

Universidad Nacional Agraria  
La Molina

*Facultad de Industrias Alimentarias*



Influencia de la Irradiación  
Gamma en la Conservación  
de Hot Dogs

*Tesis para optar el Título de*  
**INGENIERO EN INDUSTRIAS**  
**ALIMENTARIAS**

Armando Maximo Aranda Anaya

*Lima - Perú*

1989

A la memoria de mi Madre : MACARIA  
A mi Padre : DOMINGO GUZMAN  
seres queridos que hicieron posible lograr mis anhelos.

A mis Hermanos : JULIO, WILFREDO, RAUL,  
GLADIS, EBERTH, NELLY,  
FREDDY y CARLOS

A mis Hijas y Sobrinos :

YANINA RUTH, LIZ KARINA, HELDER,  
FIORELLA, ALEYDA, ELITH, VALERY,  
ZULMA, JESSIKA, NATALY y SERGIO.

A MARIA ROSA, mi esposa va dedicado este trabajo,  
a DESIRE y DANIEL, seres queridos, que hicieron  
posible la realización del mismo.

**Agradecimiento :**

Al Ing. MS. FRANCISCO BONILLA, Ex-Docente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por su orientación y dedicación como co-autor de la presente investigación.

A la Ing. GLADYS TARAZONA DE RODRIGUEZ, por su constante orientación y dedicación a la presente tesis.

Al INSTITUTO PERUANO DE ENERGIA NUCLEAR (IPEN) en la persona del Lic. MARIO MOROTE ORELLANA; por su valiosa orientación en la culminación del presente trabajo.

Al CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA (CONCYTEC) por el apoyo económico brindado para la culminación de la presente investigación.

# INDICE

	<u>Pág.</u>
RESUMEN	1
I. INTRODUCCION	3
II. REVISION DE LITERATURA	5
2.1 Antecedentes sobre Embutidos	5
2.2 Los Embutidos Escaldados	6
2.2.1 Materia Prima e Ingredientes para la El <u>a</u> boración de Embutidos Escaldados	8
2.2.1.1 Carne	8
2.2.1.2 Grasa	9
2.2.1.3 Sal Común	10
2.2.1.4 Sales Nitrosas	11
2.2.1.5 Azúcar	12
2.2.1.6 Almidón	13
2.2.1.7 Aglutinantes	14
2.2.1.8 Agua	15
2.2.1.9 Especias	15
2.2.1.10 Condimentos	17
2.2.1.11 Aditivos Químicos	17
2.3 Conceptos Importantes Relacionados con la Irra- diación de Alimentos	18
2.3.1 Radiactividad	18
2.3.2 Radiación Gamma	24
2.3.3 Energía, Vida Media y Unidades de los Ra- dioelementos	26
2.3.4 Dosimetría	28
2.3.5 Protección y Seguridad en el Uso de Ra- diaciones	30
2.4 Irradiación de Alimentos	33
2.4.1 Historia del Uso de la Técnica Nuclear - en Alimentos y Agricultura	33
2.4.2 Uso de la Energía Nuclear para Preservar Alimentos	35
2.4.3 Ventajas y Desventajas de la Irradiación de Alimentos	39
2.4.4 Aplicación de Radiación en Alimentos y Fuente de Radiación	40

2.4.5	Efecto de las Radiaciones Ionizantes sobre la Materia Viva y Química de la Radiación	44
2.4.6	Aspectos Importantes de un Alimento Irradiado	50
2.4.6.1	Aspectos Técnicos	50
2.4.6.2	Aspecto Nutricional	50
2.4.6.3	Aspectos Microbiológicos	51
2.4.6.4	Aspectos Toxicológicos	51
2.4.6.5	Seguridad de los Alimentos Irradiados	52
2.4.7	Recomendaciones para una buena Irradiación de Alimentos	52
2.4.8	Normas sobre Alimentos Irradiados	53
2.4.9	Sistemas de Irradiación y Blindaje	57
2.5	Efectos de las Radiaciones en los Principales - Constituyentes de los Alimentos	58
2.5.1	Efectos en Aminoácidos y Proteínas	58
2.5.1.1	Efecto en Enzimas	60
2.5.1.2	Efectos en los Acidos Nucléicos	61
2.5.2	Efectos en Carbohidratos	61
2.5.3	Efectos en Vitaminas	64
2.5.4	Efectos en Lípidos	68
2.6	Influencia de las Radiaciones sobre Empaque de Plástico	71
III.	MATERIALES Y METODOS	72
3.1	Materia Prima	72
3.2	Materiales y Reactivos	72
3.2.1	Equipos e Instrumentos	72
3.2.2	Reactivos	76
3.3	Esquema Experimental	77
3.3.1	Materia Prima	77
3.3.2	Transporte	77
3.3.3	Limpieza y Selección	79
3.3.4	Empacado	79
3.3.5	Sellado Térmico	79
3.3.6	Pre-Refrigeración	79
3.3.7	Irradiación	80

	<u>Pág.</u>	
3.3.8	Pesado	81
3.3.9	Almacenamiento	81
3.4	Controles Durante el Almacenamiento	82
3.4.1	Análisis Químico Proximal	82
3.4.1.1	Proteína Total	82
3.4.1.2	Grasa Total	82
3.4.1.3	Humedad	82
3.4.1.4	Cenizas	82
3.4.1.5	Carbohidratos	83
3.4.2	Determinaciones de los Análisis Físicos	83
3.4.2.1	Pérdida de Peso	83
3.4.3	Determinaciones de los Análisis Químicos de las Grasas	83
3.4.3.1	Índice de Iodo	84
3.4.3.2	Índice de Peróxidos	84
3.5	Controles Microbiológicos de las Muestras Durante el Almacenamiento	84
3.5.1	Numeración de Gérmenes Viables	84
3.5.2	Numeración de E. Coli	84
3.5.3	Staphylococcus Patógenos	85
3.5.4	Clostridium Perfringes	85
3.5.5	Salmonellas	85
3.5.6	Determinación de Hongos y Levaduras	85
3.6	Análisis Sensorial	85
IV.	<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>89</b>
4.1	Materia Prima	89
4.1.1	Análisis Químico Proximal	89
4.2	Estudio de los Parámetros Físico-Químicos	90
4.2.1	Variación de las Características Físicas	90
4.2.1.1	Variación de la Disminución de Peso	90
4.2.2	Variación de las Características Químicas	92

	<u>Pág.</u>
4.2.2.1 Estabilidad de Grasas : Índice de Iodo e Índice de Peróxido	92
4.3 Estudios de los Parámetros Microbiológicos	95
4.3.1 Variación en las Características Microbiológicas en Muestras Almacenadas en Refrigeración, $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 85 - 90%	95
4.3.1.1 Muestras Control o sin Irradiar	95
4.3.1.2 Muestras Irradiadas	97
4.3.2 Variación en las Características Microbiológicas en las Muestras Almacenadas en Medio Ambiente a $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 75 - 80%	101
4.3.2.1 Muestras Control o sin Irradiar	101
4.3.2.2 Muestras Irradiadas	101
4.4 Estudio del Análisis Sensorial	101
4.4.1 Evaluación Sensorial de Hot Dogs Almacenados en Refrigeración a $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 85 - 90%	105
4.4.1.1 Evaluación Sensorial a las 24 horas	105
4.4.1.2 Evaluación Sensorial a los 15 Días	107
4.4.1.3 Evaluación Sensorial a los 30 Días	109
4.4.1.4 Evaluación Sensorial a los 45 Días	111
4.4.2 Evaluación Sensorial de Hot Dogs Almacenados a $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 75 - 80%	114
4.4.2.1 Evaluación Sensorial a las 24 horas	114
4.4.2.2 Evaluación Sensorial a los 15 Días	116
V. CONCLUSIONES	120
VI. RECOMENDACIONES	122
VII. BIBLIOGRAFIA	124
VIII. ANEXOS	130



## INDICE DE CUADROS

<u>CUADRO No.</u>	<u>TITULO</u>	<u>Pág.</u>
1	Producción de Embutidos en el Perú	7
2	Propiedades de las Radiaciones	20
3	Período de Semidesintegración de Algunos Elementos	26
4	Valores de la Efectividad Biológica Relativa para Distintos Tipos de Radiaciones	31
5	Dosis Máximas Permisibles para Organos y Tejidos	32
6	Dosis Letales Aproximadas de Radiaciones Ionizantes para Microorganismos tipo, En Kilorads	49
7	Relación de Productos Alimenticios Irradiados Autorizados para el Consumo	55
8	Relación de Productos Alimenticios Irradiados Autorizados para el Consumo	56
9	Valores de -G de Degradación de Algunos Azúcares - Irradiados en Solución	63
10	Valores de -G de Acidos formados por Irradiación - de Azúcares en Solución	65
11	Retención Comparativa (%) de Vitaminas en Conservación de Alimentos por Enlatados y Radiación	67
12	Dosis de Inactivación del Acido Ascórbico y Riboflavina en la Carne de Cerdo Irradiada	67
13	Estabilidad y Retención de las Vitaminas en Alimentos frente a la Acción de la Radiación y Tratamiento no Técnico	69
14	Datos Técnicos de Irradiador Gammacell-220	75
15	Tiempo de Exposición de los Hot Dogs en el Irradiador Gammacell-220	80
16	Prueba de Evaluación Sensorial	87
17	Prueba de Evaluación Sensorial	88

