

168
2el.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ASPECTOS GENERALES DE LOS ALIMENTOS
IRRADIADOS Y EL POLIETILENO COMO
ENVASE DE ESTOS

TRABAJO ESCRITO-VIA
EDUCACION CONTINUA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :

GUILLERMO AGUSTIN VILLALBA HERNANDEZ



MEXICO, D. F.

1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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.

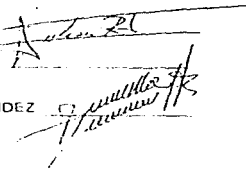
JURADO ASIGNADO:

Presidente	Prof.: CABRERA MOSQUEDA LUIS
Vocal	Prof.: HIDALGO TORRES MIGUEL ÁNGEL
Secretario	Prof.: RODRÍGUEZ TARANGO JOSÉ ANTONIO
1er. suplente	Prof.: MACOUZET GARCIA MARTIN
2do. suplente	Prof.: BAEZ GARCIA CARLOS

INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES U.N.A.M.

ASESOR: ING. JOSÉ ANTONIO RODRÍGUEZ TARANGO

SUSTENTANTE: GUILLERMO AGUSTIN VILLALBA HERNANDEZ



Handwritten signatures and dates. The top signature is dated 'Jul 21'. The bottom signature is dated '11 de Julio'.

A MIS PADRES:

José y Teresa, que me han enseñado el valor de la vida, los agradezco eternamente por el legado que me han brindado, ya que gracias a su esfuerzo, apoyo y amor he podido librar cada uno de los obstáculos que he tenido que vivir para lograr llegar a la meta.

Gracias por creer en mí ya que jamás dudaron que lo lograría, y hoy quiero decirles que quiero dar gracias con todo mi corazón a Dios por darme unos padres como ustedes.

A partir de hoy, soy una persona diferente gracias a ustedes, por lo cual, los dedico este trabajo que lleva mucho de mí y con esto quiero regresarles aunque sea un granito de arena, lo mucho que me han ayudado.

Con respeto y cariño.

A MIS HERMANOS:

Ricardo, Socorro, Tomás, Caci, Pedro, Paco, Gabriel, Lupita, Dulce, Toño, Luis, Lourdes, Jorga, Miguel, Jero y José Luis, Alex y Jorga, gracias por el apoyo y ánimo que me han dado en todo momento.

Por los consejos y alientos que me brindaron en todo momento no olvidando que somos hermanos y que formamos una gran familia como es la Villalba.

Gracias a cada uno de ustedes por el gran cariño que me tienen, aunque a veces se que no me soportan, pero también se que me entienden.

A MIS SOBRINOS

A todos mis sobrinos, en especial a Te Carolina (BB) por ser como una hermana, gracias por todo el apoyo y soportar mis locuras.

También a ustedes (Toto, Gaby y Batty) por todo el tiempo que aguantan mis tonterías y engaños.

Y sin olvidar al príncipe y las tres reinas de la casa: Miguelito, Dulcita, Karen y Ximena, con mucho cariño.

A mis Queridas cuidadas Elvira, Vero y Lupita.

A Juan Adrián:

(q.s.p.d.) Por ayudarme a elegir mi destino y motivarme a pertenecer a la facultad de química al igual que tú, se que aunque ya no estas presente, también se que desde donde estés te dará gusto saber que he terminado.

Tom tu seguridad que nunca te he olvidado y me luz motivado para realizar este trabajo.

Aunque se que ahora ya eres feliz, debes saber que me haces mucha falta como profesional que eras y lo más importante es que me haces mucha falta como hermano.

Durante el desarrollo de este trabajo, recibí apoyo y cooperación de varias personas, que sin las cuales, no hubiese sido posible finalizarlo:

A Ti Alicia Negrón, como Dra en jefe del departamento de Química de Radiaciones en el I.C.N. Por ser maestra y amiga en todo momento.

Gracias por todo el apoyo y confianza.

A amigos como Bertha (la chulis), Lupita, Pepe, Dra Cielita, Dra. Guillo, Pily, Carmen, Dr. Mario, Andrés y Rodrigo por su amistad y apoyo. Gracias por compartir su tiempo y llevarme de consejos y conocimientos.

A EDUARDO:

Por ser más que un amigo, que me has acompañado en una etapa muy importante y difícil de mi vida. Que a pesar de tu corta edad me diste consejos muy valiosos y que ahora son muy importantes en mi vida.

Agradezco infinitamente el apoyo brindado para la realización de este proyecto, tu labor en la realización de las tablas y gráficas, así como tu corrección de redacción por parte de tu papá.

Gracias por todo el tiempo brindado a mi persona, así como también en el diplomado.

Hoy he logrado mi meta y he realizado una de mis más grandes sueños. Espero que algún día no muy lejano logres tus metas y llegues a tener en tus manos tu tesis, ese día será igual de importante para mí como lo será para ti.

No hay imposibles, y solo te pido que no desistas, que luches sin cansancio que algún día será recompensado tu esfuerzo, y que, espero tener la oportunidad de verte.

Agradezco:

A los profesores: Luis Cabrera, Miguel A. Hidalgo.

A José A. Rodríguez (Toño) por aceptar ser asesor de este proyecto además como profesor del diplomado y ahora amigo, a sus ayudantes Mario y Betty por el apoyo y amistad mostrada.

A mis compañeros de la generación 85, que me brindaron momentos inolvidables y que forman una parte importante de mi vida y como estudiante.

Finalmente toda mi gratitud a la Universidad Nacional Autónoma de México en especial a la facultad de Química, a la cual me siento orgulloso de pertenecer.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN:	6
CAPÍTULO I:	9
1.1. RADIACIÓN IONIZANTE:	9
1.1.1 ESQUEMA DEL ESPECTRO DE ENERGÍA ELECTROMAGNÉTICA Y DIFERENTES TIPOS DE RADIACIÓN Y SUS APLICACIONES MÁS COMUNES:	10
1.2. INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN GAMMA CON LA MATERIA:	11
EFECTO COMPTON.....	11
EFECTO FOTOELÉCTRICO.....	13
PRODUCCIÓN DE PARES.....	13
1.3. INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN GAMMA CON EL AGUA:	15
1.4 FUENTE RADIACTIVA:	16
1.5 EQUIPO O INSTRUMENTACIÓN PARA ANÁLISIS:	21
1.6 LA TECNOLOGÍA DEL PROCESO DE IRRADIACIÓN:	21
FUENTE DE RADIACIÓN.....	21
CONTROL DE LA DOSIS DE RADIACIÓN DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DE UNA.....	22
INSTALACIONES DE IRRADIACIÓN.....	22
DOSÍMETRO.....	22
ETIQUETAS DE FUENTES DE RADIACIONES.....	23
CAPÍTULO II:	24
2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE EMPAQUE:	24
FUNCIÓN PROTECTORA.....	24
ESTABILIDAD.....	24
RESISTENCIA FÍSICA.....	24
MAQUINABILIDAD.....	24
COMODIDAD.....	25
FACTOR ECONOMICO.....	25
HIGIENE.....	25
COMERCIALIZACIÓN.....	25
ASPECTO SOCIAL.....	25
2.2 LOS PLÁSTICOS MÁS COMUNEMENTE UTILIZADOS PARA ALIMENTOS:	27
a) BARRERAS DE OXÍGENO.....	27
b) RESISTENCIA AL ROMPIMIENTO.....	28
c) ELIMINACIÓN DE BORDES AFILADOS.....	28
d) SELLABILIDAD.....	28
e) FLEXIBILIDAD EN SU FABRICACIÓN.....	28
f) DURABILIDAD AMBIENTAL.....	29
g) IMPERMEABILIDAD AL O ₂ Y AL VAPORES DE AGUA.....	29
h) CONTROL DE EMPAQUE AMBIENTAL.....	29
i) PROTECCIÓN AL OÍDIO.....	29
j) CONTROL A LA LUZ Y APARIENCIA DEL EMPAQUE.....	29

K) RECEPTIVIDAD DE IMPRESIÓN	29
L) RECEPTIVIDAD SOBRE BANOS METÁLICOS	30
M) COMPONENTES INHERENTES AL SABOR	30
N) RESISTENCIA AL DESGARRE Y LAS PERFORACIONES	30
2.3 CARACTERÍSTICAS DE BARRERA	30
2.4 INTERACCIÓN ENTRE LOS ENVASES PLÁSTICOS Y LOS ALIMENTOS	31
2.5 SELECCIÓN DEL MATERIAL DE EMPAQUE PARA UN ALIMENTO POR IRRADIAR	32
2.6 ASPECTOS LEGALES EN EL DISEÑO DE EMPAQUES	34
REGULACIONES MEXICANAS	34
LEY DE INVENSIONES Y MARCAS	40
LEGISLACIÓN FORANEAS FDA	41
CAPÍTULO III	43
3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES	43
3.2 PROPIEDADES FÍSICAS DEL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	45
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	45
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (CTMUA Y B)	46
3.3 ESTRUCTURA DEL POLIETILENO	48
3.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE OBTENCIÓN DE PEAD Y PEAD	48
OBTENCIÓN DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	51
OBTENCIÓN DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD	52
3.5 APLICACIONES DEL PEAD Y PEAD EN EL MERCADO	53
3.6 CAMBIOS FÍSICOS PRODUCIDOS POR LA RADIACIÓN	56
A) CAMBIOS EN CRYSTALLINITY	56
B) DENSIDAD DE RADIACIÓN	56
C) ESPESOR DE RADIACIÓN	56
D) VOLÚMEN ESPECÍFICO Y TEMPERATURA DE FUSIÓN CRISTALINA	56
E) COMPOSICIÓN DE FUSIÓN	56
3.7 CAMBIOS QUÍMICOS PRODUCIDOS POR LA RADIACIÓN	57
3.8 ETCILO DE LA RADIACIÓN SOBRE LOS MATERIALES POLIMÉRICOS	57
3.9 MECANISMO DE LA ACCIÓN DE LA RADIACIÓN IONIZANTE SOBRE LOS POLÍMEROS	59
3.10 ACCIÓN DE LOS RAYOS IONIZANTE SOBRE LA MIGRACIÓN	60
3.11 ACCIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE BARRERA (PERMEABILIDAD)	62
DE GRADACIÓN DE PARTÍCULAS POR RADIACIÓN	62
CAPÍTULO IV	63
4.1 APLICACIONES GENERALES DE LA IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS	63
PASTEURIZACIÓN POR IRRADIACIÓN	63

ESTERILIZACIÓN POR IRRADIACIÓN.....	64
VENTAJAS DEL PROCESO DE IRRADIACIÓN.....	65
OTRAS APLICACIONES DE LA IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS.....	65
4.2 APLICACIONES PRÁCTICAS DE LA IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS:.....	66
RADURIZACIÓN.....	66
RADICACIÓN.....	68
PESCADOS.....	68
MARISCOS.....	69
ESPECERIAS Y CONDIMENTOS.....	70
FRUTAS Y VEGETALES.....	71
GRANOS, LEGUMINOSAS Y OTROS PRODUCTOS.....	73
4.3 DESINFESTACIÓN DE INSECTOS EN ALIMENTOS IRRADIADOS:.....	74
4.4 DESINFESTACIÓN CON TRATAMIENTOS COMBINADOS:.....	77
4.5 EFECTOS DEL PROCESO DE IRRADIACIÓN EN EL VALOR NUTRICIONAL DE LOS ALIMENTOS:.....	77
PROTEÍNAS Y AMINOÁCIDOS.....	78
CARBOHIDRATOS.....	78
LÍPIDOS.....	79
4.6 EFECTOS DEL PROCESAMIENTO DE IRRADIACIÓN SOBRE LOS MICRONUTRIENTES DE LOS ALIMENTOS.....	80
VITAMINAS LIPOSOLUBLES.....	80
VITAMINAS HIDROSOLUBLES.....	81
4.7 COMESTIBILIDAD DE LOS ALIMENTOS IRRADIADOS:.....	81
VALOR NUTRICIONAL.....	82
ASPECTOS TOXICOLÓGICOS.....	83
ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS.....	83
CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS.....	84
4.8 CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS IRRADIADOS:.....	84
IDENTIFICACIÓN DE ALIMENTOS IRRADIADOS.....	85
TIPOS DE DOSIMETROS Y APLICACIONES.....	85
1) Dosímetros primarios.....	85
2) Dosímetros de referencia.....	86
3) Dosímetro de rutina.....	86
CALIDAD EN ALIMENTOS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO.....	86
a) Pruebas sensoriales.....	86
b) Pruebas químicas.....	86
c) Pruebas fisiológicas.....	86
4.9 COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS IRRADIADOS:.....	87
4.10 ANÁLISIS DE COSTOS DE LA IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS DESHIDRATADOS:.....	89
COMERCIALIZACIÓN DEL PROCESO DE IRRADIACIÓN.....	89
PARÁMETROS DE COSTO.....	90
PARÁMETROS DEL PROCESO.....	92
4.11 ACEPTACIÓN DE CONSUMIDORES DE ALIMENTOS IRRADIADOS:.....	94

4.12 POSICIÓN DE ASOCIACIONES DE CONSUMIDORES A NIVEL MUNDIAL:	96
4.13. POSICIÓN DE LA O.M.S. SOBRE LA TECNOLOGÍA DE IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS:	97
CAPÍTULO V	99
5.1 LEGISLACIÓN NACIONAL:	99
5.2 REGLAMENTACIÓN MEXICANA SOBRE LOS ALIMENTOS IRRADIADOS:	99
LICENCIA SANITARIA	100
REGISTRO SANITARIO	101
TARJETAS DE CONTROL SANITARIO	102
POSTURA DE LA SECRETARÍA DE SALUD FRENTE A LA IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS	102
5.3 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-033-SSA1-1993, BIENES Y SERVICIOS, IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS, DOSIS PERMITIDAS EN ALIMENTOS, MATERIAS PRIMAS Y ADITIVOS ALIMENTARIOS:	105
1 APLICACIONES Y CAMBIOS DE APLICACIÓN	105
DISPOSICIONES SANITARIAS	105
ESPECIFICACIONES SANITARIAS	106
ETIQUETADO	107
ENVASE EMPAQUE Y EMBALAJE	107
<i>atmósfera</i>	107
<i>empaques</i>	107
<i>embalajes</i>	107
TRANSPORTE	108
OBSERVANCIA DE LA NORMA	108
VIGENCIA	108
5.4 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-088-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS, CONTAMINACIÓN POR RADIONUCLEÍDOS EN ALIMENTOS DE CONSUMO MASIVO IMPORTADOS, LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES:	108
OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN	108
ESPECIFICACIONES SANITARIAS	108
MUESTREO	109
OBSERVANCIA DE LA NORMA	109
VIGENCIA	109
5.5 AUTORIZACIONES PARA IRRADIAR CIERTOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS:	110
5.6 PANORAMA INTERNACIONAL:	110
5.7 PROCEDIMIENTOS Y REQUERIMIENTOS PARA DECLARAR ALIMENTOS IRRADIADOS COMO APTOS PARA EL CONSUMO HUMANO:	112
5.8 REGULACIÓN Y CONTROL DEL PROCESO DE IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS Y DE LOS ALIMENTOS IRRADIADOS:	114
AUTORIZACIÓN PARA EL FUNCIONAMIENTO DE PLANTAS DE IRRADIACIÓN PARA EL PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS	115
CONTROL DEL PROCESO DE IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS	115
CONTROL DE LA COMERCIALIZACIÓN DE ALIMENTOS IRRADIADOS	115
5.9 NORMA GENERAL DEL CODEX PARA ALIMENTOS IRRADIADOS (NORMA UNIVERSAL): 116	

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN	116
2. REQUISITOS GENERALES DEL PROCESO	116
<i>a) Fuentes de radiación</i>	116
<i>b) Dosis absorbida</i>	116
<i>c) Instalaciones y control del proceso.</i>	117
3. HIGIENE DE LOS ALIMENTOS IRRADIADOS	117
5.10 REQUISITOS TECNOLÓGICOS:	117
1. CONDICIONES DE IRRADIACIÓN	117
2. REQUISITOS DE ENVASADO Y CALIDAD DE LOS ALIMENTOS	118
3. IRRADIACIÓN REPETIDA	118
4. ETIQUETADO	118
<i>a) Control de existencias</i>	118
<i>b) Alimentos preenvasados destinados al consumo directo</i>	119
<i>c) Alimentos a granel transportados en contenedores</i>	119
CAPÍTULO VI	120
6.1 ANEXOS:	120
PROPIEDADES DE PELÍCULAS ESTIRABLES	120
RIGIDEZ EN PELÍCULAS TÍPICAS DE POLIETILENO	120
EFECTO DE LA DENSIDAD EN LAS PROPIEDADES DE PELÍCULAS DE POLIETILENO	121
CARACTERÍSTICAS DE DESLIZAMIENTO DE PELÍCULAS DE POLIETILENO	121
CONCLUSIONES:	123
<i>a) Principales beneficios de la tecnología de irradiación de alimentos</i>	123
BIBLIOGRAFÍA:	125
GLOSARIO:	127

INTRODUCCIÓN:

La importancia que tienen los empaques usados en los alimentos, radica en la misma que se tiene en los mismos, ya que son la fuente de energía necesaria para compensar lo que el organismo gasta en sus diversas actividades. Desde el principio de la historia el hombre se ha preocupado por conservar y proteger sus alimentos, tenerlos listos para su consumo y es sabido que grandes y antiguas civilizaciones ya empleaban técnicas que aún usamos hoy en día. El fuego y el humo, el aceite, el vinagre, la fermentación, la sal, la cera y la miel eran utilizados por estos pueblos para la preservación y conservación de los alimentos.

La conservación comercial de alimentos, además de mejorar los suministros, también reduce las pérdidas debido a la descomposición de éstos.

Actualmente existen se diferentes métodos de conservación, entre los cuales tenemos:

MÉTODOS FÍSICOS:

- * Aplicación de calor: pasteurización, ultrapasteurización, esterilización
- * Aplicación de frío: refrigeración, congelación,
- * Eliminación de agua: deshidratación, liofilización,
- * Aislamiento, y
- * Aplicación de radiaciones

MÉTODOS QUÍMICOS:

- * Acidificación
- * Salado
- * Ahumado
- * Compuestos químicos como conservadores, antioxidantes
- * Métodos biológicos.

Una vez que los alimentos han sido sometidos a uno o varios de estos métodos de conservación, requieren ser aislados del medio ambiente con el fin de evitar futuras alteraciones o contaminaciones, para lo cual es muy importante el empaque que lo va a contener y proteger. Cabe mencionar que un empaque está diseñado específicamente para cada alimento, por lo tanto, la selección de éste depende de varios factores tales como costo, transporte, necesidades, técnicas de envasados, etcétera.

El material del empaque será fundamental para darnos la contención y la protección y servirá para la transportación, la atracción, y por lo tanto, el éxito de poderlo vender.

Como sabemos, hoy en día, en nuestra vida cotidiana, estamos rodeados de un material que podemos decir se encuentra en todas partes: el plástico, existen diferentes tipos de éste, en especial, este trabajo se enfocó a uno el *POLIETILENO*. Este material ha venido a sustituir a otros, Incluso de su misma naturaleza, por ofrecer mayores ventajas, por su fácil manejo y abundancia, además de ser muy económico respecto de los demás.

Nuestro enfoque principal a este plástico es el de su uso como empaque para la gran diversidad de alimentos y otros materiales; el interés puesto en este material es analizar los cambios que puede sufrir al ser sometido a radiación ionizante.

Sabemos, que este material es muy usado para contener y proteger alimentos. Pues bien, como una técnica de preservación de alimentos se encuentra la de irradiar éstos con rayos Gamma, por lo cual el material de envase estará sometido igualmente a la radiación.

Hoy ha tomado gran auge la construcción y el uso de las fuentes radiactivas; los países con un gran desarrollo tecnológico han optado por dichas fuentes, ya que con éstas pueden explotar al 100% la energía generada. México empieza a darse cuenta de lo importante que es contar con este tipo de energía, además de ser ocupada para investigación, varias industrias la utilizan para esterilizar materiales y para preservar y librar los alimentos de cualquier microorganismo que pueda afectarlos.

El polietileno, como plástico de envase o para embalaje, ha tenido un desarrollo acorde a la evolución de nuestro mundo, ya que los productos por empacar deben viajar grandes distancias y, en ocasiones, en condiciones climatológicas severas, a pesar de lo cual deben lucir frescos, atractivos y aptos para poder ser vendidos.

El hacer un envase o un empaque "X" se basa en un desarrollo tal que mantenga protegido y en buenas condiciones el alimento a empacar; pero no sólo el empaque será responsable de mantener el producto en buen estado, sino también necesitará de otras técnicas para protegerlo, como la esterilización y la preservación por métodos especializados, como irradiarlo con rayos Gamma por medio de fuentes radiactivas. La utilización de la radiación ionizante ha sido de un enorme interés académico y de aplicación industrial directa. Ésta se ha empleado para diferentes propósitos tales como el estudio de modificaciones de las propiedades de los diferentes materiales, de la interacción de la radiación con la materia en forma gaseosa, líquida y sólida, y también, de la preservación de alimentos.

Una de las máquinas muy útiles para obtener la radiación ionizante son aquellas que se le agrega material radiactivo (Cobalto 60 o Cesio 137, principalmente) para uso industrial o para apoyo en experimentación en la investigación científica, se llama irradiador con material radiactivo. Es de señalarse que el desarrollo y empleo de estos irradiadores fue muy importante, generó modificaciones en las legislaciones de diversos países y la adopción de nuevas normas para usarse como una herramienta más de trabajo que ayudaría, por ejemplo, en la conservación de alimentos, lo que impactó directamente en el control de calidad de productos perecederos en corto tiempo.

Además de esta importancia industrial, su impacto en la investigación creció rápidamente grande, es de mencionarse que se desarrolló mucho campo de trabajo, que aún continúa sobre el blindaje adecuado para la instalación de irradiadores de distintas capacidades y usos y el desarrollo de dosímetros para bajas y altas dosis, aunque también creó problemas en la medición de la dosis absorbida en los productos de diferentes densidades, etc.

Dado este amplio campo de trabajo y la importancia que ello representa, existen ya varias fuentes radiactivas en todo el mundo, las cuales están orientadas a la preservación de alimentos. Dos instituciones de las más importantes en México cuentan con dichas fuentes: el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) y la Universidad Nacional Autónoma de México, en el Instituto de Ciencias Nucleares (ICN). La primera está orientada a la comercialización, ya que su irradiador es potente y da dosis muy altas, por lo cual, la investigación sería muy difícil y la segunda institución si esta dedicada totalmente a la investigación y en algunos casos en la comercialización de la preservación de los alimentos.

CAPÍTULO I

LA RADIACIÓN IONIZANTE

1.1. RADIACIÓN IONIZANTE:

La vida en la Tierra ha evolucionado siempre expuesta a la radiación que se recibe del espacio exterior y de los núclidos radiactivos naturales que existen en la Tierra.

La radiación es energía que proviene de los núcleos de los átomos con exceso de energía y que, al liberarla, provocan transformaciones en sus propios átomos o moléculas.

El espectro de radiación electromagnética se divide en varios segmentos según la energía contenida, el segmento del espectro de interés en este caso, la radiación ionizante que se caracteriza por su capacidad de excitar e ionizar los átomos del material a través del cual pasa.

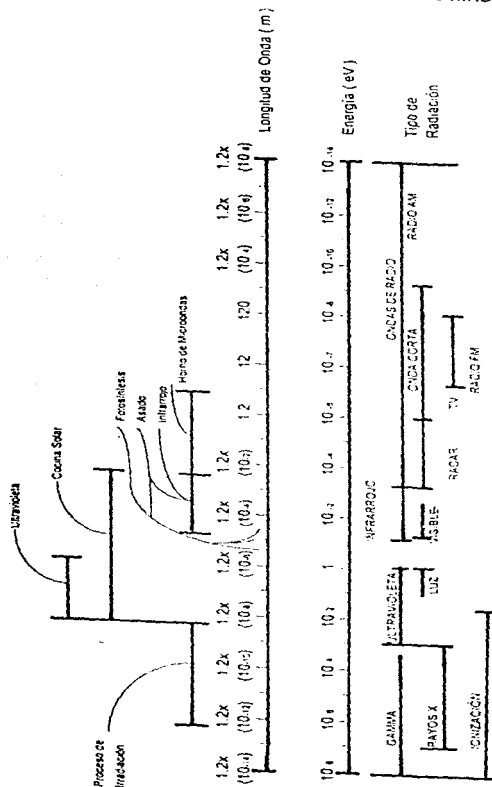
Las radiaciones que producen ionización pueden dividirse en dos clases: las que ionizan directamente y las que lo hacen indirectamente. Las partículas ionizantes directas son partículas cargadas con energía cinética muy grande que produce ionización por colisión, dentro de estas partículas se encuentran las alfa, las beta y los electrones. Las radiaciones ionizantes indirectas, son radiaciones sin carga y por eso no son atraídas por otras partículas, pero transfieren su energía a partículas cargadas dentro del material que atraviesa, obteniendo como resultado partículas altamente cargadas, como los electrones, las Gamma, y los rayos X.

La radiación Gamma, según la mecánica cuántica es producida por un átomo en estado excitado con muy poca energía y que, al volver ha su estado basal, emite uno o mas fotones .

$$E_{\gamma} = h\nu = hc / \lambda \quad \text{Ec (1.1)}$$

donde: $h = 4.136 \times 10^{-18}$ keV s, es la constante de Planck.
 ν $c = 2.998 \times 10^{17}$ nm/s es la velocidad de la luz en el vacío.

1.11 ESQUEMA DEL ESPECTRO DE ENERGÍA ELECTROMAGNÉTICA Y DIFERENTES TIPOS DE RADIACIÓN Y SUS APLICACIONES MAS COMUNES:

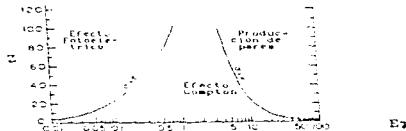


1.2. INTERACCIÓN DE RADIACION GAMMA CON LA MATERIA:

Los fotones se absorben en un material a través de su paso por él, depositando su energía por medio de los siguientes mecanismos, como procesos mayores se encuentran: el efecto Compton, el efecto Fotoeléctrico y producción de pares de iones. Considerados como procesos menores está la dispersión Rayleigh, la radiación fluorescente y la radiación por aniquilación.

El que se lleve a cabo determinado proceso depende de la energía del rayo y del número atómico del material absorbente.

En un diagrama de Z y E_γ es posible determinar la importancia de cada efecto en una región de energía y diferentes materiales.



En estos procesos es importante conocer dos aspectos: el cinético, que nos indica las energías y los ángulos de dispersión de las partículas presentes en cada fenómeno y el aspecto probabilístico, que permite determinar la factibilidad del proceso por medio del valor de la sección eficaz.

A continuación se da una breve descripción de los tres procesos mayores o más importantes:

EFEECTO COMPTON:

Se produce con electrones considerados libres o electrones con energía de enlace muy pequeña, cuando un fotón con energía $E = h\nu$ y momentum $P = h\nu/c$ choca con un electrón inmóvil ($E_e = 0$ y $P = 0$). Después de producirse la colisión, el electrón adquiere energía cinética T , momentum P , y dirección o ángulo θ , el fotón se dispersa en un ángulo ϕ , adquiriendo una energía reducida $E = h\nu'$ y un momentum $P' = h\nu'/c$; y por conservación de energía y momentum, la energía total del fotón incidente es:

$$E_\gamma = h\nu - h\nu' \quad \text{Ec. (1.2)}$$

La ecuación que describe la conservación del momentum durante la trayectoria del fotón original es:

$$h\nu/c = h\nu'/c \cos \theta + p \cos \theta \quad \text{Ec. (1.3)}$$

Y ayudados por las ecuaciones relativistas:

$$m = m_0 / [1 - (v/c)^2]^{1/2}; \quad T = mc^2 - m_0c^2; \quad P = mv$$

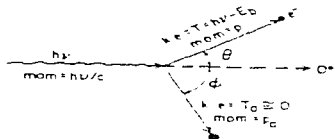
entonces tenemos que:

$$\cos \theta = 1 + h\nu/2 \text{ tang } \phi/2 \quad \text{Ec. (1.4)}$$

$$T = h\nu - h\nu' \quad \text{Ec. (1.5)}$$

$$h\nu' = h\nu / [1 + (h\nu/m_0c^2)(1 - \cos \theta)] \quad \text{Ec. (1.6)}$$

Con la ecuación 1.4 se determina el ángulo de dispersión del electrón respecto al foton inicial, la ec. 1.5 indica la energía cinética que adquiere el electrón, finalmente la ec. 1.6 permite determinar la energía con que sale el foton y el ángulo de dispersión después de la colisión.



