chem. 9, 769.

Weedeking, C.A., S.B., Ahlstrom, and G.L., Tingey, (1987), "The Safety of Food Irradiation", A summary of fact CH2MHill and Pacific Nort West Laboratory Washington.

Wierbicki, E., (1984), Technical Report "Irradiation Sterilized chicken products technology, product quality feasibility", ERRC ARS Document No. 84 Available from National Technical Information Service, Springfield Va. PB 84 - 186998, 290.

Wierbicky, E., (1985), "Technological and irradiation conditions for radappartization of chicken products used in the United States Army Raltech Toxicology Study", Food Irradiation Processing IAEA Vienna PP 79 - 115.

WHO, Tech. Rep Serie 1977 No. 604 "Wholesomenness of irradiated food", Food /WHO/Food DOD / 77.45.

WHO, (1981), Report of The WHO/WAUFH round table conference on the present status of The Salmonella problem (prevention and control), Bithoven, the Netherlands 6 - 10 oct.

The role of food safety in Health and Development, WHO Technical Report Series 705 (1984).

WHO, International consultive Group on Food Irradiation Task Force Meeting on the Use of Irradiation to Ensure Hygienic Quality of Food 14 - 18 July 1986, Vienna, Austria WHO/EHE/FOS/87.2 (1987).

WHO, Food Irradiation a technique for preserving and improving the safety of food World Health Organization Geneva (1988). WHO/FAO/IAEA, International Consultive Group on food Irradiation consultation on microbiol. criteria for food to be further processed including by irradiat. WHO/EHE/FOS/89.5 Geneva (1989).

Zabielski, J.; W.,Fiszer; J, Mrez, and Z.A., Niewrarowics, "Influence radurization on the sensory properties of broiler meat" Med weter ISSN 025-8628 Caden MAWTA V 37 (12) PP726-729.

TABLA I
VEINTE PRINCIPALES CAUSAS DE MORBILIDAD GENERAL EN MEXICO

NUM. ORDEN	PADECIMIENTO	CASOS	TASA *
1	Infecciones Respiratorias agudas	9,668,848	11,473.34
2	Otras In. Intestinales y las mal definidas	2,466,721	2,927.08
3	Amibiasis	1,068,175	1,267.53
4	Ascariasis	507,634	602.37
5	Dermatofitosis y Dermato micosis	329,296	390.75
6	Hipertensión Arterial	215,557	255.79
7	Parasitosis (sin especificar)	191,451	227.18
8	Sarna	186,030	220.75
9	Angina Estreptococcica	172,775	205.02
10	Oxiuriasis	160,319	190.24
11	Varicela	126,191	149.74
12	Diabetes Mellitus	125,619	149.06
13	Paludismo	101,241	120.14
14	Neumonías y Bronconeumonías	96,539	114.20
15	Paratifoidea y otras Salmonellas	93,711	111.20
16	Tricomonas Urogenital	92,165	109.37
17	Candidiasis urogenital	64,160	76.13
18	Intoxicación por ponzoña de animales	53,063	62.97
19	Parotiditis epidémica infecc.	51,346	60.93
20	Intoxicación alim. bact.	48,074	57.05
	Todas las demás	388,947	461.54
	Total	16,207,862	19,232.72

* Por 100,000 habitantes,

Fuente: Dirección General de Epidemiología, Secretaría de Salud

TABLA II
A. INCIDENCIA DE LAS ENFERMEDADES EN MEXICO

PADECIMIENTO/ANO	1978	1979	1980	1981	1982
FIEBRE TIFOIDEA.	4.15	4.22	7.71	7.14	9.27
PARATIFOIDEA Y					
OTRAS ENFS.	22.49	27.82	27.64	35.45	38.87
DISINTERIA					
BACILAR.	6.05	8.12	8.03	5.90	5.30
INC. DE OTRAS					
INFCS. INTS.	884.14	877.40	1661.13	2382.91	2749.69
AMIBIASIS INTS.	275.59	308.63	485.63	751.32	921.76

B. INCIDENCIA DE ENFERMEDADES EN MEXICO

PADECIMIENTO/ANO	1983	1984	1985	1986	1987
FIEBRE TIFOIDEA.	10.66	9.93	10.66	10.19	13.65
PARATIFOIDEA					
Y OTRAS	44.76	40.48	42.71	60.68	84.33
DISINTERIA					
BACILAR	5.99	6.01	2.71	7.09	13.25
INIC. DE OTRAS					
INFEC. INTS.	3137.48	3141.36	3459.13	2445.50	3192.14
AMIBIASIS					
INTS.	1046.77	1108.82	969.21	1033.46	1241.73

TASA POR 100 000 HABITANTES

FUENTE : DIRECCION GENERAL DE EPIDEMIOLOGIA S.S.

C INCIDENCIA DE ENFERMEDADES EN MEXICO

PADECIMIENTO/ANO	1988	1989
FIEBRE TIFOIEDA	17.29	20.0
PARATIFOEDA Y		
OTRAS.	102.01	111.20
DISINTERIA		
BACILAR.	15.99	16.50
INC. DE OTRAS		
INFECCIONES.	3180.28	2927.08
AMIBIASIS INTS.	1318.12	1267.53
CISTICERCOSIS	0.68	0.69
TENIASIS	15.48	16.61
TOXOPLASMOSIS	0.16	0.28
TRIQUINOSIS	0.29	0.26
INTOX. BACT.	48.92	57.05

TASA POR 100,000 HABITANTES

FUENTE : DIRECCION GENERAL DE EPIDEMIOLOGIA.S.S.

TABLA III

FACTORES QUE CONTRIBUYEN A LA PATOGENESIS DE LAS ENFERMEDADES DE
ETIOLOGIA MICROBIANA TRANSMITIDAS POR LOS ALIMENTOS

EFECTO CONTRIBUTOR	PORCENTAJE
REFRIGERACION INADECUADA	48
ALMACENAMIENTO A TEMP. AMBIENTE	34
TRATAMIENTO TERMICO INADECUADO	27
CONTAMINACION POR EL MANIPULADOR DE LOS ALIMENTOS	23
RECALENTAMIENTO CULINARIO INADECUADO	20
ALMACENAMIENTO DEFECTUOSO O TEMP. ELEVADA	19
CONTAMINACION CRUZADA ENTRE ALIMENTOS FRESCOS Y COCINADOS	15
LIMPIEZA INADECUADA DE EQUIPO	11
INGESTION DE PRODUCTOS CRUDOS	8

(SEGUN BRYAN, F.L. 1980 J. FOOD PROTECTION , 43 (2) 140 - 150

TABLA IV
RELACION ALIMENTO BACTERIA PARASITO

ALIMENTO	BACTERIA	PARASITO
AVES DE CORRAL	<i>Salmonella</i>	<i>T. Gondii</i>
	<i>Campylobacter</i>	
	<i>Cl. Perfringens</i>	
	<i>S. Aureus</i>	
	<i>E. Coli (patógena)</i>	
	<i>Listeria Monocitogenes</i>	
	<i>Yersinia Enterocolitica</i>	
CARNES (RES, PUERCO, CORDERO ETC)	<i>Salmonella</i>	<i>T. Gondii</i>
	<i>Campylobacter</i>	<i>Hydatidiosis</i>
	<i>Y. Enterocolítica</i>	<i>T. Spirallis</i>
	<i>Listeria</i>	<i>C. Cellulosae</i>
	<i>S. Aureus</i>	<i>C. Bovis</i>
	<i>E. coli (patógena)</i>	
	<i>Cl. Perfringens</i>	
PESCADOS Y MARISCOS	<i>Salmonella</i>	
	<i>Shigella</i>	
	<i>V. Parahemoliticus</i>	
	<i>V. Vulnificans</i>	
	<i>L. Monocitogenes</i>	
	<i>Y. Enterocolitica</i>	

FUENTE: KLINGER AND LAPIDOT 1990

TABLA V

DISTRIBUCION DE BACTERIAS PATOGENAS INTESTINALES EN INGLATERRA
(1977 - 1980)

BACT. PATOGENAS	NO. DE CASOS	CASOS DE ENTERITIS	FRECUENCIA %		
			78*	79*	80*
SALMONELLA	395	229	4.9	3.2	3.2
SHIGUELLA	130	97	1.9	1.2	1.2
Y. ENTEROCOLITICA	158	120	2.2	2.3	1.8
CAMPYLOBACTER	435	386	6.2	7.8	6.8
TOTAL	1,118	872			

*1978

*1979

*1980

FUENTE : WALDER 1982

TABLA VI
EFECTOS DE LA RADIACION IONIZANTE CON FINES
DE CONSERVACION DE ALIMENTOS

EFECTO :

Inhibición de la germinación

RESULTADO :

Aumenta el período de conservación de tuberculos, bulbos, reduce las pérdidas por germinación.

EFECTO :

Disminución de maduración y retardo del envejecimiento de determinadas frutas y verduras.

RESULTADO :

Aumento del período de conservación de frutas y verduras.

EFECTO :

Destrucción y esterilización de insectos.

RESULTADO :

Desinfestación de insectos en los alimentos.

EFECTO :

Prevención del crecimiento y reproducción de los parásitos transmitidos por los alimentos.

RESULTADO :

Prevención de enfermedades parasitarias.

EFECTO :

Reducción de la población microbiana.

RESULTADO:

Menor contaminación de los alimentos, mayor período de conservación de los alimentos, prevención de intoxicaciones alimentarias.

FUENTE : J. FARKAS (1981) IAEA - TECDOC - 331

TABLA VII

APLICACION Y UTILIDAD DE LA RADIACION IONIZANTE

ALIMENTO	OBJETIVO PRINCIPAL	MEDIOS DE LOGRAR EL OBJETIVO	DOSIS (KGY)
TRATAMIENTO A BAJAS DOSIS (HASTA 1.0 KGY)			
papas, camotes	extender la vida de	inhibición de	0.05-
cebollas, ajos	anaquel.	germinación.	0.15
chayotes.			
ciertas frutas y vegetales	conservar y mejorar las propiedades de estos alimentos.	retrazo de maduración y senectud.	0.25- 1.0
granos, cereales harinas, nueces, garbanzos etc.	prevención de pérdidas por insectos.	muerte o esterilización sexual de insectos	0.2- 0.7
frutas	prevención de la propagación de pestes, tratamiento cuarentenario.	muerte o esterilización de insectos.	0.2- 0.7
carne	prevención de enfermedades transmitidas a través de los alimentos.	destrucción de parásitos como Triquina, Taenia Solium y Saginata.	0.3- 0.5

TRATAMIENTO DE DOSIS MEDIAS (DE 1.0 - 10 KGY)

ciertas frutas, vegetales y pan.	conservar y mejorar sus propiedades	reducir poblaciones de bacterias, mohos, y levaduras.	1-3
carne, pollo y pescado.	perfecciona el almacén refrigerado	reduce la población microbiana capaz de desarrollarse a temperatura de refrigeración.	1-5
carne, pollo polvo de huevo produc. marinos congelados y otros portadores de microorganismos.	previene el envenenamiento de alimentos.	destruye salmonella, shiguelia campylo bacter, vibro, yersinia y otros patógenos no formadores de esporas.	3 - 10
especies y vegetales secos; otros ingredientes alimenticios	prevención de contaminación de alimentos, a través de ingredientes que se adicionan a los alimentos.	reducción de la población de microorganismos en los ingredientes.	3- 10.