<u>CUADRO No.</u>	<u>TITULO</u>	<u>Pág.</u>
18	Análisis Químico Proximal del Hot Dog recién Producido y del Hot Dog Irradiado Almacenado en Refrigeración a $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 85-90% durante 45 días	89
19	Disminución de Peso en Hot Dog Irradiado Durante el Almacenamiento	91
20	Resultados de los Análisis de Estabilidad de Grasas : Índice de Iodo, Índice de Peróxido en Hot Dogs Almacenados en Refrigeración a $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 85 - 90%	93
21	Resultados de los Análisis de Estabilidad de Grasas : Índice de Iodo, Índice de Peróxido en Hot Dogs Almacenados en Medio Ambiente a $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 75 - 80%	94
22	Resultados de los Análisis Microbiológicos de Hot-Dogs Control o sin Irradiar Almacenados en Refrigeración a $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. 85 - 90% en UFC/g	96
23	Resultados de los Análisis Microbiológicos de Hot Dogs Irradiados con Dosis de 4,0 KGy Almacenados en Refrigeración a $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 85-90% en UFC/g.	98
24	Resultados de los Análisis Microbiológicos de Hot Dogs Irradiados con Dosis de 5,0 KGy Almacenados en Refrigeración a $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 85-90% en UFC/g	99
25	Resultados de los Análisis Microbiológicos de Hot Dogs Control o sin Irradiar Almacenados en Medio Ambiente a $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. 75-80% en UFC/g.	102
26	Resultados de los Análisis Microbiológicos de Hot Dogs Irradiado con Dosis de 5,0 KGy Almacenados en Medio Ambiente a $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. 75-80 en UFC/g.	103
27	Resultados de los Análisis Microbiológicos de Hot Dogs Irradiado con Dosis de 6,0 KGy Almacenados en Medio Ambiente a $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 75-80% en UFC/g.	104
28	Resultados del Análisis de Variación de Hot Dogs Almacenados en Refrigeración a $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. 85 - 90% a las 24 horas	106

<u>CUADRO No.</u>	<u>TITULO.</u>	<u>Pág.</u>
29	Resultados de la Prueba de Duncan de Hot Dogs a las 24 horas de Almacenamiento en Refrigeración a $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 85-90% para la Textura	107
30	Resultados del Análisis de Variancia de Hot dogs Almacenados en Refrigeración a $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 85 - 90% a los 15 días	108
31	Resultados de la Prueba de Duncan de Hot Dogs a los 15 días de Almacenamiento en Refrigeración - $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 85-90% para la Apariencia	109
32	Resultados del Análisis de Variancia de Hot Dogs Almacenados en Refrigeración a $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y - H.R. = 85 - 90% a los 30 días	110
33	Resultados de la Prueba de Duncan de Hot Dogs a los 30 días de Almacenamiento en Refrigeración a $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 85-90% para la Apariencia	111
34	Resultados del Análisis de Variancia de Hot Dogs Almacenados en Refrigeración a $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H. R. = 85-90% a los 45 días	112
35	Resultados de la Prueba de Duncan de Hot Dogs a los 45 días de Almacenamiento en Refrigeración a $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 85-90% para la Apariencia- y Olor	113
36	Resultados del Análisis de Variancia de Hot Dogs Almacenados en Medio Ambiente a $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 75-80% a las 24 horas	115
37	Resultados de la Prueba de Duncan Hot Dogs a las- 24 horas de Almacenamiento en Medio Ambiente a $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 75-80%, para Textura	116
38	Resultados del Análisis de Variancia de Hot Dogs Almacenados en Medio Ambiente a $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 75-80% a los 15 días	117
39	Resultados de la Prueba de Duncan de Hot Dogs a los 15 días de Almacenamiento en Medio Ambiente- a $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 75-80% para la Apariencia, Color, Olor, Sabor y Textura.	118

## INDICE DE FIGURAS

<u>FIGURA No.</u>	<u>TITULO</u>	<u>Pág.</u>
1	Vista Exterior del Irradiador Gammacell 220	74
2	Esquema Experimental	78

## R E S U M E N

El presente trabajo de investigación se desarrolló teniendo como materia prima hot dogs elaborados por la Fábrica de Productos-Alimenticios "La Moderna S.A.". El proceso de irradiación se efectuó en los laboratorios del Instituto Peruano de Energía Nuclear (I.P.E.N) en un irradiador "Gammacell 220" cuya fuente radioactiva es el Co-60. Se estudiaron en detalle las dosis de : 4,0, 5,0 y 6,0 KGy. Asimismo se llevaron muestras no irradiadas como control (0,0 KGy) con fines comparativos. Se acondicionaron dos almacenes-- en el Laboratorio de Físico-químico del Departamento de Radioisótopos de la División de Aplicaciones Tecnológicas del I.P.E.N. Uno en refrigeración bajo condiciones de  $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y H.R. = 85-90%. El otro almacén en condiciones de medio ambiente a  $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y H.R. = 75-80%.

Durante el almacenamiento se realizaron controles físico-químicos : Pérdida de peso, estabilidad de las grasas por medio de la determinación del índice de yodo y el índice de peróxidos; los controles microbiológicos se realizaron por medio de la determinación de : Gérmenes viables totales, E. coli, Staphylococcus patógenos, Clostridium perfringes, Salmonellas, Hongos y levaduras; la evaluación de calidad de los hot dogs se realizó por medio del análisis sensorial.

Los resultados obtenidos en los controles durante el almacenamiento tanto en refrigeración como en medio ambiente indican que la dosis más adecuada es de 5,0 KGy. También se encontró que los hot dogs irradiados almacenados en medio ambiente se conservan de 15 a 20 días, produciéndose alteraciones oxidativas en las grasas - después de este tiempo. Asimismo, el efecto combinado de la radiación y el almacenamiento en refrigeración aumentan el período de vida de los hot dogs por más de 45 días, manteniéndose las muestras en estado comestible.

## I. INTRODUCCION

Entre los problemas prioritarios que tiene que solucionar - el Perú y en general los países del tercer mundo están la salud y la alimentación. El Perú es una nación deficitaria en producción - de alimentos y en donde el consumo per-cápita de proteínas es insuficiente, pese a la aplicación de técnicas tradicionales para mejorar el rendimiento, calidad y el período de conservación de los alimentos. Una alternativa para solucionar estos problemas sería asociar los métodos de irradiación de alimentos y refrigeración con la finalidad de prolongar el período de conservación en condiciones óptimas para el consumo.

Conocidos los resultados excelentes que ofrece la energía - nuclear en la conservación de los alimentos y la aplicación de las técnicas nucleares, esta área ofrece recursos considerables y muy valiosos de acción rápida, eficiente y económica para la solución - de diversos problemas de conservación de alimentos.

Este trabajo representa un esfuerzo por elevar la eficiencia de la conservación de alimentos en el país y disminuir las pérdidas por efectos microbiológicos y transferir a la comunidad nacional - los productos obtenidos. <sup>T</sup>teniendo en cuenta los muchos estudios y pruebas realizadas, con el fin de preservar los alimentos mediante - radiación ionizante, puede presentarse en un futuro no muy lejano - como una tecnología complementaria a la industria alimentaria.

En la irradiación de hot dogs para su mejor y mayor conservación, motivo de la presente investigación, tenemos un ejemplo de solución favorable para nuestras condiciones pudiendo asimismo, ensayarse con otros productos alimenticios.

De acuerdo a lo expuesto, los objetivos que se persiguen en el presente trabajo son :

- . Prolongar la vida útil de los hot dogs almacenados al medio ambiente y en refrigeración.
- . Determinar la dosis de irradiación más conveniente para su óptima conservación.
- . Determinar los cambios físico-químicos, microbiológicos y sensoriales durante el almacenamiento.



## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 ANTECEDENTES SOBRE EMBUTIDOS

Las proteínas de origen animal juegan un rol muy importante en la alimentación y otro no menos importante en la formación de emulsiones cárnicas. En nuestro país es necesario incrementar la producción animal, así como lograr la mayor industrialización de los productos derivados para utilizarlos en alimentos para consumo humano.

Precisamente la industria salchichera es la forma práctica de como lograr la industrialización de carnes a fin de obtener nuevos y más estables alimentos para el hombre (Rivera, 1984).