La sección eficaz del efecto Compton depende del número de electrones presentes en el material, por lo que aumenta linealmente con el número atómico Z; su dependencia con la energía del rayo y es inversa ya que la probabilidad de que ocurra disminuye al aumentar la energía.

EFFECTO FOTOELECTRICO:

...Es uno de los mecanismos más importantes que suceden con bajas energías de radiación, el electrón absorbe totalmente la energía del fotón y escapa del átomo con energía cinética T que describe la siguiente ecuación:

$$T = h\nu - E_b \quad \text{Ec.(1.7)}$$

$h\nu$ es la energía del fotón incidente, E_b es la energía de enlace del electrón.

El electrón adquiere un ángulo (θ) respecto al foton inicial y momentum p ; como el foton es absorbido totalmente no hay dispersión alguna del foton.



El proceso es más probable cuanto más fuerte esta ligado el electrón, así en un mismo átomo es más factible que el efecto suceda con electrones de la capa K que con electrones de capas externas.

La sección eficaz para el efecto fotoeléctrico es proporcional a Z (número atómico del material absorbente) y a E_γ (energía del rayo); en una aproximación tenemos que, la probabilidad del efecto fotoeléctrico es apropiadamente igual a la constante:

$$X \approx Z^4/E^{3.5} \quad \text{Ec. (1.8)}$$

El efecto llega a ser despreciable cuando: $E_\gamma > 400 \text{ KeV}$.

PRODUCCIÓN DE PARES:

En este proceso, la energía de la radiación Gamma debe ser mayor a 1.02 MeV, debido a que la masa total del electrón y el positrón contienen esta cantidad de energía equivalente.

El fotón desaparece dando lugar a un electrón y a un positrón; es decir, se lleva a cabo una transformación de energía en materia. Dicha transformación debe ocurrir necesariamente en presencia de otra partícula, con lo cual, se cumple la conservación del momento.

Si la energía del fotón es superior a 1.02 MeV y el núcleo atómico está presente, el exceso de energía se transfiere prácticamente al electrón y al positrón en forma de energía cinética, ya que el núcleo no recibe dicha energía. Lo cual se expresa en las siguientes ecuaciones:

$$h\nu = 2 m_0 c^2 + T + T^+ \quad \text{Ec.(1.8)}$$

$$= 1.02 \text{ MeV} + T + T^+ \quad \text{Ec.(1.9)}$$

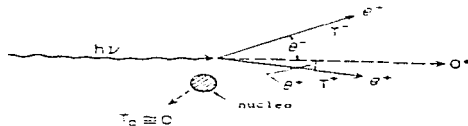
La dirección que adquiere el positrón respecto al fotón original es aproximadamente:

$$\theta = m_0 c^2 / T \quad \text{Ec.(1.10)}$$

Si la partícula presente es la creación de pares es un electrón externo, el exceso de energía además de ser transferido al electrón y al positrón en forma de energía cinética, también el electrón externo recibe parte de dicha energía.

La expresión que permite relacionar la probabilidad de que se lleve a cabo la creación de pares, con el número atómico (Z) y la energía del fotón incidente es:

$$\text{Probabilidad de creación} = \text{Constante} \cdot Z^2 (E - 1.02)$$



Como los positrones son partículas inestables, interactúan con electrones para aniquilarse, dando lugar a la formación de un par de rayos Gamma, con energía de 0.51 MeV cada uno y según la ley de la conservación de momentum salen en direcciones opuestas.

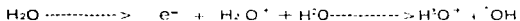
1.3. INTERACCIÓN DE LA RADIACION GAMMA CON EL AGUA:

La radiólisis del agua ha sido bien estudiada, ya que es de suma importancia conocerla porque todo ser vivo y todos los alimentos contienen agua; la radiación interactúa en nivel molecular de todas las especies presentes y el agua no es la excepción.

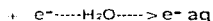
El agua se descompone al ser sometida a radiación ionizante formando radicales libres primarios.

El proceso usualmente se divide en tres etapas:

- 1.-LA FÍSICA: Que consiste en transferir energía al sistema, esto lleva a una velocidad de reacción del orden de 10^{-18} a 10^{-15} segundos, la radiación incidente produce:



quedando excitado



- 2.-LA FÍSICOQUÍMICA: Con una duración de reacción del orden de 10^{-11} a 10^{-11} segundos.

- 3.-LA QUÍMICA: Con una duración de reacción del orden de 10^{-10} a 1 segundo

REACTANTES	CONSTANTES DE VELOCIDAD $\text{M}^{-1} \text{S}^{-1}$	pH
$e_{\text{an}} + e_{\text{an}}$	$2k_{-1} = 0.9 \times 10^{10}$	10.9
$e_{\text{an}} + \text{H}$	$2k_{-2} = 1.1 \times 10^{13}$	13.5
$e_{\text{an}} + \text{H}\cdot\text{O}^{\cdot}$	$k_{-3} = 2.5 \times 10^{10}$	10.9
$\text{H} + \text{H}$	$2k_1 = 2.0 \times 10^{10}$	2.1
$\text{H} + \text{OH}$	$k_2 = 3.2 \times 10^{10}$	0.45 - 3
$\text{H} + \text{H}\cdot\text{O}^{\cdot}$	10^5	-
$\text{OH}\cdot_{\text{an}} + \text{H}_2\text{O}$	5×10^9	7.9 - 8.8

Existiendo un total de 52 reacciones que conforman la radiólisis del agua, cada una de ellas con distinta velocidad de reacción como se muestra en la tabla anterior :

Para expresar el rendimiento de este tipo de reacciones se usa el rendimientos radiolíticos (G) y que representa el número de moléculas formadas o destruidas por cada 100 ve que se le suministra al sistema estas seis especies son los siguientes:

$$\begin{array}{llll} G(H_2) = 0.45 & G(H_2O_2) = 0.68 & G(\cdot OH) = 2.74 & G(eaq) = 2.65 \\ G(-H_2O) = 4.1 & G(H^+) = 0.55 & & \end{array}$$

1.4 FUENTE RADIATIVA:

Como ejemplo de un prototipo de irradiador se tomó el que existe en la Universidad Nacional Autónoma de México; este irradiador Gamma de Cobalto⁶⁰, Gammabeam 651 PT, fue diseñado para estudios de investigación e irradiaciones a escala semi industrial. Su instalación se realizó en 1986 por la compañía Canadiense Atomic Energy of Canada Limited (Nordion International Inc.) en el instituto de Ciencias Nucleares (ICN). El material radiactivo de este irradiador está ensamblado en doble barra de acero inoxidable tipo C-188 sellada, que evita el contacto directo con el blindaje biológico (agua deionizada). El manejo de las barras con Co⁶⁰ se opera de manera remota a través de una consola y una llave de acceso. Los productos o muestras por irradiar pueden colocarse durante tiempos predeterminados con el fin de alcanzar la dosis deseada, y pueden obtenerse dosis variables seleccionando el número de fuentes, sus posiciones o alturas respecto del piso o la distancia respecto al centro de las fuentes.

Como todos los irradiadores Gamma diseñados por Nordion International Inc., el irradiador Gammabeam 651 PT tiene las mismas condiciones de operación y sistemas de alarma para mantener la seguridad radiológica en la instalación radiactiva. Las partes principales de Gammabeam 651 Pt se muestran en el esquema en el cual se señalan:

- 1.- Alberca de almacenamiento de las fuentes de Cobalto-60
- 2.- Cuarto o cámara de irradiación.
- 3.- Mecanismo para el movimiento de las fuentes.
- 4.- Laberinto de acceso a la cámara de irradiación.

- 5.- Consola de control.
- 6.- Posición de las fuentes.
- 7.- Cuarto de compresores de aire, filtro de aire, planta purificadora de agua para la alberca y tableros de control.

Las paredes que sirven de blindaje a la cámara de irradiación están diseñadas para una carga de hasta 200 kCi de actividad, con una densidad de concreto de 2.36 g/cm^3 . El campo de exposición dependerá de la carga almacenada y la exposición exterior a la cámara de irradiación está en los límites establecidos por la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) y de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias de México.

Para mantener el nivel de fiabilidad en la operación y mantenimiento preventivo, el irradiador es verificado periódicamente de acuerdo a un orden de importancia establecido por el manual de procedimiento de seguridad radiológica y de emergencia, elaborado especialmente para ello. Este sistema está constituido por las partes que señala el esquema 2:

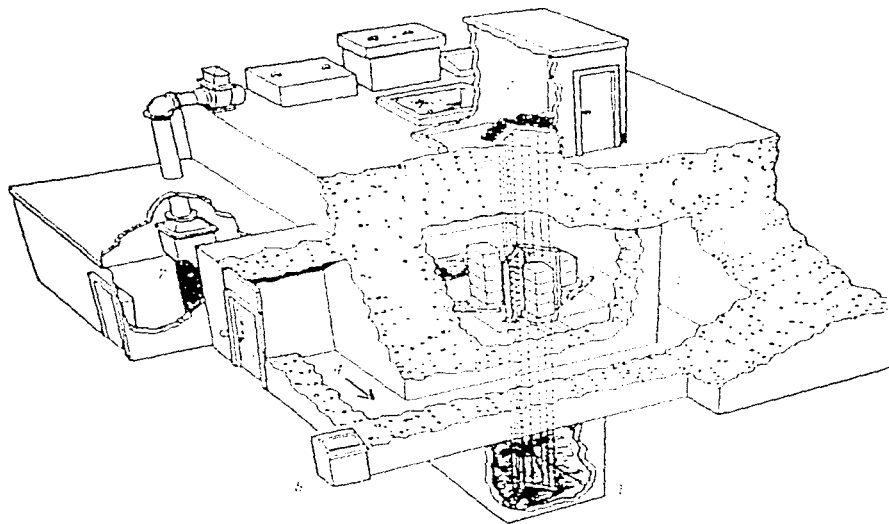
- 1.- Alberca de agua deionizada y de blindaje biológico.
- 2.- Detector de radiación L 118
- 3.- Cable manual de emergencia.
- 4.- Interruptor para flotador de nivel de agua.
- 5.- Dispositivos para control de tope de cables de acero.
- 6.- Interruptor de llave de seguridad
- 7.- Interruptor del tapon del techo de la cámara de irradiación.
- 8.- Extractor de ozono.
- 9.- Filtros para ventilación y detector contra incendio.
- 10.- Luz de advertencia de presencia de alto nivel de radiación.
- 11.- Indicador de nivel de radiación y alarma L 118 exterior.
- 12.- Interruptor de llave y fuente radiactiva de prueba.
- 13.- Puerta de acceso de cerrado automático.

14.- Interruptor general de movimiento de las fuentes.

Adicionalmente existen dos tanques de resinas y un filtro de carbón activado para el tratamiento del agua que recircula continuamente hacia la piscina. En ellos existen también dos detectores de radiación para bajo nivel de exposición, cualquier contaminación proveniente de la piscina sería detectada y pararía el sistema de trabajo del irradiador y, en consecuencia, las fuentes irían a su posición de blindaje biológico.

A continuación se muestran dos diagramas de las partes del Gammabeam 651 PT y el sistema de seguridad del mismo:

**ESQUEMA 2 : SISTEMA DE SEGURIDAD DEL IRRADIADOR DE COBALTO 60
GAMMABEAM 651 PT.**



1.5 EQUIPO O INSTRUMENTACIÓN PARA ANÁLISIS:

El equipo utilizado para detectar y estudiar los cambios generados por la radiaciones es muy variado y especializado. Existen varios métodos y técnicas de análisis que, con la ayuda de estos equipos, hace posible tener resultados muy confiables. A continuación mencionaremos algunos de los equipos que también se usan para investigación y análisis:

- 1.- Espectrofotómetro electrónico vis-uv.
- 2.- Infrarrojo.
- 3.- Cromatógrafo de gases.
- 4.- Cromatógrafo de líquidos.
- 5.- Cromatógrafos de líquidos a alta presión.
- 6.- Espectrometro de masas.
- 7.- R.M.N. (Resonancia Magnética Nuclear).
- 8.- Aparatos para medir variación de propiedades físicas, como: punto de fusión, viscosidad, peso molecular etc.

1.6 LA TECNOLOGÍA DEL PROCESO DE IRRADIACIÓN:

FUENTE DE RADIACION:

Sólo determinados tipos de radiaciones ionizantes poseen propiedades que las hacen adecuadas para el tratamiento de los alimentos. Estas radiaciones son las electromagnéticas en forma de rayos Gamma o de rayos X y los de electrones o partículas beta negativas de un cierto campo de energía.

Los rayos Gamma son radiaciones electromagnéticas de corta longitud que se originan en la desintegración radiactiva de ciertos elementos; los rayos X son de igual naturaleza que los rayos Gamma, pero son producidos por generadores. Tanto los rayos Gamma como los X son muy penetrantes,

dependiendo de la profundidad de la penetración efectiva de la energía de dichos rayos.

Los electrones son partículas cargadas negativamente con propiedades de penetración relativamente modesta, a menos se les haya acelerado en un generador adecuado (generador lineal) hasta darles una gran energía antes de que choquen con los alimentos; su penetración útil y eficaz es aproximadamente 3mm por millón de electrón voltios (MeV) en agua o en otra sustancia de densidad semejante a la de ésta (alimentos).

Las fuentes de radiación apropiadas para el tratamiento de los alimentos se divide en dos categorías: primero, isótopos radiactivos; y segunda, generadores. De los radioisótopos, el cobalto-60 ha demostrado ser una fuente satisfactoria de los rayos Gamma para el tratamiento de alimentos e escala comercial. El cesio-137 es otro isótopo que puede ser empleado como fuente de radiación para tratar alimentos. El cesio-137 es un subproducto del tratamiento de los elementos combustibles. Existen diversos tipos de generadores capaces de producir una cantidad adecuada de radiaciones con energía comprendida dentro del campo de energía apropiada para la irradiación de alimentos. Ejemplo de estos generadores son el acelerador lineal, el generador de Van Graaff, el capacitron y los generadores productores de rayos X.

CONTROL DE LA DOSIS DE RADIACION DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DE UNA INSTALACION DE IRRADIACION:

El funcionamiento de una instalación de irradiación debe someterse a control para conseguir que el alimento reciba la dosis de radiación especificada con el grado de uniformidad requerido. La distribución uniforme de la dosis de radiación es necesaria para que ninguna porción del alimento sometido a tratamiento resulte tratada escasa o excesivamente, pues una dosis de radiación absorbida demasiado pequeña no conseguiría alcanzar el objetivo perseguido, mientras que una dosis demasiado grande superaría el nivel del tratamiento permitido. En la pertinente reglamentación oficial autorizando el tratamiento del alimento en cuestión con radiaciones se expondrá en general procedimiento de vigilancia del proceso mediante el empleo de dosímetros y registros del funcionamiento de la instalación.

DOSIMETRO:

De los muchos métodos que existen para medir la dosis de radiación, los más importantes para las mediciones ordinarias son los que se basan en la producción de transformaciones químicas por la acción de las radiaciones. Uno de los dispositivos de uso común para medir las dosis es el dosímetro y

depende de la oxidación de los iones ferrosos a férricos, mientras que otro tipo de dispositivo aprovecha la reducción de los iones céricos a cerosos. Pequeñas ampollitas que contengan soluciones debidamente preparadas de las sustancias químicas de que se trate pueden distribuirse en los envases de alimentos o, cuando este procedimiento no sea factible, en un modelo representativo (limitación) del objeto que se vaya a irradiar que simule sus características de absorción de energía, y de esta manera se puede medir la distribución de la dosis en el alimento. Sin embargo, estos dosímetros tienen el inconveniente de que su manejo requiere gran cuidado y pericia para que den resultados dignos de confianza, y de que su preparación y la ejecución de la medición son demasiado engorrosas para usarlos en gran escala. Por ello se han creado dosímetros más prácticos para las operaciones convencionales. Consisten estos dosímetros en vidrio coloreado o materiales plásticos que contienen colorantes cuyo color se altera al irradiarlo. La dosis de radiación absorbida puede calcularse mediante el cambio que ocurre en la densidad óptica de los materiales. Estos dosímetros son de empleo sencillo y resultan muy apropiados para las mediciones normales en el funcionamiento de una instalación. La elección de un dosímetro de color apropiado dependerá de la magnitud de la dosis de radiación que haya de medir.

En principio, los métodos utilizados para dosimetría de los rayos Gamma y de los rayos X son aplicables también a los haces de electrones, si bien a las dosis considerables que se obtienen en ciertos generadores eléctricos pueden plantearse problemas especiales. Sin embargo, el haz de electrones puede vigilarse continuamente utilizando para ello, por ejemplo: cámaras de ionización o midiendo la intensidad de la corriente del haz.

ETIQUETAS DETECTORAS DE RADIACIONES:

Se han ideado unas etiquetas coloreadas en forma de pequeños discos adhesivos que experimentan un manifiesto cambio de color después que han absorbido una cierta dosis de radiación. Aunque estas etiquetas no proporcionen una medida cuantitativa de la dosis recibida, se les pega en cada envase antes de la irradiación para conocer luego que el envase ha sido irradiado, con lo cual se evita confundir los envases irradiados con los no irradiados.

CAPÍTULO II

EL ENVASE Y EMBALAJE

2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE EMPAQUE :

El crecimiento de la importancia de los empaques está acompañado de un alto incremento tanto en su desarrollo como en su tecnología, esto es consecuencia de que el primer contacto del producto con el consumidor es a través del empaque y éste debe mostrar sus características y propiedades de una manera fácil y rápida para que el consumidor decida cual producto le conviene más.

Esta es una de las diversas funciones del empaque que a continuación se señalan:

FUNCIÓN PROTECTORA:

A prueba de gas, humedad, impermeabilidad, protección contra los rayos del sol y ultravioleta, protección contra agentes atmosféricos, conservación de aroma.

ESTABILIDAD:

Protección contra agentes químicos, climatización, calor, frío, congelación, radiación, gases, altas temperaturas, aceites y agua.

RESISTENCIA FÍSICA:

Resistencia a la tracción, al estiramiento, al desgarre, a la flexión, al corte, al rozamiento, la compresión, contra punzadas, a golpes.

MAQUINABILIDAD:

Hermeticidad, deslizamiento, dotado de elasticidad, a prueba de contracción térmica, estabilidad dimensional, a prueba de rizado, obturación de sustancias heterogéneas, aptitud para adhesivos, protección contra electricidad estática.

COMODIDAD:

Portabilidad, facilidad para abrir y cerrar, unidad de distribución, apto para impresión, modulable, posibilidad de reutilizarse.

FACTOR ECONÓMICO:

Precio unitario, productividad, racionalización del empaque, carga y descarga, transporte, normalización, almacenamiento, sistematización, empaque adecuado.

HIGIENE:

Protección contra entrada de objetos extraños, contra olores desagradables, seguridad, control de reglamentación, protección contra falsificación, protección contra microbios, contra descomposición, a prueba de cambios de olor.

COMERCIALIZABILIDAD:

Aptos para rotulación, grado de suavidad, transparencia, lustre, efecto de coloración, grado de blancura, forma de estructura, moda, fácil de diferenciar, que sea agradable.

ASPECTO SOCIAL:

Apto para el reciclaje o la combustión, suministro estable de recursos, reducción de recursos y energía, control de reglamentación.

Detrás del empaque podemos encontrar productos que han viajado grandes distancias, soportando cambios atmosféricos, climatológicos y manipuleo, que el consumidor encuentra disponible en los anaqueles (productos nacionales o internacionales), listos para disfrutarios en su mejor estado, como si acabaran de producirse, por los que podemos resumir los objetivos de un empaque en los siguientes:

- * Contener
- * Cargar
- * Reducir costos
- * Brindar
- * Motivar
- * Comunicar
- * Conservar
- * Promover
- * Mostrar
- * Distribuir
- * Vender
- * Informar

Para efectos prácticos los elementos del empaque pueden resumirse en: estructura, estética, comunicación y aspectos legales.

Para que un empaque cumpla con las funciones y los objetivos, su desarrollo debe estar apoyado por áreas que faciliten llegar a la eficiencia máxima.

La tecnología de empaques está basada y apoyada en las Ingeniería Industrial, Mecánica y Química, además de las Matemáticas, Física, Economía y la Tecnología de alimentos, englobando ésto se creará la Ciencia de los Empaques.

Conociendo que un empaque debe dar protección mecánica, así como evitar alteraciones tanto biológicas como abióticas, debemos cumplir con las siguientes características:

- * Grado alimenticio.
- * Características mecánicas adecuadas.
- * Permeabilidad al vapor y al agua.
- * Permeabilidad a los aromas.
- * Permeabilidad a las grasas.
- * Permeabilidad a los gases (N₂, O₂, CO₂, etc.)

Los materiales de empaque los podemos clasificar por su material y métodos de obtención en los siguientes campos:

- * Papel y cartoncillo
- * Cajas plegadizas
- * Envases de vidrio
- * Cajas de cartón
- * Plásticos
- * Películas, folis, laminaciones y recubrimientos.
- * Envases metálicos (aluminio y hojalata).

2.2 LOS PLÁSTICOS MÁS COMÚNMENTE UTILIZADOS PARA ALIMENTOS:

Podemos mencionar a los siguientes:

- * Celofán
- * Polipropileno (PP)
- * Cloruro de polivinilo (PVC)
- * Cloruro de polivinilideno (PVDC)
- * Alcohol vinil etileno (EVOH)
- * Poliestireno (PS)
- * Copolímeros como: Polietileno de alta densidad (PEAD)
Polietileno de baja densidad (PEBD)
Polietileno de baja densidad lineal (PEBDL)
- * Copolímeros de etileno :Acetato de etilen-vinil
- * Poliester: Polietilén Tereftalato (PET, PETG, CPET)
- * Policarbonatos
- * Poliamida
- * Poliacrilonitrilo (PAN)

Entre las principales propiedades de los plásticos para envases y embalajes, podemos encontrar:

a) BAJA DENSIDAD:

La densidad de la mayoría de los plásticos usados en empaques oscila entre 0.9 y 1.4 g/cm³, que comparándola con otros materiales como el vidrio (2.6), acero (8.0) y aluminio (2.7) g/cm³, sí es realmente baja.

Por la baja densidad de los plásticos, los envases de este material son ligeros, lo que reduce de manera importante los costos de empaque,

umenta la facilidad de manejo en los centros de distribución y para el propio manejo del consumidor.

b) RESISTENCIA AL ROMPIMIENTO:

Para las dimensiones delgadas, normalmente utilizadas para empaques de plásticos rígidos, su resistencia al rompimiento es mucho más efectiva que la del vidrio. Esta razón, junto con la baja densidad, son los principales motivos para que el plástico haya sustituido en tantas aplicaciones al vidrio.

c) ELIMINACIÓN DE BORDES AFILADOS:

Esta propiedad, íntimamente ligada con la anterior, elimina el riesgo de fragmentos de material en los alimentos, como no sucede en los envases de vidrio. También evita el riesgo de los bordes afilados que suelen presentarse al destapar algún empaque metálico, mejorando el acceso al alimento por parte del consumidor.

d) SELLABILIDAD:

Todos los empaques flexibles son cerrados del mismo modo, por sellado por calor un proceso que puede efectuarse en la misma máquina de empaque, creando un cierre firme, hermético y a, relativa, baja temperatura (100 a 250°F). Incluso se han desarrollado resinas que sellan excelentemente en presencia de grasas, líquidos y polvos.

e) FLEXIBILIDAD EN SU FABRICACIÓN:

Todos los plásticos comunes pueden ser fácilmente convertidos en películas delgadas, fuertes y claras que de ningún otro material de empaque se obtienen. Los plásticos tienen facilidad de crear tantas formas como la imaginación lo permita.

f) DURABILIDAD AMBIENTAL:

Del mismo modo que el vidrio, los plásticos no se pudren ni pueden ser atacados por mohos; son resistentes a la degradación por factores ambientales así como a la luz ultravioleta. Es importante reconocer que por el número de empaques plásticos producidos actualmente esta durabilidad es ahora ambigua.

g) IMPERMEABILIDAD AL O₂ Y AL VAPOR DE AGUA:

Aunque el vidrio, el metal y las hojas de aluminio son totalmente impermeables a estos gases, los plásticos pueden competir con estos materiales por su menor costo. Los plásticos homopolímeros no tratados, como el polietileno y el polipropileno crean una barrera a la humedad para muchas aplicaciones además, para los empaques flexibles, es posible crear películas multicapa que suministren una barrera al O₂ y a la humedad a bajo costo; en el caso de empaques rígidos es una tarea más complicada .

h) CONTROL DE EMPAQUE AMBIENTAL:

Por otro lado, la permeabilidad finita de los plásticos a los gases se puede aprovechar para diseñar empaques para productos frescos (que continúan respirando y madurando después de cosecharlos, etc.), logrando aumentar su vida de anaquel al poderse empaque en materiales selectivamente permeables al O₂ y al CO₂ y que mantengan una relación óptima O₂/CO₂ con el ambiente circundante al producto.

i) PROTECCIÓN AL OLOR:

Muchos plásticos suministran una excelente barrera para prevenir la contaminación de los alimentos con olores indeseables aún de los propios materiales de empaque. A este respecto, los plásticos no son mejores que el vidrio o el metal, pero sí muy superiores al papel sin tratar.

j) CONTROL A LA LUZ Y APARIENCIA DEL EMPAQUE:

Podemos encontrar en las hojas y películas plásticas no modificadas en apariencia, desde el cristal claro al brumoso. Se pueden agregar pigmentos o tintas solubles para producir un colorido de transparente a opaco. En fin, la versatilidad tan grande le da al empaque diseñado, libertad para mostrar claramente su contenido.

k) RECEPTIVIDAD DE IMPRESIÓN:

El poder imprimir las características y ventajas del producto es una herramienta sumamente importante para la aceptación del mismo por el consumidor. El papel tiene una considerable ventaja sobre los plásticos en este aspecto, puesto que algunos requieren un pre-tratamiento para desarrollar este atributo, sin embargo tiene ventajas sobre el metal y el vidrio, que son difíciles de imprimir y requieren tratamientos mucho más caros que los plásticos.

II) RECEPTIVIDAD SOBRE BAÑOS METÁLICOS:

Baños delgados de aluminio pueden ser fácilmente depositados sobre sustratos plásticos en cámaras de alto vacío, resultando productos menos caros que las hojas de aluminio y funcionalmente superiores en algunos casos. Son usados en empaques flexibles a los que proporcionan una barrera a la luz, a la humedad y al O₂.

III) COMPONENTES INHERENTES AL SABOR:

Los plásticos de hoy no contribuyen con sabores indeseables al alimento, ni alteran el gusto del alimento extrayendo ingredientes de sabor esencial, salvo algunos plásticos comunes de bajo costo como poliolefinas que separan importantes saborizantes en pocos productos.

IV) RESISTENCIA AL DESGARRE Y LAS PERFORACIONES:

Este atributo da a los plásticos un mejor borde que el del papel y las hojas de aluminio en empaques flexibles y en cuanto a las películas plásticas son más resistentes que las películas de aluminio, cuando los empaques hechos con estos materiales son sujetos a repetidas flexiones.

2.3 CARACTERÍSTICAS DE BARRERA:

Es una de las propiedades más importantes de los empaques, sobre todo en el área de alimentos, donde la transmisión de humedad, CO₂, O₂, puede ser, en algunos casos favorables y en otros no.

Por ésto es un factor que determina el plástico por utilizar en el diseño de nuestro empaque. Se han hecho estudios sobre los diferentes materiales plásticos en relación con su comportamiento en este respecto. A continuación se en listan algunos materiales.

TIPO DE MATERIAL	HERMEABILIDAD AL OXIGENO (ml/100sq.in/dia/atm)
EVOH	0.01 - 0.100
COPOLIMERO PVDC (sarán de alta barrera)	0.05 - 0.150
COPOLIMERO DE ACRILONITRILLO BAREX	0.50 - 1.000
PELICULA ACRILONITRILLO PAN	0.002-0.030
NYLON 6	1.80 - 2.600
PET ORIENTADO	3.00 - 4.000
PVC	10.0 -20.00
PETG	25.0000
POLIETILENO ALTA DENSIDAD	130.0-150.0
POLIPROPILENO	150.0000
POLIESTIRENO	350.000

TIPO DE MATERIAL	TRANSMISION DE VAPOR DE AGUA (g.mil/100sq.in/dia a 100 F, 80% Hr)
PVDC (sarán de alta barrera)	0.1 -02
POLIETILENO (de alta densidad)	0.3 -0.4
POLIPROPILENO	0.3 -0.5
PET	1.0 -2.0
PVC	2.0 -5.0
ACRILONITRILLO BAREX	3.5 -5.0
EVOH	4.0

Los datos encontrados en las tablas deben considerarse junto con el material a empacar, condiciones de almacén, vida de anaquel y condiciones de transporte para el desarrollo óptimo del empaque a utilizar.