TRATAMIENTO A ALTAS DOSIS (DE 10 - 45 KGY)

pollo, carne	almacén seguro y pro_	destrucción de	25 -
	longados y sin refri_	organismos da_	45
	geración.	ñantes y pató_	
		genos incluyen_	
		do formadores	
		de esporas..	
comidas para	proporcionar a pa_	comidas estériles.	25 -
hospitales o	cientes comidas		45
constituyentes	estériles,		
de cada comida.			

FUENTE : DIELH 1990.

TABLA VIII
 PAISES QUE UTILIZAN EL PROCESO DE IRRADIACION
 EN PRODUCTOS CARNICOS

PAIS	EMPRESA/INSTITUCION	PRODUCTO
BELGICA	MEDERID, INSTITUTO DE RADIOELEMENTOS.	PRODUCTOS MARINOS CONGELADOS.
CHILE	COMISION CHILENA DE ENERG. NUCLEAR	POLLO.
FRANCIA	C.A.R.I.C. (PARIS) S.P.I. (VANNES)	CARNE DE POLLO. POLLO CONGELADO DESHUESADO.
HOLANDA	GAMMASTER (EDE)	PROD. MARINOS CONGELADOS
TAILANDIA	ODEP (BANGKOK)	SALCHICHAS FER- MENTADAS.
U.R.S.S.	INST. RAD. TECHNOL.	CARNE Y POLLO

FUENTE : FOOD IRRADIATION NEWSLETTER NO. 19 FAO/OIEA, THAKUR
 1989.

TABLA IX
 DOSIS DE INACTIVACION DE 5 CICLOS LOG. EN BACTERIAS

BACTERIA	PRODUCTO	DOSIS (KGY)
CAMPYLOBACTER FETUS SUB. ESPECIE JEJUNI	FILETE AMERICANO REFRIG.	0.8
ESCHERICHIA COLI	RES/AVES REFRIGERADAS	1.8
ESCHERICHIA COLI	RES/AVES CONGELADAS	2.7
S. ANATUM	RES/AVES CONGELADAS	5.0
S. GOOD	RES/AVES CONGELADAS	3.5
S. TYPHIRIUM	RES/AVES CONGELADAS	6.5

FUENTE : KAIRIYAMA 1989.

TABLA X
EFECTOS DE LA IRRADIACION SOBRE PARASITOS
EN ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL

PARASITOS	DOSIS (KGY)	EFFECTOS
<u>PROTOZOOS</u>		
TOXOPLASMA GONDII	0.9	Pérdida de capacidad infectiva
	0.30	Muerte
ENTOAMEBA HYSTOLYTICA	0.257	Muerte de quistes
<u>HELMINTOS</u>		
TRICHINELLA SPIRALIS	0.47-0.30	Inhibe el desarrollo del parásito en el músculo
	0.09-0.11	Esterilización en adultos
	0.10	Pérdida de infec_ tividad
	0.20-0.30	Inhibición de desa_ rrollo
	2.3-7.0	Muerte de larvas enquistadas
CYSTICERCUS BOVIS	0.40	Inhibe el desarro_ llo en el organis_ mo humano,
	3.7-4.7	Inactivación completa
CYSTICERCUS CELLULOSAE	0.2-0.6	Inactivación en el músculo
	4.2	Muerte
FASCIOLA HEPATICA	6.0	Muerte de metacerca_ ria

FUENTE : THAKUR 1989.

TABLA XI
INTERVALOS DE DOSIS PARA EL USO DE VARIOS DOSIMETROS

DOSIS (KGY)	0.01	0.1	1	10	100
TL	_____				
RADIOCROMICOS	_____				
PMMA DE COLOR	_____				
PMMA TRANSPARENTE	_____				
TAC	_____				
ALANINA	_____				
LL	_____				
SULFATO CERICO	_____				
ETANO CLOROBENCENO	_____				
FRICKE	_____				
SULFATO FERROSO- CUPRICO	_____				
DICROMATO DE POTASIO	_____				

FUENTE : J.REYES, 1985.

TABLA XII

CARACTERÍSTICAS DE LOS DOSÍMETROS DE RUTINA

TIPO DE DOSÍMETRO	INSTRUMENTO PARA ANALISIS	RANGO DE DOSIS (KGY)	PRECISION APROXIMADA	APROXIMACION A EQ. EN AGUA	ESTABILIDAD ANTES DE	ESTABILIDAD AL USO DESPUES DE	VARIACION ENTRE LOTES.
SOL. SULFATO CERICO - CEROSO	ESPECTROFOTOMETRIA POTENCIOMETRIA ELECTROQUIMICA	2 - 50	± 2 %	NO	SI	SI	NO
SOL. DE FRICKE	ESPECTROFOTOMETRIA ULTRAVIOLETA POTENCIOMETRIA OSCILOMETRIA	4×10^{-2} 4×10^{-1}	± 1 %	SI	SI	SI	NO
ETAHOL CLOROBENCENO	POTENCIOMETRIA OSCILOMETRIA	1 - 400	± 4 %	SI	SI	SI	NO
LEOLUMINISCENCIA							
SACAROSA AMINOACIDOS POLIMEROS	FOTOMETRIA VISIBLE Y U. V. INTEGRADO	10^{-3} - 0.8	± 5 %	SI	SI	NO	SI
D - ALANINA FLUORURO LITIO BORATO DE LITIO D GLUCOSA	ESPECTROSCOPIA ESR	10^{-3} - 100	± 2 %	SI	SI	SI	NO
	TERMOLUMINISCENCIA	10^{-6} - 1.0	± 3 %	NO	SI	SI	SI
	TERMOLUMINISCENCIA	10^{-6} - 5.0	± 3 %	NO	SI	SI	SI
	ROTACION OPTICA	10 - 500	± 5 %	SI	SI	NO	NO
PERSPEX ROJO	ESPECTROFOTOMETRIA VISIBLE	5 - 50	± 3 %	SI	SI	NO	SI
PERSPEX AMBAR	"	1.5 - 20	± 3 %	SI	SI	NO	SI
SOL. LIQUIDA RADIOQUIMICA	"	10^{-2} - 10	± 2 %	SI	SI	SI	SI
PELICULA TINTA RADIOCROMICO	"	1.0 - 1000	± 3 %	SI	SI	SI	SI
Co ³⁺ - EDTA	ESPECTROFOTOMETRIA ULTRAVIOLETA	0.1 - 100	± 5 %	NO	SI	SI	SI
TRIACETATO CELULOSA	"	10 - 400	± 2 %	SI	SI	NO	SI
CLORURO DE POLIVINILO	"	8 - 60	± 10 %	NO	SI	SI	SI

FUENTE: KOVACS 1966.

TABLA XIII

DOSIS LETAL EN ORGANISMOS VIVOS

ORGANISMO	DOSIS (KGY)
ANIMALES SUPERIORES INCLUYENDO	
MAMIFEROS	5 - 10
INSECTOS	10 - 1.000
BACTERIAS NO ESPORULADAS	500 - 10,000
BACTERIAS ESPORULADAS	10,000 - 50,000
VIRUS	100,000 - 200,000

FUENTE : IAEA 1982.

TABLA XIV

ESTUDIOS SOBRE TOXICIDAD REALIZADOS
EN E.U.A

TIPO DE ESTUDIO	NO. DE ESTUDIOS
TOXICIDAD SUBAGUDA	45
TOXICIDAD SUBCRONICA	58
TOXICIDAD REPRODUCTIVA	126
TERATOLOGIA	14
TOXICIDAD CRONICA	110
TOXICIDAD GENETICA	102

FUENTE : CAST 1986.

TABLA XV

ALIMENTO CARNE	PRUEBAS DE MUTAGENICIDAD EN VIVO	ESTUDIOS CON ANIMALES PRUEBA ESPECIE DURACION	RADIACION DOSIS (KGY)	ESTADO DEL ESTUDIO	INVESTIGADOR	REF.
VACUNO	DROSOPHYLA, PRUEBA DE RESESIVO LETAL, ANALISIS		47 - 71	COMPLETO	MITTLER, S USA	INT. J. PEDIAT. BIOL. 33 (6) 1979.
JAMON	DROSOPHYLA, PRUEBA DE RESESIVO LETAL, ANALISIS CROMOSOMAL		37 42	COMPLETO	MITTLER, S USA	INT. J. PEDIAT. BIOL. 33 (6) 1979
VACUNO CRUDO IRRAD. Y COCIDO	PRUEBA DOMINANTE LETAL	RATAS	6	COMPLETO	KAMALDINOVA 7. USSR.	VAFROSY FRITAN 2 (1977) 53 USSR FEB 1980
VACUNO FRITA ENTRECOCIDA		RATAS	6	COMPLETO	KAMALDINOVA 7, USSR.	VAFROSY FRITAN 2 (1977)
MHAM PRODUCTO DE PUERCO CRUDO		ESTUDIO A LARGO PLAZO Y REPROD.	RATAS 2	COMPLETO	RIGANTI BANG KOK	REPT 1975 - 1978 IAEA
CARNE DE VACUNO GRASOSO PROD. RADIOL. DE CARNE DE RES GRASOSA		RATONES			MAFARCHISI B.A.	THESIS 1974
CARNE CRUDA		LARGO PLAZO	RATAS 12 semanas 37 - 42	COMPLETO	NATIONAL INST. PUBLIC HEALTH VAN LAGTEN N.C.	UNUPUB REPT. SUBMITTED 70 IFIP SEP 1981