La industria salchichera, en el país, a pesar de tener ya varios años de establecida, tiene un ritmo de crecimiento muy lento, hasta el año de 1972 tuvo ritmos crecientes en casi todos los rubros en diferentes especialidades o productos, los mismos que son tan variados, en esta industria; a partir del año de 1973 empezó a disminuir en casi un 50% la producción de embutidos en los diferentes establecimientos, esto es debido a la escasez de materias primas principalmente las cárnicas. Comienza en nuestro país el problema inflacionario de la economía que hace que los precios aumenten en gran medida especialmente la carne de vacuno y cerdo por lo cual se adoptó en esa época los períodos de veda, por la escasez de los mismos y el alto precio para adquirirlos. Además la prohibición de las

importaciones afectó a los productos de embutidos por el hecho de no poder adquirir condimentos, polifosfatos, sales de curado, entre o tras materias primas.

En los años siguientes se mantiene una situación estacionaria - y a partir del año de 1979 se aprecia un desarrollo particular en es ta industria, aumentan las ventas debido también en parte a la apar i ción de nuevas especialidades de embutidos que interesan al consumi - dor, en el Cuadro 1 se puede apreciar la producción y su incremento - a pesar de las contínuas alzas de las materias primas y de lo caro - que resulta la elaboración de estos productos (Torres, 1985).

## 2.2 LOS EMBUTIDOS ESCALDADOS

Los embutidos, en general, son productos constituidos a base de carne picada y condimentada con forma generalmente simétrica. El sa bor, la textura y la forma característica de los diferentes embuti - dos que hoy conocemos como salchichas de frankfurt, salchichas de hígado, salchichas frescas, salami surgieron a consecuencias de va - riaciones en los procesos de elaboración, impuestos por diferencias - geográficas, disponibilidad de materias primas y las condiciones cli máticas (Price, 1976).

En los embutidos escaldados, la carne se somete a un curado pre vio antes de ser picada o después del troceado inicial. Luego adi - cionando sal, condimentos y agua se somete a la acción de la cutter, para conseguir una pasta bien trabada, a la cual se agregarán cubi -

CUADRO 1 :

## PRODUCCION DE EMBUTIDOS EN EL PERU

PRODUCTO	1979		1980		1981		1982	
	Cantidad Kg	Valor Mil Intis	Cantidad Kg	Valor Mil Intis	Cantidad Kg	Valor Mil Intis	Cantidad Kg	Valor Mil Intis
JAMON	542 666	188 482	488 482	265 722	400 670	557 245	575 369	850 171
JAMONADA	1 519 616	191 812	1 477 697	300 938	1 571 574	646 346	1 959 087	1 261 358
MORTADELA	531 289	63 279	548 856	119 189	468 319	168 686	519 093	302 537
HOT DOG	1 034 052	147 861	1 240 421	272 140	1 090 626	502 073	1 312 941	914 381
PATHE	724 488	138 666	71 263	17 641	114 984	60 821	100 267	84 856
CHORIZO	51 095	755 827	96 763	27 664	160 672	99 360	168 638	165 488
EMBUTIDOS DIVERSOS	3 918 326	755 827	1 286,916	332 206	1 426 095	764 987	1 761 908	1 555 085

FUENTE : Dirección de Estadística Industrial - Ministerio de Industria y Turismo (1984)

tos de grasa y carne según la clase de embutido que se quiera elaborar.

La masa se embute finalmente en la tripa o cualquier otro empaque sintético, puede ahumarse o no, según sea el producto elaborado y luego se les escalda, sumergiéndolos en agua caliente a una temperatura que oscila entre los 70 y 80°C o introduciéndolos en una cámara de vapor húmedo a una temperatura de 80°C (Weinling, 1973).

La capacidad de conservación de los embutidos escaldados es limitada, según la fracción de agua en ellos contenida. La capacidad de conservación exceptuados los productos de larga y media duración oscilan entre 3 y 10 días, en condiciones de depósito en refrigeración (Price, 1976).

### 2.2.1 Materia Prima e Ingredientes para la Elaboración de Embutidos Escaldados

Los embutidos escaldados se fabrican a partir de carne de vacuno mayor, ternera y cerdo cruda y picada, grasa, en casos determinados con inclusión de carne de cordero o cabra, así como determinados despojos y vísceras (Weinling, 1973).

#### 2.2.1.1 Carne

Las carnes rojas provienen de animales de sangre caliente, que sirven para el consumo humano (Weinling, 1973).

Para la fabricación de embutidos escaldados se escogerá carnes capaz de fijar agua con particular facilidad, para - esto sirve especialmente la carne recién sacrificada de bueyes, novillos, terneros y cerdos jóvenes y magros. La carne de estos animales posee fibra tierna que es fácilmente aglutinable y tratable, carece de grasa interna y es magra. Cuando está muy picada es capaz de fijar gran cantidad de agua, se traba bien en el ahumado en caliente y escaldado. La carne en pre-rigor tiene un pH de 6,5 - 6,8 y una - capacidad máxima para la fijación de agua (Lawrie, 1968).

#### 2.2.1.2 Grasa

El porcentaje de grasa en una carcasa de porcino es muy variable, encontrándose entre 5 a 20% esta cantidad depende de varios factores, a saber : raza, edad, sexo y alimentación del animal (Grau, 1965).

En las grasas de carnicería se distingue la grasa de los órganos y grasa tisular. Grasa orgánica es la que se deposita en diversos órganos internos y grasa tisular es aquella que se introduce en el tejido muscular o se encuentra formando el panículo adiposo subcutáneo (Ninivara, 1970).

Los productos cárnicos resultan influidos de manera especial y perjudicial por las carnes de carnicería cuando es anómalo el sabor y olor de la grasa se transmiten a la carne (Weinling, 1973).

La grasa también contribuye a la blandura y jugosidad de los embutidos, pero por otra, parte también plantean múltiples problemas de procesado. Los fabricantes de emulsiones cárnicas siempre tienen que estar pendientes de controlar rigurosamente el procesado para evitar en lo posible que no se quede grasa sin emulsionar. La grasa forma la fase discontinua de las emulsiones cárnicas y por lo tanto es uno de sus principales componentes estructurales. La grasa también disminuye la pérdida de agua y es el medio natural de las vitaminas liposolubles A,D,E y K. La grasa más utilizada en la elaboración de embutidos, es la correspondiente a la grasa de la espalda (Price, 1976).

#### 2.2.1.3 Sal Común

Debe ser de color blanco puro y estar cristalizada sin exhibir sustancias extrañas, sin productos nocivos para la salud y con puro sabor salado (Weinling, 1973).

La sal es el ingrediente no cárnico más común-- que se añade a los embutidos. Al preparar embutidos se añade del 1 al 2.2% de sal para :

1. Impartirles sabor
2. Conservar el producto, y
3. Solubilizar las proteínas.

La sal tiene una acción saborizante y antimicrobiana, pues reduce la actividad de agua ( $A_w$ ) por su poder higroscópico; pero la función principal de la sal está ligada a la solubilidad de las proteínas miofibrilares, las que tienen influencia en la formación de las emulsiones y elasticidad de los productos (Grau, 1965).

#### 2.2.1.4 Sales Nitrosas

se distingue entre nitrato potásico ( $KNO_3$ ) y el nitrato sódico ( $NaNO_3$ ). La prueba de la llama indica si se trata de nitrato sódico o potásico, el nitrato potásico arde en llama azulada y el nitrato sódico con llama amarilla. Para el curado sólo se utiliza en la industria cárnica, nitrato potásico por ser más estable frente a la humedad ambiental que el nitrato sódico (Weinling, 1973).

Esta sal proporciona los productos de reacción necesarios para el enrojecimiento y formación de color; los que reaccionan químicamente con el pigmento muscular denominado mioglobina - generando un color rojo estable por formación del compuesto nitroso-mioglobina; este compuesto por desnaturalización de su fracción proteica puede generar nitrosomiocromógeno, el cual también es de color rojo brillante (Coretti, 1971).

El proceso de curado, se puede expresar en los siguientes pasos :

Nitrato	<u>Reducción</u> m.o.	Nitrito
Nitrito	<u>Condic.Favorab.</u>	NO + H <sub>2</sub> O Oxido nítrico
NO + Mb	<u>Condic.Favorab.</u>	NOMMb Oxido nítrico de <u>me</u> tamioglobina
NOMMb	<u>Condic.Favorab.</u>	NOMb Oxido nítrico de <u>mi</u> oglobina
NOMb + calor	_____	Nitroso hemochromo pigmento rosado (cocción)

Entre los factores que influyen en el proceso de coloración se encuentran : Presencia y actividad de gérmenes reductores del nitrato, velocidad de acidificación, (pH), temperatura, etc. En los embutidos se encuentran simultáneamente diversos compuestos responsables del color, mioglobina, metamioglobina, nitroso-mioglobina, nitrosomiocromógeno. El color resultante depende de la preponderancia cuantitativa de los diferentes pigmentos coloreados (Coretti, 1971).