2.4 INTERACCIÓN ENTRE LOS ENVASES PLÁSTICOS Y LOS ALIMENTOS:

Un producto en proceso es fácil de ser puesto en un empaque primario para procesos adicionales, como puede ser la esterilización o puestos directamente en empaques secundarios o terciarios para distribuirlos al consumidor.

En el empaque primario el producto es unido al empaque manual, semiautomática o automáticamente por proceso de computación integrada. Estos continúan juntos a través de la línea de distribución, hasta que sean

finalmente sean separados por quienes abren los empaques y remueven al producto.

Desarrollos recientes incluyen máquinas automáticas de empaque donde el control se lleva por computadora que suministra productividad, calidad y velocidad. Los fabricantes de sistemas de cómputo integrales ya incluyen al empaque, permitiendo la automatización completa y la integración de los procesos de transformación con los sistemas de empaque.

La misión básica del empaque es la de entregar un producto de alta calidad hasta al consumidor último pero, además, los empaques de alimentos deben cumplir un requisito adicional de sanidad que debe ser mantenido durante todo el proceso. Los materiales de empaque plástico y sistemas de maquinaria hacen una contribución esencial a esta misión suministrando envases de bajo costo con sellos altamente íntegros o cierres para una amplia variedad de artículos de empaque y tipos que puedan resistir los rigores de un sistema de distribución.

2.5 SELECCIÓN DEL MATERIAL DE EMPAQUE PARA UN ALIMENTO POR IRRADIAR:

Todo producto, sin importar su naturaleza, tamaño o destino, requiere de un envase capaz de permitirle prolongar su vida, mantener sus características, facilitar su manejo, favorecer su transporte y posibilitar su almacenamiento y comercialización, además de proporcionar una medida constante de peso-volumen del contenido.

La elección del material de empaque de un envase que se trata por irradiación se basa en varios aspectos:

- Requerimiento del alimento
- Disponibilidad en el mercado nacional o local
- Tolerancia a la irradiación
- Costo

Se entiende por tolerancia de un material a la radiación a "la exposición del material de empaque a la radiación en la dosis requerida por el tratamiento", que no produzca cambios significativos en sus propiedades químicas o

físicas, que no repercuta en sus propiedades mecánicas a tal punto de hacerlo inaceptable ni modifique sus propiedades de barrera; que no facilite la transmisión al alimento de sustancias provenientes del envase manifestándose en olores y sabores extraños o tóxicos.

El envase posee numerosas funciones entre las cuales se pueden distinguir dos tipos de protección para los alimentos:

- a) Contra riesgos físicos y mecánicos durante el transporte del producto hacia el consumidor.
- b) Contra las influencias del medio ambiente: lluvia, vapor de agua, gases y olores.

Por lo anterior es importante una barrera de información de exterior y del interior del envase. Los materiales con barrera son usados por su resistencia a la penetración de los gases, los vapores y los olores, pero pueden ser empleados para otros fines.

Numerosos productos necesitan el uso de barreras con el fin de protegerlos contra los hongos, las bacterias, los insectos o los roedores, finalmente existen las barreras para eliminar ciertas longitudes de onda y favorecen la entrada de otras.

Por otro lado, los tratamientos ionizantes se aplican de una manera privilegiada a los productos que están ya envasados en forma hermética, la acción de los rayos se efectúa sobre el producto a través del envase, este garantiza la no recontaminación del producto tratado, como es el caso de muchos productos alimenticios.

Por ejemplo, el Dr. Langerack (Irradiation and Packaging in Relation to Foods Preservation, IFFIT-TRAINING COURSE, 1987.), recomienda como empaque ideal para todo tipo de granos, los costales de polietileno, debido a que este material no es comido por los insectos, además de que el empaque, por sí mismo, es protector contra la humedad.

Debido a que esas bolsas son permeables a los gases, estos no pueden ser gaseados por insecticidas, pero sí pueden ser tratados por rayos Gamma ya que estos penetran profundamente el material de empaque; una de las ventajas que presenta este método es evitar la reinfestación ya que el producto se encuentra sellado y se pueden controlar los mohos que pueden producir más mixotoxinas, además de que es un tratamiento limpio que no deja residuos.

2.6 ASPECTOS LEGALES EN EL DISEÑO DE EMPAQUES:

En cuestión de los alimentos y empaques de estos el punto más importante es el de proteger la salud del consumidor, no olvidando la economía, esto implica términos como seguridad, pureza, sanidad y costo. Todo esto se refuerza con las consideraciones del Codex Alimentarius.

Entre los recubrimientos y funciones más importantes de los empaques para alimentos desde el punto de vista técnico-legal, podríamos enlistar los siguientes:

- 1.- Ausencia de toxinas,
- 2.- Compatibilidad con el alimento.
- 3.- Protección sanitaria.
- 4.- Protección contra pérdida o asimilación de humedad y grasas,
- 5.- Protección contra pérdida o asimilación de gases y olores,
- 6.- Protección contra la luz,
- 7.- Resistencia al impacto,
- 8.- Transparencia,
- 9.- Inviolabilidad,
- 10.- Facilidad de desecho,
- 11.- Apariencia y facilidad para ser impreso,
- 12.- Limitaciones de tamaño, forma y peso.

Además de las anteriores, no hay que olvidar que es la presentación del producto a través de la cual se transmite el mensaje al consumidor, sin olvidar que dicho mensaje debe cumplir con los aspectos legales que debe cumplir.

REGULACIONES MEXICANAS:

Dentro de la estructura jurídica de México corresponde básicamente a dos secretarías de estado el regular sobre las características y requisitos a cumplir de los envases para productos alimentarios.

La Secretaría de Salud y la Secretaría de Comercio y Fomento industrial a través de la Dirección General de Normas, que a su vez tiene la representatividad del país ante los organismos cúpula de normalización (Copart, Codex Alimentarius, ISO, etc.)

Además de otras direcciones paralelas que podrían influir, como la de Desarrollo Tecnológico, SECOFI, y SEDUE.

Dentro del contexto de la regulación sanitaria el artículo 213 de la Ley General de Salud (D.O. 7/feb/84) establece lo siguiente "Los envases de los productos a que se refiere este título (control sanitario de productos y servicios y de su importación y exportación, deberán ajustarse a las especificaciones que establezcan las disposiciones aplicable".

Como lo marca el artículo 123 antes mencionado, nos remite a los capitulados específicos del reglamento de la Ley General de Salud, así nos permitimos reproducir los artículos de este ordenamiento más significativo para los empaques.

Art. 137 "Para la obtención, elaboración, fabricación, o manipulación de los productos uso de y consumo humano queda prohibido utilizar materias primas o ingredientes que contengan parásitos, microorganismos patógenos, sustancias tóxicas, contaminantes en general o materias que no puedan ser reducidas a los límites máximos permisibles.

la Secretaría definirá en la norma correspondiente los límites a que se refiere el párrafo anterior.

Art. 169" Para obtener el registro sanitario se requiere presentar solicitud en las formas oficiales, acompañando la información y documentación siguiente:

- I. Copia de licencia sanitaria del establecimiento en el que se pretenda procesar o utilizar el producto o equipo o, en su caso acta de inspección que no reporte anomalías sanitarias.
- II. Información científica y técnica para demostrar que el producto o equipo reúne las características de seguridad y eficacia, cuando así lo determine la Secretaría.
- III. Proyecto, en su caso, de etiquetas, así como la presentación de los envases y empaques.

- IV. Tratándose de equipos, las disposiciones de su estructura, material, partes y funciones, y
- V. Las demás que se señalen en este reglamento y en la norma correspondiente

Art. 305 "La leche después de ser pasteurizada deberá envasarse en la propia planta.

Los envases para leche deberán cumplir con los siguientes requisitos y ser aprobados por la Secretaría.

- I. Ser de vidrio, cartón u otro material impermeable;
- II. Estar perfectamente limpios e higienizados, herméticamente cerrados;
- III. Los envases desechables de papel, cartón u otro material, deben cerrarse de manera que al abrirse quedan inutilizados;
- IV. Las tapas de seguridad debidamente, con el objeto de que no puedan ser removidas sin dejar huella de haber sido violadas;
- V. Los envases retornables invariablemente deberán tener tapa exterior, y
- VI. Lo demás que determine la Secretaría.

Los anteriores requisitos no podrán sufrir modificación alguna sin la previa aprobación de la Secretaría.

Art.306." Cualquiera que sea el tipo de configuración geométrica de los envases desechables y los materiales empleados en su fabricación deberán garantizar la pureza y esterilidad del producto y por lo menos en dos de sus caras deberán tener impreso, además de lo señalado en el artículo 210 de la ley.

- I. Clasificación sanitaria de la leche de acuerdo al artículo 242 de este título, con letras de 8 mm de alto;
- II. Nombre y ubicación de la planta pasteurizadora;
- III. Fecha de pasteurización con letras y/o número señalado día, mes y año;
- IV. En caso, la leyenda "manténgase en refrigeración", con letras de 5 mm;

- V. El contenido de grasas en g/l;
- VI. En su caso, la leyenda "no se expenda después de 24 horas de la fecha de pasteurización";
- VII. Número de licencia sanitaria de la planta pasteurizadora, y
- VIII. En el caso de las leches parcial o semidescremadas, llevará impresa la leyenda "no posee el mismo valor nutritivo de la leche entera" en caracteres del mismo tipo, color y tamaño de la clasificación sanitaria.

La Secretaría determinará en las normas técnicas correspondientes los colores y demás características relacionadas con los envases de las diversas categorías de leche, y la parte del envase que ostentará el color de identificación.

Art.307 "Los envases retornables ostentarán en la tapa las siguientes leyendas.

- I. No se expenda después de 24 horas de la fecha de pasteurización, y
- II. Manténgase en refrigeración

Art. 308. Los envases de leche parcial o semidescremada, además de cumplir con los requisitos establecidos en este anexo para los envases deberán exhibir lo siguiente:

- I. Fecha de caducidad con letra de 1cm de alto, y
- II. Los contenidos, por litro, de vitamina A y D que se añaden al producto".

Art.309 "se prohíbe la venta de leche ultrapasteurizada y ultrapasteurizada semidescremada en envases retornables."

Art.310 "Solo se autorizará el uso de tapas que reúna los siguientes requisitos:

- I. Ser de los materiales aprobados por la secretaria;
- II. Ser de los colores que establezca la norma;
- III. Tener impreso el nombre de la negociación, ubicación, clasificación sanitaria y número de licencia sanitaria, y
- IV. Fecha de pasteurización.

En razón del artículo 210 de la Ley General de Salud, refiriéndose al etiquetado, se analizará de la siguiente manera:

Art.210 "Cuando los productos deban expendirse empacados o envasados llevarán etiquetas en las que según corresponda, deberán figurar los siguientes datos:

Los nombres comerciales de los productos no deben referirse a :

- 1).- Genéricos como: pan, queso, carne, aceite, etc.
- 2).- Adjetivos calificativos: excelente, nutritivo, etc.
- 3).- Denominaciones geográficas cuando no son del lugar de origen.
- 4).- Nombre de productos extranjeros cuando no son de origen, exceptuando cuando contienen la patente de marca de SECOFI.

Art.28 Del reglamento de la ley General de Salud, "Para efectos sanitarios la denominación generica específica de los productos debe corresponder a las características básicas de su composición, de acuerdo a lo establecido en este reglamento.

- I. La denominación para los productos que no cuenten con la especificación de identidad aplicable deberá incluir el nombre del ingrediente característico que se encuentre en mayor proporción en su composición.
- II. El nombre y el domicilio comercial del titular de la autorización y la dirección del lugar donde se elabore o envase el producto que debe ser el mismo que el manifiesta la licencia sanitaria que se adjunta la solicitud y el nombre que aparece en el acto constitutiva de la empresa.
- III. El número de autorización del producto con la redacción requerida por la Secretaría de Salud.

Reg S.S.A. No. "A" (para alimentos y bebidas no alcohólicas)
"B" (para bebidas alcohólicas)
"N" (para cigarrros, tabacos y similares)
"D"(producto de aseo)

- IV. El gentilicio de país de origen precedido de la palabra "producto", cuando se trate de productos de importación.

- V. La declaración de todos los ingredientes en orden de predominio cuantitativo, en los términos de las disposiciones reglamentarias aplicables.

Esta declaración debe hacerse en estricto orden de predominio de los ingredientes, en cantidades nutricionalmente significativas; así como la declaración de aditivos para alimento que contenga, en el caso de conservadores indicar su nombre técnico y porcentaje, si el producto contiene condimentos, estos se podrán declarar en forma global.

- VI. La cantidad contenida en el envase, de acuerdo con los términos del registro que se hubiere otorgado, tratándose de medicamento, el contenido neto del producto envasado se expresará en unidades del sistema general de unidades de medida (NOM-2-1). Para la ubicación y dimensiones del dato cuantitativo se recomienda invariablemente la consulta de la NOM-22-3-1989.
- VII. El número de la clave, lote y fecha de elaboración y caducidad, en su caso.
- VIII. El nombre y domicilio comercial del fabricante y del importador, en la contraetiqueta correspondiente.
- IX. Las instrucciones precisas para la reutilización, inutilización o destrucción de los envases vacíos, en los casos en que estos contengan sustancias peligrosas para la salud, y
- X. El texto hecho en México NOM-2-9
- XI. Los demás datos que se señalen esta ley los reglamentos y demás disposiciones aplicables.

La leyenda y textos de las etiquetas de los productos nacionales a que se refiere este artículo deberán escribirse en español en la parte de la etiqueta que normalmente se presenta al consumidor en el momento de su venta. Lo anterior no será necesario tratándose del nombre de los productos.

Quando los productos sean de importación deberán llevar contraetiquetas en el idioma en español, con los datos mencionados".

Si la etiqueta ostenta figuras o dibujos alusivos que sugieran la presencia de una o más sustancias, el producto deberá tenerlas en su composición y en cantidades que nutricionalmente se justifiquen.

LEY DE INVERSIONES Y MARCAS:

Reglamentación paralela, aunque no específicamente de empaques, si no para la impresión de los empaques es la ley de Inversiones y Marcas. No le basta al industrial identificar su empresa por medio de un nombre, que combinado con dibujos y exteriorizado, constituye la muestra que guía al público hacia su negocio respectivo, sino que le interesa que las mercancías o sus envolturas y que pueden consistir en el mismo nombre del comerciante o de la negociación o en un símbolo o dibujo cualquiera; en una combinación determinada de colores, forma de los envases, etc.

La Ley reconoce las marcas del productos y las marcas de servicios. Las primeras se constituyen por los signos que distinguen a los artículos o productos de otros de su misma especie o clave.

El derecho de uso exclusivo de la marca se obtiene mediante su registro en la SECOFI.

El art.89 de la Ley de Inversiones y Marcas establece: La persona que use o quiera usar una marca para distinguir los artículos que fabrique o produzca, podrá adquirir el derecho de exclusivo uso, satisfaciendo las formalidades y requisitos que establece la ley y su reglamento. Igual derecho tendrán los comerciantes y prestadores de servicio debidamente establecidos respecto a los artículos que vendan o los servicios que presten el territorio nacional y de los cuales quieran indicar su procedencia. Los comerciantes podrán usar su marca por si sola o agregada a la quien fabrique los productos con el consentimiento expreso de este.

La marca es un signo distintivo, pero que clase de signos pueden constituir una marca? la respuesta está en el art. 90 de la Ley antes mencionada, al establecer que pueden constituir una marca:

- I. Las denominaciones y signos visibles, suficientemente distintivos y cualquier otro medio susceptible de identificar los productos o servicios a que se aplique o traten de aplicarse, frente a los de su misma especie o clase.
- II. Los nombres comerciales y las razones sociales o denominaciones sociales siempre que no queden comprendidos en las prohibiciones previstas en el artículo que menciona que signos se considera registrables.

En virtud de su carácter esencial de signo distintivo de productos o mercaderías, la marca debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) Debe ser original, es decir, debe
- b) Ser nueva,
- c) Ser independiente,
- d) Debe ser lícita
- e) Debe ser limitada
- f) Debe indicar procedencia de los artículos que ampara,
- g) Normalmente, la marca debe ser única.

La marca debe usarse tal y como fue registrada. Su uso en forma distinta traerá como consecuencia la extinción del registro, previa la declaración correspondiente.

Toda modificación será motivo de una nueva solicitud de registro, salvo que ella solo se refiera a las dimensiones o al material en la cual este impresa, grabada o reproducida la marca.

LEGISLACION FORANEAS FDA:

Es importante informar en este espacio, aunque sea a modo de referencia la existencia de las secciones correspondientes en la legislación foránea, sobre todo la Food and Drugs Administration de los Estados Unidos de Norteamérica.

En la sección 21 del "Code of Federal Regulations" que es la que se relaciona con el control de alimentos y medicamentos, la parte clasificada con el número 175 se aplica para los "aditivos indirectos en los alimentos", como son los adhesivos y componentes de recubrimientos.

En la subparte "B" se relacionan las sustancias autorizadas solamente como componentes de adhesivos, evidentemente no solo las enlista si no que además señala las características y modo de empleo.

En la subparte "C" se encuentran las sustancias que se autorizan como componentes en recubrimientos.

En la parte 176 de esta Sección 21 encontrarán la regulación respectiva de los aditivos indirectos autorizados en los componentes del papel y del cartón.

Asimismo en la parte siguiente, la No 177 está la regulación correspondiente a los polímeros. En la subparte "B", la sustancia para usarse como componente básico de una o varias capas de la superficies en contacto con los alimentos y en la subparte "C" las sustancias para usarse solo como componente de determinados artículos retornables o de reuso.

Se hace referencia de la FDA por ser representativa al máximo nivel internacional de especificaciones, límites de uso y métodos de prueba, etc. que inclusive en el Codex Alimentarius, dentro de su programa conjunto con FAO/OMS sobre las normas alimentarias no existe hasta el momento. Un comité específico de empaques o materiales de empaque para alimentos.

El Institute of Food Technologists (IFT), crea su división de Food Packaging, para dar una respuesta adecuada a toda esta problemática.

Especial mención, aquí en México, requiere el Comité Consultativo Nacional de Normalización de Envase y Embalaje, constituido el 3 de marzo de 1972 con objeto de elaborar y difundir Normas al respecto. Actualmente existen 159 Normas Oficiales Mexicanas. La presidencia de este comité es soportada por los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial.

CAPÍTULO III

EL POLIETILENO

3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES:

Los polietilenos son los miembros más simples del gran grupo de las resinas sintéticas formadas por la polimerización del etileno. Es un material que se siente ceroso al tacto; sus propiedades varían con el tipo y el peso molecular, es óptimo aislante para altas temperaturas y altísimas frecuencias; dichas propiedades no se alteran incluso en ambiente húmedo. En películas es ligeramente permeable al vapor de agua y a los gases; a medida que baja la densidad del plástico su fragilidad aumenta.

Muestra en general baja adhesión, si se requiere aumentar esta, se somete a tratamiento de oxidación de "flama", o de irradiación de alta energía. La exposición prolongada a la luz solar produce la oxidación fotoquímica. La transparencia la cristalinidad del polietileno disminuye al aumentar la estructura lineal; de igual manera la transparencia tiende a aumentar con el peso. El polietileno de alta y de baja densidad es transparente solo en películas delgadas, es traslucido y opaco en sus demás formas.

Existen muy diversos tipos de polietileno de acuerdo a la estructura molecular de cada uno, que depende de las condiciones de temperatura y de presión, así como del tipo de catalizador, modificador y del tipo de reactor usado en la producción de estos. Así, los diversos tipos obtenidos presentan propiedades físicas diferentes para satisfacer las necesidades requeridas en cada una de sus aplicaciones finales.

Los varios tipos de polietilenos comerciales existentes se han clasificado, por conveniencia, en dos grandes grupos:

POLIETILENOS DE ALTA DENSIDAD: (arriba de 0.95 g/cm^3)

POLIETILENOS DE BAJA DENSIDAD: (abajo de 0.95 g/cm^3) estos últimos se subdivide en ramificados (PEBD) y (PEBDL).

Esta última subdivisión se debe a la introducción de un nuevo proceso de baja presión (para PEBDL) que permite obtener los tipos de baja densidad, para lo cuales, anteriormente, era indispensable el proceso de alta presión. Sin embargo, a pesar de obtenerse por ambos procesos el polietileno de baja

densidad, las características físicas de los tipos son diferentes entre sí, debido a la estructura molecular de uno y de otro. En el obtenido por el proceso tradicional de alta presión se encuentran cadenas con muchas ramificaciones de muy variables longitudes, casi tan grandes como la propia cadena principal, mientras el que se produce con baja presión presenta una estructura casi lineal, con ramificaciones pequeñas y de longitud y frecuencia controladas. Esta linealidad les proporciona a los PEBDL características propias diferentes al PEBD convencional.

El polietileno no es atacado a temperatura ambiente, ni por los ácidos, bases o sales. Resiste a los ácidos inorgánicos concentrados; la agua y a las soluciones acuosas diluidas; los ácidos sulfúrico y nítrico concentrados lo atacan lentamente.

Se considera que es resistente a los solventes comunes abajo de los 60°C. a temperaturas mayores de 70°C. el polietileno es atacado con mayor intensidad por los sulfuros alifáticos, aromáticos y clorinados; si se aumentan las temperaturas más aún, el polietileno puede disolverse, es soluble en tolueno o xileno calientes.

El PEBDL es más difícil de procesar que el PEBD convencional, debido a las diferencias en sus propiedades físicas (como el punto de fusión y viscosidad), que hacen que cualquier maquinaria de procesamiento de polietilenos tenga que trabajar a menor velocidad (en Kg/h) que con el PEBD convencional.

Otro problema con que se encuentran los procesadores de polietilenos, es el tener que efectuar cambios en su maquinaria para poder manejar el PEBDL, debido a que éste lo adquieren en forma granular (de forma esférica) y no en pellets (forma que tiende a ser cilíndrica debido al corte del filamento al salir de la extrusión) como el PEBD convencional. Esta particularidad, que obliga a los procesadores a realizar una inversión adicional significa, en cambio, un ahorro al productor de polietilenos, ya que evita el paso de pelletización dentro de su proceso reduciendo así su costo de producción.

En México solo se producen PEAD y PEBD convencionales. Los diferentes tipos de cada uno son comercializados a través de una clasificación que PEMEX registró como: PADMEX para sus polímeros de alta densidad y PX para los polímeros de baja densidad.

Las denominaciones mencionadas se antepone a una serie de cinco números que corresponden a la densidad y el índice de fluidez del producto. La densidad está determinada por las dos primeras cifras (a la que se suprimió el 0.9) y está dada en g/cm³. Por su parte el índice de fluidez está representado por las tres últimas cifras, de las cuales las dos primeras son

enteros y la ultima un decimal, y esta dado en g/10 min a 190°C. Este índice de fluidez es indicador del peso molecular que posee el polietileno y que será mayor entre menor sea el índice de fluidez, dando lugar, generalmente, a un polietileno más resistente.

3.2 PROPIEDADES FÍSICAS DEL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD:

De acuerdo a la nomenclatura anterior, en las tablas 3A y 3B se muestran las características o propiedades físicas principales de estos polietilenos.

POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

(Tabla 3A)

Propiedades Físicas Tipo	PADMEX 5000	PADMEX 35010	PADMEX 80003	PADMEX 60120	PADMEX 63050
Densidad g/cm ³	0.950	0.955	0.95	0.95	0.955
Índice de fluidez g/10min	0.3	1.0	0.3	12.0	5.0
Resistencia a la tensión en el punto de deformación permanente	250 (Buena)	250 (Buena)	200 (Buena)	300 (Buena)	310 (Buena)
Alargamiento (%)	800 (Excelente)	1000 (Excelente)	900 (Excelente)	700 (Buena)	900 (Excelente)
Módulo de flexión (kg/cm ²)	11000 (Excelente)	11000 (Excelente)	15000 (Excelente)	16000 (Excelente)	17000 (Excelente)
Resistencia al Impacto (kg-cm/cm)	20 (Excelente)	25 (Excelente)	25 (Excelente)	7 (Buena)	10 (Buena)
Dureza shore D	65 (Buena)	66 (Buena)	70 (Buena)	72 (Buena)	72 (Buena)
Temperatura de ablandamiento	124 (Buena)	122 (Buena)	123 (Buena)	128 (Buena)	128 (Buena)
Temperatura de fragilidad °C	70 (Excelente)	70 (Excelente)	70 (Excelente)	70 (Excelente)	70 (Excelente)
Resistencia ambiental	Excelente	Excelente	Excelente		

Tipo
 Prop.
 Físicas

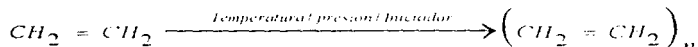
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD

(Tabla 3 B)

	PX 17070 L	PX18450 G	PX20020 P	PX 20020 X	PX21200 Y	PX22004	PX22007
Densidad (g/cm ³)	0.917	0.918	0.920	0.920	0.921	0.922	0.922
Índice de fluidez g/10 min	7.0	45.0	2.0	2.0	20.0	0.4	0.7
Resistencia ambiental			Buena	Buena		Buena	Buena
Resistencia a la tensión en el punto de deformación permanente (kg/cm ²)	33				100 (Muy buena)	120 (Excelente)	100 (Longitudinal) (Muy buena)
Alargamiento %	570 (Muy buena)					900 (Excelente)	600 (Longitudinal) (Muy buena)
Brillo 45° (unidades)			70 (Excelente)	70 (Excelente)			
Claridad (unidades)			22 (Excelente)	22 (Excelente)			
Resistencia al impacto (g)			150 (Buena)	150 (Buena)		850 (Excelente)	
Resistencia al rasgado:			165 (Buena)	165 (Buena)		>250 (Excelente)	215 (Muy buena)
Longitud (g/milésima pulg.) Transversal (g/milésima pulg.)			140 (Buena)	140 (Buena)		>250 (Excelente)	230 (Muy buena)

3.3 ESTRUCTURA DEL POLIETILENO:

El polietileno es un termoplástico de la familia de las poliolefinas, su estructura es parcialmente cristalina con diversos grados de ramificaciones, mismos que influyen en el grado de cristalinidad del material, ocupa como materia prima principal el etileno y su estructura es una cadena larga de unidades de este.



Su apariencia es lechosa y opaca; con espesores de pared pequeños aumenta su transparencia, la cantidad de ramificaciones relaciona el grado de cristalinidad y la densidad.

Su comportamiento en presencia de fuego hace una flama azul con amarillo en la punta al arder, al quemarse gotea, excepto los grados que son autoextinguibles.

Los procesos de transformación del polietileno son varios en los que se encuentran: la inyección, la extrusión, la extrusión-soplo, el rotomoldeo, el termoformado la termofusión etc. La unión de piezas de este material, se puede realizar soldando con gas o aire caliente o con adhesivos a base de goma mediante una previa oxidación; esta puede ser con aire caliente, flama o alguna sustancia química; cuando se trata de piezas moldeadas por inyección, soplo o prensa.

3.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE OBTENCIÓN DE PEBD Y PEAD:

El proceso de producción del PEBD esta bajo licencia de Imperial Chemical Industries Ltd (ICI). Las plantas utilizan como materia prima etileno y la polimerización se lleva a cabo mediante una reacción catalítica a alta presión (desde 1100 a 1500 kg/cm²) en presencia de una mezcla de peróxidos orgánicos (como catalizadores) en un reactor autoclave con agitación.

La corriente de salida del reactor entra a la sección donde se recuperan el etileno que no reaccionó y el polímero formado, el cual se manda a la sección de extrusión; ambas corrientes son líquidas.

Finalmente, en la extrusión y corte se prepara al producto terminado en forma de pellets para su almacenamiento.

Aunque en México aún no se produce polietileno lineal de baja densidad, es conveniente mencionar los principales aspectos de su producción para poder hacer comentarios y comparaciones con respecto a los polietilenos convencionales.

El proceso es similar al que se usa para el polietileno de alta densidad; es decir, se efectúa a bajas presiones, usando generalmente un reactor de tipo lecho fluidizado para fase gas, que es similar al utilizado en la elaboración de PEAD.

Para la carga, además del etileno, se emplean cantidades relativamente altas de un comonomero (5-12% en peso), que por lo general es una alfa-olefina como el propileno, 1-buteno o 1-hexeno. De ellos, el más empleado en E.U. es el 1-buteno por disponibilidad y barato.

Estos comonomeros son los que forman las ramificaciones de la cadena principal y controlan la longitud de estas ramificaciones a partir del contenido y número de carbonos del comonomero. Este hecho es bastante importante, pues como ya se mencionó con anterioridad, tanto la densidad como otras propiedades físicas del producto dependen de la frecuencia y longitud de las ramificaciones.

Dow Chemical y DuPont utilizan un proceso de polimerización en fase gas. Esta última publica que al eliminar la sección de pelletización se obtiene un ahorro importante.

Otros aspectos importantes que reportan los productores de PEBDL son que la inversión de capital fijo para una planta de PEBDL es bastante menor que para una de PEBD convencional, además, que las necesidades de energía para operarla son de sólo el 25% de las necesarias en las plantas de PEBD convencional.