TABLA XVI

ALIMENTO POLLO	MUTAGENICIDAD		ESTUDIOS CON ANIMALES		DOSIS (KGY)	ESTADO DEL ESTUDIO	INVESTIGADOR	REF.
	PRUEBAS EN VIVO	PRUEBAS EN VITRO	PRUEBA	ESPECIE ANIMAL				
EXTRACTO ACIOSO Y DIGERIDO		PRUEBAS DE DE AMES. SCE.			7	COMPLETO	IFIP LAB. LOCAL PHILIPS B-1 MUENZNER, R. ET. AL.	FOOD COSH. TOXICOL. 18 (4)1980 18 (5)1980
POLLO	PRUEBAS MICRO NUCLEICAS ESPERMATOGENIA SCE		RATAS RATONES HAMSTERS RATONES HAMSTERS		7	COMPLETO	FED. RES. CENTRE FOR NUTRITION KARLSRUHE REHNER	IFIP CONTRACT. REP. FINAL H. SUBMIT. TO IFIP 8 FEB 1980
POLLO CONG. THERMALIZADO IRRADIADO CON GAMMAS Y ELECTRONES					10Mev 45 KGY DOSIS DE RADAPPERTI- ZACION	COMPLETO	RALTECH USA	US ARMY CONTRACT NO. DAMD 17 - 76 C 6047 REP FINAL 5 FEB 1980
POLLO CONG. THERMALIZADO IRRADIADO CON GAMMAS Y ELECTRONES	DROSOPHILA PRUEBA RECESIVO LETAL, SEXO ESLABON.		RESP. Y VIABILI- DAD FECUNDIDAD		10 Mev 45 KGY DOSIS DE RADAPPERTI- ZACION	COMPLETO	RALTECH USA	CONTRACT IFIP REP. FINAL 5 SEP 1980
POLLO	METABOLISMO DEL DNA, MEDULA OSEA		HAMSTERS CHINOS	24 MESES	7	COMPLETO	CENTRO DE INVS. AUSTRIACA ALTHANN	CONTRACT IFIP REP. FINAL 5 SEP 1979
POLLO CONG. THERMALIZADO IRRADIADO CON GAMMAS Y ELECTRONES	PRUEBA DOMINANTE LETAL		REPRODUC. A LARGO PLAZO	PERROS	32 MESES	10 Mev 45 KGY	RALTECH USA	US ARMY CONTRACT. FINAL MAY 1979

TABLA XVII
 CALIDAD PROTEICA DE LA DIETA PARA RATAS UTILIZANDO
 DIFERENTES DOSIS DE RADIACION

DOSIS DE ENERGIA (KGY)	DIGESTIBILIDAD	VAL. BIOLÓGICO	UTILIZACION DE PROTEINA NETA
8	85,6	80.0	68.9
5	83.6	75.8	63.5
10	86.5	85.7	70.6
25	87.0	78.1	68.0
35	84.3	76.4	65.4
70	85.3	77.3	65.2

FUENTE ; LEY ET AL, 1969.

TABLA XVIII

CONTENIDO DE AMINOACIDOS DE LA PROTEINA EN DIETAS PARA RATAS
AFECTACION POR EL TRATAMIENTO CON ENERGIA IONIZANTE.

AMINOACIDOS	GRAMOS DE AMINOACIDOS/16 GRAMOS DE NITROGENO.	
	DOSIS (KGY)	
	0.0	70.0
ASPARGININA	8.85	8.38
TREONINA	3.80	3.73
SERINA	4.17	4.16
ACIDO GLUTAMICO	15.20	15.61
GLICINA	5.82	5.79
ALANINA	5.61	5.54
VALINA	4.78	4.68
ISOLEUCINA	3.99	3.99
LEUCINA	7.44	7.47
TIROSINA	3.28	3.38
FENIL ALANINA	4.12	4.28
LISINA	5.72	5.82
HISTIDINA	2.29	2.39
ARGININA	6.04	6.05
METIONINA	2.33	2.11
CISTINA	1.34	1.44
TRIPTOFANO	1.16	1.32

FUENTE: LEY ET AL 1969.

TABLA XIX

EFEECTO DE LA RADIACION IONIZANTE EN EL CONTENIDO DE AMINOACIDOS EN CARNE DE POLLO COCIDA Y ALMACENADA A A TEMPERATURA DE + 5 GRADOS CENTRIGRADOS POR 6 DIAS.

AMINOACIDOS	CONTENIDO DE AMINOACIDOS (GRAMOS/ 16 GRAMOS DE NITROGENO)		
	0 KGY	3 KGY	6 KGY
ISOLEUCINA	4.2	4.2	4.3
LEUCINA	6.7	6.7	6.8
LYSINA	7.1	6.9	7.1
METIONINA	2.3	2.3	2.35
CYSTINA	0.98	1.02	1.02
FENILALANINA	3.6	3.5	3.5
TIROSINA	2.9	2.8	3.0
TREONINA	4.0	4.0	4.1
TRIPTOFANO	0.98	0.93	0.96
VALINA	4.8	4.8	4.9
ARGININA	6.6	6.5	6.6
HISTIDINA	3.4	3.3	3.3
ALANINA	6.4	6.5	6.6
ACIDO ASPARTICO	8.4	8.2	8.4
ACIDO GLUTAMICO	13.6	13.6	13.6
GLICINA	8.5	8.8	9.0
PROLINA	5.5	5.6	5.7
SERINA	4.1	4.1	4.2
FACTIBILIDAD DE LISINA	94%	95%	96%
N DE LOS AMINOACIDOS	X 100		
N DE KJELDHAL	93	92	93

FUENTE DE GROOT ET AL 1972.

TABLA XX
 RADIORESISTENCIA DE ALGUNAS BACTERIAS PATOGENAS
 ESPORULADAS.

BACTERIA	PRODUCTO	VALOR D ₁₀ (KGY)	REF.
Salmonella Anatum	carne picada refrigerada	0.35	Tanasugaran, 1968.
Salmonella Anatum	carne caballo congelada	1.0	Ley, 1968
Salmonella Choleraesuis	carne cerdo picada refrigerada	0.69	Szczawinski, 1983.
Salmonella Derby	carne picada refrigerada	0.31	Tanasugaran, 1968.
Salmonella Dublin	carne cerdo picada	0.77	Szczawinski, 1973.
Salmonella Gallinarium	carne cerdo picada refrigerada	0.42	Szczawinski, 1973.
Salmonella Good	carne caballo pica- da congelada	0.7	Ley, 1968.
Salmonella Manchester	carne picada enfriada	0.35	Tanasugaran, 1968.
Salmonella Maleagris	carne picada enfriada	0.38	Tanasugarn, 1968.
Salmonella Maleagris	carne caballo congelada	0.9	Ley Et. Al., 1963.
Salmonella Minnesota	carne caballo congelada	0.6	Ley, 1968.
Salmonella Niloese	pollo enfriado	0.55-0.68	Kramontong & Fouly, 1980.
Salmonella Niloese	pollo congelado	1.25	Kramontong & Fouly 1980.
Salmonella Typhirium	pollo, aire CO ₂ N ₂	0.502 0.540 0.622	H. Patterson, 1988.
BACTERIA	PRODUCTO	VALOR D ₁₀ (KGY)	REF.
Salmonella	carne cerdo	0.57	Szczawinski,

Typhirium 266/78			1983.
Salmonella Typhirium 77	carne cerdo picada	0.78	Szczawinski 1983.
Salmonella Typhirium LT ₂	pollo refrigerado	0.660	CNEA, , Kairiyama, 1987.
Salmonella Typhirium	filete americano con mayonesa	0.71	Kampelmacher, 1983.
Salmonella Typhirium	carne caballo congelada	1.0-1.3	Kampelmacher, 1983
Campylobacter Fetus subesp. Jejuni	filete americano	0.08-0.16	Kampelmacher, 1983.
Campylobacter Jejuni	carne picada pavo	0.20	Lambert, Macky, 1984
Listeria Monocytogenes spp.	buffer fosfato carne de pollo	0.39-0.49 0.49-0.55	M. Patterson 1988.

FUENTE : KAIRIYAMA 1989.

TABLA XXI

MATERIALES DE EMPAQUE APROBADOS POR F.D.A.
 PARA USARSE EN ALIMENTOS QUE SON EXPUESTOS
 A LA RADIACION IONIZANTE

MATERIAL DE EMPAQUE	DOSIS MAXIMA (KGY)
CELOFAN TRATADO CON NITROCELULOSA	10
PELICULA DE COPOLIMERO DE CLORURO DE VINILO Y CLORURO DE VINILIDENO	10
COPOLIMERO SE CLORURO DE VINILIDE NO RECUBIERTO CON CELOFAN	10
COPOLIMERO DE VINIL ACETATO DE CLORURO DE VINILO CON O SIN ADITIVOS	60
PELICULAS DE GOMAS HIDROCLORADAS	10
COPOLIMERO ALQUENO -ETILENO	10
PELICULA POLIETILENICA	10
PELICULA DE NYLON 6	10
PELICULA DE POLIESTIRENO	10
PELICULA TEREFTALATO DE POLIETINENO	10

FUENTE: CODE OF FEDERAL REGULATION 21 PART 170 TO 199
 F.D.A. (1987).

TABLA XXII

DOSIS LIMITE DE IRRADIACION PARA ALIMENTOS
DE ORIGEN ANIMAL (UMBRAL ORGANOLEPTICO)

ALIMENTO	DOSIS LIMITE (KGY)
PUERCO	1.5
CARNE DE VACUNO	2.5
POLLO	2.5
PAVO	1.5
OVEJA	6.25

FUENTE : SUDARMADJI AND URBAIN 1972.

TABLA XXIII

DOSIS RECOMEDADAS POR EL GRUPO CONSULTIVO INTERNACIONAL
SOBRE IRRADIACION DE ALIMENTOS Y POR F.D.A. PARA LOS
PRODUCTOS ALIMENTICIOS DE ORIGEN ANIMAL.

PROCESO	ALIMENTO	DOSIS (KGY)
RADURIZACION	POLLO Y CARNES ROJAS	1 - 2.5
RADICIDACION	POLLO Y CARNES ROJAS	3.0
DESPARASITACION		
DE TRIQUINA	CARNE DE PUERCO	0.3
RADAPPERTIZACION	CARNICOS	50.0

FUENTE : GCHIA 1988; F.D.A. 1987,1990.

TABLA XXIV

COSTOS DE IRRADIACION

ALIMENTO Y PRODUCCION EN LA PLANTA (MILLON DE LIBRAS)	DOSIS (KGY)	COSTO UNITARIO (C/LB)
POLLO		
52	2.5	1.6
104	2.5	1.3
208	2.5	1.0
416	2.5	0.9
CARNE DE PUERCO		
66.5	0.7	0.7
133	0.7	0.4
26	0.7	0.3
532	0.7	0.9

FUENTE: CURTIN 1989.

TABLA XXV
 COSTOS COMPARATIVOS DE POLLO IRRADIADO EN IRRADIADO
 EN IRRADIADORES DE COBALTO - 60 Y ACELERADORES

ALIMENTO/PRODUCCION	Co-60	ACELERADOR
POLLO	C/LB	C/LB
52	1.3	1.2
104	1.1	0.7
208	0.89	0.53
416	0.86	0.51

FUENTE : CURTIN 1989.

TABLA XXVI

COMPARACION DE BENEFICIO ACTUAL CONTRA COSTO

PRODUCTO	BENEFICIO	COSTO DEL PROCESO	C/B	BENEFICIO NETO
MILLONES DE DOLARES				
PUERCO	180 - 280	80	2.3-3.5	106-200
POLLO	341 - 653	155	2.2-4.2	186-498

FUENTE: CURTIN 1989.