#### 2.2.1.5 Azúcar

Su incorporación influye positivamente en el producto en relación con el pH y la ligazón de masa, ayudan a que la



coloración se efectue más rápidamente y que el color obtenido sea más intenso, permaneciendo por mayor tiempo (Tanikawa, 1963).

Coretti (1971), dice que cuanto mayor es la cantidad de ácido que puede generarse (y como consecuencia) más ostensible es el peligro de la acidificación (agriado) de los embutidos.

Los azúcares empleados con más frecuencia son : La sacarosa, la glucosa, aunque se han utilizado otros azúcares con idénticos resultados. En los embutidos cocidos, el azúcar, es empleado porque contraresta el sabor de la sal y el sabor amargo del nitrato y/o nitrito, apareciendo un nuevo sabor dulcete, favorable a la calidad de las carnes curadas (Téllez, 1982).

#### 2.2.1.6 Almidón

Los almidones más empleados en la fabricación de embutidos son los de papa, maíz y trigo. El almidón al someterse al calor se incha rodeándose y entrelazándose con el agua ligada que existe alrededor de las partículas protéicas, evitando el rompimiento y ayudando al aumento de la elasticidad. De los almidones nombrados, el de papa dá una mejor consistencia que el de trigo y el de maíz, pero su inconveniente es el de aportar bacterias termoresistentes en un 70% provenientes del suelo (Amos, et al, 1968).

Prosiguen los autores, el almidón para ser usado en la elaboración de embutidos, debe de tener las siguientes ca -

racterísticas : Buena absorción, color adecuado, carente de sabor y olor desagradables.

#### 2.2.1.7 Aglutinantes

Son sustancias que contienen proteínas, almidón, dextrina y otros productos imbibidores que sirven para acentuar la trabazón de la masa. La utilización de aglutinantes lleva consigo - el peligro de la adulteración de los productos alimenticios, puesto- que permite fijar en estos últimos una mayor proporción de agua (Wein ling, 1973).

Desde hace algún tiempo, es frecuente el empleo de los denominados fosfatos condensados o polifosfatos en la fabrica- ción de embutidos, sobre todo en embutidos escaldados. De las inves- tigaciones realizadas en el curso de los últimos 20 años se dedujo - que los polifosfatos aumentan notablemente la extracción de proteí - nas miofibrilares de la suspensión de la parte muscular (Amos, et al, 1968).

Según Basuare (1973), los polifosfatos son una- mezcla de sales sódicas de ácidos polifosfóricos, que tienen la capa- cidad de ligar la carne mediante su aumento hidratante, facilita la distribución de las grasas en toda la masa, evitando la separación y escurrimiento de esta durante la cocción.

Los aglutinantes se añaden a la formulación bá-

sica de carne por una o varias de las siguientes razones :

1. Para mejorar la estabilidad de la emulsión;
2. Para mejorar el rendimiento durante la cocción;
3. Para mejorar las características de corte;
4. Para mejorar el sabor y,
5. Para reducir los costes de la formulación.

#### 2.2.1.8 Agua

El agua es el componente cuantitativamente más importante de los embutidos cocidos pues permite disolver las proteínas hidrosolubles y formar la salmuera que se requiere para solubilizar las proteínas miofibrilares. Si la emulsión no contiene suficiente cantidad de agua no se logrará toda la capacidad emulsionantes. El agua mejora las características contribuyendo a la blandura y jugosidad de los embutidos. Durante la preparación de las emulsiones se genera calor que es excesivo e inestabiliza la emulsión y para que el producto elaborado posea la textura deseable, es preciso que el tiempo de desintegración de la carne sea suficiente y para que no se produzca excesivo calentamiento se añade hielo picado o agua fría (Price, 1976).

#### 2.2.1.9 Espicias

Las especias son sustancias vegetales aromáticas desecadas. Este término puede aplicarse a todos los productos

desechados entre los que figuran "las verdaderas especias", las hierbas, las semillas aromáticas y las hortalizas deshidratadas (Price , 1976).

Merced a su aroma y sabor, las especias ejercen una acción estimulante del apetito y favorecedora de la digestión. Entre las especias utilizadas en los embutidos y productos cárnicos se encuentran en especial : Pimienta negra y blanca, pimienta de tabasco, pimentón, nuez moscada, cardamo, hoja de laurel, clavo, jengibre, comino, mostaza, mejorana, tomillo, cebolla, ajo, fruta y extracto de cáscara de limón (Weinling, 1973).

El olor y el sabor más o menos acentuado de las especias es consecuencia de su contenido de aceites etéreos, en su mayoría se volatilizan con facilidad. La calidad de las especias depende del lugar, tipo de cultivo, grado de madurez, colección, preparado y cuidados observados durante el almacenamiento; las especias se almacenan siempre en lugares secos, frescos y aireados. Casi todas las especias actúan como antioxidantes y evitan el enranciamiento de las grasas contenidas en los productos.

Cuanto más pulverizados se encuentren las especias, mayor es su acción. Calentando los productos cárnicos se acentúa la acción antioxidante de las especias (Weinling, 1973).

#### 2.2.1.10 Condimentos

El término de condimentos es muy amplio se aplica a todo ingrediente que aisladamente o en combinación confiere sabor a los productos alimenticios (Price, 1976).

Para sazonar los embutidos se emplean mezclas de diferentes especias, aunque también se usan otras sustancias como el glutamato monosódico, hidrolizados de proteínas vegetales y nucleótidos. El glutamato monosódico y los nucleótidos aromatizantes resaltan o potencian el aroma; mientras que los hidrolizados de proteínas vegetales imparten un aroma cárnico característico. Los nucleótidos aromatizantes afectan además a la textura de los embutidos haciendo que la sensación de sabor se centre en la mucosa lingual (Price, 1976).

#### 2.2.1.11 Aditivos Químicos

##### 1. Conservadores

Son sustancias capaces de inhibir, retardar o impedir procesos de fermentación u otras alteraciones de los alimentos; en combinaciones de 2 o 3 son más germicidas que el uso de uno solo (sinergismo) (Basuare, 1973).

Las condiciones siguientes deben tenerse en cuenta para el uso de conservadores químicos :

- . Que exista una razón especial para su uso en un alimento.
- . Que sea fácil de usar y detectar para controlar su calidad y cantidad.
- . Que al ingerirse no cause daño al consumidor.
- . Que sean activos a bajas concentraciones (Tanikawa, 1963).

Los conservadores más utilizados en los embutidos son : Acido - benzoico, benzoato de sodio, furil furamide, sorbato de potasio, an hidrido sulfuroso, sulfito sódico, óxido de etileno (Weinling, 1973).

## 2. Antioxidantes

Son sustancias que evitan o previenen la rancidez de las grasas que es producida por oxidación de las mismas. Entre las más utilizadas en la industria de alimentos tenemos : Acido ascórbico, ascorbato de sodio, palmitato de ascorbilo, butil hidroxitolueno, butil hidroxianisol, galato de propilo, etc. (Amos, et al, 1968).

## 2.3 CONCEPTOS IMPORTANTES RELACIONADOS CON LA IRRADIACION DE ALIMENTOS

### 2.3.1 Radiactividad

Los átomos existentes en la naturaleza pueden agruparse en dos grupos : Estables e inestables.

**Estables :** Son aquellos que no cambian espontáneamente en el tiempo.

**Inestables :** Son aquellos que pierden su identidad por su transformación en otros.

El fenómeno mediante el cual el núcleo de un átomo se transforma espontáneamente en otro, recibe el nombre de desintegración radiactiva.

Algunos núcleos, mediante una sola desintegración alcanzan la estabilidad transformándose en núcleos estables, otros requieren tener sucesivas desintegraciones hasta llegar a la estabilidad.

Al nucleído que sufre la desintegración se le suele llamar nucleído madre, y al producto de la misma nucleído hija (Cember, 1980).

Puesto que la transformación de los núcleos va acompañada de emisión de radiaciones, a los núcleos inestables se les llaman núcleos radiactivos o activos.

Los núcleos pueden desintegrarse por distintos mecanismos emitiendo en cada caso distintos tipos de radiaciones o partículas (partículas alfa, partículas beta, neutrinos, radiaciones electromagnéticas, neutrones).

La desintegración espontánea de los núcleos de los átomos inestables por medio de la emisión de rayos alfa, beta y gamma se ha llamado radiactividad desde que Marie Curie lo llamó así en 1898.

(Vidarte, 1984).

Este notable fenómeno fue identificado por primera vez - por Becquerel en 1896. Pronto se encontró que los "rayos" radiactivos constaban de tres componentes : Partículas positivas, negativas y radiación de alta energía. Las propiedades de estas emisiones radiactivas según Cember (1980) se presenta en el Cuadro 2.