El proceso de producción de PEAD que se utiliza en México es bajo licencia de Asahi Chemical Industry. La planta recibe cargas de etileno mezclado con hexano, que hace la función de solvente soporte, y un comonomero, que por lo general es 1-buteno aunque llegan a utilizarse 2-buteno e incluso hasta propileno.

La reacción que se lleva a cabo en un reactor continuo provisto de agitación, utilizando un catalizador del tipo Ziegler. La corriente de salida es purificada a través de digestores, mezcladoras y asentadores, mientras el catalizador es desactivado con metanol y una solución de sosa cáustica.

El polímero virgen obtenido en forma de polvo fino en suspensión con el solvente soporte, una vez separado, se seca y se homogeneiza con aditivos para mejorar sus propiedades físicas y facilitar su procesamiento.

Finalmente se extruye y se corta en forma típica de granulos para su almacenamiento en silos de donde se saca para su distribución y venta.

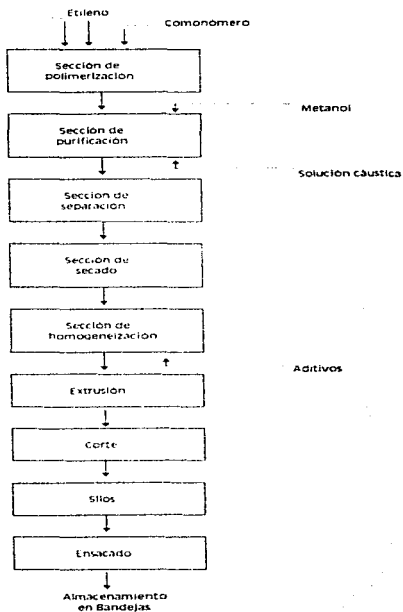
A continuación se muestran los diagramas de flujo de los polietilenos de baja y alta densidad.

OBTENCIÓN DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

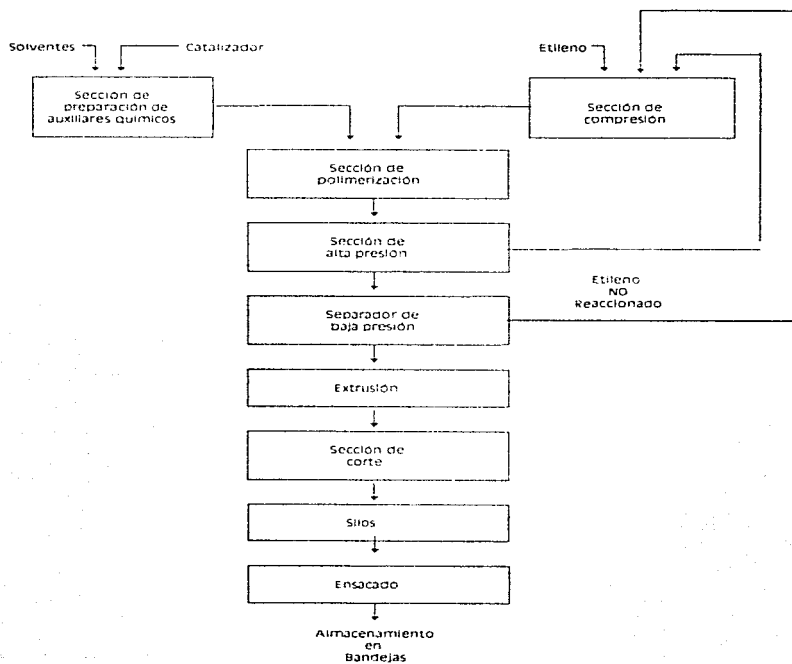
Solventes

Catalizador

Solventes de pre-
paración de
Auxiliares Químicos



OBTENCIÓN DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD



3.5 APLICACIONES DEL PEBD Y PEAD EN EL MERCADO:

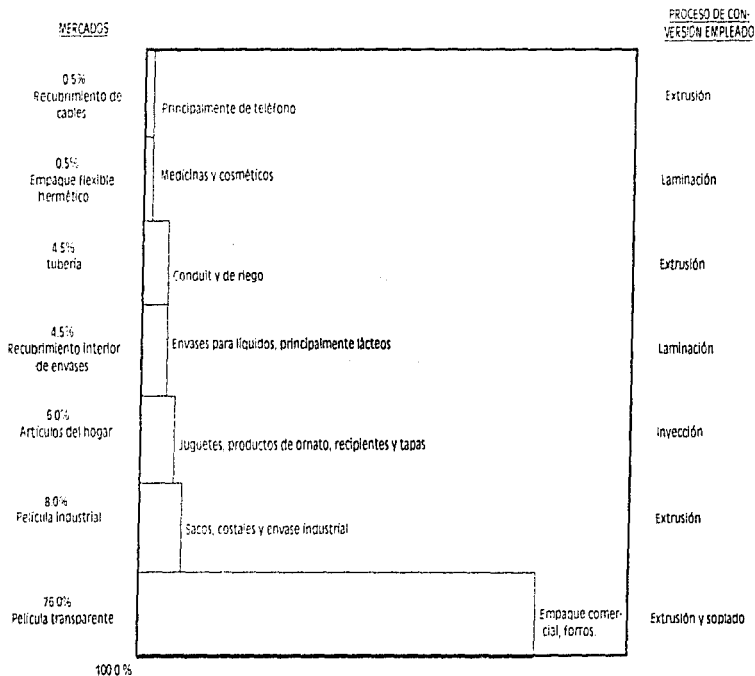
Los polietilenos se utilizan en muy diversos productos, que van desde artículos del hogar hasta tuberías de alta presión. Para estas transformaciones son utilizados los procesos típicos de procesamiento de resinas, tales como extrusión, moldeo por inyección y moldeo por soplado, siendo el primero el más importante para México.

Del mercado total de polietilenos, el de mayor volumen es el de baja densidad; su principal sector de consumo es la industria del envase y el empaque en la que se destina a muy diversos productos como bolsas comerciales, costales y sacos industriales, tapas, envases para preservación de alimentos y películas para recubrimiento interior de envases de productos lácteos, principalmente.

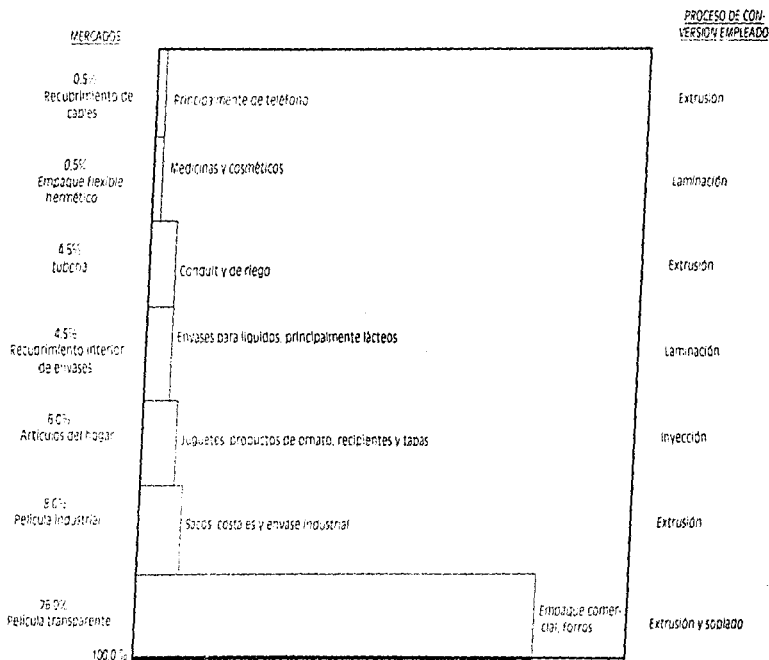
El proceso más utilizado para los polietilenos de baja densidad es el de extrusión, mediante el cual se obtiene la gran mayoría de películas y la totalidad de los recubrimientos eléctricos y la tubería, como se aprecia en los tablas siguientes.

Respecto al polietileno de alta densidad, para su procesamiento se utilizan principalmente, el moldeo, por inyección o soplado, y la extrusión, siendo el primero de ellos el más utilizado y sus productos más comunes son: botellas, cajas para refresco, juguetes y empaques diversos. Por su parte, los productos típicos obtenidos por extrusión son perfiles, cables, filamentos, mangueras y tuberías de alta presión.

ESTRUCTURA DEL MERCADO DE POLIETILENOS DE BAJA DENSIDAD EN MÉXICO **PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DEL MERCADO**



ESTRUCTURA DEL MERCADO DE POLIETILENOS DE BAJA DENSIDAD EN MÉXICO PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DEL MERCADO



3.6. CAMBIOS FÍSICOS PRODUCIDOS POR LA RADIACIÓN:

Solamente un número limitado de los cambios producidos por la radiación, que suceden en las propiedades físicas del polietileno, han sido examinadas sistemáticamente. Estos cambios se refieren a la cristalinidad, el punto de fusión y a los módulos elásticos.

a) Cambios en cristalinidad:

Dado que la irradiación causa importantes modificaciones en su estructura, en la molécula de polietileno ocurren ramificaciones y saturación, la geometría de la molécula es alterada y esto puede, de alguna manera, orientar la cadena para formar una molécula regular. Esto se basa en que la región cristalina del polímero debe ser altamente afectada por la irradiación y se puede esperar un decremento gradual de los grados de cristalinidad.

b) Diseño de difracción:

Se investigó el diseño de difracción de rayos X de la película de polietileno sujeta a incrementar cantidades de radiación reactiva. Los espacios del diseño original no fueron tampoco afectados.

c) Espectro infrarrojo:

Se investigaron las modificaciones del espectro infrarrojo del polietileno bajo irradiación de electrones y gammas. Se notó que algunos de los cambios causados por la irradiación fueron idénticos a los ocurridos cuando el polietileno fue calentado por encima de su temperatura de fusión.

d) Volumen específico y temperatura de fusión cristalina:

Los cambios en las modificaciones de la cristalinidad pueden ser estudiados a través de la medida del rango de fusión del polímero y también del cambio de su densidad con temperatura. Se examinaron las curvas del polietileno incrementando cantidades de radiación y, de ahí en adelante, calentando por un período prolongado a 220°C.

e) Comportamiento de fusión:

Se midió la temperatura, de un número de parafinas lineales sujetas a radiación. La técnica experimental consistió en calentar muestras selladas en tubos para irradiación, determinando la temperatura máxima en la cual no había un apreciable flujo después de diez minutos. Fue así que se encontró

que la temperatura de fusión, primero, cayo con las dosis de radiación y, de ahí en adelante, se alcanzo el punto de gel.

3.7. CAMBIOS QUÍMICOS PRODUCIDOS POR LA RADIACIÓN :

La primera descripción de los cambios químicos producidos por la radiación en el polietileno fue expuesta por Dole, cuyo trabajo fue publicado por Rose en la irradiación de películas delgadas de polietileno. Se encontró que, cuando el proceso de irradiación fue terminado, la película perdió peso por la liberación de hidrogeno y por la reacción de las moléculas de bajo peso. El análisis infrarrojo de la película irradiada demostro que se formaron dobles enlaces en el proceso. Con irradiación en presencia de oxigeno, el peso del polimero aumenta y se detectó por formación de grupos carbonil y carboxil por medio de análisis de infrarrojo.

Un estudio detallado de los efectos de la irradiación del polietileno demostró, concluyentemente, que éste se vuelve una cadena cruzada (crosslinking) despues de la irradiación.

En los primeros estudios del efecto de la irradiación del polietileno se notó que una apreciable cantidad de gases actuaron en los procesos, igualmente con pérdida de peso de la muestra del polimero. Se encontró que el gas participante fué un compuesto del 98% de gas de hidrógeno y pequeñas cantidades de metano, etano, propano y butano.

El grado de insaturación del polietileno irradiado fue detectado por métodos químicos (Bromo o Iodo) y análisis infrarrojos.

3.8. EFECTO DE LA RADIACIÓN SOBRE LOS MATERIALES POLIMERICOS :

Los polimeros son materiales de envases muy interesantes que permiten el tratamiento por irradiación de los alimentos.

Se trata de que este tratamiento no altere las propiedades funcionales de los materiales. Numerosos trabajos se han realizado en éste campo, ellos han permitido a la FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA) emitir regulaciones o autorizaciones para que algunos polimeros, con o sin aditivos, reciban dosis de ionización bien determinada.

En los polímeros los efectos son sobre sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, en las propiedades de barrera y sobre los fenómenos de migración de estos materiales plásticos y, finalmente, por el desprendimiento de productos volátiles.

Los polímeros son una mezcla de macromoléculas o polímeros orgánicos o semiorgánicos de carácter resinoso, provenientes de una reacción natural o artificial de policondensación.

Los polímeros son cadenas de macromoléculas e intersticios. Su repartición puede ser ordenada (estado cristalino) o desordenada (estado amorfo). Sea que el material presenta una estructura cristalina o amorfa, éste no puede estar constituido como estructura continua de materia, sino como una de más o menos rígida que presenta intersticios según el grado de vibración de las moléculas que las constituyen, así mismo, el número de poros de una dimensión determinada que dependerán, también de su grado de vibración.

El grado de cristalinidad no es función solo de la construcción molecular, sino que depende en gran parte del tiempo, de las condiciones del proceso utilizado para obtener el material. Por otro lado, los polímeros contienen siempre aditivos (antioxidantes, estabilizantes UV, plastificantes, etc.) que están generalmente en pequeñas cantidades (1 o menos % salvo en el caso de las cargas que se encuentran entre 30 e 40%) estas facilitan el proceso de fabricación o confieren propiedades particulares y deseadas al producto determinado.

Los polímeros, naturales o sintéticos, experimentan diferentes efectos según las condiciones de irradiación y la estructura molecular del material. Estos efectos se deben a distintas reacciones inducidas por la radiación misma y las principales son:

- * **RETICULACIÓN:** Que consiste en la formación de nuevas uniones químicas con un consecuente aumento del peso molecular, se incrementa la fuerza de tensión, dureza y disminuye la fuerza al impacto.
- * **DEGRADACIÓN:** O ruptura de enlaces químicos, disminuye el peso molecular; y hay un desprendimiento de gases y formación de calor. Estos cambios en la estructura molecular provocan alteraciones en las propiedades mecánicas y químicas en el material según la importancia de dichas alteraciones se considera la aceptabilidad del material como envase para los alimentos.

Cuando se irradian materiales de empaque para alimento, es importante conocer las sustancias químicas producidas por la radiación ionizante que pueden migrar provenientes del empaque al contenido.

La migración de sustancias inducidas en el alimento generadas por la irradiación dependerá del contacto alimento-empaque, del grosor de la superficie de contacto con el alimento, del coeficiente de difusión de las sustancias nuevas formadas con el material de empaque y de las condiciones subsiguientes de almacenamiento, así como del coeficiente de partición que es el de la compatibilidad alimento-empaque y alimento-migrante y el empaque siguiente a la irradiación.

La FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA) contempla en su reglamentación una serie de empaques que son factibles a determinar dosis de irradiación, como se muestra en la tabla:

MATERIAS DE ENVASE	DOSES MÁXIMAS (Gy)
Papel Kraft	5
Papel Glassine	10
Cartoncillo encerado	10
Celofán recubierto de nitrocelulosa	10
Copolímero de cloruro de vinilideno (Sarán)	10
Películas de polietileno	60
Película de nylon 6	60
Películas de poliestireno	10
Películas de polietileno tereftalato (PET)	60

3.9. MECANISMO DE LA ACCION DE LA RADIACION IONIZANTE SOBRE LOS POLIMEROS :

Las modificaciones de las propiedades de los polimeros por causa de la irradiación son el resultado de diferentes procesos:

- La degradación de las cadenas por la ruptura de éstas y, por lo tanto, una producción de gas.
- La reticulación, que es un sinonimo de la dimerización (creación de puentes entre cadenas principales).

En general, los dos efectos compiten, pues ocurren simultáneamente y el efecto predominante depende de la estructura del polímero.

Un efecto neto de las reacciones, de reticulación es la modificación de las propiedades físicas de los materiales como:

- * Aumento en la resistencia a la tensión.
- * Endurecimiento.
- * Modificación de la resistencia a los solventes y disminución de su resistencia al impacto.

La ruptura de las cadenas involucra la ruptura de los enlaces moleculares, lo que ocasiona la formación de cadenas cortas de polímeros, el desprendimiento de gases y la modificación en materias extractables.

En la mayoría de los casos, la dosis con la cual se trabaja es de (10kGy), la que no, ocasiona cambios significantes para los materiales resistentes, no siendo así para los casos de PP, PVC y PVDC.

Para un polímero dado, el grado de reticulación o de degradación depende de la naturaleza del mismo y de la cantidad de aditivos, del medio ambiente (presencia de oxígeno) y de la dosis de radiación.

3.10 .ACCIÓN DE LOS RAYOS IONIZANTE SOBRE LA MIGRACIÓN:

En los productos alimenticios de larga conservación, el factor del tiempo reviste una importancia muy particular en dos niveles, el del tiempo de contacto producto-material de envase, que es el dominio de migración (compatibilidad Producto-Envase) y el del tiempo de contacto atmósfera externa-material de envase-atmósfera interna, que es el dominio de la permeabilidad.

La migración se define como el transporte de sustancias, por naturaleza de tipo fisicoquímico, provenientes de la pared del envase hacia el producto envasado. Pero, en realidad, es un fenómeno complejo en donde intervienen varios factores, como la difusión, la temperatura, el tiempo, la viscosidad, la naturaleza química de los productos envasados, entre otros.

El término "migración global" comprende la totalidad de los compuestos de la pared que han sido inmiscuidos en el producto alimentario por causa del contacto. Hablamos de "migración específica" cuando se mide el transporte de un producto o componente bien identificado.

Cuando se somete un material de envase, a la radiación ionizante, lo que interesa es que ningún producto presente un carácter tóxico, peligroso o nocivo, ya sea por degradación del material de envase o del producto envasado o por interacción de los dos. Lo que nos interesa es prevenir la influencia de la ionización sobre la migración, sin olvidar que los materiales de envase, flexibles o rígidos, contienen pequeñas cantidades de monómeros, catalizadores, estabilizantes, varios plastificantes, antioxidantes, adhesivos, antiestáticos, entre otros aditivos, que tienen un potencial de migrar al producto envasado.

3. 11 ACCIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DE BARRERA (PERMEABILIDAD) :

El papel que juega la permeabilidad de los materiales de envase en la conservación de los productos alimenticios es bien conocida, sobre todo para las especies que requieren o no, de la presencia de oxígeno. La velocidad de degradación dependerá únicamente de la permeabilidad.

La composición de la película, su grado de cristalinidad, el tamaño de las cadenas laterales y la reticulación, son importantes para el transporte de masa. Podemos así predecir la influencia de los rayos ionizantes sobre las propiedades de barrera de los materiales. Si los mecanismos de reticulación predominan, sus intersticios moleculares van a reducirse y la permeabilidad va a disminuir; si por el contrario, el mecanismo de degradación predomina, el desorden molecular aumenta y la porosidad también, y las propiedades de barrera disminuyen. En consecuencia, un cambio de estructura molecular se traducirá en una modificación de las propiedades de barrera.

DEGRADACION DE PARTICULAS POR IRRADIACION

TIPO DE MATERIAL	EFFECTO
Poliestireno	Sin efecto ¹
Goma de Hidrocarburo	1 ¹
Nylon	2 ¹
Policarbonato	5 ¹
Sarín	10 ¹
Poliétileno	20 ¹
Polipropileno	20 ¹
Poliacetil	50 ¹
Cloruro de polivinilo	Alto ¹
Papel	Muy Alto ^{1,2}

¹ Las cifras son basadas en micromoles de gas producidos de 1g de película a 6 Mrad de radiación de rayos Gamma.

² El papel y los materiales celulósicos similares pierden cerca un 20% de su fuerza.

CAPÍTULO IV

LA RADIACIÓN EN LOS ALIMENTOS

4.1 APLICACIONES GENERALES DE LA IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS:

La preservación de alimentos por irradiación es considerado un proceso "frío" porque únicamente se producen un pequeño incremento de temperatura en el alimento durante el proceso de preservación.

Esto lo hace bastante atractivo en algunos aspectos relacionados con el procesamiento de alimentos, tales como la pérdida de nutrientes. Así, la pequeña elevación de temperatura minimiza los cambios adversos de olor, aroma, textura, color y calidad nutricional. Los alimentos irradiados retienen, por consiguiente, más de la apariencia, el sabor y las características del alimento fresco.

Otra ventaja de este proceso de preservación es la flexibilidad, ya que la irradiación se puede usar para preservar una variedad de alimentos en un rango grande de tamaños y formas: canastas de papa, harina en sacos, pedazos completos de carne, pavos enteros, pescados, pollos, etc.

Este amplio margen de aplicaciones lo hacen útil para métodos usados al momento y quizás para futuros métodos industriales, como:

PASTEURIZACIÓN POR IRRADIACIÓN:

La mayoría de las aplicaciones de la irradiación de alimentos se han orientado hacia la prolongación de la vida útil de los productos perecederos antes de su deterioro. El proceso de irradiación se puede también usar para destruir o inactivar microorganismos contenidos en los alimentos, causantes de enfermedades.

La pasteurización con el uso de radiaciones da lugar a productos similares a aquéllos que han sido tratados con calor, y nos son familiares, con la diferencia de que los alimentos pasteurizados con radiaciones no han sido cocidos.

Es preciso hacer notar, sin embargo, que el almacenamiento a temperaturas de refrigeración es generalmente necesario para este tipo de

productos tratados con radiación, igual que con la pasteurización por calor, la vida de anaquel del producto se extenderá considerablemente.

La extensión de la vida útil de los alimentos pasteurizados por radiaciones resulta de la reducción del número de microorganismos que los deterioran, tales como bacterias, levaduras, y mohos, que pueden estar presentes. Así, la pasteurización por irradiación hace posible el envío de productos refrigerados, no congelados, tales como productos del mar, desde lugares en la costa a sitios del interior.

La pasteurización por irradiación es también efectiva en la preservación de carne fresca, aves y otros alimentos que puedan portar organismos patógenos.

ESTERILIZACIÓN POR IRRADIACION:

Otra aplicación de las radiaciones en el procesamiento de alimentos es la posibilidad de preparar productos alimenticios comerciales estériles. Dependiendo de los alimentos, los microorganismos patógenos y de deterioro son eliminados por dosis de 1-5 Mrad (10-50 kGy). Esos alimentos, por lo tanto, pueden ser guardados del mismo modo que aquellos que han sido esterilizados por calor, igual que los enlatados, los alimentos radio-esterilizados se pueden almacenar por años sin ninguna refrigeración en tanto el empaquetamiento o envase no sea roto o corroído.

Los estudios sobre radio-esterilización llevados a cabo hasta el momento, se han limitado esencialmente a carnes y ciertos productos del mar. El nivel de radiación que se necesita para obtener un producto comercial estéril varía de acuerdo al alimento y a las condiciones del proceso de irradiación, del mismo modo que sucede con los productos enlatados.

En el caso de alimentos, la dosis de radiación requerida se determina mediante un test o prueba con esporas de *Clostridium botulinum* que se inoculan experimentalmente en el mismo alimento.

Ante la irradiación, el alimento es tratado térmicamente (escaldado) a fin de inactivar cualquier enzima pectinolítica presente, del mismo modo que se hace con alimentos congelados, esto ayuda a asegurar que no haya deterioro enzimático después del proceso de irradiación.

El calor también inactiva algunos virus de los alimentos, ayuda a expulsar el oxígeno, aumenta la radio-sensibilidad de algunos microorganismos resistentes y también sirve para cocer los alimentos.

VENTAJAS DEL PROCESO DE IRRADIACIÓN:

El proceso convencional de enlatado tiene algunas desventajas, ya que los alimentos generalmente necesitan ser empacados con líquido para asegurar una completa penetración de calor y en esto los envases pequeños dan los mejores resultados; el rompimiento de las paredes celulares del alimento debido al calor resulta en productos con una textura demasiado suave y olores alterados. El proceso de irradiación, en cambio, da lugar a productos estables más parecidos a los frescos en lo relacionado a textura, aroma y color.

Otras ventajas posibles con el del proceso de irradiación son: el producto se puede empaquetar en seco, no existen pérdidas de jugos naturales durante la irradiación, se pueden emplear contenedores relativamente grandes en tamaño, se procesan los productos listos para su venta etc.

Un ejemplo lo da la prueba del aroma, las carnes y productos del mar irradiados y desarrollados por el ejército de los E.U: tuvieron un intervalo bueno de aceptabilidad. Productos irradiados tales como jamón radioesterilizado fueron comidos por los astronautas del vuelo Apolo a la Luna y por cosmonautas tanto americanos como rusos, que participaron en el proyecto conjunto Apolo-Soyuz en 1975.

Productos alimenticios radioesterilizados han sido aprobados como comidas especiales de hospital para pacientes que deben comer alimentos esterilizados debido a la alteración inmunológica de su organismo.

OTRAS APLICACIONES DE LA IRRADIACION DE ALIMENTOS:

La irradiación de alimentos se puede usar en lugar de la fumigación química para el control de la infestación de insectos que ocurre en cereales, harinas, frutas fresca y deshidratada y otros alimentos vulnerables.

Las especierias y otros ingredientes especiales para alimentos, que pueden tener una alta carga bacteriana debido a practicas inadecuadas de cultivo y manejo en los países de origen, al anadirse a los alimentos pueden dar lugar a contaminaciones causando su deterioro o enfermedades en el consumidor.

La inocuidad de los fumigantes químicos ha sido cuestionada, y el empleo, de calor en especierias, como un método de descontaminación, no puede ser usado debido a que elimina las sustancias volátiles responsables del sabor característico y, el aroma de la especiería.

La irradiación, en cambio, puede ser usada como descontaminante debido a que es un proceso "frio". Por lo tanto, la descontaminación por

Irradiaciones puede ser muy útil al proteger los sabores y olores de las especerías.

El uso de niveles de Irradiación del orden de 30-150 Gy o menores, para prevenir la germinación en tubérculos (papas, cebollas etc.) y prolongar, por lo tanto, su almacenamiento, se ha aprobado en muchos países.

Esto es especialmente importante en los países nórdicos, en los cuales no se permite el uso de agentes químicos en sus cosechas anuales de papas. La irradiación, por lo tanto, puede ser el agente apropiado que permita proveer a la población con papas a lo largo de todo el año, sin la usual escalada de precios debido a la importancia de las mismas en su dieta.

El tratamiento por irradiación puede también reemplazar algunos aditivos de alimentos o reducir las cantidades requeridas de estos. Por ejemplo, jamón irradiado, tocino, filetes, etc., se han producido con menos nitrito que aquel empleado en "carnes curadas" convencionales y sus características organolépticas son similares a las de productos carnicos normalmente comercializados.

Los científicos han producido inclusive, embutidos sin nitrito, aunque la mayoría de los productos procesados de este modo no poseen el color rosado característico y tienen un ligero sabor diferente que los productos preparados en forma convencional.

El nitrito no da únicamente el color rosado y sabor a las carnes curadas, sino, lo que es más, inhibe la producción de la toxina botulínica.

Ya que la irradiación mata a las células de *Clostridium botulinum*, puede reemplazar al nitrito como agente antibotulínico, y, por lo tanto, se puede conseguir una disminución apreciable en la cantidad de este compuesto químico a las carnes. Esto es de suma importancia por a las implicaciones cancerígenas atribuidas a los nitritos y nitratos por su participación en la formación de nitrosaminas.

4.2 APLICACIONES PRÁCTICAS DE LA IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS:

RADURIZACIÓN :

El propósito de la radurización de carnes y aves es extender la vida útil de estos productos alimenticios. En parte debido a consideraciones

microbiológicas y en parte a razones de calidad de los productos, la radurización de estos alimentos debe ser acompañada de refrigeración.

La radurización es un proceso que se realiza empleando dosis bajas de radiación. Su objetivo específico es reducir la población microbiana inicial hasta tal punto que sea necesario un período más largo para el deterioro final del alimento por acción de los microorganismos. La radurización no previene la descomposición final únicamente sirve para retrasarla y este retraso constituye la extensión de la vida útil del producto.

Las carnes rojas de mayor interés son, las de res, ternera, puerco y cordero. De entre las aves, el interés de la radurización está limitado a la carne de pollo.

En productos cárnicos, el objetivo principal es la aplicación de la radurización a carnes frescas.

Existen numerosas evidencias experimentales sobre la efectividad de la irradiación para retardar el crecimiento microbiológico en carnes frescas y en aves. Sin embargo, se producen algunos cambios los cuales ocurren en las carnes durante el aislamiento y que no están relacionados con la descomposición microbiana, que afectan adversamente la aceptación del consumidor. Estos son:

- * La oxidación de la mioglobina con el oxígeno atmosférico, produciéndose coloraciones grises o pardas.
- * La formación de un exudado líquido, como suero, proveniente de la superficie cortada.
- * La oxidación atmosférica de los lípidos de la carne, lo cual causa pérdidas de sabor.