TABLA XXVII

EFFECTO DE LA IRRADIACION SOBRE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA
DEL POLLO CONGELADO

ORGANISMO	LOG UFC / G				
	REFRIGERACION °C	RADIACION DOSIS (KGY)			
		1	2	3	4
BACT. MESOFILICAS	6.8	5.8	4.6	4.1	3.5
BACT. PSICROFILICAS	5.8	5.7	4.0	<1.8	<1.8
ENTEROBACTERIAS	5.5	2.8	1.0	0.4	0.4
LACTOBACILLUS	6.0	4.1	4.2	3.1	2.8
SRTREPTOCOCO LANCIFIELD	5.1	3.7	3.9	3.2	<2.0
STAPHYLOCCUS AUREUS	4.6	2.2	<0.5	<0.5	<0.5

FUENTE PRACHASITTHISAKDI ET AL 1985.

TABLA XXVIII

ENERGIA UTILIZADA (K JOULES /KG) ASOCIADA CON
DIFERENTES METODOS DE PROCESAMIENTO EN POLLO

PRODUCTO	ENERGIA KJ / KG
POLLO CRUDO CORTADO Y REFRIGERADO (-5°C)	17,760
POLLO CRUDO CORTADO REFR.Y RADURIZADO	17,860
POLLO CRUDO CORTADO CONGELADO	46,600
ROLLO DE POLLO COCIDO CONGELADO	27,550
CARNE DE POLLO ENLATADA (COCIDO CON CALOR)	20,180
ROLLO DE POLLO COCIDO Y RADAPPERTIZADO	14,460
SERVICIO INDIVIDUAL DE POLLO COCIDO Y RADAPPERTIZADO	15,460

FUENTE: A. BRYNJOLFSON 1978.

TABLA XXIX

COSTO BENEFICIO DE MEDIDAS DE CONTROL PARA EVITAR LAS
ENFERMEDADES QUE SE TRANSMITEN A TRAVES DE LOS ALIMENTOS

MEDIDAS DE CONTROL	EFFECTIVIDAD %	COSTOS \$ 1,000,000	BENEFICIO E.U.A.
HUEVOS DE CRIA LIMPIOS	40	4.0	13
COMIDA LIMPIA	80	8.0	10
CRIADEROS LIMPIOS	40	8.0	9
DIOXIDO DE CLORO	50	1.5	27
PROCESAMIENTO LIMPIO	80	1.0	10
IRRADIACION	100	20.0	55
EDUCACION A AMAS DE CASA	5	0.5	8.0
EDUCACION EN RESTAURANTES	16	2.0	11.0

FUENTE : CURTIN 1989.

SALMONELLOSIS EN HUMANOS (RFA)

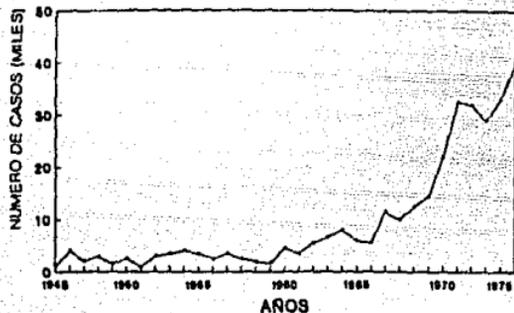


FIGURA 1

FUENTE: (Criterios Microbiolgy, 1960)

INCIDENCIA EN HUMANOS (UK)

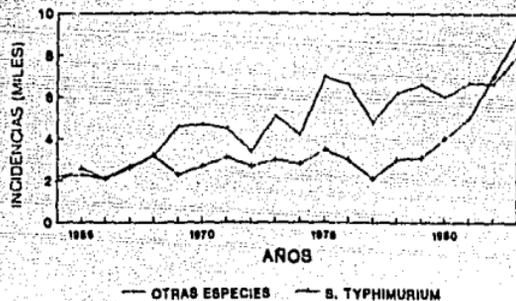


FIGURA 2

FUENTE: D.E.P. Records

CASOS REPORTADOS EN ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR LOS ALIMENTOS

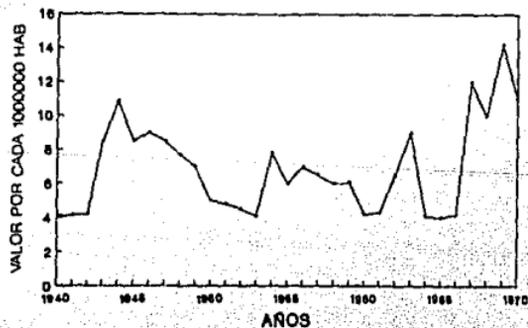


FIGURA 3

FUENTE: F.L.Bryen, Atlanta

INCIDENCIA DE SIFILIS, GONORREA Y SALMONELLOSIS EN HOLANDA (1950-1980)

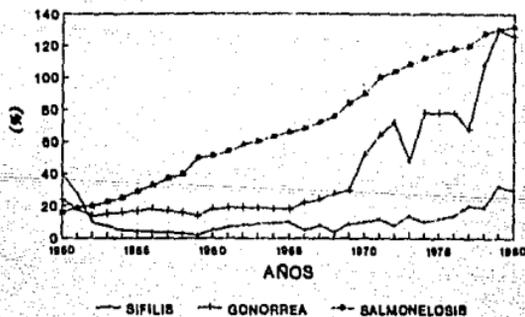


FIGURA 4

FUENTE: Criterios Microbiolgy, OMS, 1980

NUMERO TOTAL DE INCIDENCIAS DE SALMONELA EN ISRAEL

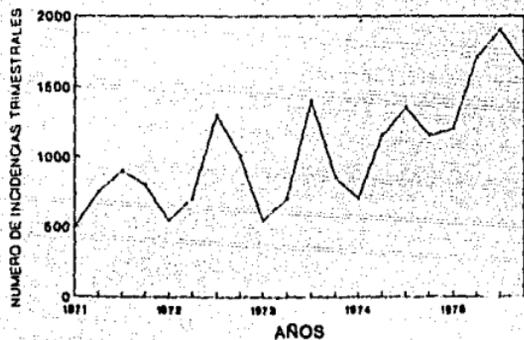


FIGURA 5

FUENTE: Dr. Ch. S. Gershtler, Jerusalem

INCIDENCIAS DE FIEBRE TIFOIDEA

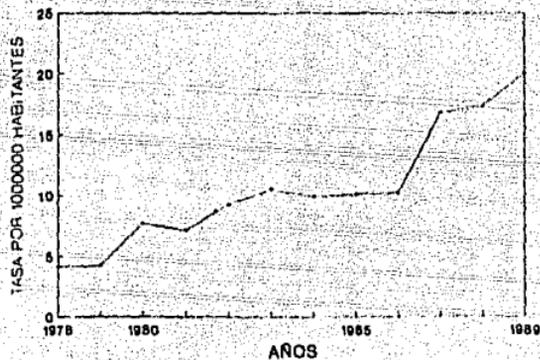


FIGURA 6

FUENTE: D.G. DE EPIDEMIOLOGIA, S.S. 1989/89

INCIDENCIA DE PARATIFOIDEA Y OTRAS SALMONELOSIS

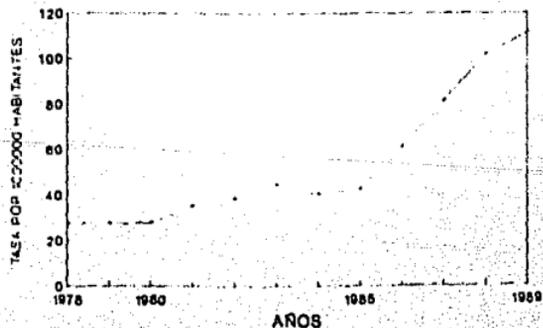


FIGURA 7

FUENTE: D.G. DE EPIDEMIOLOGIA, S.S. 1989/89

DESINTERIA BACILAR

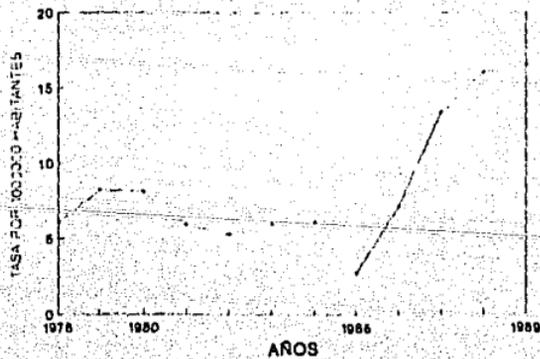


FIGURA 8

FUENTE: D.G. DE EPIDEMIOLOGIA, S.S. 1989/89

INCIDENCIA DE OTRAS ENFERMEDADES INTESTINALES Y MAL DEFINIDAS

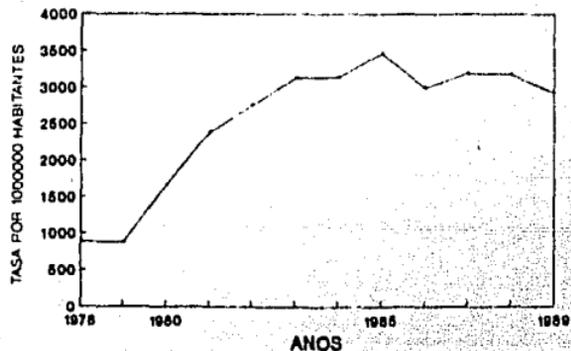


FIGURA 9

FUENTE: D.G. DE EPIDEMIOLOGIA, S.S. 1988/89

AMIBIASIS INTESTINAL

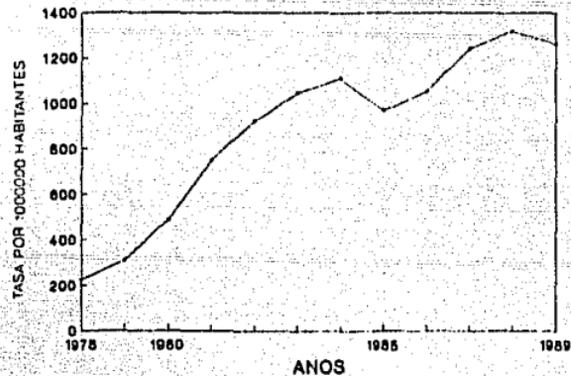


FIGURA 10

FUENTE: D.G. DE EPIDEMIOLOGIA, S.S. 1988/89

VEHICULOS DE INFECCIONES INCIDENCIA GENERAL (1981-1982)

INFECCIONES POR SALMONELA (VALORES EN %)