CUADRO 2 : PROPIEDADES DE LAS RADIACIONES

NOMBRE	CARGA	MASA APROXIMADA H : 1	FUERZA DE PENETRACION E IONIZACION
Alfa	+	4	Débil, pero induce muchos iones.
Beta	-	1/1837	Unas 100 veces mayor que alfa, pero induce menos iones
Gamma	0	0	Muy penetrantes, pero induce sólo unos cuantos iones

FUENTE : Cember, (1980)

### **Radiación Ionizante**

La ionización es un proceso en el cual uno o más electrones son liberados de un átomo, molécula u otro estado ligado. La radiación ionizante consta de partículas cargadas (por ejemplo electrones positivos o negativos, protones u otros iones pesados) y/o partículas no



cargadas (por ejemplo fotones o neutrones) capaces de producir ionización por procesos primarios o secundarios. Sin embargo, el proceso de ionización es el único proceso por el cual la energía de la radiación puede ser transferida a un material. Un segundo fenómeno importante es la excitación, proceso que puede también tener consecuencias físicas, químicas o biológicas (Vidarte, 1984).

### Leyes de Desintegración Radiactiva

Según la International Commission of Radiation Units and Measurements, Washington 1980. La desintegración radiactiva obedece a las leyes de probabilidad y es independiente de influencias exteriores como presión, gravedad, temperatura, campos magnéticos, tratamientos químicos de sustancias activas.

El número de átomos de una sustancia radiactiva que sufren una transición nuclear espontánea ( $\Delta N$ ) durante un pequeño intervalo de tiempo ( $\Delta t$ ), es proporcional al número de átomos presentes en la sustancia ( $N$ ) y al intervalo de tiempo considerado ( $\Delta t$ ).

$$-\Delta N = \lambda N \Delta t \quad (1)$$

Donde :

$\lambda$  : Constante de decaimiento radiactivo, que mide la probabilidad de que un núcleo particular sufra una transición nuclear espontánea en una unidad de tiempo. Tiene una dimensión  $t^{-1}$

De la expresión (1) si se pasa  $\Delta t$  al 1er. miembro se tiene :

$$- dN/dt = \lambda N = A \quad (2)$$

De donde :

$dN/dt$  : Es la velocidad de decaimiento de una fuente en un tiempo-  
t (el signo negativo indica que son núcleos que decaen)

A : Actividad o sea el número de núcleos que decaen por unidad-  
de tiempo.

Integrando la expresión (2)

$$- \int dN/N = \int \lambda dt \quad \text{se tiene :}$$

$$\text{Ln } N = - \lambda t + c \quad (3)$$

Reemplazando en (3) los valores correspondientes a un tiempo -  
t = 0 se obtiene el valor de la constante C.

$$C = \text{Ln } N_0$$

Y reemplazando el valor de C de la expresión anterior (3) se  
tiene :

$$\text{Ln } N = - \lambda t + \text{Ln } N_0$$

$$\text{Ln } N/N_0 = - \lambda t$$

Dándole forma exponencial, será :

$$N/N_0 = e^{-\lambda t} \quad \text{ó} \quad N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (4)$$

Siendo :

N Número de núcleos activos presentes que no se han transformado en el tiempo t.

No Número de núcleos presentes al tiempo t : 0

#### Período de Desintegración

Se define como el tiempo necesario para que un número estadísticamente significativo de núcleos se reduzca a la mitad.

De la expresión :  $\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$

Si hacemos :  $N = N_0/2$  y  $t = T$  se tiene :

$$\ln \frac{N_0/2}{N_0} = -\lambda T$$

$$\ln 1/2 = -\lambda T$$

$$-\ln 2 = -\lambda T$$

$$\ln 2 = \lambda T$$

Despejando T, obtenemos :

$$T = \ln 2 / \lambda = 0,693 / \lambda \quad (5)$$

Si a la expresión (4) lo multiplicamos ambos miembros por  $\lambda$ , se tiene :

$$\lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

Y reemplazando N según (2), se obtiene :

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad (6)$$

Donde :

A : Actividad al tiempo t

A<sub>0</sub> : Actividad de una fuente al tiempo inicial.

Comparando las ecuaciones (4) y (6) se observa que ambas siguen la misma ley exponencial.

### 2.3.2 Radiación Gamma

Son radiaciones electromagnéticas de la misma naturaleza de la luz y los rayos X. Están constituidos por fotones o cuantos - de energía tienen una longitud de onda comprendida entre  $10^{-10}$  a  $10^{-13}$  m y una velocidad de propagación de  $3 \times 10^8$  m/s.

La radiación gamma está dentro de las radiaciones ionizantes que comprenden además los rayos X, rayos catódicos o rayos beta, protones, neutrones y partículas alfa (Gillespie, 1953).

La energía de cada fotón depende de su longitud de onda y se puede calcular aplicando la fórmula de Planck :

$$E = hs = hc/\lambda$$

Donde :

h : Constante de Planck ( $6,6 \times 10^{-34}$  J/S)

E : Energía

s : c/ frecuencia de la vibración (oscilación)

c : Velocidad de la luz en el vacío ( $3 \times 10^8$  m/s)

$\lambda$  : Longitud de onda en m

La energía de la radiación gamma está comprendida entre  $10^4$  y  $10^7$  eV (siendo 1eV =  $1,601 \times 10^{-19}$  joules).

Los rayos gamma proceden de la desexcitación de los núcleos de átomos radiactivos.

Los núcleos productores de rayos gamma más característicos son el cobalto-60 y el cesio-137. El más utilizado en las fuentes de irradiación es el cobalto-60; su proceso de desintegración es el siguiente :

Un átomo de  $\text{Co}^{60}$  pierde una partícula beta y se transforma en un núcleo inestable de  $\text{Ni}^{60}$ . Este níquel se desexcita parcialmente emitiendo un fotón gamma de 1,17 MeV y tras la emisión de un fotón gamma de 1,33 MeV se convierte en  $\text{Ni}^{60}$  estable.

La desintegración del Cs<sup>137</sup> ocurre por la transformación en Ba<sup>137</sup> tras la emisión de una partícula beta y radiaciones gamma de 0,66 MeV (Masriera, 1957).

### 2.3.3 Energía, Vida Media, y Unidades de los Radioelementos

La utilización práctica de las emisiones de la radiactividad ha sido posible gracias a la energía más o menos elevada que estos transportan. La energía se mide en electrón voltio (eV), el electrón voltio es la energía desarrollada por la carga eléctrica de un electrón bajo la tensión de un voltio (Claver, 1957).

Desrosier (1960) afirma que los períodos de semidesintegraciones (T) mide la velocidad con que se desintegra la mitad de una cantidad dada del elemento en un tiempo determinado. Asimismo, añade que el (T) varía entre límites muy amplios tal como se reportan en el Cuadro 3.

CUADRO 3 : PERIODO DE SEMIDESINTEGRACION DE ALGUNOS ELEMENTOS

RADIO ELEMENTOS	PERIODO DE SEMIDESINTEGRACION (T)	
Torio	2,2 x 10 <sup>10</sup>	años
Uranio	4,4 x 10 <sup>9</sup>	años
Radio	1 590	años
Cobalto	5,25	años
Rodón	3,82	días
Radio C	10 <sup>-6</sup>	segundos

FUENTE : Desrosier (1960)

El mismo autor sostiene que la constante de desintegración ( $\lambda$ ) representa el porcentaje de átomos desintegrados por unidad de tiempo y la inversa ( $1/\lambda$ ) se denomina vida promedio del elemento ( $\theta$ ). La relación de éstos términos es la siguiente :

$$\lambda T = \ln 2 = 0,6932$$

$$T = 0,6932 \theta$$

Brennan et al (1974) consideran que la actividad radiactiva se refiere a las emisiones de una fuente por unidad de tiempo. La actividad se mide en curios. Una fuente que tiene la potencia de un curio (1 ci) produce  $3,7 \times 10^{10}$  desintegraciones por segundo. Esto equivale al número de desintegraciones por segundo que se produce en un gramo de radio puro. Piraux (1970), sostiene que la energía, el período, la naturaleza de las radiaciones y el precio de costo de "fabricación" determinan la elección de un radioisótopo para el uso eficiente. En cuanto a las unidades, el mismo autor, define al Roentgen (R) como la intensidad de radiación en donde  $1 \text{ cm}^3$  de agua absorbe 100 ergios o su equivalente de 83,8 ergios/g en el aire. Por otro lado, Desrosier (1960) define el Roentgen como la cantidad de radiación recibida por hora de una fuente de un gramo de radio a la distancia de una yarda.

También se conoce el equivalente físico de Roentgen (REP) definido como la cantidad de radiación ionizante absorbida por los materiales. La absorción de un REP por un alimento o tejido equivalente a  $93 \text{ ergios/cm}^3$ .