El procedimiento desarrollado para controlar el proceso de deterioro de la carne fresca, tiene los siguientes pasos:

- a) A la carne cortada se le añade fosfato en una concentración no mayor al 0,5%. Esto se puede lograr sumergiendo la carne en una solución acuosa o por otros medios apropiados.
- b) Cada pedazo de carne es luego envuelto en una película flexible, permeable al oxígeno e impermeable a la humedad.
- c) Un número apropiado de pedazos cortados y empaquetados se coloca en un contenedor especial dentro del cual se produce vacío.

- d) El contenedor se irradia con dosis en el rango de 1 a 2 kGy a temperaturas de 0 y 10°C.
- e) El contenedor es después transportado y almacenado a temperaturas entre 0 y 5°C.
- f) En los lugares de expendio, los pedazos individuales cortados se extraen del contenedor una media hora antes de exhibirlos a la venta, en donde a temperaturas de 0 - 5°C. pueden permanecer tres días en óptimas condiciones.

El proceso anterior permite un almacenamiento de la carne durante tres semanas previas a su expendio. la carne sin tratar puede ser almacenada únicamente durante tres días. La irradiación controlaría el deterioro microbiano, el fosfato reduce el exudado y preserva el color rojo de la carne, el sistema de empaquetado provee de condiciones anegéricas, excepto para los últimos tres días en que se realiza la venta, protege el color, previene la oxidación de lípidos y tiene un efecto final en el patrón de crecimiento microbiano.

RADICIDACION:

La radicación está orientada a la eliminación de organismos causantes de enfermedades y que son de interés para la salud pública. En el caso de carnes, ha tenido una gran aplicación en la eliminación de parásitos helmintos. Se ha publicado que una dosis de tres kGy seguida del almacenamiento de la carne de res durante siete días a 2°C. es fatal para *Cysticercus bovis*.

En países como el nuestro, donde la incidencia de *triquinosis* y *cisticercosis* es muy elevada, el tratamiento de la carne mediante el empleo de radiaciones ionizantes, estaría ampliamente justificado.

Se ha reportado, dosis dentro del intervalo de 0.02 - 0.03 kGy previenen la madurez de la *Trichinella spiralis*. Estas son dosis sustancialmente más pequeñas que la requeridas para causar la muerte inmediata de estos helmintos, pero al menos evita la reproducción de este parásito en el intestino del anfitrión.

PESCADOS:

Los estudios realizados con especies marinas, nos dicen, que el tratamiento con radiación ionizante puede ser usado ventajosamente para extender el almacenamiento de dichos productos a temperaturas de refrigeración. Sin

embargo, existen especies que no podrían ser enviadas de un país a otro a estas temperaturas, debido a que el deterioro continúa aun en refrigeración.

El tratamiento de pescado con radiaciones ionizantes a niveles óptimos de dosis, generalmente no afecta la textura o apariencia de estos productos, pero puede inducir algunos efectos en el olor y aroma del pescado cocido. Sin embargo, los resultados de análisis sensoriales a nivel de expertos y consumidores indican que, cuando se aplican niveles de dosis apropiados existen pequeñas diferencias organolépticas entre el pescado fresco tratado con radiación ionizante y pescado no tratado.

La literatura indica que existen dosis máximas y óptimas que pueden ser aplicadas a pescados de mar, el nivel óptimo varía para diferentes especies entre 100 y 250 krad (10 KGy Y 25 KGy)

MARISCOS:

Se ha encontrado que la carne de cangrejo cocida puede ser tratada con radiación ionizante a un nivel de alrededor de 200 krad (20 KGy) a fin de inducir una extensión apreciable de su vida de almacenamiento a temperaturas de refrigeración. Este tipo de carne que no puede ser enlatado o congelado con buenos resultados, puede ser tratado, entonces, con radiaciones ionizantes. Del mismo modo, carne de langosta podría ser procesada con radiaciones a dosis de 75 y 100 krad (7.5 y 10 KGy) para obtener una apreciable extensión de almacenamiento refrigerado de este producto.

Aun cuando la refrigeración puede ser suficiente para la preservación de este tipo de crustáceos, tratándose de mercados internos, existe un gran interés comercial por el uso de radiaciones, a fin de exportar estos productos a mercados europeos y otros por vía marítima, en lugar de transportarlos por vía aérea, que sería mucho más caro.

Camarones frescos, y pelados, se pueden tratar con dosis de 100 y 200 krad (10 Y 20 KGy) para permitir una extensión de su vida útil. Tal tratamiento permitiría el envío de camarón fresco, no congelado, dando como resultado un gran ahorro de energía y dinero. Tratamientos combinados de irradiación más ciertos preservantes químicos permitirían prolongar, aun más, el tiempo de comercialización.

Es evidente que la carne de crustáceos que sea tratada con radiaciones ionizantes a fin de extender su periodo de almacenamiento en refrigeración, debe ser de la mejor calidad. Este tipo de tratamiento, al igual que otros existentes, no mejorará la calidad de un alimento en vías de descomposición, por lo que, si se tienen indicios de un estado inicial de descomposición de la

carne del marisco durante el tratamiento, la extensión del periodo útil de vida será menor.

Como punto importante debemos tener en cuenta que la literatura nos recomienda que la carne cocida de cangrejo o langosta deberá estar preempacada en un material impermeable a la humedad y al oxígeno antes del tratamiento con radiaciones. Del mismo modo, en el caso de camarones.

Al igual que con pescados y moluscos, los mariscos y crustáceos, luego del tratamiento de radurización, deberán ser mantenidos a temperaturas cercanas al punto de congelamiento, para obtener la mayor extensión de la vida de almacenamiento, pues si se mantiene a temperaturas de 4°C. y aún más altas, la descomposición ocurriría rápidamente, obteniéndose, únicamente, una mínima prolongación de su vida útil.

ESPECERÍAS Y CONDIMENTOS:

La radurización de especerías, son procesos económicos y técnicamente factibles. Ofrecen, actualmente, solución al problema de la descontaminación de especerías naturales, las cuales se usan, virtualmente, en todas las industrias de alimentos.

En general, la pimienta negra, la alcaravea, el jengibre, y, el oregano, son las especerías más altamente contaminadas. La cuenta total de viables puede alcanzar niveles de 80 a 100 millones/gramo. En base a esto, se puede apreciar que la adición de condimentos en concentraciones del orden de 0.1 al 1% en productos de carne, podría llevar a una contaminación de 10^7 a 10^8 microorganismos/g provenientes únicamente de dichas especerías.

La mayor parte de la flora microbiana contaminante de especerías, consiste en bacterias aerobias formadoras de esporas, por ejemplo, se ha encontrado *Bacillus cereus* y arroja cantidades superiores de estas que en otros alimentos.

En muchos casos, los condimentos contaminados han sido los responsables del deterioro de carnes enlatadas y otros productos.

La fumigación con óxido de etileno y óxido de propileno se ha usado comercialmente para matar insectos y disminuir la carga microbiana. Sin embargo, ambas sustancias han sido cuestionadas, pues se ha demostrado recientemente su mutagenicidad en diversas de plantas y animales.

Las investigaciones comparativas de los tratamientos con óxido de etileno e irradiación Gamma en ciertas especerías, demostraron que la irradiación es más efectiva que el óxido de etileno para destruir la contaminación bacteriana.

Las dosis requeridas para la descontaminación de especerías son moderadas. Un dosis de 0.4 a 0.5 Mrad (4 y 5 kGy) ha probado ser suficiente para reducir y la cuenta de viables al nivel requerido por las industrias de carnes y enlatados. No se detecta cambios sensoriales de especerías, a ese nivel de radiación. La recontaminación puede ser tambien prevenida ya que el producto se puede irradiar en su empaquetamiento final. Todos estos factores, conjuntamente con la creciente demanda de las mismas, hacen que la radurización y radicación de especerías como métodos de descontaminación, se conviertan en procesos muy promisorios.

FRUTAS Y VEGETALES:

Todas las frutas y los vegetales son productos perecederos debido a cambios fisiológicos, enfermedades por hongos despues de las cosechas, otros factores patológicos e infestación de insectos.

Cualquier tecnica de preservacion, para ser efectiva, debera reunir las siguientes características:

- * Ser eficiente como tratamiento post-cosecha.
- * Retener las cualidades nutrientes del producto.
- * Haber probado su capacidad para controlar larvas y huevos de insectos
- * Tener un efecto sinérgico en el producto cuando se combine con otras técnicas de preservacion.

Entre los objetivos principales de la irradiacion de frutas y vegetales se tienen los siguientes:

- a) Retardar la descomposicion microbiana.
- b) Controlar la infestacion de insectos.
- c) Inhibir la germinacion y retardar la senescencia.

En general, la contaminación microbiana de las frutas es causada por hongos, por lo tanto, el grado de inactivación que se desea determina el intervalo de dosis aplicable.

La irradiación de frutas para el control de enfermedades posteriores a su cosecha se complica debido a la posibilidad de deterioro de ciertas características físicas de la fruta, como por ejemplo su textura. Cada tipo de

fruta responde de manera diferente. Sin embargo, en general, se observan efectos positivos al emplear dosis dentro del intervalo de 0.5 a 3 kGy.

En las fresas, el principal microorganismo causante de su deterioro es el hongo gris *Botrytis cinerea*. Este microorganismo crece a temperaturas bajas por lo que la propagación no puede ser controlada por refrigeración. La irradiación con dosis de 2 kGy (200krads) retrasa efectivamente el deterioro de la fruta. El almacenamiento debe ser, sin embargo, en refrigeración, ya que otros microorganismos, también presentes en las fresas, tales como *Rhizopus stolonifer*, son relativamente resistentes a las radiaciones y crecerían a temperaturas de almacenamiento más altas.

Dosis de 2 kGy (200krads) controlan la *Monilia fructicola* en durazno pero causan un suavizamiento de la fruta. Esta dosis puede ser reducida a 1 kGy combinando la irradiación con el tratamiento térmico de la fruta a 50°C. por 5 minutos.

La infección causada por *Antracnosa* en mangos puede ser controlada con una dosis de 1.0 kGy, a la que sigue a un tratamiento con agua caliente. Igual combinación de calor e irradiación se emplea para otro tipo de frutas, tales como las papayas y cerezas.

El retardo en la maduración y senescencia de frutos puede ser una de las más importantes aplicaciones de la irradiación de alimentos y es de particular interés, el retardo en la maduración de los plátanos. La irradiación en el estado verde maduro demora el comienzo de la maduración natural, siendo la respuesta, en las diferentes variedades, *Montecristo* o *Gros Michel*, tratadas con 40 krads, (4 kGy) permanecen en el estado verde de cinco a seis días, a 26°C.

Dosis hasta de 2 kGy retardan la maduración de papayas. La variedad *Alfonso* retrasa su maduración, dependiendo de la temperatura de almacenamiento. Con una dosis de 25 krads (2.5 kGy) y almacenamiento a 20°C., el retraso puede ser de 10 días; almacenamientos a 5°C. produce, un retraso de hasta 40 días.

En el caso de los vegetales, el interés principal se ha concentrado en el retraso de la senescencia, la que es adversa para la aceptación de estos productos.

Una dosis de 80 Gy (8krad) es un nivel óptimo para controlar la germinación en las papas, aunque las dosis varían un poco de acuerdo a las variedades. La razón de respiración decrece alrededor de un 30% inmediatamente después de la irradiación, sigue después un aumento hasta un nivel normal.

La acción de la radiación Gamma previene la germinación tanto interna como externa en las papas.

Las cebollas responden de manera similar a las papas. Dosis entre 40 y 80 Gy (4 y 8 krads) son óptimas, dependiendo de las variedades. El mejor resultado se obtiene al aplicar el tratamiento de irradiación inmediatamente después de la cosecha.

La inhibición de la germinación ocurre también en camotes, yucas, ajo, jengibre, remolacha y zanahorias.

Los hongos comestibles sufren procesos de desecamiento luego de su cosecha y su capuchón se abre a los cinco o siete días a temperaturas entre los 0 y 4°C. La irradiación en el intervalo de dosis de 100 a 1000 Gy (10 y 100 Krads) retardan dicho proceso hasta 10 y 14 días. El efecto de preservación por radiaciones se mejora notablemente por el uso de un apropiado empaquetamiento para prevenir la desecación de los hongos comestibles y el intercambio de gases con la atmósfera.

GRANOS, LEGUMINOSAS Y OTROS PRODUCTOS :

La preservación de granos y leguminosas en forma natural, se debe a su bajo contenido de humedad. Sin embargo, estos productos son susceptibles a varios problemas en los cuales la irradiación puede ser muy útil.

La infestación de insectos en los granos y leguminosas causa enormes pérdidas. En nuestro país estas pueden alcanzar hasta un 30% del grano almacenado; además, si las condiciones de humedad son apropiadas, ciertos microorganismos, tales como hongos, pueden crecer en estos alimentos.

Los piensos y alimentos para animales están usualmente contaminados con bacterias del grupo *salmonella* y otros patógenos. En consecuencia, la carne, leche y huevos provenientes de animales que consumen tales piensos frecuentemente contienen también estos microorganismos.

La desinfestación, radicación y la radurización son, por consiguiente, aplicables a este tipo de alimento.

Para seleccionar la dosis apropiada para la desinfestación, es necesario conocer que tipo de insectos están involucrados en el ataque al producto y también la forma de almacenamiento de los mismos.

Dosis de 0.5 kGy son suficientes para la mayoría de granos y leguminosas almacenadas, aunque para ciertos productos y especies de insectos las dosis pueden ser un poco mayores. Debemos enfatizar, también, que las dosis

entregadas no siempre producen una letalidad inmediata, pues ésta puede ocurrir transcurrido un cierto tiempo.

Tal como se puede esperar, el control de hongos requiere de dosis relativamente más altas. Por ejemplo, para retardar el crecimiento de hongos en trigo con un contenido de humedad del 15%, se requieren 2.5 kGy y en granos de cacao almacenados a una humedad relativa de 95% y 26°C., se requiere dosis del orden de 5.0 kGy. Estas pueden ser reducidas a 0.5 kGy con un tratamiento previo a 100°C. durante 15 minutos.

La producción de *aflatoxinas* por el *Aspergillus flavus* L. puede ser inhibida con dosis de 3.5 kGy.

Los granos de café, tratados con 1.0 kGy para desinfestación de insectos producen un producto de aroma y sabor aceptables.

El efecto de suavizamiento causado por la irradiación se ha considerado como un medio para reducir el tiempo de cocido de sopas con vegetales deshidratados. Ya que los vegetales reaccionan de diferentes maneras a la radiación, se necesitan dosis diferentes para conseguir tal efecto.

El rendimiento en la extracción de jugo de frutas puede ser incrementado por irradiación; en uvas, el rendimiento puede alcanzar valores entre 2% y 28% o mayores según el nivel de la dosis empleada dentro del intervalo de 0.5 a 16 kGy.

Así mismo, el contenido de oligosacáridos en los granos de soya se puede reducir por irradiación y germinación controlada. Si veinticuatro horas después de la germinación se aplica una dosis de 25 kGy y luego se incuban los granos unas 72 horas adicionales y se secan con aire, el contenido de rafinosa y estaquiosa se reduce hasta un 75%.

4.3 DESINFESTACIÓN DE INSECTOS EN ALIMENTOS IRRADIADOS:

Los insectos constituyen la mayor parte de la especie animal sobre la Tierra, ya que su proporción llega al 75%.

De este gran porcentaje una buena parte está formada por insectos dañinos que atacan no solamente a los productos agrícolas alimenticios, sino también a otros productos del agro, como son los bosques.

La FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO) ha estimado que hasta el 10% de los granos y cereales almacenados es destruido anualmente en el mundo por los insectos. Pero ese porcentaje representa el 50% del total del productos que se comercializan en el mundo cada año. En los países tropicales ese 10 % se eleva hasta el 50%.

Para tener una idea del monto de las pérdidas causadas por los insectos, cabe mencionar que en la India se pierden un millón de toneladas de granos almacenados por año; y en los E.U. de Norteamérica, se reportan pérdidas de maíz almacenado del 9% en peso por mes y del 50% en peso durante el verano.

Si bien es cierto que las pérdidas se mantienen en estos márgenes debido al uso de pesticidas químicos, es mucho más preocupante el incremento de la contaminación por causa de los insecticidas, y más aún por el del peligro que encarna el uso de esos pesticidas para la salud humana.

Por estas razones se considera a la desinfestación de insectos por irradiación como uno de los descubrimientos más útiles de esta tecnología. A continuación se muestra la tabla de alimentos que se han irradiado y el porque, incluyendo la dosis recomendadas y el efecto obtenido:

ALGUNAS APLICACIONES DE LA RADIACIÓN IONIZANTE PARA EL TRATAMIENTO DE ALIMENTOS:

GRUPO	ALIMENTO	OBJETIVO PRINCIPAL	MEDIOS DE LOGRAR EL OBJETIVO	DOSES (Mrad)
(a)	Carnes, aves, pescado y muchos otros alimentos muy putrescibles	Conservación segura duradera con refrigeración o grado	destrucción de parásitos y microorganismos que originan putrefacción	4-6
(b)	Carne, aves, pescado y muchos otros alimentos muy putrescibles.	Extensión del almacenamiento y refrigeración de -3 bajo cero.	Reducción de la población de microorganismos que se desarrollan inclusive en esta temperatura.	0.05- 1.0
(c)	Carnes, aves, huevo y otros alimentos congelados expuestos a contaminación con organismos patógenos ¹ .	Evitación de la intoxicación por alimento	Destrucción de la Salmonella.	0.3- 1.0 ²
(d)	Carne y otros alimentos venículos de parásitos patógenos.	Evita enfermedades por parásitos que contienen los alimentos.	Destrucción de parásitos como Trinchinella spiralis y Taenia saginata.	0.01-0.03
(e)	Cereales, harina, frutas frescas y secas y otros productos expuestos a infestación.	Evita la pérdida de alimentos por almacenamiento.	Muerte o esterilización sexual de insectos	0.01- 0.5
(f)	Frutas y ciertas hortalizas	Mejora de la conservabilidad	Reducción de la población de mohos y levaduras y en algunos casos retrasados de la maduración	0.1- 0.5
(g)	Tubérculos y otros frutos subterráneos	Extensión de la duración en almacenamiento	Inhibición de la germinación	0.005- 0.015
(h)	Especias y otros ingredientes alimentarios.	Reducir al máximo contaminación de los alimentos cuando se agregan éstos	Reducción de la población de microbios en el ingrediente de que se trata.	1- 3

¹ Existen pruebas de que una dosis menor podría bastar para ciertos productos curados. ² Incluidos los piensos

³ Quizá sea necesario una dosis mayor cuando haya organismos patógenos con mayor resistencia a las radiaciones

4.4 DESINFESTACIÓN CON TRATAMIENTOS COMBINADOS:

La desinfestación con tratamientos combinados puede reducir los costos de irradiación. Además si el tratamiento consiste en irradiación y luego, uso de productos químicos, también se reduce considerablemente la concentración del fumigante, con lo que se reduce la contaminación y los efectos tóxicos del pesticida empleado.

Otros métodos combinados efectivos consisten en tratamientos con rayos infrarrojos o de microondas previos y posteriores a la irradiación.

Dependiendo del alimento que se requiera desinfestar, se puede también usar aire caliente, antes o después de la irradiación.

El tratamiento combinado para la desinfestación va a reducir enormemente la resistencia de los insectos a los insecticidas.

Para la aplicación de cualquier tratamiento combinado para la desinfestación de insectos en alimentos, necesariamente habrá que investigar cada tipo de tratamiento para luego calcular su costo.

4.5 EFECTOS DEL PROCESO DE IRRADIACION EN EL VALOR NUTRICIONAL DE LOS ALIMENTOS:

El efecto de la radiación ionizante en el valor nutritivo de los alimentos no es marcadamente diferente en grado al de otros métodos de preservación. La naturaleza de los compuestos inducidos por irradiación, depende primero de la composición química del alimento. La concentración de estos compuestos y su influencia en los nutrientes de los alimentos procesados, se incrementa, generalmente, conforme aumenta la dosis, pero puede ser modificada cambiando algunos factores durante la irradiación, tales como la temperatura, presencia o ausencia de oxígeno y contenido de agua en el alimento.

Es necesario destacar, también, que la energía absorbida por el alimento en la irradiación, es menor que la absorbida en el calentamiento, por lo tanto, es lógico que los cambios químicos que causa el primer proceso sean menores que los cambios producidos por el segundo. Así, por ejemplo, una dosis absorbida de 10 kGy (1 Mrad) corresponde a un aumento en la temperatura de solo 2.4°C. en un alimento que tiene la capacidad del

calentamiento de agua, 1cal/g°C. La energía impartida por la dosis antes mencionada, corresponde entonces al 3% de la energía necesaria para elevar la temperatura del agua de 20 a 100°C.

Debido a las cualidades radio-protectoras inherentes a los componentes de los alimentos, la sensibilidad de los componentes nutricionales a la radiación es menor que cuando los mismos se irradian en forma pura o en soluciones artificiales y en mezclas.

Por estas razón, enfocaremos nuestra atención en los efectos de la radiación sobre los nutrientes contenidos en los alimentos.

PROTEÍNAS Y AMINOACIDOS:

La amplia evidencia acumulada durante las pasadas dos décadas, indica que con muy pocas excepciones, los alimentos irradiados son tan nutritivos como los alimentos procesados térmicamente.

Se ha estudiado el efecto del procesamiento por radiaciones en el metabolismo del nitrógeno en la carne vacuna tanto, cruda como esterilizada por radiaciones. Se concluyó que el efecto de la irradiación en las proteínas y grasas es despreciable.

En estudios subsiguientes, se compararon los efecto del tratamiento de radiaciones y térmico en el valor nutritivo de las proteínas de frijoles dando resultado en crudo, y procesado con calor(100°C-10 min), y con radiaciones (100kGy). Los valores fueron 63,68,y 61, respectivamente. La diferencia del valor último se debe, probablemente, a la destrucción de los aminoácidos sulfurados, que son demasiados susceptibles a la radiación, además de que dan un olor desagradable por los tioles que se forman.

Otros informes acerca de los efectos de las radiaciones ionizantes sobre la calidad de la proteína en frutas, nos indican que, cuando se irradian mangos y papayas con propósitos de desinfección, no se notaron efectos en el valor nutritivo de su proteína.

Se puede resumir que las dosis empleadas en la irradiación de alimentos no inducen cambios significativos en la composición de, los aminoácidos y las proteínas de los alimentos.

CARBOHIDRATOS:

Los efectos principales de la radiación sobre los carbohidratos son: hidrólisis y degradación oxidativa. Los polisacáridos se depolimerizan y la celulosa se hace más susceptible a la hidrólisis enzimática; las sustancias

pécticas pierden sus poderes gelificantes. En fin, los carbohidratos complejos se convierten en compuestos más simples luego de la irradiación.

Aunque la irradiación puede causar cambios en las propiedades físicas y químicas de los carbohidratos contenidos en los alimentos, como granos y vegetales, se ha demostrado que tales cambios nutricionales no son de significación, por lo cual se puede concluir que no existen efectos negativos sobre la cantidad de energía metabolizable de los alimentos ricos en carbohidratos sometidos al proceso de irradiación.

LÍPIDOS:

El efecto de la radiación sobre las grasas es similar a aquel de la autooxidación, que da lugar a la formación de hidroperóxidos y otros productos de descomposición.

Los ácidos grasos insaturados presentan cambios en la configuración de los dobles enlaces, observándose que las grasas animales son más susceptibles a los cambios inducidos por las radiaciones que las grasas vegetales. Estas alteraciones se pueden reducir con procesos a baja temperatura, exclusión del oxígeno usando gases inertes, etc.

La formación de hidroperóxidos como productos radiolíticos de los lípidos ha preocupado a algunos investigadores. Sin embargo, estos productos se forman únicamente si la cantidad de peróxido en los lípidos alcanza valores de 100 unidades o superiores, en sus valores de oxidación, los cuales no se consiguen ni con dosis de esterilización de 5-6 kGy.

Las experiencias realizadas mostraron que las grasas irradiadas a 5 kGy presentaban solamente una mínima reducción en la razón de digestión y absorción. Esta, sin embargo, no tuvo significación nutricional.

Hay un estudio que puede servir como referencia en humanos, en éste se alimentó a voluntarios con grasa de cerdo irradiada a 27.9 kGy y almacenada durante un año a temperatura ambiente. Se encontró que los valores de digestibilidad, para la grasa irradiada, no fueron diferentes a aquellos obtenidos para la grasa no irradiada.

Más aún, se analizó aceite de aguacates irradiados con dosis de hasta 0.1 kGy, no mostraron diferencias ni en calidad ni en composición respecto al no irradiado.

Podemos concluir, por lo tanto, que dosis de radiación de hasta 30 kGy no resultan en pérdidas del valor de energía o en reducción de la digestibilidad

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

lo suficientemente grandes como para implicar pérdidas en el valor nutritivo de estos alimentos.

4.6 EFECTOS DEL PROCESAMIENTO DE IRRADIACIÓN SOBRE LOS MICRONUTRIENTES DE LOS ALIMENTOS.

VITAMINAS LIPOSOLUBLES:

La estabilidad de los micronutrientes en los alimentos está influenciada por muchos factores. Cuando una vitamina se somete a dosis de radiación ionizante, se puede inducir su descomposición. El tipo y grado de la degradación dependerán de la sensibilidad de la vitamina, la cantidad de energía a la cual es expuesta, la naturaleza y el estado físico del medio en el que se encuentra presente.

Existen estudios sobre vegetales (habas verdes, zanahorias y maíz) que muestran los niveles de beta-caroteno no se afectan apreciablemente después de un proceso de radapertización seguido de cocción o calentamiento. La dosis de radiación empleada fue de 48 kGy.

En general, los carotenos son más estables a la radiación que la vitamina A (en forma de alcohol), y que la vitamina A (en forma de acetato) es dos veces más estable que los carotenos.

En cuanto a la vitamina K, cuya síntesis es realizada por microorganismos presentes en el tracto intestinal, se ha encontrado que dosis de esterilización producen una pérdida considerable de esta vitamina. Sin embargo, la actividad relativa de la vitamina K en alimentos congelados, irradiados y procesados por calor, no muestra diferencias significativas.

Como se ha visto anteriormente, los lípidos forman peróxido e hidroperóxidos al ser irradiados. Estos compuestos poseen un efecto antagónico para con la vitamina E, ya que esta actúa como oxidante.

Se publica que la vitamina E contenida en la avena es bastante lábil luego de la irradiación con dosis de 1.0 kGy seguidos de almacenamiento durante 8 meses. Inmediatamente después del tratamiento con radiaciones, la retención de la vitamina fue del 80%; esta decreció hasta en un 15% a los 8 meses del almacenamiento, comparado con un 44% de retención para el control. Se demuestra, así, que la presencia de peróxido en el producto tiene un gran efecto destructivo en la actividad de esta vitamina antioxidante.

VITAMINAS HIDROSOLUBLES:

Como se indicó anteriormente, la radiosensibilidad de los micronutrientes, incluyen las vitaminas solubles en agua, y difiere dependiendo de si se encuentran en solución pura o contenidos en alimentos y, por lo tanto, protegidas por otros componentes y mecanismos, incluyendo la interacción mutua entre vitaminas.

La tiamina o vitamina B1 parece ser la más lábil de las vitaminas del grupo B, debido a que actúa como "barredor" de radicales producidos en el agua por la acción de la radiación, siendo destruida en el proceso.

La tiamina contenida en carne esterilizada por radiaciones se degrada en la misma magnitud que cuando se emplea esterilización con calor. Sin embargo, la irradiación a temperaturas de congelamiento o atmósfera inerte a bajas temperaturas, produce muy pocas pérdidas de esta vitamina, y su retención es hasta de un 85%, mientras que luego de irradiación a temperatura ambiente puede ser solo de un 2%. En todo caso, las pérdidas serán importantes solamente en aquellos alimentos caracterizados por un alto contenido de tiamina.

El ácido ascórbico o vitamina C es otra de las vitaminas solubles en agua, sensibles a la radiación. Su radiosensibilidad es, sin embargo, mucho menor, cuando se encuentra contenida en los alimentos que en solución pura. Dosis de irradiación aprobadas para el procesamiento comercial de papas, a fin de prevenir su germinación (50-150 kGy), inducen solamente mínimas pérdidas de ácido ascórbico. A 100 Gy, algunos investigadores han reportado pérdidas del orden de 15%, mientras que en otros casos, ninguna. Dosis de 120 Gy tuvieron efectos poco apreciables solamente, en cebollas.