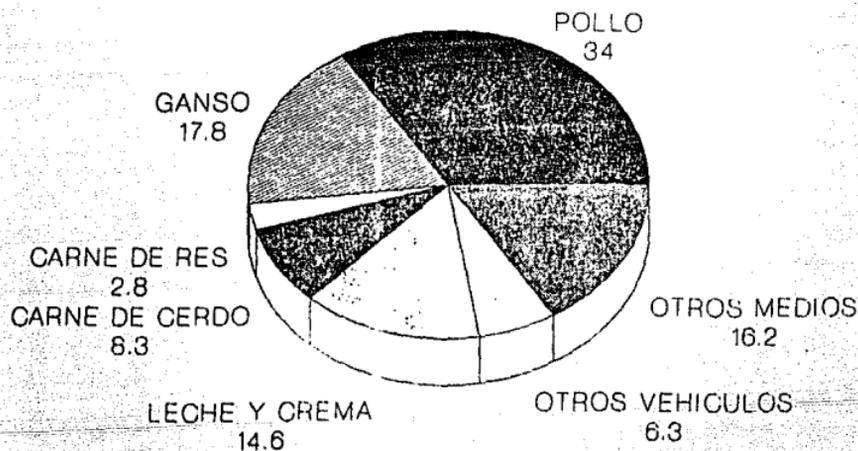


FIGURA 11

FUENTE: Reports to PHLS (253 outbreaks in England and Wales)

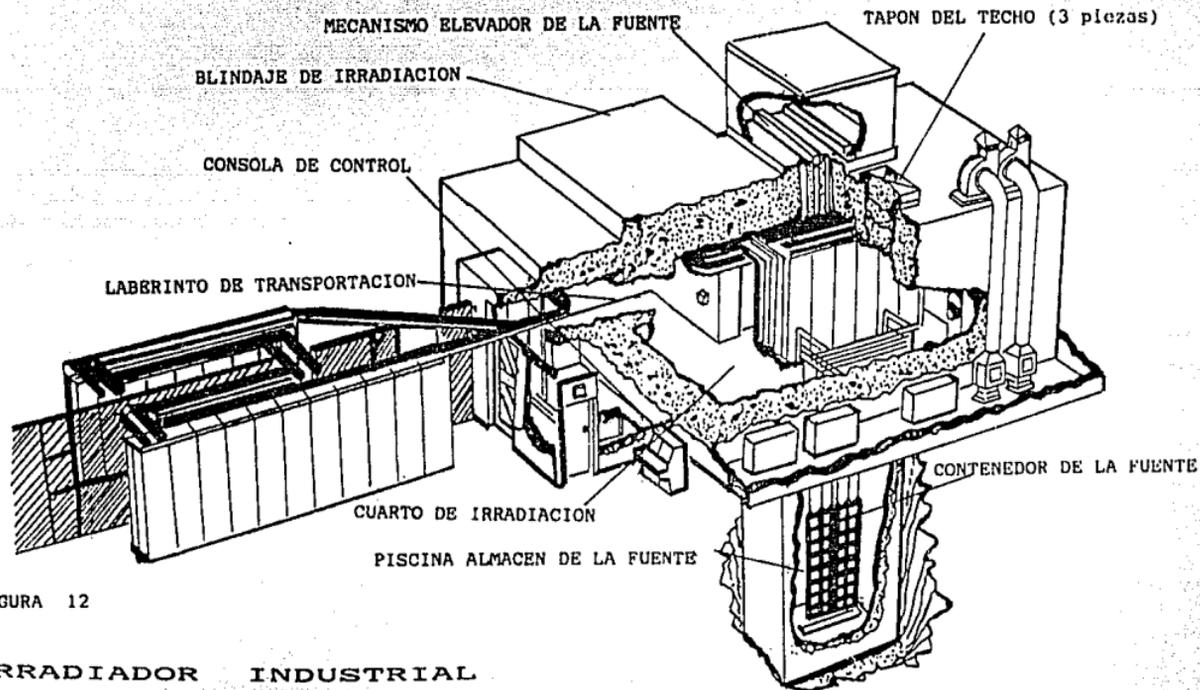


FIGURA 12

IRRADIADOR INDUSTRIAL

DE COBALTO - 60

FUENTE: AECL INDUSTRIAL IRRADIATION DIVISION.

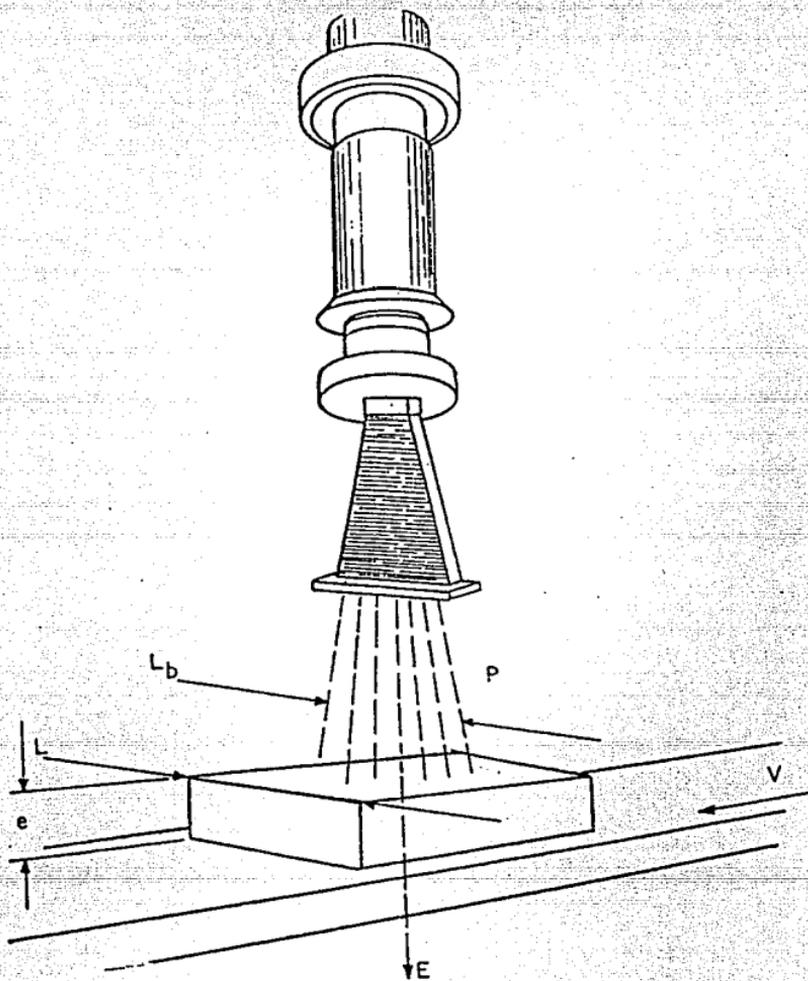


FIGURA 13 : ESQUEMA DE LA IRRADIACION DE UN PRODUCTO CON ELECTRONES

L , es la longitud del producto; L_b es la longitud del barrido; P , es la potencia del haz E , la energía de los electrones y V es la velocidad de la banda transportadora.

FUENTE : J. REYES 1987.



**FIGURA 14 : ESQUEMA DEL CORTE TRANSVERSAL DE LA FUENTE DE COBALTO - 60
FABRICADA POR ATOMIC ENERGY OF CANADA LTD,**

**El Cobalto - 60 se encuentra en cilindros dentro de
un contenedor doblemente encapsulado y con tapones de acero
inoxidable.**

FUENTE: J. REYES 1987.