Brennan et al (1974) definen al RAD como la energía absorbida equivalente a 100 ergios/g, cuando un material es sometido a la radiación ionizante.

Actualmente se está utilizando una unidad denominada GRAY (Gy) definido como la absorción de 1 joule de energía radiante por kilogramo de material irradiado.

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ joule/kg} = 100 \text{ rads, I.A.E.A. (1982)}$$

#### 2.3.4 Dosimetría

Piraux (1970) afirma que la dosis absorbida por un material es la cantidad de energía radiante absorbida, la cual puede ser calculada mediante la siguiente relación :

$$R = 4,4 E \times C$$

Donde :

R : Dosis en Roentgen absorbida en 8 horas a 1 m de distancia

E : Energía de radiación gamma o x (MeV)

C : Actividad del radioisótopo (Ci)

Vargas (1980) sostiene que la química de la radiación estudia los cambios químicos inducidos por la radiación, los cuales puede darse en gases, líquidos, sólidos. El proceso empieza con el



bombardeo de la sustancia con radiación y termina con el restablecimiento de un equilibrio termodinámico en el mismo.

La dosimetría química se basa en determinar los productos formados (concentración) al final del proceso. En principio cualquier material que muestre un efecto ante la radiación puede usarse como dosímetro, sin embargo, esta manifestación debe ser confiable, reproducible y medible. Los dosímetros químicos acuosos son más utilizados siendo los principales: Los dosímetros de, sulfato ferroso (Fricke), ferroso cúprico, sulfato cérico y el del ácido oxálico. El mismo autor sostiene que el dosímetro de Fricke es uno de los mejores estudiados y más usados el cual se basa en el proceso de oxidación de los iones ferrosos en solución ácida a iones férricos por acción de la radiación ionizante; la concentración de éstos iones se determina en un espectro fotómetro a un espectro de absorción de 305 nm. La precisión en la medición de dosis no es afectado por intensidades que varían entre 20 a  $2 \times 10^9$  rads/s. La confiabilidad del método no es influido significativamente por variaciones de temperatura entre 1 a 60°C durante la determinación. La respuesta de la medición es definido como el cambio de absorbancia por unidad de dosis absorbida, casi independientemente del espectro de energía en el rango de 0,5 a 16 MeV (Vargas, 1980).

Tormo (1977) indica que las alteraciones que de alguna forma son medidas por acción de los rayos X o gamma en los productos irradiados son: Ionizaciones, excitaciones, agitaciones moleculares, radiolisis.

En la actualidad, aunque resultaría prolijo enumerar todos los campos de la dosimetría de las radiaciones ionizantes, se puede afirmar que están agrupados en tres grandes áreas :

- A. Dosimetría personal : Cuyo objeto es cuantificar niveles muy - bajos de dosis, es decir, los que corresponden a las personas - expuestas y al público en general, niveles que nunca serán superiores a unos pocos rads por año.
  
- B. Disimetría clínica : Trata de evaluar los niveles medios de dosis, como diagnosis y terapia, siempre inferiores a 1 000 rads.
  
- C. Dosimetría industrial : Cuyo campo es más amplio y donde entran en juego mayores rangos de dosis, como los que intervienen en el control de calidad, radioesterilización de alimentos, envases, material quirúrgico, procesos que van de pocos rads por hora hasta varios Megarads por hora (Tormo, 1977)..

#### 2.3.5 Protección y Seguridad en el Uso de Radiaciones

Tamaro (1970) sostiene que el daño biológico producido - por las radiaciones ionizantes dependen notablemente del tipo de radiación recibida, pues las partículas que producen mayor ionización - a lo largo del camino recorrido producen también un daño biológico - mayor. Este daño relativo de las radiaciones respecto a otras expresados en un mismo número de rads se denomina Efectividad Biológica Relativa (EBR), que para cada tipo de radiación se define como la rela

ción las dosis en RADS de rayos X de 200 KeV de energía que produce un determinado efecto biológico a la dosis de rads de la radiación considerada que produce el mismo daño biológico. Los valores de la EBR para los distintos tipos de radiación, se presentan en el Cuadro 4.

CUADRO 4 : VALORES DE LA EFECTIVIDAD BIOLÓGICA RELATIVA PARA DISTINTOS TIPOS DE RADIACIONES

TIPO DE RADIACION	EBR
X, Gamma, Beta, electrones	1
Rayos alfa	10
Neutrones lentos	2,5
Neutrones rápidos	10

FUENTE : Tamaro (1970).

Por otro lado, la EBR de una radiación así definida depende del efecto biológico de que se trate. Por lo tanto, para tener una unidad que proporcione un mayor criterio respecto al daño biológico producido por los distintos tipos de radiaciones, se ha definido el "rem" y el "sievert" (Sv) como una dosis equivalente el cual es reportado por la I.A.E.A. (1982) como sigue :

Dosis equivalente (rems) : EBR x dosis Absorbida (rads)

Dosis equivalente (sievert): EBR x dosis Absorbida (GY)

Tamaro (1970), estima que las personas que trabajan en rayos X, isótopos radioactivos, laboratorios o plantas nucleares no deben recibir más de 12 rems/año; asimismo estima que una irradiación accidental de 25 rems en todo el cuerpo podría no tener efecto-significativo en la vida y salud de un trabajador normal (prescindiendo de posibles efectos genéticos), con tal que dicha radiación sólo ocurra una sola vez en toda su vida. Por otro lado, la Comisión Internacional de Protección Radiológica, reportada por la I.A.E.A. (1982), considera las dosis máximas permisibles que se muestran en el Cuadro 5.

CUADRO 5 : DOSIS MAXIMAS PERMISIBLES PARA ORGANOS Y TEJIDOS

ORGANOS O TEJIDOS	LIMITES OCUPACIONES		MIEMBROS DEL PUBLICO	
	rem/año	Sv/año	rem/año	mSv/año
Gonadas, médula del del hueso	5	0,05	0,5	5
Piel, hueso, tiroides	30	0,30	3,0	30
Manos, antebrazos , pies	75	0,75	7,5	75
Otros órganos	15	0,15	1,5	15

FUENTE : I.A.E.A. (1982)

Al respecto Piraux (1970) afirma que un radioelemento es tanto más peligroso cuanto más largo sea su período ionizante y se fije selectivamente. En cuanto a los rayos gamma que son muy penetrantes sólo puede protegerse con paredes gruesas de material absorbente. Por esta razón la utilización de un radioelemento implica conocer su energía, intensidad y tipo de radiación para luego determinar el blindaje necesario.

## 2.4 IRRADIACION DE ALIMENTOS

### 2.4.1 Historia del Uso de la Técnica Nuclear en Alimentos y Agricultura

Fried (1977) indica la historia de la ciencia nuclear y su campo de aplicación que está comprendida en dos series bien diferenciadas : El uso de isótopos radioactivos o radioisótopos, como trazadores, en el estudio de la química y biología particularmente y la interacción de la radiación ionizante con la materia.

Ambas aplicaciones han sido ampliamente estudiadas en el campo de los alimentos y de la agricultura.

Uno de los primeros en éstos estudios fue G.V. Hevesy , quien en 1923, después de muchos años trabajando en el sistema de la química pura, usó un isótopo de plomo como trazador para estudiar la asimilación de este elemento por las raíces de las plantas. Este experimento químico constituyó la antesala de una aplicación extensiva

de radioisótopos en suelos y plantas, como experimentos científicos. Estos principios son ahora muy importantes, por su aplicación en el campo de la eficiencia de fertilización de suelos, ecología de insectos, en combatir pestes debido a residuos químicos en el medio ambiente y en conservación de alimentos.

El otro campo, como es de la interacción de las radiaciones ionizantes con la materia, también han sido estudiados desde muchos años atrás.

Roentgen, descubrió los rayos X en el año 1895, iniciando una nueva era de la ciencia nuclear. Sobre la idea de que los rayos X son causantes de provocar cambios genéticos, esta posibilidad fue indicada anticipadamente en 1908, pero la demostración concluyente de la inducción artificial de las mutaciones la dió Muller en 1927 utilizando la mosca de fruta. Después de algún tiempo, en 1928, L.L. Stadler provocó mutaciones inducidas en cebadas y maíz por medio de los rayos X.

La técnica de la esterilización de insectos es usada ahora como una práctica básica para su control o cuarentena, produciendo insectos benéficos para la agricultura. Puede citarse la esterilización de la mosca tse-tse, mosquitos heliothis, mosca de melón, mosca de la fruta oriental, mosca de la cebada y otras pestes importantes en agricultura (FAO/OMS, 1966).