4.7 COMESTIBILIDAD DE LOS ALIMENTOS IRRADIADOS:

Hemos estudiado los efectos químicos y biológicos de las radiaciones ionizantes. En un alimento corriente que se somete a la radiación estos, efectos se suman y son responsables de la preservación del mismo. Sin embargo, las radiaciones ionizantes pueden producir cambios en las características propias de un alimento, afectando su comestibilidad.

Las cualidades que un alimento debe preservar, luego de cualquier proceso de conservación, son cuatro:

- 1).- Valor nutricional.

- 2).- Aspectos microbiológicos.
- 3).- Aspectos toxicológicos.
- 4).- Características organolépticas.

VALOR NUTRICIONAL:

La evidencia experimental indica que las pérdidas en el valor nutritivo de los alimentos tratados con dosis bajas (en el rango de las 10-1000Gy y son insignificantes.

Cuando las dosis pertenecen al rango medio (1000-10000 Gy) puede ocurrir la descomposición de ciertas vitaminas, en especial si la irradiación se realiza en presencia de oxígeno. Es preciso destacar que a veces esta descomposición no afecta el valor nutritivo del alimento; tal es el caso de la vitamina C o ácido ascórbico, que por acción de las radiaciones ionizantes se transforma en ácido deshidro-ascórbico, el cual es también biológicamente activo.

Finalmente, con dosis altas (10000-50000 Gy) se deben tomar precauciones especiales para que la pérdida del valor nutritivo no sea apreciable; estas precauciones coinciden generalmente con las que se toman para evitar cambios sensoriales en los alimentos tratados con dosis elevadas: irradiación a bajas temperaturas y control de la atmósfera del recinto de irradiación.

La importancia que adquieren las pérdidas de un determinado nutriente en un alimento que ha sido irradiado, depende de ciertas circunstancias como el aporte que ese alimento realiza de aquel nutriente sobre la dieta total del grupo de consumidores. Por ejemplo, la disminución de tiamina en el pescado irradiado es preocupante si es la única fuente de tiamina de una población X.

En general, se acepta internacionalmente, por la FAO y otras organizaciones, las cuales recomiendan el uso de radiaciones ionizantes en dosis altas (hasta 10000 Gy) en todos aquellos alimentos en que dicho tratamiento aporte cualidades preservativas o mejoras en la sanidad del mismo. La experiencia internacional muestra que no se ven especialmente afectadas las cualidades nutritivas de los alimentos tratados con dosis bajas o medias. Recomienda, también, prestar atención a los cambios inducidos por la radiación ionizante en un alimento dado y su rol en la dieta de un grupo de humanos.

ASPECTOS TOXICOLÓGICOS:

Todo proceso de conservación debería no sólo preservar el valor nutritivo de los alimentos, sino también evitar la incorporación de sustancias que sean peligrosas para la salud del consumidor. Como la irradiación de los alimentos produce cambios químicos en los mismos es, lógico preguntarse hasta qué punto estos cambios no implicarán la creación de sustancias tóxicas. Sobre este tema se expidió el mencionado Comité Conjunto de Expertos, afirmando que:

- a) Los estudios realizados en los alimentos irradiados, indican que no se detectó la aparición de sustancias peligrosas para la salud en tratamientos con dosis de hasta 10 kGy.
- b) Los estudios realizados sobre la química de la radiación, indican que los productos radiolíticos de los constituyentes principales de los alimentos (grasas, proteínas, carbohidratos y vitaminas) son los mismos independientemente de que alimento se trate. Esto permitiría extrapolar los resultados obtenidos con ciertos alimentos a otros con características similares. Por otro lado, los productos radiolíticos encontrados en alimentos tratados con radiación ionizante son los mismos encontrados en el mismo alimento tratado por otros métodos de preservación, como la cocción, sin que se hayan comprobado riesgos toxicológicos de algún tipo.

Los estudios llevados a cabo con animales de laboratorio, indican la ausencia de riesgo toxicológico en los alimentos irradiados con dosis de hasta 10 kGy. La misma conclusión se infiere de la observación de pacientes que presentan afecciones en su sistema inmunológico, a los que se les han suministrado alimentos irradiados por garantizar las mismas condiciones de alta asepsia.

Por lo tanto, los tres puntos expuestos garantizan la ausencia de toxicidad en los alimentos tratados con energía ionizante.

ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS:

El grado de seguridad, desde el punto de vista microbiológico, que se logra con el tratamiento de los alimentos con energía ionizante, es comparable a los de los procesos convencionales de preservación.

Los microorganismos sobrevivientes a un proceso de irradiación no demostraron ser más peligrosos a la salud que sus pares no irradiados.

Los tratamientos combinados, como la aplicación de calor y la irradiación o el salado demostraron ser más eficientes en la reducción del número de microorganismos de un alimento que cualquiera de ellos, separado, en especial en el caso de microorganismos con alta radiosensibilidad.

El Comité Conjunto de Expertos, de la FAO afirma que la irradiación de alimentos con dosis de hasta 10000 Gy no ocasiona problemas microbiológicos.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

Los cambios en las características organolépticas son, frecuentemente, los que limitan la dosis con que se pueda tratar un determinado alimento. Ocurren cambios en el sabor (aparecen el conocido "Sabor de irradiación", el color, el olor y la textura.

Estos cambios varían de un alimento a otro y se deben realizar experimentos en el laboratorio para determinar a qué dosis son apreciables los mismos para un cierto número de consumidores. Muchas veces se pueden disminuir irradiando a bajas temperaturas o eliminar con tratamientos post-irradiación.

4.8 CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS IRRADIADOS:

El control de calidad de los alimentos irradiados, solo puede ser llevado a cabo en la planta de irradiación por medio de la medición de la dosis absorbida en el producto, ya que a la fecha no se cuenta con una técnica cuantitativa que permita comprobar que un alimento ha sido irradiado.

Los dosímetros son dispositivos o materiales que miden la dosis absorbida en el producto durante el tiempo de exposición a la radiación ionizante.

El tipo de dosímetro se selecciona en función del intervalo de dosis con el cual se logra el efecto técnico deseado, su costo, facilidad de manejo y disponibilidad.

Las medidas correctas de dosis y distribución de dosis en los productos, permiten indicar que el tratamiento se realiza con base en las pruebas ya establecidas para el producto específico, como pueden ser: pruebas sensoriales, químicas, físicas o fisiológicas.

El control de calidad del alimento irradiado es importante para que el consumidor disponga de un alimento nutritivo e higiénico.

IDENTIFICACIÓN DE ALIMENTOS IRRADIADOS:

Desde que se comprobó que la radiación ionizante era útil para conservar alimentos, se realizaron estudios con la finalidad de demostrar que los productos habían sido irradiados, a través de posibles cambios físicos, químicos o biológicos; sin embargo, hasta ahora no se cuenta con una técnica analítica estandarizada que cumpla con este objetivo.

Este hecho se debe, principalmente, a que el número de moléculas transformadas por cada unidad de energía absorbida es muy pequeño, por lo tanto, las concentraciones son mínimas y los compuestos muy variables y es muy difícil su detección y cuantificación; además, se ha determinado que muchos compuestos formados por la irradiación, también aparecen en alimentos no tratados o procesados por métodos convencionales, como el térmico.

De los alimentos, los que tienen una mayor posibilidad de ser identificados como irradiados, son: las carnes y las especierías. Las primeras por la determinación de compuestos volátiles, y las segundas, por la cuantificación de luz emitida por los electrones excitados por la radiación, empleando técnicas de Termoluminiscencia (TL) o Lioluminiscencia (LL).

La evaluación del contenido proteico en pollos u otros tipos de carnes, y la aplicación de Resonancia Paramagnética Electrónica (RPE) para especierías, todavía se están investigando.

Para la identificación de frutas y vegetales, se están tratando de aplicar las técnicas del EER (Resonancia Espín Electrónico) y TL; pero aún los estudios son muy incipientes.

TIPOS DE DOSIMETROS Y APLICACIONES:

Dependiendo de la exactitud de su respuesta, los dosímetros se han podido clasificar en :

1) Dosímetros primarios:

Son los que tiene las cualidades mas altas en las mediciones de dosis en el campo de radiación y están reconocidos como estandares para calibrar otros tipos de dosímetros. Los mas utilizados son la cámara de ionización y el calorímetro.

2) Dosímetros de referencia:

Estos tipos también son usados para calibrar campos de radiación y a los dosímetros de rutina. El dosímetro de referencia más usado es el de Fricke, que está constituido por una solución de sulfato ferroso. Las características más importantes de este tipo de dosímetros son: estabilidad, resistencia, calibración fácil, intervalo amplio de dosis, propiedades de absorción de la radiación similares a los cambios ambientales y respuesta reproducible.

3) Dosímetro de rutina:

Son usados para controlar y asegurar la calidad en el proceso de radiación.

CALIDAD EN ALIMENTOS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO:

Como en cualquier proceso, muestras de los alimentos irradiados deben de ser sometidas a una serie de pruebas después de haber sido procesadas para verificar que se tiene un alimento nutritivo, higiénico y con propiedades adecuadas para los consumidores. Su calidad se evalúa, mediante pruebas ya establecidas, como pueden ser:

a) Pruebas sensoriales:

Las que se efectúan con jueces entrenados y consumidores.

b) Pruebas químicas:

Ayudan a evaluar el valor nutritivo con base a determinaciones como: vitaminas, proteínas, etc.

c) Pruebas fisiológicas:

Se usa preferentemente en frutas y vegetales, ya que evalúa parámetros como respiración y transpiración.

La selección de esta prueba, depende del tipo de alimentos, y del parámetro que se tome como indicativo de calidad, así como del tipo de equipo y material con que cuenta la industria.

Podemos concluir que la calidad del alimento irradiado, solamente puede ser controlado con base en la dosis absorbida en el producto y la medición por correctas y distribución de la dosis, lo que suministra seguridad e indican que el tratamiento con radiación es efectivo y legalmente correcto. Además que la medida de la dosis se debe hacer con un método simple y económico.

4.3 COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS IRRADIADOS:

El primer punto que se debe tomar en cuenta para una buena comercialización de alimentos irradiados, es el de tener la aprobación respectiva por parte de las autoridades competentes, con base en programas de investigación que demuestren la factibilidad de poder implementar el proceso de preservación usando radiación ionizante. La aprobación de leyes por parte de las autoridades de salud, indispensable para adoptar el proceso de irradiación, es considerado como uno de los criterios esenciales para una sistemática implementación de una campaña de comercialización de alimentos irradiados.

El siguiente punto que se recomienda analizar, es el de plantear las estrategias que permitan la aceptación de productos irradiados por parte del consumidor. El consumidor es el último juez del valor del producto, su deseo de comprarlo y pagar por él determina el éxito comercial de éste. En algunos casos, los alimentos irradiados encontrarán justificación en mejor calidad o reducción de contaminación, otros tendrán la ventaja del bajo costo; estos argumentos serán la base para, el consumidor acepte alimentos irradiados.

Si se considera la forma de conducir la comercialización en un determinado país, si la irradiación va a ser usada como un nuevo proceso en la preservación de alimentos, esta debe servir para un propósito útil. La manera de aplicar este método de tratamiento de productos alimenticios y su sistema de distribución, variarán enormemente con las condiciones locales y con el tipo de productos, lo que hace difícil recomendar la manera de cómo hacerlo; sin embargo, ciertos pasos con aplicaciones generales pueden ser identificados:

- Desarrollo de una tecnología para productos procesados.
- Aprobación de leyes y regulaciones para el proceso y para los materiales de empaque.
- Producción a nivel planta piloto para desarrollar procesos adecuados a escala comercial, y realizar pruebas de aceptabilidad del producto en el mercado correspondiente. Esto incluirá la determinación del costo y su aceptación por parte del consumidor.

Paralelamente a la comercialización de alimentos irradiados, deben implementarse ciertas acciones encaminadas a familiarizar al público

consumidor con el proceso de irradiación. Un plan de acción para lograr el objetivo deseado debería incluir los siguientes pasos:

- Cursos regionales de entrenamiento tendientes a integrar a los diferentes grupos de investigación que trabajan en este campo y a difundir aspectos relacionados con la salud, legislación y factores económicos del proceso.
- Simposios con la participación de expertos provenientes de organismos internacionales, como la FAO.
- Promover con ayudas técnicas y económicas proveniente de programas internacionales, regionales y nacionales estudios de factibilidad de plantas piloto de irradiación.
- Establecer, en forma continua, cursos y seminarios para universitarios y grupos industriales.
- Publicación frecuente de artículos de prensa, radio y televisión.
- Publicación de libros e historietas para niños.

El esfuerzo necesario para conseguir que un producto irradiado sea aceptado por el consumidor no parece ser un obstáculo sustancial.

El proceso de irradiación hasta la fecha, ha sido implementado solamente a pequeña escala lo que ha repercutido en su desarrollo comercial. Sin embargo, los beneficios del tratamiento están recibiendo día con día mayor atención en el mundo entero. Existen muchos factores que impiden la introducción de alimentos irradiados en la oferta del mercado, entre éstos tenemos:

- Ausencia de regulaciones.
- Procesos tradicionales con bajos costos de energía.
- Materiales de empaque no bien desarrollados para este uso.
- Poco o casi ningún control de aditivos fumigantes y pesticidas.

Frente a lo anterior se contraponen los siguientes factores comerciales:

- Irreversibilidad.

- * Dosis controlada.
- * Precio estable.
- * Reducción de precio.
- * Ausencia de residuos.
- * Aumento de exportaciones.
- * Ofertas del producto en mercados alejados.
- * Mayor y constante disponibilidad de alimentos en el año.

4.10 ANALISIS DE COSTOS DE LA IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS DESHIDRATADOS:

El tratamiento de alimentos deshidratados por irradiación Gamma del cobalto 60, tiene como objetivos mejorar su calidad higiénica, aumentar el área de distribución en el mercado nacional e internacional y extender su duración en almacenamiento de manera que puedan utilizarse como insumos de otros alimentos preparados. Estos beneficios son los que se han de evaluar al considerar el costo del proceso por sí mismo o en comparación con otros.

COMERCIALIZACIÓN DEL PROCESO DE IRRADIACIÓN:

Actualmente unas 20 industrias industrializados de productos alimenticios, hacen uso del proceso de irradiación para propósitos, como desinfección, reducción de cuenta microbiana y eliminación de microorganismos patógenos y se aplica entre otros a los siguientes productos:

- 1.- Ajo el polvo.
- 2.- Azúcar glass,
- 3.- Brocoli deshidratado
- 4.- Canela molida,
- 5.- Cebolla en polvo.

- 6.- Champiñón deshidratado,
- 7.- Chilaquiles deshidratados,
- 8.- Chiles de árbol, guajillo, ancho, rojo etc.),
- 9.- Cilantro deshidratado,
- 10.- Cocoa,
- 11.- Achiote,
- 12.- Paprika
- 13.- Perejil, pimienta blanca y roja,
- 14.- Saborizante-carne,
- 15.- Salvado de trigo, almidon de maíz,
- 16.- Salsa deshidratada y caldo de camaron concentrado
- 17.- Fecula de maíz, de papa, y harina de soya,
- 18.- Espinacas, manzanilla, yerbabuena deshidratadas,
- 19.- Nopal deshidratado,
- 20.- Coco en polvo, y
- 21.- Azúcar refinada.

En esta relación se encuentran productos terminados, componentes, colorantes, saborizantes y complementos alimenticios.

PARÁMETROS DE COSTO:

Los costos del servicio de irradiación Gamma para el procesamiento de alimentos elaborados, como otros grupos de productos, se determinan considerando elementos componentes de la inversión total de una instalación como la siguiente:

- 1.- Fuente de cobalto 60 (inversión inicial),

- 2.- Edificios,
- 3.- Equipo de irradiador,
- 4.- Recargas de cobalto 60,
- 5.- Impuestos, seguros, etc.,
- 6.- Costos de operación,
- 7.- Costos de mantenimiento,
- 8.- Reparaciones y repuestos,
- 9.- Energía eléctrica,
- 10.- Control de calidad, y
- 11.- Costos de maniobras de proceso.

Estos y otros costos previsible se integran para obtener el costo total por año C_a . De esta manera si se tiene una capacidad del irradiador en kg/hora y el número de horas de operación por año, se puede determinar el costo por hora, a partir de los dos siguientes parámetros:

- 1.- Horas efectivas de operación diaria
- 2.- Horas efectivas de irradiación anual

para la siguiente expresión:

$$C_i h = C_t / a \quad \text{costo/hora de irradiación}$$

Este costo por hora de irradiación se divide entre el número de unidades de producción

Otros parámetros de importancia en los costos de irradiación, son los relacionados con la actividad necesaria para la fuente, y el factor de utilización del irradiador que se determinan con las siguientes expresiones:

$$A = (18.74 \times W \times im) / (E_i \times F_v)$$

Donde:

- 18.74 - Constante de la energía del cobalto 60
 W - Flujo másico en kg/hora
 Im - Dosis promedio requerido
 EI - Eficiencia de la radiación Gamma del cobalto 60
 Fv - % de ocupación del contenedor de irradiación.

PARÁMETROS DEL PROCESO:

El análisis de costos de proceso de los servicios de irradiación Gamma para el tratamiento de productos alimenticios, como los deshidratados, concentrados y en polvo, requiere de considerar las características de la instalación; para este caso el irradiador que opera en el ININ, es un equipo industrial tipo JS-6500 auto contenedor, es decir es una unidad rodeada por un blindaje biológico, con una piscina utilizada el almacenamiento operativo de su fuente de cobalto 60.

De acuerdo a su utilización y a sus especificaciones de operación, para su proceso determinado, como es el tratamiento de alimentos deshidratados, se consideran los siguientes antecedentes y parámetros técnicos para determinación de costos:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1. Producto(s) a irradiar: | Productos alimenticios deshidratados |
| 2. Propósito(s): | Desinfestación y eliminación de parásitos |
| 3. Dosis promedio requerida: | 10kGy |
| 4. Flujo volumétrico teórico: | 7.5m ³ /h |
| 5. Flujo másico de diseño: | 155 kg/h |
| 6. Densidad global del producto: | 0.55 + 0.25 a/cc |
| 7. Eficiencia de la irradiación: | 30% |
| 8. % de ocupación del contenedor: | 90% |
| 9. Meses de operación anual: | 12 |
| 10. Días de operación mensual: | 28 |

11. Turnos diarios:

3

12. Horas efectivas de operación por día: 22

DE acuerdo a estos parámetros de utilización del irradiador, se determinan los siguientes antecedentes:

- 1.- Costos de operación
- 2.- Salarios
- 3.- Recargas de Cobalto 60
- 4.- Depreciaciones
- 5.- Gastos Generales
- 6.- Sueldos

La unidad de producción considerada para evaluar los costos de operación es el Megarad/contenedor que es equivalente a un volumen de 0.2211 m³, irradiado a una dosis de 10 kCy para una densidad de hasta 0.3 g/cm³.

El costo anual del servicio de irradiación en el ININ incluye un 20% de ayuda a la investigación.

Se puede analizar que uno de los componentes principales del costo del proceso de irradiación que es el cobalto 60 y su relación con la capacidad del irradiador, por ejemplo, si queremos irradiar 1 a 10 contenedores nos saldrá en un X precio, si es de 30 a 50 contenedores se reduce un 20% el costo original y para 50 a 100 contenedores el costo disminuiría un 24%.

Las características del irradiador JS 6500, limitan su eficiencia de utilización para el procesamiento de productos deshidratados y modifica el sistema de control dosimétrico, ya que depende del contenedor para la irradiación los cuales por su geometría sólo se puede ocupar una parte de su volumen, dependiendo del tipo de envase y /o empaque del producto.

El costo puede reducirse considerablemente al modificar el sistema de irradiación e incrementar la capacidad de producción al automatizar la operación y maniobras en la instalación

Podemos concluir que el costo del proceso de irradiación requiere de evaluar las ventajas que tiene sobre otros procesos, principalmente cuando

se trata de una instalación para servicio de una empresa particular. En este caso se puede reducirse costos en mano de obra por manipulación e inclusive materiales de empaque al manejar los productos en sus envases y empaques finales para su distribución y ventas. Otro aspecto que es conveniente evaluar es la posibilidad para optimizar instalaciones, equipos y dispositivos para incrementar la capacidad de una instalación, para abatir los costos al procesar volúmenes mayores.

4.11. ACEPTACIÓN DE CONSUMIDORES DE ALIMENTOS IRRADIADOS:

En función de la aceptación de los alimentos irradiados por los consumidores esta la comercialización de estos.

Las encuestas realizadas a los consumidores en los diferentes países presentan una tendencia muy similar, cuando no tienen información y solo escuchan la palabra irradiación, hay un rechazo total, pero suministrando la información adecuada, se incrementa la aceptación considerablemente.

Las pruebas de mercado realizadas en alimentos como papa, cebolla, papaya, fresa, en países de América, Europa, Asia, y Sudafrica, muestran el éxito de este proceso ya que en la mayoría de casos, el porcentaje de aceptación de alimentos irradiados ha sido mayoritario, lo que ha permitido el incremento en la comercialización; son ya 18 los países que realizan esta actividad y aproximadamente se están irradiando más de 500,000 toneladas al año.

La factibilidad técnica y económica de los alimentos irradiados ha sido comprobada, pero si no existe una demanda por parte de los consumidores definitivamente los alimentos tratados por irradiación no se pueden comercializar.

Hace aproximadamente 25 años que se iniciaron las actividades para la venta de alimentos irradiados, las respuestas de los consumidores fueron totalmente negativas, había confusión de los conceptos e ignorancia de esta nueva tecnología, por lo tanto, las actitudes eran de horror y de un rechazo total porque relacionaban la palabra irradiación con desastre nuclear y destrucción. Ha transcurrido el tiempo, durante el cual, varias organizaciones mundiales y grupos de intelectuales de diferentes países han establecido campañas y programas educativos para dar a conocer los beneficios y costos de las aplicaciones de la irradiación para conservar alimentos, esto ha traído como consecuencia que a través del tiempo se haya incrementado tanto el número de productos a irradiar, como el volumen y números de países.

Se han estado realizando encuestas en diversos países con la finalidad de conocer en que proporción los consumidores conocen el tratamiento de irradiar y su aceptación.

Por ejemplo se hizo una encuesta en la ciudad de México en la cual se dividieron en cinco estratos sociales :

- a).- Mayor poder adquisitivo.
- b).- Poder adquisitivo alto.
- c).- Poder adquisitivo razonable.
- d).- Escasos recursos económicos.
- e).- Muy humilde.

Se realizaron 16 preguntas, pero nos enfocamos solo a dos por ser muy importantes, son las que siguen:

Pregunta 1 : HA OIDO HABLAR DEL MÉTODO DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS UTILIZANDO RADIACIÓN IONIZANTE ?

No ENTRE-VISTAS	TOTAL 125	A 25	B 25	C 25	D 25	E 25
	%	%	%	%	%	%
Afirmativo	0.8	-	1.0	2.0	5.0	0
Negativo	92.2	100	99.0	98.0	95.0	100

Pregunta 2 : ACEPTARÍA CONSUMIR EL ALIMENTO CONSERVADO POR RADIACIÓN IONIZANTE ?

Nº. DE ENTREVISTAS	TOTAL 125	A 25	B 25	C 25	D 25	E 25
	%	%	%	%	%	%
Afirmativo	62.1	58.8	72.7	59.09	57.51	62.5
o						
Negativo	17.3	11.7	18.1	4.0	15.15	37.5
Dubitativo	20.3	29.4	9.0	36.5	27.27	----
o						

Como muestra la tabla independiente de las diferencias sociales, el porcentaje que conocía este proceso no era mayor del 2%. Después de que se les explicó lo que era la irradiación de alimentos y se mencionó cuáles eran sus ventajas y desventajas, se procedió a preguntar si aceptaría ingerir alimentos conservados por radiaciones ionizantes.

El 62% contestó afirmativo, el 17% en forma negativa y el 20.3% dudó en aceptar este proceso.

Aunque el tamaño de la encuesta se limitó solamente de 125 cuestionarios, muestra que no representa a la población de México, si da información valiosa y aún más, si es apoyada y comparada con encuestas muy parecidas en otros países, es decir, la ignorancia es la que hace rechazar la aceptación de alimentos irradiados, pero una vez conocido el proceso, hay aceptación sin importar el estrato social, educación, sexo, etc.

4.12 POSICION DE ASOCIACIONES DE CONSUMIDORES A NIVEL MUNDIAL:

Debido a que la aplicación de este proceso ha causado tanta polémica, se hace hincapié sobre la posición de estas asociaciones, que de alguna manera pueden ayudar u obstaculizar este proceso. Se citaran algunas de ellas:

- La Asociación de Consumidores de Canadá (CAC) Aceptó el proceso de irradiación de alimentos y siguió las recomendaciones de la norma Codex para irradiar alimentos.
- La Organización Principal de las Uniones de Consumidores en Europa (BEUC) en principio, no rechaza el proceso, pero requiere que se etiquete de tal manera que el consumidor tenga oportunidad de escoger.

- * La Agencia de Alimentos y Medicamento de los E.U. (FDA), piensa que se debe etiquetar el alimento irradiado, solamente para que el consumidor sepa lo que esta comprando.

Es importante señalar la existencia de algunos grupos contrarios a la utilización de este proceso, como en E.U., donde se creó el grupo para frenar la irradiación de alimentos (Based National Coalition to Top Food Irradiation), de gran influencia y que ha logrado que en tres estados se prohíba el uso de irradiación de alimentos.

De la misma manera, las políticas de algunos países, como Japón, donde en 1973 se instaló una de las plantas para irradiar alimentos, han impedido que haya diseminación mayor de esta tecnología. Lo mismo sucede en la República Federal Alemana o en Nueva Zelanda que aceptan las ventajas del proceso, pero no deciden utilizarlo todavía.

4.13. POSICION DE LA O.M.S. SOBRE LA TECNOLOGIA DE IRRADIACION DE ALIMENTOS:

Los alimentos en general pueden ser portadores de agentes que producen enfermedades en el hombre, o bien llevan al deterioro de los alimentos. En este sentido, no se han cuantificado las pérdidas producidas por enfermedades transmitidas por alimentos en los países de Latinoamérica.

Por otra parte, es difícil conocer las pérdidas producidas en los países por el deterioro de los alimentos, sin embargo, se han realizado estimaciones al respecto y en algunos países, las mismas comprenden el 17.55% de lo producido en alimentos carnes, lácteos y huevo (Argentina).

Existen otros problemas cuando los alimentos son portadores de agentes, ya que estos pueden ser exóticos para el país importador lo que crea nuevas dificultades.

Entre los agentes que podemos considerar de riesgo transmitidos por alimentos tenemos la *Salmonella*, la *Campylobacter*, la *Staphylococcus*, el *Clostridium*, el *Bacillus*, la *Escherichia Coli*, la *Listeria*, etc.

Las enfermedades transmitidas por alimentos están en gran medida caracterizadas por diarrea. Este proceso, que en sí mismo es grave para ciertas poblaciones (niños, ancianos y enfermos), acentúa el déficit nutricional de la población al reducir la absorción de los nutrientes.

Deseamos considerar que la OMS (Organización Mundial de la Salud) a través de su comité de expertos, sugirió dosis máximas de aplicación en alimentos irradiados, estas recomendaciones fueron apoyadas en base a trabajos desarrollados en diferentes países y por diferentes investigadores, y las mismas, de ninguna manera, impiden el futuro uso de dosis mayores. Sólo se limitan a señalar que en base a la experiencia alcanzada hasta ese momento, una dosis media de hasta 10 KGy no presenta riesgos toxicológicos, por esto, no se requiere hacer más pruebas toxicológicas de los alimentos así tratados (FAO).

Estas organizaciones buscan alcanzar metas como:

- * Lograr un suministro de alimentos inocuos, sanos, nutritivos, agradables y económicos para la población.
- * Disminuir las pérdidas en la producción y mercadeo de alimentos.
- * mejorar las condiciones de competencia en el mercado internacional de alimentos y reducir los rechazos en los países importadores.

Para lograr estas metas se requiere:

- * Desarrollar programas integrales de protección de alimentos.
- * Fortalecimiento de servicios analíticos y de inspección y
- * Vigilancia epidemiológica de enfermedades transmitidas por alimentos.

Finalmente, se requieren estrategias que se apliquen a dichos programas, por lo cual se requiere:

- * Movilización de recursos.
- * Disseminación de información.
- * Adiestramiento.
- * Desarrollo de políticas, planes y normas e
- * Investigación.

CAPÍTULO V

LEGISLACIÓN DE ALIMENTOS

5.1 LEGISLACIÓN NACIONAL:

Los primeros intentos de legalizar el proceso de irradiación de alimentos a nivel nacional y reportados a la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA), se llevaron a cabo en los Estados Unidos de Norteamérica, en el año de 1958. En esta forma, una enmienda sobre aditivos para alimentos en la "Federal Food, Drug and Cosmetic Act" prohibió el uso de radiaciones para el tratamiento de alimentos. Esta política sobre el proceso se adoptó también en Alemania, por lo que una regulación para la irradiación de alimentos fue promulgada en 1959.