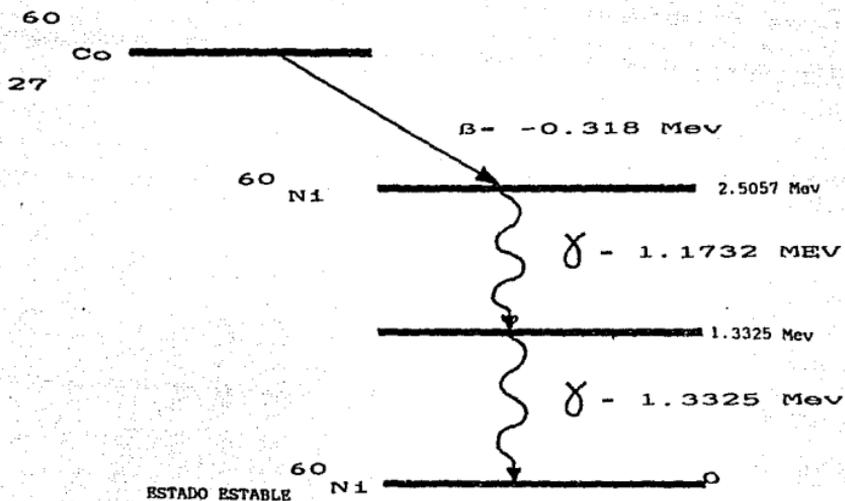


FIGURA 15 : DECAIMIENTO DE COBALTO - 60

FUENTE : BRYNJOLFSSON 1974

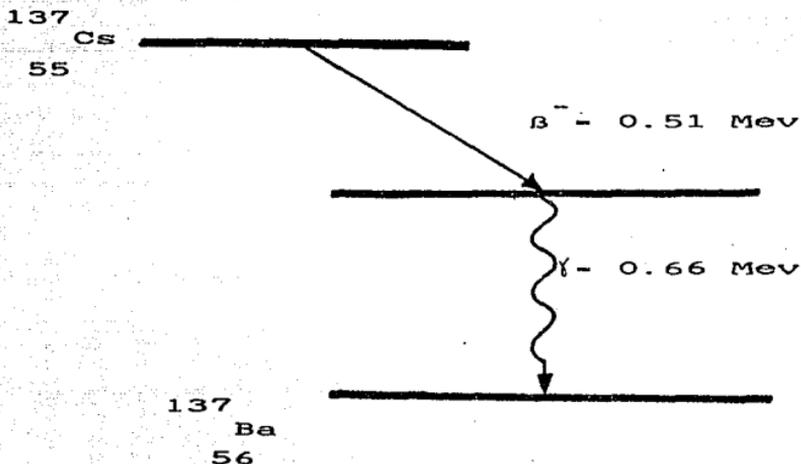


FIGURA 16 : DECAIMIENTO DEL CESIO - 137

FUENTE : FARREL AND SLOAN 1985

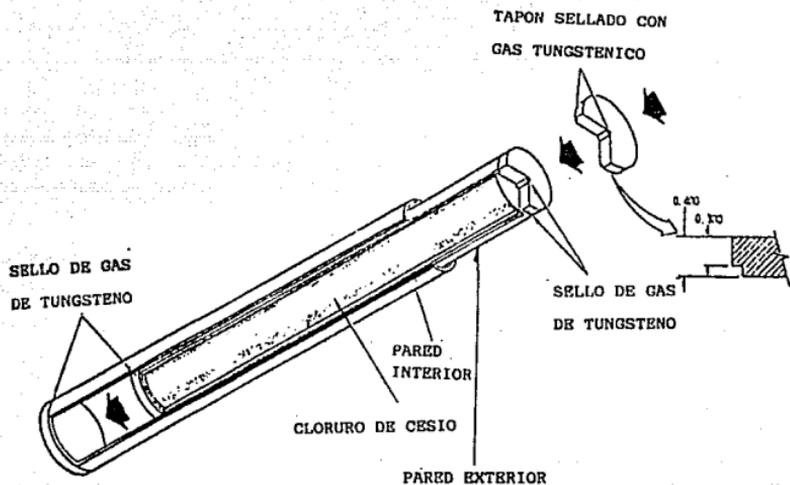


FIGURA 17 : ESQUEMA DEL CORTE TRANSVERSAL DEL CESIO - 137

TRIPLEMENTE ENCAPSULADO

FUENTE: FERRELL AND SLOAN 1985

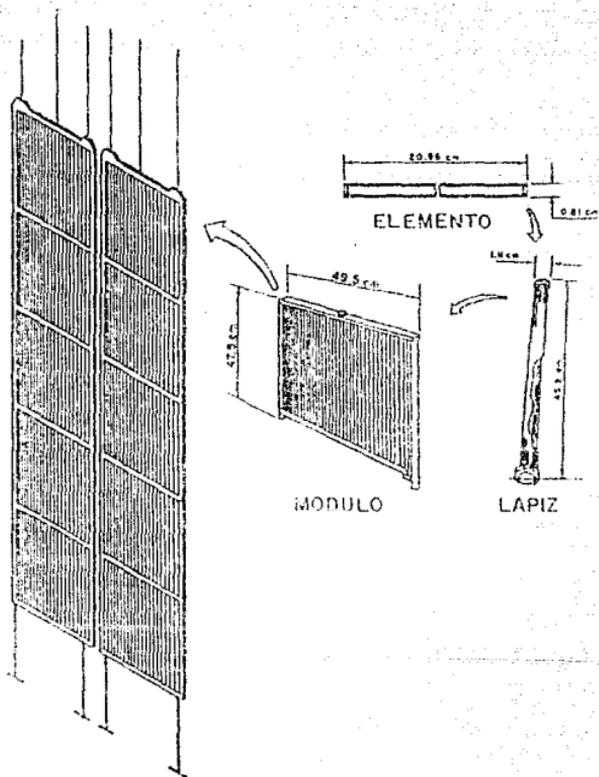


FIGURA 18 : ESQUEMA DE UNA FUENTE DE COBALTO - 60

TIPO LAPIZ, MOSTRANDO SU ARREGLO, HASTA COMPLETAR
EL BASTIDOR DEL IRRADIADOR.

FUENTE: PIÑA 1990.

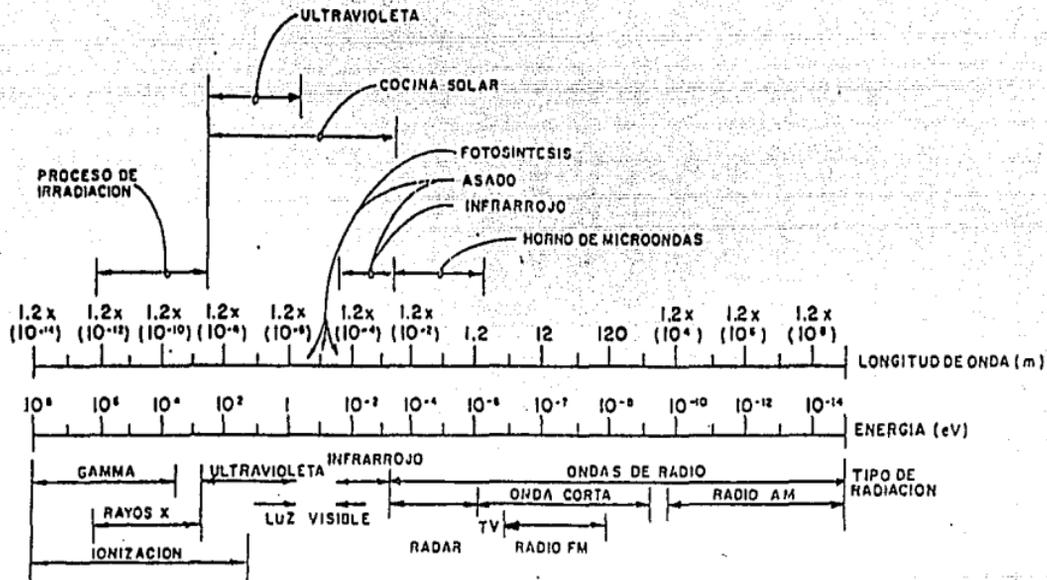


FIGURA 19 : ESPECTRO DE ENERGIA ELECTROMAGNETICA Y DIFERENTES TIPOS DE RADIACION Y SUS APLICACIONES MAS COMUNES
FUENTE: J. REYES 1987

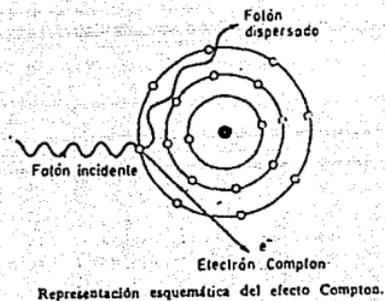
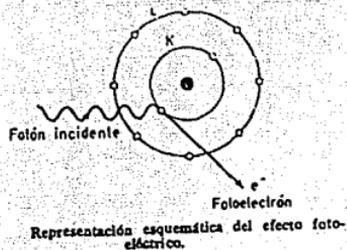
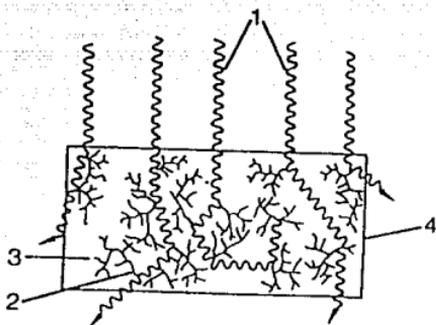


FIGURA 20: REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LA INTERACCION DE LA RADIACION ELECTROMAGNETICA CON LA MATERIA EFECTO FOTOELECTRICO, EFECTO COMPTON Y PRODUCCION DE PARES.



1. GAMMAS O RAYOS FOTONES X
2. ELECTRONES COMPTON
3. ELECTRONES SECUNDARIOS
4. MEDIO IRRADIADO

FIGURA 21 : INTERACCION DE LA RADIACION ELECTROMAGNETICA
 CON LA MATERIA

FUENTE: DIEHL 1990

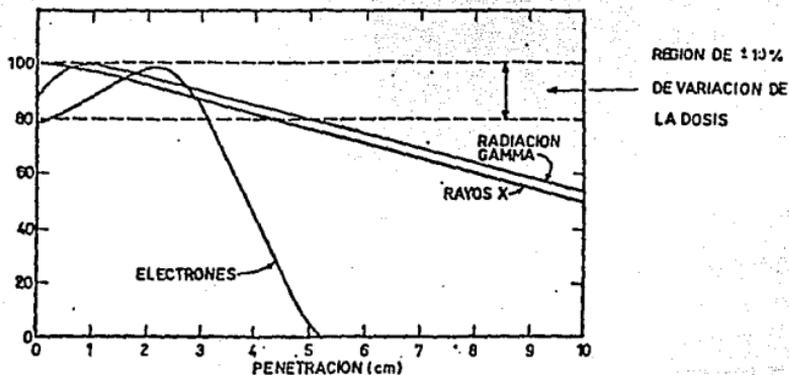


FIGURA 22 : CURVAS DE PENETRACION EN AGUA DE LA RADIACION GAMMA DE COBALTO - 60, DE ELECTRONES DE 10 Mev Y DE RAYOS X DE 5 Mev DE ENERGIA EN FUNCION DE LA DISTRIBUCION DE DOSIS.

FUENTE: OIEA 1982

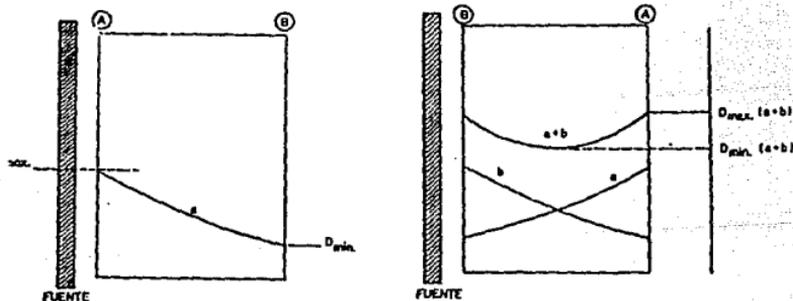
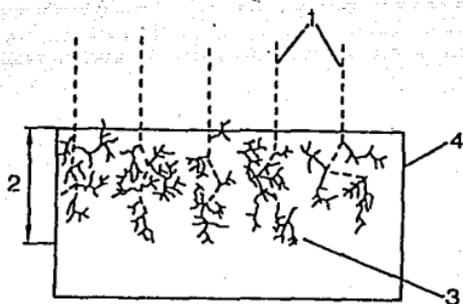


FIGURA 23 : DISTRIBUCION DE DOSIS EN UN PRODUCTO EMPACADO IRRADIADO CON RADIACION GAMMA DEL COBALTO - 60 POR UN LADO Y POR AMBOS LADOS. D_{max} y D_{min} . DOSIS MAXIMA Y DOSIS MINIMA RESPECTIVAMENTE.

FUENTE : OIEA 1982



1. HAZ DE ELECTRONES (ELECTRONES PRIMARIOS)
2. PROFUNDIDAD DE LA PENETRACION
3. ELECTRONES SECUNDARIOS
4. MEDIO IRRADIADO

FIGURA 24 : INTERACCION DE LA RADIACION DE ELECTRONES CON LA MATERIA.

FUENTE: DIEHL 1990.

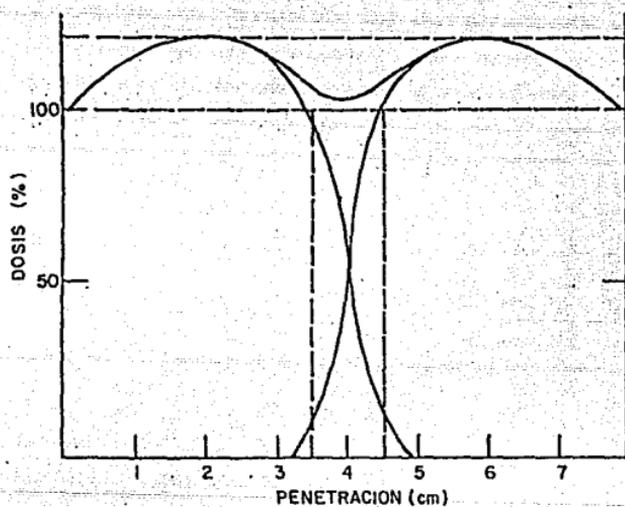


FIGURA 25: DISTRIBUCION DE DOSIS DE UN PRODUCTO DE DENSIDAD UNITARIA, IRRADIADO CON ELECTRONES DE 10 Mev.