La efectividad y la utilidad de la técnica nuclear mejora considerablemente, cuando se trabaja en ~~conjunción~~ con otros métodos de conservación. Es importante que en ~~este~~ contexto existan instituciones que asuman la responsabilidad y administración del uso de técnicas nucleares en alimentos y agricultura, ejemplo de estas tenemos, la Junta FAO/OIEA., División de Energía Atómica en Alimentos y Agricultura (Ingram, 1959).

#### 2.4.2 Uso de la Energía Nuclear para Preservar Alimentos

La pérdida de los alimentos en el mundo, y en especial - en los países en vías de desarrollo están ~~est~~imadas en cerca del 20-40%, estas pérdidas ocurren durante el ~~manipuleo~~, almacenaje, comercialización, etc (Coleby, et al, 1960).

Los mismos autores hacen referencia que algunos países - no poseen la tecnología adecuada que haga posible el uso de nuevos - métodos para reducir la destrucción de alimentos. Un motivo también es la carencia de energía suficiente para ~~pro~~teger el procesamiento, manipuleo y la destrucción debido a la ~~comer~~cialización.

Las pérdidas en la post-cosecha, debido a insectos, roedores, enfermedades, mal procesamiento, ~~por~~ lo que es importante identificar y cambiar la inefectiva tecnología tradicional por otros métodos modernos y más efectivos.

Una de las tecnologías modernas para este campo de considerable importancia es la irradiación de alimentos. Con este proceso se reduce inmensamente las pérdidas causadas por insectos en países tropicales y se previene la acción de los microorganismos patógenos como la salmonella en ciertos alimentos; lo que es más, este proceso es seguro, no deja residuo y por consiguiente no es dañino para la salud pública y preferible a otros métodos, como el químico (Castro, 1985).

La radiopasteurización es una técnica de conservación de alimentos relativamente nueva. Se emplea en ella radiaciones de alta energía, como los rayos gamma que actúan como agentes bactericidas evitando la proliferación de las bacterias. El método ha demostrado ser excelente, ya que, además de prolongar la vida útil de los alimentos, las radiaciones no alteran el sabor, consistencia u otras cualidades de los productos, lo que sucede con frecuencia, cuando se emplean conservadores químicos o se usa con poco cuidado el hielo o otros equipos de congelación o refrigeración (O.I.E.A., 1980).

La combinación de la radiación con la refrigeración ayuda a prolongar el período de conservación de ciertos alimentos (por ejemplo los embutidos), cuando se almacenan a temperaturas de refrigeración entre 0°C y 8°C permitiendo el empleo de humedades relativas y períodos de almacenamiento más altos de los que sería imposible empleando sólo la refrigeración (Frazier, 1976).



Los estudios de la Comisión de Energía Atómica de los - Estados Unidos sobre la radiopasteurización de las carnes, embuti - dos y otros productos alimenticios fueron comenzados en 1960. Esta - investigación fue seguida por un estudio sumario sobre los aspectos - económicos, de salubridad y de mantenimiento de la calidad de los productos radiopasteurizados, habiéndose concluido que la técnica era practicable.

En años recientes se han llevado estudios completos y - exhaustivos, el más reciente de los cuales establece que la radiopas - teurización es perfectamente practicable y positiva en carnes y pro - ductos cárnicos (FAO, 1976).

Según Potter, (1978) hay tres términos que se deben di - ferenciar :

Radurización : Tratamiento de los alimentos con una dosis de radia - ciones ionizantes suficientes para mejorar sus propiedades de conser - vación al causar una reducción considerable del número de microorga - nismos causantes de la descomposición.

Usualmente este tratamiento puede ser dado a productos de moderado - contenido de humedad, semejante a las frutas secas, vegetales, car - nes y ciertos alimentos pre cocidos. Este tratamiento equivale a la pasteurización por calor.

Radicalización .- Este tratamiento por radiación es utilizado para - destruir organismos ya sea en alimentos secos con baja actividad de agua o alimentos líquidos y tal vez alimentos crudos o procesados de origen vegetal y animal.

Usualmente este tratamiento puede ser dado a dosis muy diferentes pa - ra diferentes alimentos, y esta dosis debe ser aquella necesaria pa - ra controlar mayor población de patógenos, no asegurando una imposi - ble recontaminación, por lo tanto, debe tomarse precauciones tales - como la prevención de recontaminación después del tratamiento y posi - bilidades de crecimiento a elevadas temperaturas de ciertos patóge - nos no eliminados por el tratamiento.

Radappertización .- Se define este tratamiento, como el que destru - ye muchos o idealmente todos los microorganismos en los alimentos.

También es llamada esterilización por radiación, y a la dosis de es - terilización se estiman experimentalmente bajo los valores D de los microorganismos patógenos como el Clostridium botulinum.

Para alcanzar este efecto, se requieren dosis del orden de Mrads, y varían de acuerdo al alimento y microorganismo a inactivar.

### 2.4.3 Ventajas y Desventajas de la Irradiación de Alimentos

Vas (1978), resume las siguientes ventajas de la irradiación de los alimentos :

- . Es favorable económicamente, en relación con otros métodos convencionales de conservación como son la refrigeración y la congelación.
- . Su acción es más efectiva que cualquier otro método empleado.
- . No dejan residuos que pueden ser nocivos para el organismo humano, como cuando se tratan con fumigantes, insecticidas, preservativos.
- . Su aplicación no requiere mayor cuidado en el proceso posterior de manipuleo.
- . Los cambios químicos producidos debido a la acción de las radiaciones no causan dificultades al organismo humano ni animal.
- . La energía requerida para este proceso es baja en relación con la energía convencional.

Y como desventajas señala las siguientes :

- . Su aplicación a escala pequeña hace que en muchos países se realice la irradiación solamente con fines experimentales a excepción de otros que ya poseen irradiadores de flujo continuo, donde irradian alimentos a gran escala.
- . Existencia de recelos al consumo por parte del público, basada en algunas ideas devastadoras de otros tipos de radiaciones, el cual no es cierto en alimentos irradiados.

#### 2.4.4 Aplicación de Radiación en Alimentos y Fuente de Radiación

Según el Organismo Internacional de Energía Atómica (1978), se ha puesto énfasis en la irradiación de alimentos para :

- . Eliminación de insectos, en frutas, pescado seco, etc.
- . Inhibición de brotes en tallos y raíces, en papas, cebollas.
- . Incremento de la buena condición sanitaria de los condimentos , productos congelados, etc.
- . Esterilización de microorganismos y muerte de los mismos, en especial de los patógenos.

Tanto la FAO, OIEA y el OMS (1981) recomiendan los siguientes tipos de radiación de alimentos :

- . Rayos gamma de los radioisotopos cobalto-60 o cesio-137.
- . Generadores de rayos X operados con energía de 5 MeV.
- . Generadores de electrones por fuente mecánica operados con energía de 10 MeV.

A continuación se presenta una guía para irradiar Alimentos proporcionados por el Organismo Internacional de Energía Atómica (O.I.E.A.) en el año de 1980.

## GUIA PARA LA IRRADIACION DE ALIMENTOS

### (A) Pollo (*Gallus domesticus*)

#### a. Propósito del proceso :

1. Prolongar el tiempo de vida en almacenaje.
2. Reducir el número de microorganismos patógenos, como-  
la salmonella, después de eviscerar el pollo.

#### b. Requerimientos específicos

Dosis Promedio : Para (1) y (2) hasta 7 KGy.

### (B) Mangos (*Mangifera indica*)

#### a. Propósito del proceso :

1. Control de infestación de insectos.
2. Mejorar la calidad armónica y retardar la madurez
3. Reducir la carga microbiana

#### b. Requerimientos específicos :

Dosis promedio : Hasta de 1 KGy.

### (C) Cebollas (*Allium cepa*)

#### a. Propósito del proceso :

Inhibición de brotes durante el almacenaje

#### b. Requerimientos específicos :

Dosis promedio : Hasta de 0,15 KGy.

(D) Papaya (*Carica papaya* L.)

a. Propósito del proceso :

1. Control de infestación de insectos
2. Mejorar la calidad retardando la madurez

b. Requerimientos específicos :

Dosis promedio : para (1) y (2) hasta 1 KGy

(E) Papas (*Solanum tuberosum* L.)

a. Propósito del proceso :

Inhibición del brote durante el almacenaje

b. Requerimientos específicos :

Dosis promedio : Hasta de 0,15 KGy.

(F) Legumbres secas

a. Propósito del proceso :

Control del proceso durante el almacenaje

b. Requerimientos específicos :

Dosis promedio : Hasta 1 KGy.

(G) Arroz (*Eryza species*)

a. Propósito del proceso :

Controlar la infestación de insectos durante el almacenaje.