En los años sesenta y setenta, otros países adoptaron regulaciones especiales o enmendaron las leyes existentes en sus legislaciones nacionales a través de la emisión de decretos específicos, para posibilitar la aplicación del proceso de irradiación en alimentos.

De acuerdo con la información existente en la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA), 21 de sus estados miembros han promulgado, en una u otra forma, regulaciones referentes a productos alimenticios irradiados de alimentos. La lista de países incluye: Alemania, Argentina, Australia, Austria, Bélgica, Brasil, Canadá, Dinamarca, España, Estados Unidos, Francia, Israel, Italia, Japón, Luxemburgo, Reino Unido, Sudafrica, Suecia, Suiza y Tailandia.

5.2 REGLAMENTACIÓN MEXICANA SOBRE LOS ALIMENTOS IRRADIADOS:

La Secretaría de Salud en México es el organismo oficial responsable del control sanitario de los alimentos y materias primas para elaboración de los mismos y que se destinen al consumo humano; lo anterior tiene su base en la ley general de salud en su artículo 94 y en el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de control sanitario de actividades, establecimientos, productos y servicios en sus artículos 149, 152, 154, 159, 161, 162, 163, y 164.

la dirección de control sanitario, se apoya en los servicios coordinados de salud de cada estado, los cuales se encuentran descentralizados y dependen de los gobiernos de los que representan.

Estos servicios coordinados tienen representantes en cada ciudad, los que forman la parte operativa y funcional del sistema de Regulación Sanitaria Mexicana.

La Dirección General de Control Sanitario de Bienes y Servicios, se coordina con otras instituciones gubernamentales como SECOFI, SARH, SEPESCA, Y SEDUE, entre otras.

Uno de los objetivos centrales de estos Acuerdos de coordinación consiste en vincular la normalización y el control de las dependencias y favorecer la interrelación y apoyo recíproco entre sus infraestructuras.

- a) Con SECOFI, se elaboran normas oficiales mexicanas de alimentos, bebidas alcohólicas, productos de tocador y de belleza.
- b) Con SARH, se trabaja con establos y rastros, agroquímicas, agua de uso.
- c) Con SEDUE, se trabaja con sustancias tóxicas, contaminantes químicos, biológicos y radioisótopos.

El sistema de regulación sanitaria se basa en el otorgamiento de autorizaciones sanitarias.

Estas autorizaciones deben solicitarse en las normas oficiales para que tal efecto proporciona la Dirección General de Control Sanitario de Bienes y Servicios, así como también documentos e información necesaria para resolver dicha petición.

Solo procederá el otorgamiento de una autorización sanitaria cuando el solicitante hubiese satisfecho todos los requisitos.

La autoridad sanitaria dispondrá de un plazo de 60 días contados a partir de la recepción de la solicitud para resolver y notificar al interesado el resultado de su solicitud de autorización sanitaria, tratándose de registros el plazo será de 90 días.

LICENCIA SANITARIA:

Requieren licencia sanitaria los establecimientos:

- a) Destinados al proceso de productos alimenticios, medicamentos, sustancias tóxicas, fuentes de radiación, etc.
- b) Destinados al proceso, almacenamiento y distribución o destino final de plaguicidas y fertilizantes.
- c) Destinados al almacenamiento y distribución de gas licuado de petróleo (L.P.).
- d) Donde se desarrollen actividades ocupacionales, en las que se pongan en riesgo la salud de los trabajadores.

También requieren licencia sanitaria los vehículos que transportan productos perecederos; insumos para la salud; gas licuado, sustancias tóxicas y fuentes de radiación.

Las embarcaciones, aeronaves y vehículos de transportes terrestres de pasajeros.

REGISTRO SANITARIO:

El registro sanitario es el acto administrativo mediante el cual la Secretaría de Salud, autoriza la elaboración, venta, suministro al público, el uso o disposición de los productos o equipos.

Requieren registro sanitario los productos o equipos, sean nacionales o extranjeros que a continuación se señalan:

- I. Alimentos.
- II. Bebidas alcohólicas,
- III. Bebidas no alcohólicas,
- IV. Medicamentos,
- V. Estupefacientes,
- VI. Sustancias psicotrópicas,
- VII. Productos de perfumería y belleza,
- VIII. Productos de aseo,

IX. Tabaco.

X. Equipo médicos, materiales quirúrgicos, de curación,

XI. Purificadores de agua de tipo doméstico, y

XII Productos que contengan sustancias tóxicas.

Para la obtención del registro sanitario se requiere:

- a) Presentar solicitud en formas oficiales.
- b) Copia de la licencia sanitaria vigente, en su caso acta de inspección sin anomalías.
- c) Información Científica y técnica para demostrar que el producto o equipo reúne las características de seguridad y eficacia.

Como ejemplo se podría tomar: Fórmula, diagrama de flujo, análisis fisicoquímicos y microbiológicos, proyectos de etiquetas, así como la presentación de envases.

TARJETAS DE CONTROL SANITARIO:

Requieren de tarjetas de control sanitario, todas las personas que se dediquen a trabajos o actividades en las que haya riesgos de que se propaguen una enfermedad transmisibles.

POSTURA DE LA SECRETARIA DE SALUD FRENTE A LA IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS:

A la Secretaría de Salud le compete el control sanitario de la irradiación en alimentos, con base en la Ley general de salud y sus reglamentos por lo que permitirá la irradiación de alimentos: cuando se justifique plenamente la exposición de radiaciones ionizantes específicas, con el fin de reducir la carga microbiana o la de microorganismos patógenos no esporulados, inhibir la brotación, retarda la maduración, ampliar la conservación de los alimentos o desinfestación de insectos y parásitos; pero en ningún caso se permitirá para ocultar defectos de calidad sanitaria o para disimular alteraciones o contaminaciones en los alimentos.

Los tipos de radiación ionizante que se permiten son los siguientes:

- a) Radiación gamma de fuentes encapsuladas de los radionúclidos, Cobalto 60 y Cesio 137.

- b) Rayos X generados por máquinas, con energía que no exceda de 5 Mev.
- c) Electrones generados por máquinas con energías que no excedan de 10 Mev.

por lo que se refiere a los establecimientos de irradiaciones iónicas a los alimentos, para que puedan trabajar, ya sea del sector público, social o privado a nivel industrial, deberán contar con la licencia sanitaria de nivel industrial, de funcionamiento y con la autorización correspondiente de la Comisión Nacional de Energía Nuclear y Salvaguardias para su control.

Dichos establecimientos además deberán ser inscritos en el registro Nacional y en el internacional, tramitando ante la Comisión conjunta FAO/OIEA. Por lo que se refiere a las instalaciones de irradiación, deberán estar diseñadas de manera que satisfagan todos los requisitos de seguridad radiológica y de eficiencia; pueden ser de dos tipos, una irradiación continua y otra por lotes.

El control de los alimentos irradiados, deberá efectuarse por los métodos aceptados para probar las dosis absorbidas y acompañado de una vigilancia de los parámetros físicos del proceso autorizado.

Deberán conservarse los registros de la intensidad de las radiaciones aplicadas a los productos por más de un año y estos deberán ser mostrados a los inspectores debidamente autorizados por la Secretaría de Salud y por la Comisión Nacional de Energía Nuclear y Salvaguardias.

El establecimiento donde se procesan alimentos irradiados, deberá contar con un responsable y un auxiliar de responsables, con grado profesional y especialidad de física nuclear, con las siguientes responsabilidades:

- a) Que cada lote de producto se irradie conforme a los límites establecidos.
- b) Que cada lote se someta a comprobación de dosimetría.
- d) Que cada lote sea remitido con la documentación que ampare el lote.

El responsable del establecimiento de irradiación deberá manifestar por escrito y archivar el procedimiento de irradiación en un libro de control. Los resultados de las mediciones, los cálculos de dosis, procedimientos de dosimetría cuantitativa para cada tipo de producto y expedir la constancia de la dosis suministrada para cada lote de producto, señalando la fecha de irradiación y el número del código de identificación del lote.

A fin de proteger la salud del consumidor cada lote de producto deberá ser evaluado en su aspecto de dosis de irradiación, nutricional y microbiológico.

Los productos que ingresen al establecimiento, deberán colocarse apartados y debidamente etiquetados, de los productos irradiados que salgan, a fin de evitar una confusión peligrosa, deberá colocarse una etiqueta color rosa que lo señale.

En cuanto al material primario deberá ser de un material resistente, que por la irradiación no pueden producirse sustancias que vaya a alterar, adulterar o contaminar los alimentos y resulten perjudiciales a la salud; por lo que los fabricantes de dichos productos deberán demostrar ante la Secretaría de Salud y la comisión, la inocuidad de los envases para cada tipo de producto.

Respecto a la venta o suministro de productos irradiados, se requiere que las etiqueta tenga dimensiones apropiadas, con la relación a las del producto unitario con caracteres visibles en la que figuren todos los textos reglamentarios, con un texto que los identifique que da el "Tratado por irradiación", y presentando el logotipo que internacionalmente los identifica, así mismo en su documentación.

En el caso de los contenedores con producto a granel, por ejemplo: papas, el citado texto deberá figurar también en los documentos correspondientes. En ambos casos, se precisará el establecimiento y la identificación del lote.

Los productos irradiados para exportación deberán cumplir con las disposiciones legales y normas aplicables, así como a los dispuestos por las reglas establecidas por la comisión del Codex Alimentarius en lo relativo al etiquetado, comercio internacional, documentación de embarque, factura de cada lote y deberá acompañarse de un certificado expedido por la Secretaría, en el que constaran todos los datos relativos a su identificación.

Los productos irradiados de importación para su venta en el país requieren de la autorización expresa de la Secretaría, para lo cual es necesario que el interesado presente un certificado expedido por la autoridad sanitaria del país de origen, en el que consten el registro internacional, el tipo de fuente de irradiación utilizado, las dosis y además datos relativos.

5.3 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-033-SSA1-1993, BIENES Y SERVICIOS. IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS. DOSIS PERMITIDAS EN ALIMENTOS, MATERIAS PRIMAS Y ADITIVOS ALIMENTARIOS:

1. APLICACIONES Y CAMBIOS DE APLICACION:

- 1.1 Esta Norma Oficial Mexicana (NOM) establece las dosis permitidas para la irradiación de alimentos, materias primas y aditivos alimentarios.
- 1.2 Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en el Territorio Nacional para las personas físicas o morales que se dediquen a su proceso o importación.

DISPOSICIONES SANITARIAS:

Los productos objeto de esta norma, además de cumplir con lo establecido en el Reglamento, deben ajustarse a las siguientes disposiciones:

- a) El permisionario dedicado al proceso de irradiación en los alimentos, materias primas y aditivos para alimentos establecidos en esta Norma, se obliga a entregar a los usuarios solicitantes del servicio una constancia por lote que indique:
 - * Identificación del producto,
 - * Número del lote,
 - * Fuente de radiación utilizada,
 - * Dosis mínima y máxima a las que el lote fue irradiado,
 - * Nombre y dirección donde se aplicó el proceso de irradiación, y
- b) Son obligaciones del permisionario, exigir al usuario que solicita el proceso de irradiación en alimentos, materias primas y aditivos para alimentos los siguientes datos, mismos que se deben conservar con el registro de cada lote irradiado:
 - * Nombre de la persona física o moral que presenta el producto para el proceso,
 - * Identificación del producto

- * Número de lote,
 - * Cantidad del producto a irradiar,
 - * Envases y empaques utilizados,
 - * Propósitos de la irradiación,
 - * Vida de anaquel del producto, y
 - * Informar si un lote del producto ha sido irradiado previamente, cuando proceda.
- c) Debe llevarse un control de los productos que reciban irradiación repetida, ajustándose a lo establecidos en el reglamento.
 - d) El usuario debe dar aviso a la Secretaría de Salud cuando los productos sean sometidos a irradiación.
 - e) El personal que labore dentro de la planta o establecimiento dedicado al proceso de irradiación de alimentos, materias primas, y aditivos alimentarios debe cumplir con los requisitos para el desarrollo de sus actividades, de acuerdo al Reglamento General de Seguridad Radiológica, editado por la C.N.S.N.S.
 - f) Sólo personal capacitado y autorizado por la C.N.S.N.S. podrá desarrollar actividades involucradas con la actividad del irradiador.
 - g) La documentación relacionada con el proceso de irradiación de alimentos, materias primas y aditivos para alimentos debe ser proporcionada a los representantes de la Secretaría de Salud.
 - h) La planta o establecimiento, debe contar con la licencia de la Secretaría de Salud y la C.N.S.N.S., las que evaluarán los aspectos de diseño, construcción y operación desde el punto de vista de protección radiológica teniendo en cuenta sus efectos en el personal, público y medio ambiental, en el ámbito de su competencia.

ESPECIFICACIONES SANITARIAS:

Los productos objetos de este ordenamiento deben cumplir con las siguientes especificaciones, las dosis mínimas dependen de las características propias del producto.

ETIQUETADO:

La etiqueta de los productos objeto de esta Norma, además de cumplir con lo establecido en el reglamento y la Norma Mexicana correspondiente, debe sujetarse a lo siguiente:

Debe aparecer el símbolo internacional de irradiación de alimentos:



ENVASE, EMPAQUE Y EMBALAJE:

a) Envase:

los productos objetos de esta Norma se deben envasar en recipientes del tipo sanitario, elaborados con materiales inocuos y resistente a distintas etapas del proceso, de tal manera que no reaccionen con el producto o alteren sus características físicas, químicas y organolépticas.

b) Empaque:

Se deben usar envolturas de material resistente que ofrezcan la protección adecuada a los envases para impedir su deterioro exterior, a la vez faciliten su manipulación, almacenamiento y distribución.

c) Embalaje:

Se debe de usar envolturas de material resistente que ofrezcan la protección adecuada a los empaques para impedir su deterioro exterior, a la vez que faciliten su manipulación almacenamiento y distribución.

TRANSPORTE:

Vehículos destinados al transporte de los productos objeto de esta Norma deben cumplir con lo establecido en los artículos correspondientes del Reglamento de acuerdo a las características de los mismos.

OBSERVANCIA DE LA NORMA:

La vigilancia en el cumplimiento de la presente Norma corresponde a la Secretaría de Salud.

VIGENCIA:

Presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor con su carácter de obligatorio a los treinta días siguientes a partir de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

5.4 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-088-SSA1-1994. BIENES Y SERVICIOS. CONTAMINACIÓN POR RADIONÚCLIDOS EN ALIMENTOS DE CONSUMO MASIVO IMPORTADOS. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES:

OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN:

- a) Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de radionúclidos que deban cumplir los alimentos de consumo masivo importados como: la leche y sus derivados, fórmulas para lactantes, agua purificada envasada, productos de la pesca congelados, en conserva o seco-salados, vegetales, grasas de provenientes de vegetales y animales.
- b) Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en el Territorio Nacional para las personas físicas o morales que se dedican a su importación.

ESPECIFICACIONES SANITARIAS:

Los productos objeto de este ordenamiento, deben cumplir con las siguientes especificaciones:

- a) Contaminación por radionúclidos:

<i>ESPECIFICACIONES</i>	<i>FACTOR DE DOSIS POR UNIDAD DE INGESTIÓN</i> <i>Sv/Bq</i>	<i>(LMP) LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES</i> <i>Bq/Kg</i>
$Cs^{134} + Cs^{137}$ Sr^{90}	10^{11} 10^7	100.0 10.0

- b) Cualquier otro radionúclido, no incluido en la tabla debe ser clasificado de acuerdo al valor de su factor de dosis por unidad de ingestión asociado y debe determinarse el límite máximo permisible correspondiente, coherente con los criterios empleados para ello.
- c) Para el caso de que en algún lugar del orbe, ocurran liberaciones masivas de radionúclidos que repercutan en las cadenas alimentarias, se deben efectuar las mediciones de I-131, Am-241 y Pu-239 controlarse sus niveles de contaminación con límites máximos permisibles.
- d) En situaciones que afecten, de manera real o potencial a la salud, la Secretaría de Salud y la C.N.S.N.S revisarán los límites establecidos y sus condiciones de aplicabilidad, a los que se hace referencia en esta Norma.
- e) En los casos de emergencia sanitaria, la Secretaría de Salud determinará que otros productos deben sujetarse a esta Norma.

MUESTREO:

El procedimiento de muestreo para los productos objetos de esta Norma, debe sujetarse a lo establecido en la Ley General de Salud.

OBSERVANCIA DE LA NORMA:

La vigilancia en el cumplimiento de la presente norma corresponde a la Secretaría de Salud.

VIGENCIA:

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor con su carácter obligatorio a partir de los treinta días siguientes a su publicación en el Diario.

5.5 AUTORIZACIONES PARA IRRADIAR CIERTOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS:

Numerosos países, a pesar de no poseer una ley para el control del proceso de irradiación aplicado a productos alimenticios, han emitido a través de las autoridades de sus organismos legales nacionales, permisos especiales, para irradiar ciertos productos alimenticios específicos, en forma Individual.

Estos permisos o autorizaciones o licencias especiales, se denominan, en el idioma inglés, "clearances"

Las autorizaciones tenían como objeto el permitir la irradiación de productos alimenticios específicos en forma ilimitada, luego de haber sometido dichos productos irradiados a experimentación a nivel de laboratorio, para demostrar la ausencia de efectos adversos debidos a su ingestión, o la degeneración de sus propiedades nutricionales por efecto del tratamiento con irradiación.

Las pruebas antes mencionadas se llaman "pruebas de inocuidad" "Wholesomeness tests".

La primera autorización para irradiar alimentos se emitió en lo que fue la Unión Soviética, el 14 de marzo de 1958. El permiso se concedió para irradiar papas con el objeto de inhibir la germinación durante su almacenamiento.

Desde entonces, más de 20 países han concedido autorizaciones para aproximadamente 30 productos alimenticios diferentes, para ser irradiados en ciertas condiciones específicas para la obtención de propósitos determinados. Entre estos países se encuentran: Alemania, Bélgica, Bulgaria, Canadá, Checoslovaquia, Chile, Dinamarca, España, Estados Unidos, Francia, Filipinas, Hungría, Israel, Italia, Japón, Países Bajos, Reino Unido, Sudáfrica, Tailandia, la antigua Unión Soviética, y Uruguay.

Las dosis permitidas se encuentran dentro del rango de 0.06 kGy (para obtener la inhibición de la germinación en tubérculos) a 25 kGy (para la radapertización de comidas congeladas).

5.6 PANORAMA INTERNACIONAL:

Poco después de la primera conferencia de la FAO/WHO ("Food and Agriculture Organization) y (World Health Organization) en 1955, que tuvo a

cargo considerar el programa de estandarización de los productos alimenticios, la Segunda Conferencia, llevada a cabo en 1963, designó a la radiación como un contaminante de los alimentos, el cual debería de someterse a mayor evaluación.

En 1964, el Grupo Consultor Conjunto FAO/IAEA/WHO recomendó una serie de procedimientos para la evaluación de la inocuidad de los alimentos irradiados, con el objeto de facilitar el control del proceso de irradiación a nivel internacional.

En 1965, la Comisión del Codex Alimentarius, a través de su Comité sobre Aditivos, incluyó en su definición de aditivo para productos alimenticios, a "cualquier fuente de radiación a ser usada en el tratamiento de alimentos".

En 1968, el mismo Comité Sobre Aditivos Alimenticios ratificó su posición respecto a la definición del proceso de irradiación aplicado a productos alimenticios.

En 1969, tuvo lugar la primera Reunión del Comité Conjunto de Expertos FAO/IAEA/WHO ("Joint FAO/IAEA/WHO Experts Committee") sobre la inocuidad de productos irradiados, la cual fue seguida, en 1970, por el establecimiento del Proyecto Internacional en el Campo de Irradiación de Alimentos, eventos que constituyeron las bases sólidas para la armonización del proceso de irradiación de alimentos a nivel internacional.

Con base en la información científica y tecnológica obtenida a través del Proyecto Internacional, y luego de su evaluación por el Comité Conjunto de Expertos FAO/IAEA/WHO, un Grupo Consultor de los organismos internacionales sobre los aspectos legales del proceso de irradiación de alimentos, emitió en 1972, las primeras recomendaciones sobre medidas regulatorias para la irradiación de alimentos.

Estas recomendaciones fueron revisadas en 1977 por un Grupo Consultor Conjunto FAO/IAEA/WHO, sobre la aceptación internacional de alimentos irradiados.

En 1979, la comisión del Codex Alimentarius adoptó el primer Estandar General para Alimentos irradiados, además el "Código de Operación Práctica de Instalaciones de Irradiación a ser Usados para el Procesamiento de Alimentos". En esta forma, todos los países miembros del Proyecto Internacional de Alimentos contaron con bases sólidas para la regulación del proceso.

Poco después, los documentos antes mencionados fueron distribuidos entre los países participantes y miembros del Codex Alimentarius para sus respectivas aceptaciones a nivel gubernamental.

En 1980, el Comité Conjunto de Expertos en irradiación de Alimentos JECFI, emitió recomendaciones para enmendar tanto el Estándar General como el Código de Operación Práctica, por lo que las versiones revisadas fueron preparadas por el " Joint FAO/IAEA/ WHO Consultation Group, en su reunión del 1 al 3 de julio de 1981, en Ginebra, Suiza.

La aprobación para la revisión de los documentos se emitió en la Décimo Cuarta Reunion del Comité del Codex Alimentarius, llevada a cabo del 29 de junio al 10 de julio de 1981. Similarmente, estos borradores se distribuyeron entre los países miembros, para la consideración, de sus gobiernos, en ese mismo año.

En 1982 y 1983, se celebraron reuniones del Comité del Codex Alimentarius sobre Aditivos de Alimentos, y en ellas se efectuaron enmiendas a los documentos entregados a los gobiernos miembros. La elaboración de la Norma General del Codex Alimentarius para Alimentos Irradiados (Norma Universal) se concluyó en la reunión de la Comisión del Codex Alimentarius, celebrada en julio de 1983. En esta reunión la norma general fue, además, únicamente aceptada por la Comisión del Codex Alimentarius.

Su distribución a todos los países miembros (122 países), se realizó a finales del año 1983.

La aceptación de la Norma General por los países miembros de la Comisión del Codex Alimentarius y la introducción de la misma en las leyes nacionales referentes a productos alimenticios y su procesamiento, ayudará a impulsar en un alto grado, la comercialización de productos alimenticios irradiados a nivel internacional.

Adicionalmente, la Comisión del Codex Alimentarius, aprobó el Código Internacional para la Práctica de Operación de Instalaciones de Irradiación Usados para el Tratamiento de Alimentos, luego de la introducción de varias enmiendas a la versión del año 1979.

5.7 PROCEDIMIENTOS Y REQUERIMIENTOS PARA DECLARAR ALIMENTOS IRRADIADOS COMO APTOS PARA EL CONSUMO HUMANO.

Algunos países han intentado regular el procesamiento de alimentos con irradiación a través de una prohibición general que pueda ser removida cuando los requerimientos para tal acción así lo justifiquen. En esta forma es posible controlar cada uno de los diferentes tipos de alimentos a ser procesados con radiaciones.

Con este razonamiento algunos gobiernos adoptaron, en el pasado una serie de procedimientos para emitir la autorización respectiva, con carácter provisional o incondicional para el consumo humano de determinado producto o grupo de productos relacionados, luego de su tratamiento con radiación ionizante.

Todas las autorizaciones se basaron en la evidencia experimental acumulada a nivel internacional sobre la inocuidad de los alimentos procesados. Entre los parámetros analizados, previos a la emisión de la respectiva autorización, tenemos:

- * Toxicología en general.
- * Carcinogenesis.
- * Efectos teratológicos.
- * Mutagenicidad.
- * Aspectos nutricionales.
- * Aspectos microbiológicos.
- * Inducción de radiactividad en el producto alimenticio.
- * Embalaje y sus efectos sobre los alimentos procesados con irradiación.

La experimentación se llevó a cabo en varios centros internacionales, empleando gran número de animales y las técnicas instrumentales para análisis químicos y físicos más desarrolladas. La evolución de los resultados obtenidos se hizo con base a estudios comparativos.

Adicionalmente, el desarrollo de métodos para la identificación inequívoca de productos procesados con irradiación es una preocupación de varios países interesados en el proceso, con el objetivo de determinar no solamente si un producto ha sido irradiado sino, también, la dosis de radiación a la que fue sometido. Aparte se han empleado muchos métodos

para detectar los cambios físicos químicos, o biológicos inducidos a los alimentos por el método de irradiación.

Entre los cambios se encuentran las proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos, estos han sido examinados para detectar cambios físicos o químicos característicos. Otras técnicas tales, como resonancia electrón espínica, la cual detecta radicales libres en los productos tratados; y ensayos histológicos, para analizar la microestructura de los alimentos; Otros, como funciones biológicas de ciertos productos (respiración etc.) y análisis de la microflora de los productos irradiados, etc., han sido también empleados, en a fin de establecer y aclarar métodos de control con validez internacional.

Sin embargo, ninguno de los métodos empleados hasta el momento reúne las características necesarias para su adopción como un método estándar y completo de control de productos irradiados, pudiéndose efectuar un control efectivo del procedimiento únicamente dentro de la planta de irradiación.

Actualmente, la aceptación y adopción de las normas recomendadas por la Comisión del Codex Alimentarius sobre alimentos irradiados y sobre la Operación de Plantas de irradiación para el Procesamiento de Alimentos, constituye un requisito indispensable para posibilitar la participación de los países interesados en la comercialización y aceptación de productos irradiados como aptos para el consumo humano.

5.5 REGULACIÓN Y CONTROL DEL PROCESO DE IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS Y DE LOS ALIMENTOS IRRADIADOS

El propósito fundamental para el establecimiento de leyes de alimentos en general, es la protección de la salud del consumidor y el control de la calidad de los alimentos para consumo humano que se encuentran en el mercado.

La adopción, por parte de los gobiernos, de la Norma General para Alimentos Irradiados recomendada por la Comisión del Codex Alimentarius en 1983 con carácter de universal, Constituirá el paso más decisivo para el control y la regulación de la irradiación de los alimentos y de los alimentos irradiados, a nivel internacional.

La norma general contiene los requerimientos generales que se aplican a todo tipo de alimentos irradiados y aquellos requerimientos referentes al proceso de irradiación. Además, contiene los "límites de dosis" para definir la máxima cantidad de radiación que puede ser absorbida por los productos

alimentos: trigo, papas, pollos, papayas, fresas, cebollas, bacalao, arroz y especerías.

La evolución del procedimiento de legalización, hizo necesaria la elaboración de un marco legal que pudiese servir como base para la armonización de legislaciones nacionales referente a irradiación de alimentos y de los procedimientos regulatorios respectivos, con el objeto de aumentar la confiabilidad entre los países respecto a la aplicación del proceso y, por ende, la aceptación de los productos irradiados de un país, a otro país importador, bajo la premisa de una adecuada consideración de los parámetros de inocuidad, higiene y control del proceso de irradiación.

Por esta razón, en 1979, la Agencia Internacional de Energía Atómica publicó un documento denominado "International Acceptance of Irradiated Food - Legal Aspects", el cual contiene Modelos de Regulaciones para el control y la comercialización de alimentos irradiados.

Estos modelos de regulación proveen los lineamientos generales para la aplicación de la irradiación en forma práctica, dentro de los reglamentos establecidos en las respectivas leyes nacionales, tomando en consideración los siguientes puntos.

AUTORIZACION PARA EL FUNCIONAMIENTO DE PLANTAS DE IRRADIACIÓN PARA EL PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS:

El tratamiento de alimentos debe, llevarse a cabo en instalaciones registradas y con licencia concedida por las respectivas autoridades nacionales.

CONTROL DEL PROCESO DE IRRADIACION DE ALIMENTOS:

Este procedimiento aseguraría que el tratamiento con irradiación se ha llevado a cabo por personal calificado, de acuerdo con los requerimientos del "Codex Standard" y del Código de Práctica de la Comisión del Codex Alimentarius. Tanto los gerentes como los operadores de la planta de irradiación deberán mantener un registro adecuado del procesamiento realizado, en el cual deberá constar la dosimetría realizada en forma cuantitativa. Tanto las instalaciones como los registros de procedimiento serán hábiles de inspección de las autoridades competentes.

CONTROL DE LA COMERCIALIZACION DE ALIMENTOS IRRADIADOS:

Este tipo de control se llevara a cabo con el objeto de prevenir la entrada tanto en los respectivos mercados nacionales como en el mercado internacional, de productos irradiados cuyo procesamiento no se ha llevado

a cabo de acuerdo con las previsiones hechas en el "Codex Standard" y el Código de Práctica de la Comisión del Codex Alimentarius. Adicionalmente, el objetivo de asegurar compatibilidad en el control, ciertas condiciones generales concernientes al etiquetado de los alimentos procesados con irradiación, su presentación y embalaje.