FUENTE: OIEA 1982

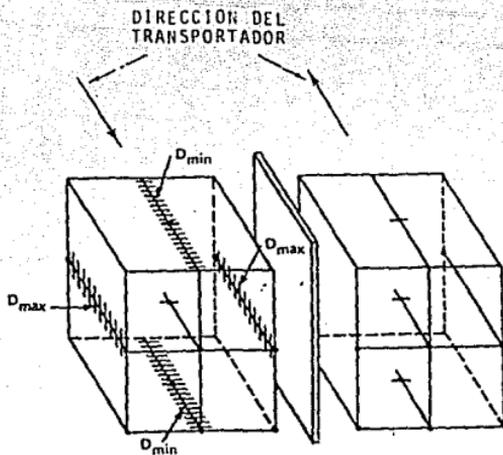


FIGURA 26: REGIONES DE $D_{m\acute{a}x}$ y $D_{m\acute{i}n}$ (indicadas por flechas)
EN UN CONTENEDOR RECTANGULAR QUE PASA FRENTE A UNA
FUENTE DE COBALTO - 60.

FUENTE: OIEA 1977

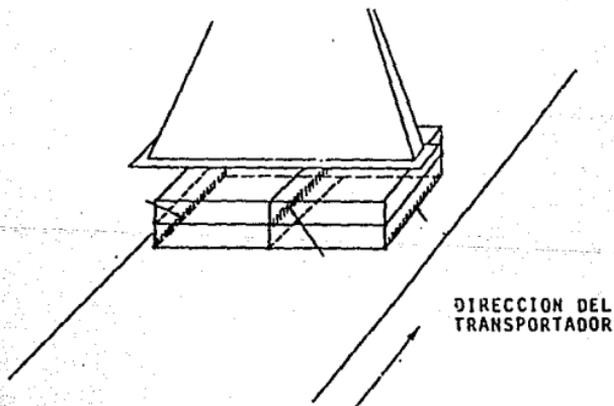


FIGURA 27: REGIONES DE $D_{m\acute{a}x}$ y $D_{m\acute{i}n}$ (indicadas por las flechas)
EN UN CONTENEDOR RECTANGULAR QUE PASA FRENTE A UNA
MAQUINA DE ELECTRONES.

FUENTE OIEA 1977

INFLUENCIA DEL OXIGENO EN UN SISTEMA ACUOSO IRRADIADO

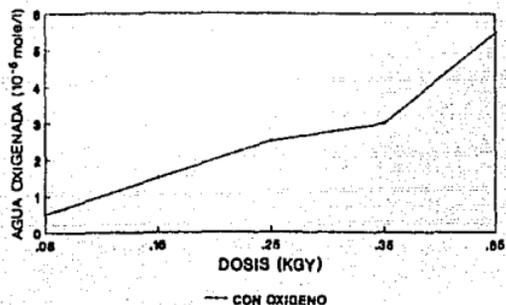


FIGURA 28.A

FUENTE: DIEHL, 1990

INFLUENCIA DEL OXIGENO EN UN SISTEMA ACUOSO IRRADIADO

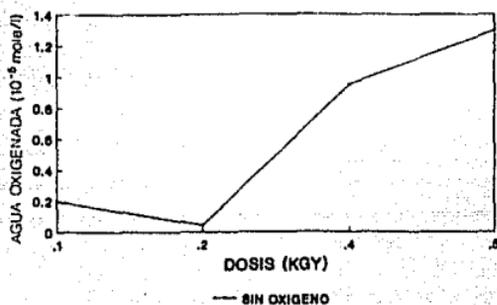


FIGURA 28.B

FUENTE: DIEHL, 1990

EFEECTO DE LA RADIACION EN SOL. DE AC. ASCORBICO Y AC. OXALICO EN MEDIOS NO CONGELADOS Y CONGELADOS

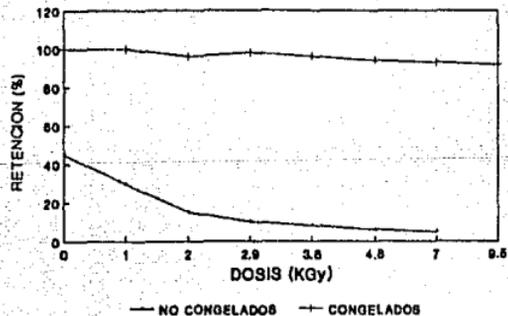


FIGURA 29

FUENTE: PROCTOR 1961, DIEHL, 1990

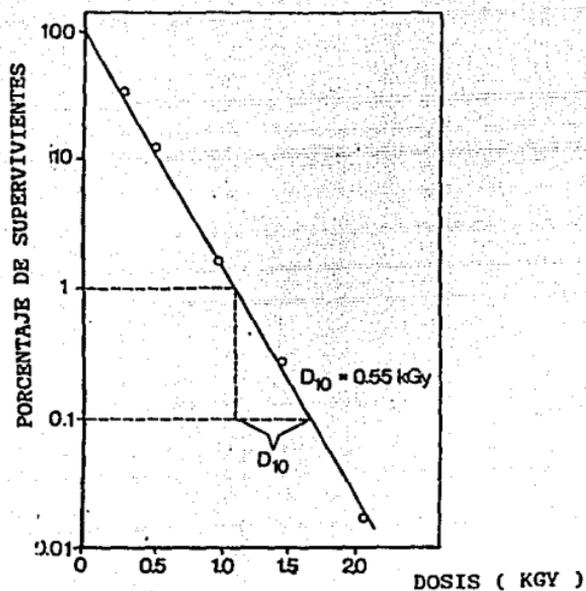


FIGURA 30: EFECTO DE LA IRRADIACION EN CEPAS DE SALMONELLA
 TYPHIMURIUM EN BISTEC DE VACA.
 FUENTE: DIEHL 1990

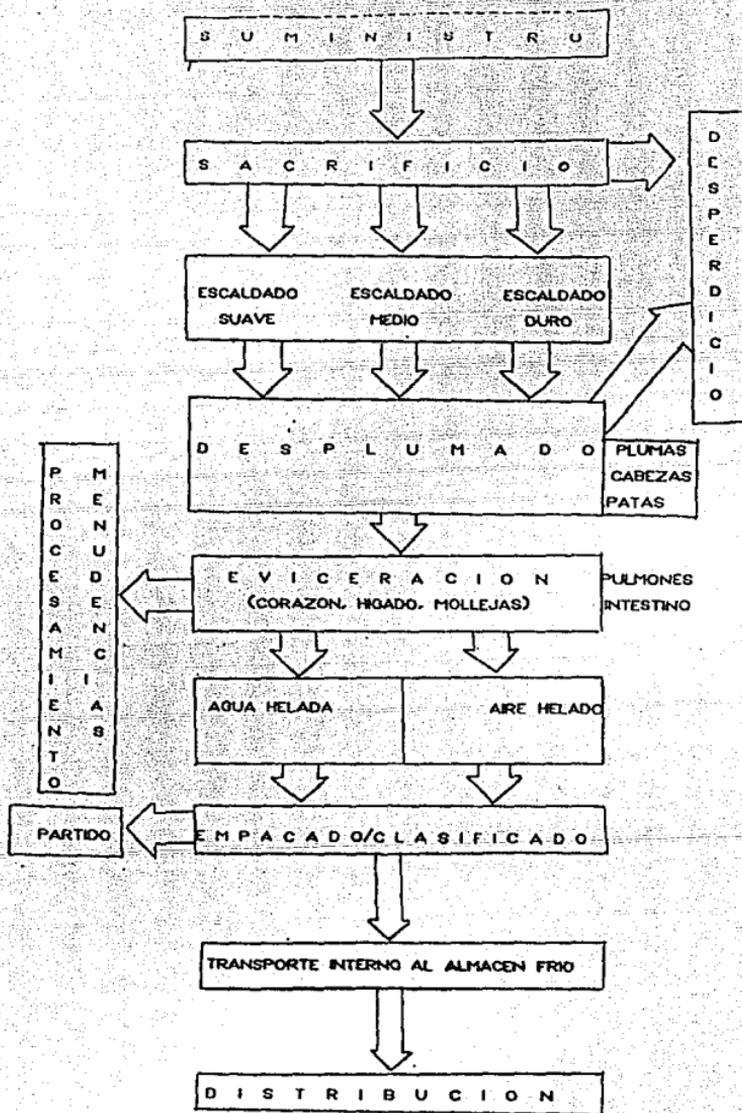


FIGURA 31: PROCESAMIENTO INDUSTRIAL DE POLLO

FUENTE MULDER 1987.