Estos puntos son considerados como esenciales para promover y facilitar el flujo de productos alimenticios irradiados en el comercio internacional.

5.9 NORMA GENERAL DEL CODEX PARA ALIMENTOS IRRADIADOS (NORMA UNIVERSAL):

1.Ámbito de aplicación

Esta norma se aplica a solo a alimentos tratados con irradiación; y no es aplicable a los alimentos expuestos a dosis emitidas por instrumentos de medición utilizados para efectos de inspección.

2.Requisitos generales del proceso.

a) Fuentes de radiación :

Podrán utilizarse los siguientes tipos de radiación ionizante :

- Rayos gamma de los radionuclidos ^{60}Co y ^{137}Cs
- Rayos X generados por máquinas que trabajen a energía de 5 MeV o inferiores
- Electrones generados por máquinas que trabajen a energías de 10 MeV o inferiores.

b) Dosis absorbida:

La dosis media global absorbida por un alimento sometido a un proceso de irradiación no debería exceder de 10 kGy (1) (2).

c) Instalaciones y control del proceso:

- * El tratamiento por irradiación de los alimentos se llevará a cabo en instalación a la que la autoridad nacional competente haya concedido licencia e inscrito en un registro para tal efecto.
- * Tales instalaciones se proyectarán de modo que cumplan los requisitos de seguridad, eficacia y buenas practicas de higiene en el tratamiento de los alimentos.
- * Las instalaciones estaran dotadas del personal adecuado que posea la capacitación y competencia apropiada.
- * Entre otras medidas para el control interno del proceso, en la instalación se llevaran los registros adecuados, en particular los referentes a la dosimetria cuantitativa.
- * Los locales y registros podran ser inspeccionados por las autoridades nacionales competentes.
- * El control se ejercera de conformidad con el Código Internacional Recomendado de Prácticas para el Funcionamiento de Instalaciones de Irradiación Utilizadas para el Tratamiento de Alimentos (CAC/RCP 19-1979, REV. 1).

3. Higiene de los alimentos irradiados:

Los alimentos deberán ajustarse a lo dispuesto en el Código Internacional de Prácticas-Principios Generales de Higiene de los Alimentos (ref. Núm. CAC/RCP 1 1969, Rev 1 1979) y cuando proceda, en el Código de Prácticas de Higiene del Codex Alimentarius correspondiente a un determinado alimento.

Deberán cumplirse todos los requisitos nacionales de sanidad pública pertinentes, relativos a la seguridad microbiológica y a la idoneidad nutricional vigentes en el país en que se venda el alimento.

5. 10 REQUISITOS TECNOLÓGICOS:

1. CONDICIONES DE IRRADIACION:

La irradiación de los alimentos sólo se justifica cuando responde a una necesidad tecnologica o cuando contribuye a alcanzar un objetivo de

higiene alimentaria (5) y no deberá utilizarse en sustitución de las prácticas de fabricación adecuadas.

2. REQUISITOS DE ENVASADO Y CALIDAD DE LOS ALIMENTOS:

Las dosis utilizadas deberán ser adecuadas a los objetivos tecnológicos y de salud pública perseguidos y ajustarse a prácticas apropiadas de tratamiento por irradiación. Los alimentos que vayan a irradiarse y los materiales para su envasado, serán de la calidad adecuada, poseerán condiciones higiénicas aceptables serán apropiados para este proceso y se manipularán antes y después de la irradiación, conforme a las prácticas adecuadas de fabricación, tomando en cuenta las exigencias tecnológicas y particulares del proceso.

3. IRRADIACIÓN REPETIDA:

Excepto con los alimentos en bajo contenido hídrico (cereales, leguminosas, alimentos deshidratados y productos similares) irradiados a efectos de combatir la reinfestación por insectos, los alimentos irradiados, en conformidad con las secciones 2 y 4 de la presente norma, no deberán ser sometidos a una irradiación repetida.

Para los efectos de la presente norma, los alimentos no se consideran sometidos a una irradiación repetida cuando:

- a) Se irradian con otra finalidad tecnológica, alimentos preparados a partir de materiales que se han irradiado a bajos niveles de dosis, por ejemplo, a 1kGy, aproximadamente.
- b) Se irradian alimentos con un contenido inferior al 5% de ingredientes irradiados.
- c) La dosis total de radiación ionizante requerida para conseguir el efecto perseguido se aplica a los alimentos de modo fraccionado, como parte de un proceso con un fin tecnológico específico.

La dosis absorbida media global que se haya acumulado no debería exceder de 10 kGy, como consecuencia de una irradiación repetida.

4. ETIQUETADO:

- a) Control de existencias:

Para los alimentos irradiados, preenvasados o no, los documentos pertinentes del embarque deberán dar, información apropiada para identificar la instalación con licencia oficial en que se haya irradiado el alimento, la fecha del tratamiento y la identificación del lote.

b) Alimentos preenvasados destinados al consumo directo:

El etiquetado de los alimentos irradiados se ajustará a lo dispuesto en la norma pertinente del Codex, relativa al etiquetado de alimentos preenvasados.

c) Alimentos a granel transportados en contenedores:

La irradiación se indicará claramente en los documentos pertinentes del embarque.

CAPÍTULO VI

ANEXOS

6.1 ANEXOS:

PROPIEDADES DE PELÍCULAS ESTIRABLES

<i>Tipo de película</i>	<i>ESTIRAMIENTO TÍPICO (%)</i>	<i>TEMPERATURA DE ESTIRAMIENTO (°F)</i>	<i>TEMPERATURA DE SELLADO (°F)</i>
Poliéster	35	350	275
Poliétileno	30	340	275
Polipropileno	60	425	350
cloruro de polivinilo	60	325	225
Goma hidrocioruro	45	300	250
Sarán	45	350	280
Estireno	50	300	250

RICIDEZ EN PELÍCULAS TÍPICAS DE POLIETILENO

<i>Densidad.</i>	<i>Módulos de elasticidad 10³ psi</i>
0.915	0.30
0.916	0.35
0.917	0.40
0.920	0.60
0.925	0.85
0.930	0.95
0.940	1.20
0.950	1.35
0.960	1.55

EFFECTO DE LA DENSIDAD EN LAS PROPIEDADES DE PELÍCULAS DE POLIETILENO

PROPIEDADES	BAJA DENSIDAD	ALTA DENSIDAD
Rango de transmisión de vapor de agua, g/100sqin/24h/mil	1.20	0.25
Rango de transmisión de oxígeno, cc/sq, m/24h/mil	8,900	2,200
Rango de transmisión dióxido de carbono cc/sq, m/24h/mil	27,000	5,400
Resistencia a la tensión psi a 20 in/min	2 2,000	168 3,400
Resistencia al impacto, oz por 27 in/drop-dart/2 mil/película	4.5	1.5
Resistencia al rasgado, g/mil	150	75

CARACTERÍSTICAS DE DESLIZAMIENTO DE PELÍCULAS DE POLIETILENO

TIPO	COEFICIENTE CINÉTICO DE DESPLAZAMIENTO DE PELÍCULA A PELÍCULA
Alto deslizamiento	0.1 - 0.2
Deslizamiento medio	0.2 - 0.5
Bajo deslizamiento	0.5 - 1.0

SOLUBILIDAD DE PELICULAS PLASTICAS EN DIFERENTES SOLVENTES PARA SU IDENTIFICACION

P E L I C U L A												
	ACETONA	ACET. FORMICO	AC. CLORURO DE CARBONO	ACIDO BRESILO	CELOFAN	ETIL FORMAMIDA	ETILATO DE LEO	ACIDO FORMICO	ALCOHOL METILICO	TOLUENO	AGUA	TOLUENO (ARBELENZO)
ACRILICO			I									
CELOFAN	I											
ACETATO DE CELULOSA	S											
BUTIRATO DE CELULOSA	S											
NITRATO DE CELULOSA	S	S					S	I				
PROPINATO DE CELULOSA	S											
NYLON								S				I
POLICARBONATO			S	S	I		I					I
POLIESTER	S											
POLIETILENO	I	I					I		I			S
POLIPROPILENO	I	I					I		I			S
POLIESTIRENO	S						S		I			S
ALCOHOL POLIVINILICO		I									S	
CLORURO DE POLIVINILO	S	I		S	S	I						I
GOMA DE HIDROCLORURO		S					I		I			S
SABAN	S	I		S	S	I						I

CONCLUSIONES:

Primero podemos confirmar que la irradiación de alimentos es un proceso seguro, que permite ayudar a resolver problemas de infestaciones, evitando el deterioro rápido de la vida de anaquel de frutas y vegetales y ayuda a disminuir enfermedades transmitidas por alimentos contaminados, sin olvidar la descontaminación de especiería y otros condimentos.

Podemos englobar los beneficios y limitaciones de este proceso de la siguiente manera:

a) Principales beneficios de la tecnología de irradiación de alimentos:

- * Reducción de las pérdidas post-recolección.
- * Extensión del periodo de almacenamiento, y
- * Eliminación de microorganismos dañinos.

b) Limitaciones:

- * Estudios sobre la inocuidad de alimentos irradiados para el consumo humano,
- * Altos costos de capital, y
- * Posible rechazo del público.

c) Ventajas específicas del proceso de irradiación:

- * Amplio espectro de efectos beneficiosos,
- * Puede ser aplicado a través de cualquier material de envase o embalaje,
- * No aumenta la temperatura en el producto,
- * El efecto deseado se alcanza inmediatamente,
- * Pueden ser tratados alimentos hasta 60 cm. de espesor, y
- * En algunos casos ofrece ventajas frente al tratamiento con productos químicos.

Como proceso, la irradiación ha sido investigado, por más de 40 años, su seguridad y su reglamentación lo respaldan, pero definitivamente es el menos utilizado, lo que induce a un deterioro en la industria alimenticia y de los consumidores, que tienen derecho a escoger productos de mejor calidad y mayor seguridad.

La selección de los materiales para el envase es de suma importancia, ya que va a contener el alimento y más aún cuando se va a irradiar.

Debemos poner mayor cuidado en las sustancias químicas formadas como consecuencia del proceso de irradiación, ver que no interactúen o migren al alimento.

Al seleccionar los materiales para el envase no podemos olvidar las propiedades físicas. Debemos tener cuidado con estas y evitar que existan daños durante la producción, embarque y almacenamiento.

La selección del polietileno como material de envase o empaque, los estudios arrojan que sí es apto para ser utilizado en el proceso de irradiación, ya que la dosis máxima recomendada es de 10 kGy, cantidad por arriba de las utilizadas normalmente en los alimentos sin que sufran deterioro en sus propiedades nutritivas, así como generación de sustancias tóxicas para consumo del ser humano. Esta dosis está establecida y respaldada por la Food and Drug Administration (FDA).

La tecnología de irradiación de alimentos es viable para muchos países en desarrollo como México; ya que es cuando sea aplicada a la solución de problemas específicos, con un sentido comercial y rentable.

Es un método inocuo que está aplicando a un número creciente de productos y que se expandirá más o menos según se logre adaptar la tecnología a las necesidades de cada país. Para esto es importante sensibilizar tanto a las autoridades de gobierno, políticos y público en general sobre los problemas alimentarios, nutricionales y de desarrollo socio económico de la población, con el objeto de disponer de un ambiente propicio para la inversión pública y privada.

Para concluir, debemos estar concientes que es necesario realizar estudios en México sobre los efectos de la irradiación tanto en alimentos como en materiales para envases sobre todo en películas multicapas las cuales nos darán mejores características de protección al producto, que si utilizáramos solo materiales de un solo componente o material. Será necesario ayudarnos con la tecnología de otros países más industrializados que el nuestro para poder realizar un buen trabajo.

BIBLIOGRAFÍA:

- 1 Attix, F.H. ; *Introduction to Radiological Physics and Radlation Dosimetry*; John Wiley & SONS, INC, New York; 1986
2. Colin O.G.; *Radiation Dosimetry, Physical and Biological Aspects*; Plenum press; New York; 1986
3. Draganic G.I. & Draganic D.Z.; *The Radiation Chemistry of Water*; Academic press, Inc; New York; 1970
4. Strobel H. A.; *Instrumentación Química*; Editorial Limusa Wiley, S.A.; México; 1968
5. Spinks J.W.T. & Woods R.J.; *An Introduction to Radiation Chemistry*; John Wiley & Sons; New York; 1976
6. Norma Oficial Mexicana (NOM-035-SSA1-1993 "Irradiación de Alimentos, Dosis Permitidas en Alimentos Materias Primas y Aditivos alimentarios". Subsecretaría de Regulación y Fomento Sanitario, Dirección General de Fomento Sanitario de Bienes y Servicios, Mexico 1995
7. Norma Oficial Mexicana (NOM-028-SSA1-1994) "Contaminación por Radionúclidos en Alimentos de Consumo Masivo, Importados, Límites Máximos Permisibles". Subsecretaría de Regulación y Fomento Sanitario, Dirección General de Control Sanitario de Bienes y servicios, México 1995.
8. D.A. Trageser, Voltek, Inc. *Crosslinked Polyethylene Foam Processes* Lawrence, Massachusetts 01843; Prepared International meeting on Radiation Processing, may 9-13, 1976.
9. C Rangel-nafaile, A. Garcia-Rejon, A. Garcia León; *Efecto de la Radiación sobre las Propiedades Reológicas*; THEOR. APPL DEV. RHEOLOGY (1986); Instituto de Investigaciones en Materiales Departamento de Polimeros Universidad Nacional Autónoma de México.
10. E. Adem, C. Burillo, V. Dakin and M. Vazquez; *Promoting Polyethylene Foams by Irradiation Crosslinking in Mexico*; RADIATION PHYSIC CHEM. Vol 45 No 4-6, pp 937-940, 1995; Instituto de Física, Instituto de Ciencias Nucleares U.N.A.M.
11. Diehl, J.f. ; *Safety of Irradiated Foods*; Dekker, Inc. New York; 1990

12. Rodríguez T. J. Antonio; *Introducción a la Ingeniería de Empaques*, para la industria de los alimentos, farmacéutica, química y de cosméticos; edición particular; México D.F. 1991.

13. Rubio Tatiana ; *Aplicaciones de la Irradiación de Alimentos*; Comisión de Energía Nuclear de Chile. 1984

14. Villareal J. Lauro; *Reglamentación Mexicana sobre Alimentos Irradiados*; Dirección Control Sanitario de Alimentos, S.S.A. México 1988

15. Bustos R. M. Emilia; *Control de Calidad en Alimentos Irradiación Gamma del Cobalto-60*; Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Gerencia de Investigación Aplicada; México. 1992

16. *Manual del Polietileno, Procesos y Mercado*; Petróleos Mexicanos; Instituto del Petróleo; México, 1978.

17. Genhart Friedlander, Joseph W. Kennedy, Edward S. Macias, Julian Malcom Miller. *Nuclear and Radiochemistry*. John Wiley and Sons. 1981

18. Manuel Navarrete-Luis Cabrera *Introducción Al Estudio De Los Radioisótopos*. Porcia Editores, S.A. de C.V. México 1993

19. *Foods Irradiation Newsletter*. Vol 14, No.2, ISSN 1011-2588 Joint FAO/IAEA Division Of Nuclear Techniques In Food And Agriculture International Atomic Energy Agency, Vienna. 1990.

20. Choppin G.R., Rydberg J. *Nuclear Chemistry, Theory And Applications*. Pergamon Press, Oxford, 1980.

GLOSARIO:

- 1.- **Acelerador:** Instrumento que confiere una energía determinada a conjuntos de iones, al acelerarlos por medio de campos eléctricos para seleccionarlos y dirigirlos por medio de campos magnéticos.
- 2.- **Alimento:** Cualquier sustancia o producto, natural o transformado, que proporcione al organismo elementos de nutrición.
- 3.- **Alimento de consumo masivo:** Producto definido en el punto a, y que es ingerido por amplios sectores de población
- 4.- **Actividad (o radioactividad):** Fenómeno por el cual los núcleos atómicos emiten partículas subnucleares con masa y carga, o radiación electromagnética característica, sin masa ni carga, teniendo lugar un intercambio de energía al mismo tiempo.
- 5.- **Alcance máximo (o rango máximo):** El mayor espesor de materia que puede ser atravesado por partículas de una determinada energía máxima (en función de la cual el alcance máximo adquiere su valor). Las partículas alfa también tienen un alcance o rango, que depende de su energía.
- 6.- **Aniquilación:** Proceso por el cual las partículas beta o positrones son absorbidos por la materia y que consiste en la desaparición del positrón y el electrón orbital con el cual interacciona, para producir 2 rayos Gamma de 0.51 MeV cada uno.
- 7.- **Átomo:** Unidad que forma la materia. El átomo, a su vez está formado por un núcleo (conglomerado de neutrones y protones principalmente) y por electrones que giran a su alrededor en órbitas definidas. Aún cuando el término átomo significa indivisible, su núcleo fue dividido por Hanh, Strassmann y Meitner en 1939, al bombardear con neutrones al metal de Uranio y producir la fisión nuclear.

- 8.- **Becquerel:** Henri Becquerel fué el descubridor de la radiactividad. Se designa con su nombre a una de las unidades útiles para medir la intensidad del fenómeno de la radiactividad. El Becquerel (Bq) corresponde con 1 desintegración por segundo (1 dps) ó 60 desintegraciones por minuto (60dpm) de núcleos presentes en cualquier material radiactivo. Su equivalencia con el curio es la siguiente $1 \text{ Bq} = 2.7 \times 10^{11} \text{ Ci}$ (O sea que $1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$)
- 9.- **Blindaje:** Cualquier material usado para absorber radiaciones nucleares a fin de que no lleguen en cantidades nocivas a individuos que se encuentren en la vecindad de materiales radiactivos.
- 10.- **Coulombio por kilogramo:** Unidad creada en 1975 para medir la intensidad de radiación en un espacio dado. El coulombio por kilogramo (C/kg) se define como la cantidad de radiación X o Gamma capaz de producir un coulombio de carga electrostática de cualquier signo por kilogramo de aire. Su equivalencia con el roentgen es la siguiente: $1 \text{ C/kg} = 3876 \text{ R}$ (O sea que $1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$)
- 11.- **Curio o Curio:** Pierre y Marie Curie fueron los descubridores del radio, primer elemento radiactivo descubierto en la naturaleza. Se designa con su nombre a una de las unidades útiles para medir la intensidad del fenómeno de la radiactividad. El curio o curio (Ci) corresponde con 3.7×10^{10} desintegraciones por segundo (3.7×10^{10} dps) o 2.22×10^6 desintegraciones por minuto (2.22×10^{12} dpm) de núcleos presentes en cualquier material radiactivo. Su equivalencia con el Becquerel es la siguiente: $1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$ (O sea que $1 \text{ Bq} = 2.7 \times 10^{11} \text{ Ci}$)
- 12.- **Decaimiento radiactivo:** Fenómeno de degradación energética producido en los núcleos radiactivos al emitir partículas cargadas o radiación electromagnética, convirtiéndose en un isótopo del otro elemento en el primer caso o en otro isótopo del mismo elemento con diferente estado de energía en el segundo caso.
- 13.- **Descontaminación:** Proceso mediante el cual se reduce o elimina la contaminación de microorganismos los cuales son perjudiciales para la salud.

- 14.- **Desinfección:** proceso mediante el cual se eliminan parásitos o insectos de un producto.
- 15.- **Dosímetro:** Dispositivo para medir la dosis la radiación ionizante absorbida manifestada por un cambio que puede ser químico o físico por el paso de radiación ionizante a través de él.
- 16.- **Dosis de radiación ionizante:** Cantidad de energía absorbida por unidad de masa de un alimento, materias primas y aditivos alimentarios a través del proceso de irradiación.
- 17.- **Dosis máxima permisible (DMP):** Dosis de radiación que puede recibir una persona ocupacionalmente expuesta sin que su organismo sufra daño alguno, según conclusiones al respecto establecidas por medio de la estadística. La dosis máxima permisible para personal ocupacionalmente expuesta durante 40 horas a la semana es de 2.5 milirems por hora (2.5 mrem/h).
- 18.- **Efectividad biológica relativa (EBR):** Unidad que se utiliza para medir el daño biológico causado por iguales dosis de diferentes tipos de radiación. Se define como la dosis de radiación Gamma dividida entre la dosis de cualquier otro tipo de radiación que produce igual daño biológico (El término en castellano "efectividad biológica relativa", abreviado EBR, es la traducción que aquí se ha dado al término inglés "relative biological effectiveness", abreviado RBE).
- 19.- **Efecto Compton:** Una de las formas de interacción de los rayos Gamma con la materia. Consiste en un rayo Gamma transfiere una fracción de energía a un electrón orbital de uno de los átomos que constituyen el medio atravesado por la radiación y este electrón es desplazado del átomo, formándose un par de iones o par iónico. El rayo Gamma incidente queda con menor frecuencia, menor energía, mayor longitud de onda y en consecuencia con una mejor disposición para interactuar con los átomos vecinos, hasta que se produce el efecto fotoeléctrico y es absorbido.
- 20.- **Efecto fotoeléctrico:** Una de las formas de interacción de los rayos Gamma con la materia. Consiste en que la totalidad de la energía de un rayo Gamma es transferida a un electrón orbital de

uno de los átomos que constituyen el medio atravesado por la radiación, y este electrón es desplazado del átomo, formándose un par de iones o par iónico.

- 21.- **Electron:** Partícula de masa despreciable ($1/1832$) de aquella del protón, igual a 0.000549 amu, con carga eléctrica negativa y que gira en orbitas definidas en torno al núcleo atómico.
- 22.- **Elemento:** Material formado por una sola especie de átomos, definida por un número atómico.
- 23.- **Energía nuclear:** Energía obtenida en plantas nucleoelectricas por transformación del calor producido durante la fisión de núcleos de metales pesados (uranio o plutonio).
- 24.- **Esquema de decaimiento:** Metodo grafico para mostrar las formas de decaimiento que tienen lugar en una especie radiactiva, indicando el porcentaje de cada forma de este y la energia de las radiaciones emitidas.
- 25.- **F.A.O.:** El significado de sus siglas en ingles es Foods and Agriculture Organization, organismo que reglamenta todo lo referente a la alimentacion en todo el mundo.
- 26.- **F.D.A.:** Como lo dicen sus siglas en ingles Food and Drugs Administration, organizacion que se dedica a reglamentar, la industria alimenticia, farmaceutica entre otras y sus procesos.
- 27.- **Fision:** Division del núcleo atómico en 2 partes, desiguales en la mayoría de estos eventos, producida por el bombardeo de metales pesados con partículas como neutrones, deuterones o protones. Existen isotopos de metales pesados creados artificialmente, como el Californio ^{252}Cf , que sufren fisión espontanea, esta produce también calor y neutrones. Los productos de fisión (o sea las dos partes de los núcleos fisionados) constituyen radioisotopos de varios elementos.

- 28.- **Fuente de radiación ionizante:** Todo elemento químico inestable o dispositivo electromecánico, capaz de emitir radiaciones ionizantes en forma cuantificable. Dichas fuentes son la que se establecen en el Reglamento.
- 29.- **Fusión:** Unión en un sólo núcleo de dos núcleos ligeros, como hidrógeno, deuterio o tritio, cuando son lanzados uno contra otro con suficiente energía. La fusión, igual que la fisión, produce calor y neutrones.
- 30.- **Gray:** Unidad creada en 1975 para medir la dosis absorbida. Se define al Gray (Gy) como la cantidad de radiación absorbida que disipa 1 julio de energía por kilogramo de material. Su equivalencia con el rad es el siguiente: 1 Gy = 100 rad (o sea que 1 rad = 0.01 Gy)
- 31.- **Irradiación de alimentos:** proceso físico que utiliza una fuente de radiación ionizante permitida para dar una exposición intencional en alimentos, materias primas y aditivos alimentarios, que no excedan de las dosis permitidas en este ordenamiento.
- 32.- **Isótopos:** Especies nucleares con igual número atómico pero diferente número de masa y número de neutrones. Por ejemplo ^1_1H , ^2_1H , ^3_1H son isótopos de hidrógeno.
- 33.- **Limite máximo permisible:** Concentración máxima de actividad de un elemento o compuesto radiactivo que no debe sobrepasar el reportado en Becquerel por kilogramo establecido en esta Norma.
- 34.- **Lote de producto irradiado:** Conjunto de productos de la misma naturaleza, que fueron sometidos a tratamiento de irradiación.
- 35.- **Método prueba:** Procedimiento analítico utilizado en el laboratorio para comprobar que un producto satisface las especificaciones que establece la Norma.
- 36.- **Muestra:** número total de unidades de producto provenientes de un lote y que representan las características y condiciones del mismo.

- 37.- **Megaelectrónvoltio(MeV):** Un millón de electrones voltio. El electrón voltio es la energía adquirida por un electrón cuando es acelerado por una diferencia de potencial de 1 voltio. El MeV es la unidad más adecuada para medir la energía de las radiaciones nucleares.
- 38.- **Núclido:** Una especie nuclear caracterizada por su número de masa y su número atómico.
- 39.- **Partículas alfa:** Emisiones nucleares que consisten en la asociación de 2 protones y 2 neutrones, o sea núcleos de He. Los radioisótopos que emiten partículas alfa disminuyen en 4 unidades su número de masa y en 2 unidades su número atómico, convirtiéndose por lo tanto en isótopos del elemento situado 2 lugares atrás en la tabla periódica.
- 40.- **Partículas beta:** Emisiones nucleares de masa muy pequeña, equivalentes a la del electrón. Cuando tienen carga positiva son llamadas positrones (partículas beta positivas). Los radioisótopos que emiten partículas beta negativas o negatrones aumenta en 1 su número atómico y aquellos que emiten partículas beta positivas o positrones disminuyen en 1 su número atómico permaneciendo en ambos casos con igual número de masa.
- 41.- **Planta o establecimiento de irradiación:** Instalación utilizada para el propósito de tratamientos por irradiación de alimentos, materias primas y aditivos alimentarios, la cual debe cumplir con los requisitos establecidos por la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias., en el ámbito de sus competencias, para desarrollar el proceso de irradiación de productos.
- 42.- **Permisionario:** Persona física o moral propietaria de la planta o establecimiento de irradiación que invariablemente debe contar con la autorización, permiso o licencia expedida por la Secretaría de Salud y la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, en el ámbito de sus competencias.
- 43.- **Pienso:** Del latín pensum, porción. Alimento seco que se le da el ganado en la cuadra o establo.

- 44.- **Producto:** Cualquier alimento procesado o no, materias primas, semillas y aditivos alimentarios.
- 45.- **Protón:** Partícula con carga eléctrica positiva y una masa de 1,007277 u.m.a contenida en el núcleo atómico, cuyo número determina el número atómico y caracteriza a los diversos elementos químicos.
- 46.- **Radiación ionizante:** Toda radiación electromagnética o corpuscular capaz de producir iones, directa o indirectamente, debido a su interacción con la materia.
- 47.- **Radiactividad:** Proceso físico de transformación del núcleo de un radionúclido, con emisión espontánea de radiación.
- 48.- **Radionúclido:** Átomo inestable de un elemento que espontáneamente decae y emite radiación ionizante.
- 49.- **Rad:** Unidad para medir la dosis absorbida. El rad es la dosis de radiación que resulta en la absorción de 100 ergios de energía por gramo de cualquier material. Su equivalencia con el Gray es la siguiente: 1 rad = 0.1 Gy (o sea que 1Gy = 100 rads).
- 50.- **Rayos X:** Radiación electromagnética emitida por el átomo, originada cuando un electrón orbital pasa de una órbita a otra reduciendo su energía.
- 51.- **Rayos Gamma:** Emisiones nucleares sin masa ni carga, constituidas solo por radiación electromagnética. Los núcleos que emiten rayos Gamma permanecen con igual masa y carga, pero pierden energía y por lo tanto descienden en su nivel energético, pasando a menudo de un estado metaestable, proceso conocido como transición isomérica.
- 52.- **Reactor nuclear:** Instrumento que mantiene la fisión nuclear de metales pesados (U o Pu) por reacciones en cadena, con la

consecuente emisión de calor y de neutrones. Se conoce también como pila atómica.

- 53.- **Rem:** Unidad para medir el daño biológico producido al hombre cuando absorbe una cierta dosis de un determinado tipo de radiación. Se define como el daño biológico causado cuando es absorbido 1 rad de radiación Gamma, de modo que el daño originado por cualquier otro tipo de radiación es igual al producto de la dosis absorbida en rads por el valor característico EBR de ese tipo de radiación ($\text{rem} = \text{rad} \times \text{EBR}$).
- 54.- **Vida media:** Tiempo requerido para que una especie radiactiva determinada disminuya a la mitad su radiactividad. La vida media es característica de cada radioisotopo y es conocida también como periodo de semidesintegración.