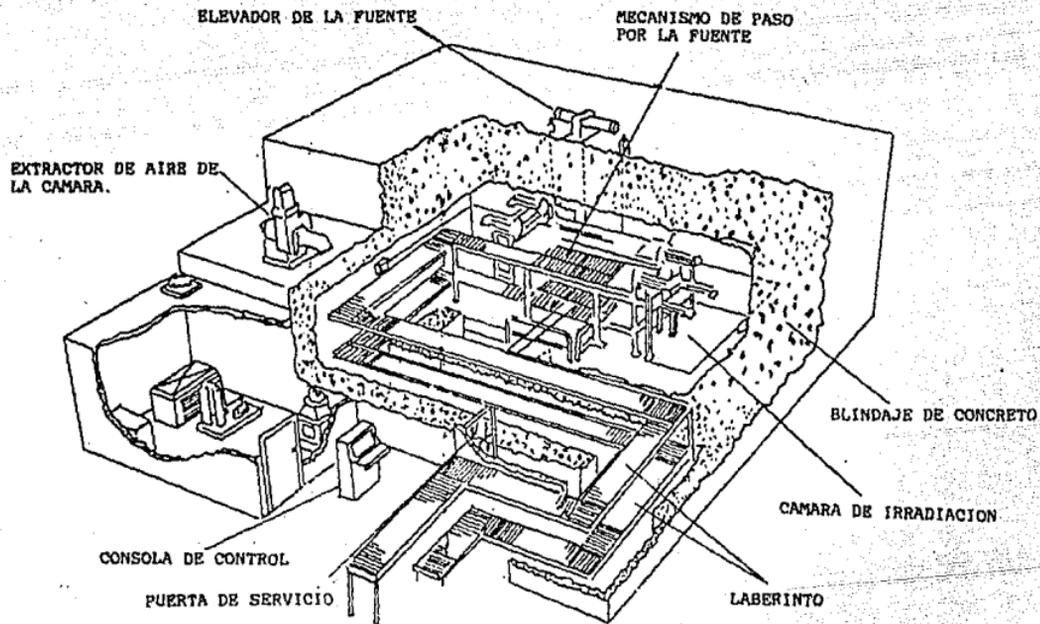
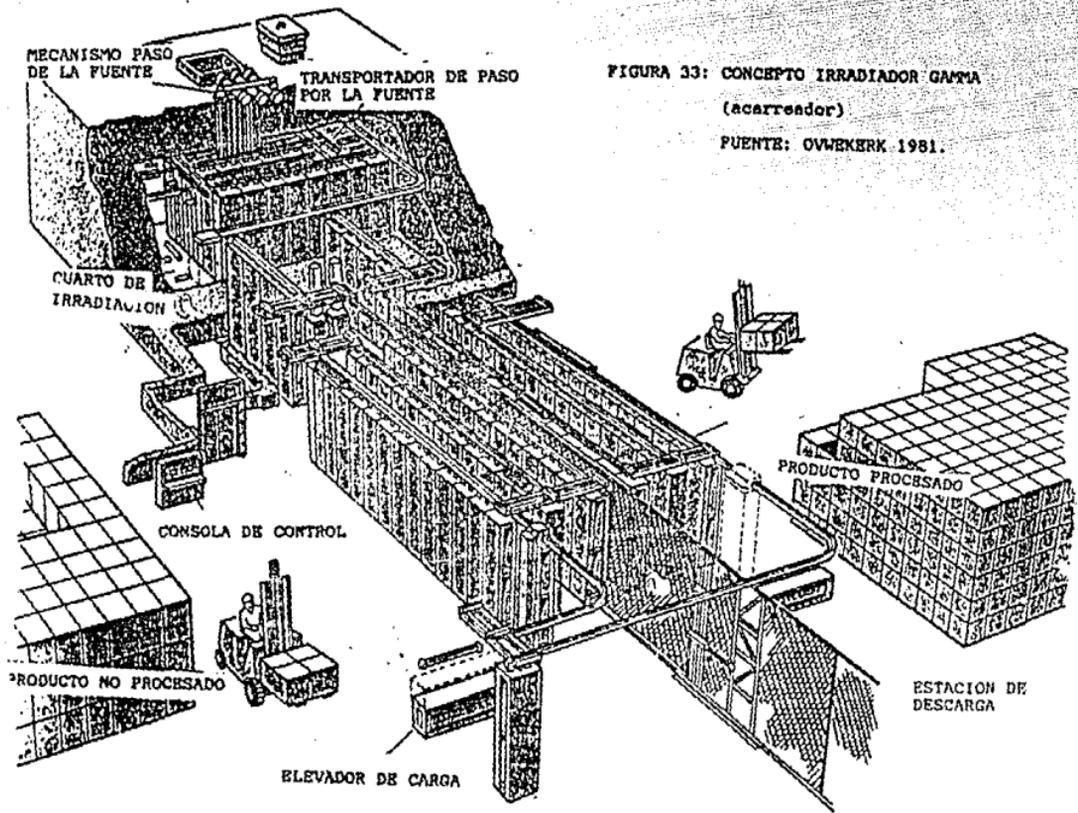


FIGURA 32: CONCEPTO DE IRRADIADOR GAMMA (contenedores de aluminio)

FUENTE: OUVPRKPK 1981



MECANISMO PASO DE LA FUENTE

TRANSPORTADOR DE PASO POR LA FUENTE

CUARTO DE IRRADIACION

CONSOLA DE CONTROL

PRODUCTO NO PROCESADO

ELEVADOR DE CARGA

PRODUCTO PROCESADO

ESTACION DE DESCARGA

FIGURA 33: CONCEPTO IRRADIADOR GAMMA (acarreador)

FUENTE: OVWEKERK 1981.

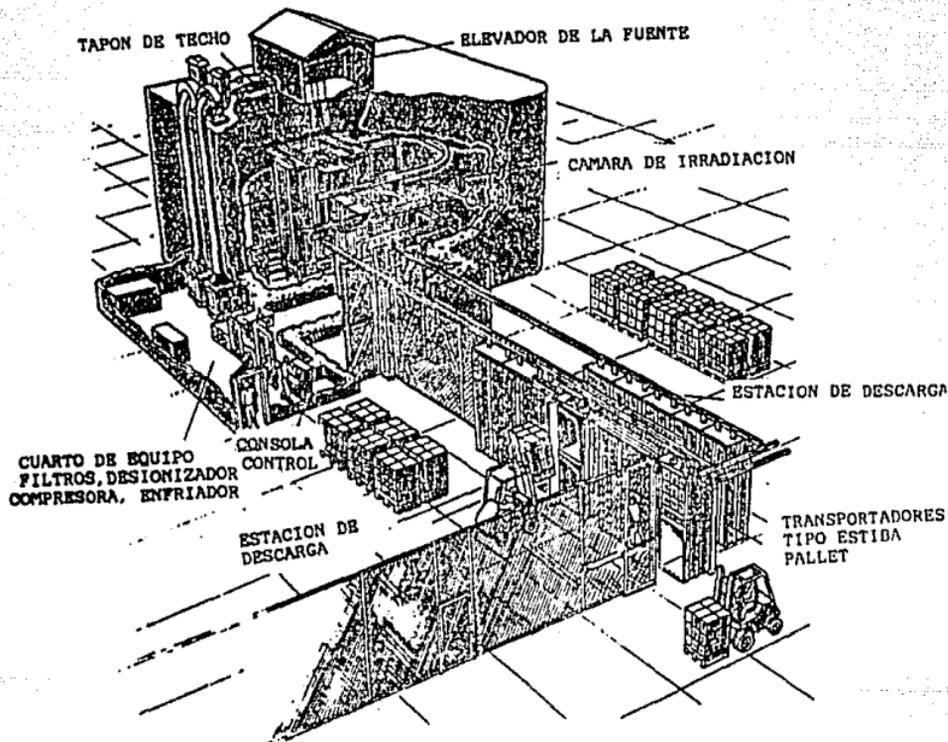


FIGURA 34: CONCEPTO IRRADIADOR GAMMA
(tipo estiba)
FUENTE OVWERKERK 1981.

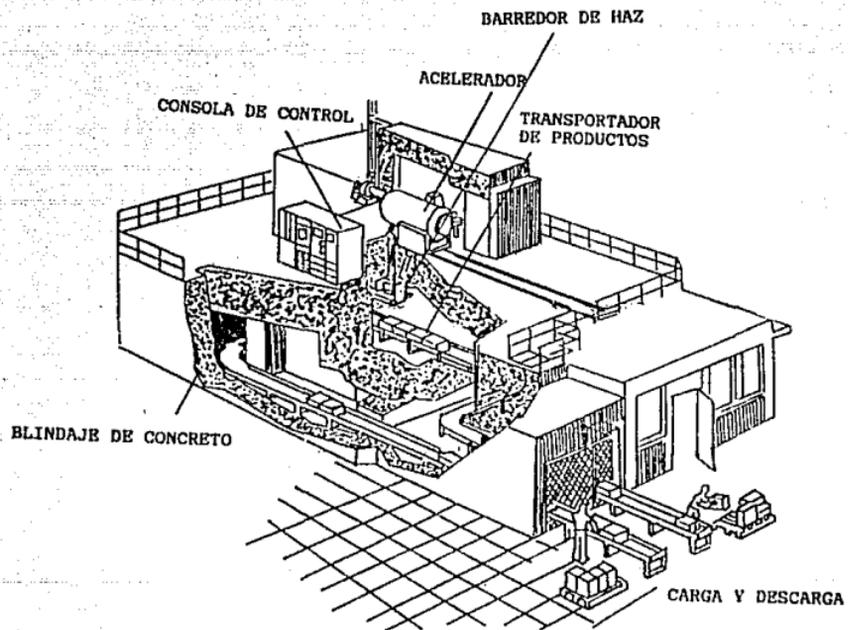


FIGURA 35: ESQUEMA DE UN IRRADIADOR CON ACELERADOR DE ELECTRONES FUENTE: Gallien 1983.

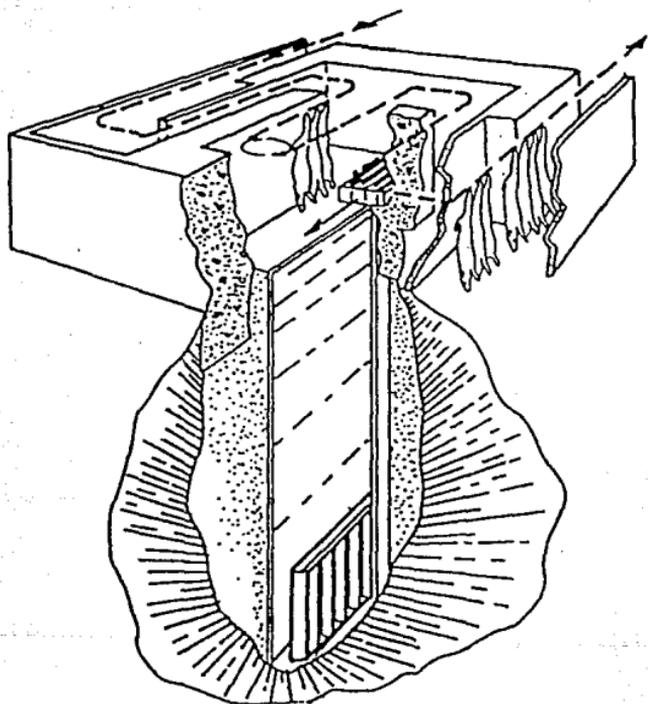


FIGURA 36 : CONCEPTO DE UN IRRADIADOR PARA TRATAR
CARNE DE PUERCO EN CANAL.

FUENTE : FARREL AND SLOAN 1985

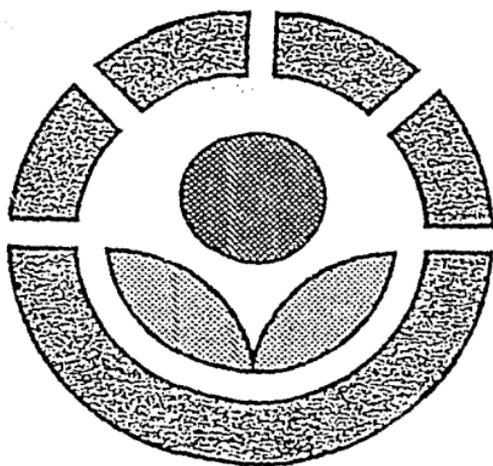


FIGURA37: SIMBOLO UNIVERSAL DE IRRADIACION DE ALIMENTOS.

FUENTE: GCIIA 1988.