- b. Requerimientos específicos :  
Dosis promedio : Hasta 1 KGy

(H) Fresa (*Fragaria species*)

- a. Propósito del proceso :  
Prolongar la vida en almacenaje y eliminación parcial --  
de microorganismos patógenos.
- b. Requerimientos específicos :  
Dosis promedio : Hasta de 3 KGy

(I) Pescados, teleósteos y productos pesqueros

- a. Propósito del proceso :
  1. Control de infestación de insectos del pescado seco du  
rante el almacenaje.
  2. Reducir la carga microbiana del pescado y productos -  
pesqueros.
  3. Reducción de microorganismos patógenos.
- b. Requerimientos específicos :  
Dosis promedio : Para (1) hasta 1 KGy, para (2) y (3)  
hasta 2,2 KGy.

#### 2.4.5 Efecto de las Radiaciones Ionizantes sobre la Materia - Viva y Química de la Radiación

Uno de los efectos más característicos de la radiación - sobre el material biológico, es el producir alteraciones en el desarrollo celular. Estas alteraciones pueden ser originadas por mutaciones genéticas, cromosómicas, pérdida de la capacidad de división, etc. En caso extremo producir la muerte celular (Fernández y Aparicio, 1979).

Estas anomalías suceden al interaccionar la radiación - con el material biológico la radiación cede su energía a algunas moléculas los cuales quedan activadas y pueden entrar en acción. Especialmente los rayos gamma que son muy penetrantes, irradian todo el cuerpo tratado. La dosis recibida por cada parte puede ser pequeña pero todas las regiones son alcanzadas (Lefort, 1965).

Fernández y Aparicio (1979), indican que el número de células afectadas será mayor cuanto más alta sea la dosis de radiación absorbida. El lugar de la célula donde se produce la lesión es uno de los factores que más influyen en las demás alteraciones posteriores. Existen ciertas estructuras, denominadas "sitios críticos" o "Targets", que son fundamentales para la vida de la célula y cualquier daño que sufran pueden ocasionar la muerte celular. No se conocen con seguridad la localización de las estructuras críticas, pero se cree que los "Targets" más importantes deben ser las moléculas de los ácidos nucleicos. Es indudable que la lesión del DNA puede -



tener consecuencias graves, puesto que su misión es la de almacenar, replicar y transmitir la información necesaria para la síntesis de las proteínas celulares.

Prosiguen los autores, que la radiación produce en los ácidos nucleicos una serie de cambios químicos que pueden ocasionar anomalías en el metabolismo, estructura y desarrollo de la célula, es tas anomalías pueden ser temporales o permanentes.

Los daños que ocasionan los rayos alfa y beta dependen fundamentalmente de la forma intensiva de la velocidad de eliminación de dichos radioelementos, estos dependen directamente del tipo de fuente de irradiación que se utiliza (Lefort, 1965).

El mismo autor hace mención, que ciertos elementos como el estroncio-90 que es un emisor beta, se asimila como calcio, ingerido es retenido en los huesos y no se elimina nunca, su radiación destruye las células vivas de la médula y detiene la producción de globulos rojos que se efectúa en ese lugar. El plutonio es peligroso cuando es respirado en aerosol.

Todo lo mencionado anteriormente está considerado como efectos directos de la radiación, existen además efectos indirectos de la radiación, tal como lo indican, Desroisier (1960) y Lefort (1965). El estudio se inició hace muchos años y el mecanismo es que, cuando la radiación atravieza un elemento, la misma actúa sobre el agua para dar origen a 4 productos. Esto fue fundamentado por Allen

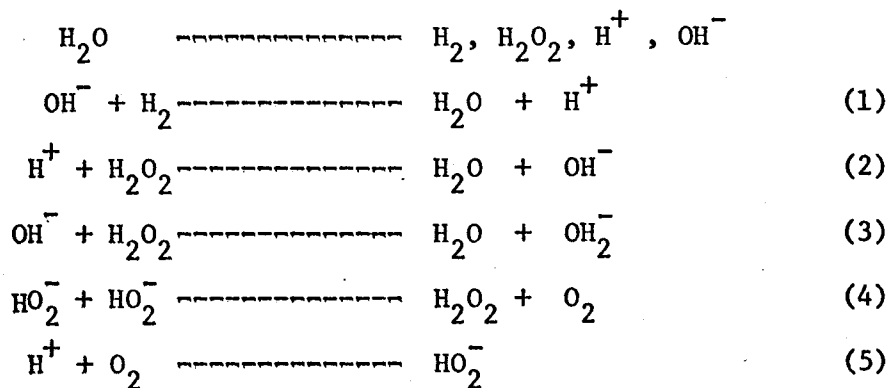
(1956); los productos que se forman son radicales libres  $H^+$  y  $OH^-$ , las moléculas de ( $H_2$ ) y el agua oxigenada ( $H_2O_2$ ). La presencia de los radicales se ponen en manifiesto por sus reacciones con los solutos y la de las moléculas por su aparición en la solución cuando se encuentra un soluto para protegerlos contra la acción de los radica-les.

Los radicales predominan en radiaciones de baja densidad iónica, tales como los rayos gamma, en tanto que las moléculas predominan en radiaciones de elevada densidad iónica como los rayos alfa.

Radical Libre

Es una molécula que posee un número impar de electrones- y cuya vida es muy corta. Desde hace mucho tiempo se sabe que con los rayos gamma la descomposición del agua conduce en su mayor parte a la formación de radicales libres.

Las siguientes reacciones son la cinética de la descompo- sición del agua (Bach, 1956).



Las reacciones (1) y (2) constituyen una cadena que es el principal factor entre los que determinan la descomposición del agua.

Las reacciones (3) y (5) interrumpen esta cadena.

Los radicales libres pueden reaccionar con moléculas no oxidadas del sustrato iniciando cadenas, o pueden reaccionar entre sí sin formar cadenas. El predominio de reacciones de uno y otro tipo, dependen de la estructura y propiedades del compuesto irradiado (Bach, 1956).

La vida de los radicales no pasa de los  $10^{-6}$  segundos, en el agua pura, pudiendo aumentar este período cuando está presente el soluto, es decir si el agua contiene un cuerpo disuelto, los radicales actúan sobre el mismo y lo oxidan o lo reducen. El hidrógeno y el agua producidos in situ no escapan a su ataque (Lefort, 1965).

Los expertos de la FAO/OIEA/OMS, reunidos en Génova en 1980 llegaron a la conclusión de que la irradiación de alimentos induce a cambios químicos, y la naturaleza de los componentes producidos depende primordialmente de la composición química del alimento. La concentración de la radiación inducida se incrementa generalmente con el aumento de la dosis de radiación, con la temperatura, flujo de aire y contenido de agua en la muestra. También concluyen estos expertos, que reacciones radiolíticas ocurren en ciertos alimentos pero no causan ningún daño al organismo cuando se ingieren estos alimentos irradiados.

Lógicamente, los alimentos pueden sufrir cambios peligrosos dentro de la más potentes dosis de radiación, superiores a los 10 millones de rads, esto es muy difícil de llevar a cabo ya que para la eliminación de microorganismos e inactivación de enzimas se utilizan dosis que sólo llegan a miles de rads (Borgstom, 1971).

La eficacia bactericida de una dosis dada de irradiación depende de :

- . Tipo de especie de microorganismo
- . Número de esporas originalmente presentes cuando mayor sea el número, menor será la efectividad de una dosis dada.
- . La presencia o ausencia de oxígeno. La influencia del oxígeno-libre varia con el germen, que unas veces no es afectado y otras veces se sensibiliza.
- . El estado físico del alimento durante la irradiación.

El Cuadro 6, resume los resultados de diferentes investigaciones en cuanto a dosis aproximadas de radiaciones necesarias para la destrucción de diferentes clases de organismos (Frazier, 1976).

Por razones desconocidas varias clases de microorganismos son mucho más resistentes de los que podría esperarse. Así, en la carne se ha encontrado un micrococo resistente a las radiaciones muy semejantes al Micrococcus roseus; también se han encontrado especies muy semejantes a Micobacterium muy resistentes en los alimentos irradiados.

**CUADRO 6 : DOSIS LETALES APROXIMADAS DE RADIACIONES IONIZANTES  
PARA MICROORGANISMOS TIPO, EN KILORADS**

ORGANISMO	DOSIS LETAL APROXIMADA
HOMBRE	0,56 - 0,75
INSECTOS	22 - 93
VIRUS	1 000 - 4 000
LEVADURAS (fermentativas)	400 - 900
<u>Saccharomyces cerevisiae</u>	500
LEVADURAS (Formadoras de película)	370 - 1 800
<u>Candida Krusei</u>	1 160
MOHOS (esporulados)	130 - 1 100
<u>Penicillium spp.</u>	140 - 250
<u>Aspergillus spp.</u>	140 - 250
<u>Rhizopus sp.</u>	1 100
BACTERIAS (patógenas, células veget.)	
<u>Mycobacterium tuberculosis</u>	140
<u>Staphylococcus aureus</u>	140 - 700
<u>Salmonellas spp.</u>	372 - 475
BACTERIAS (saprofitas, células veget.)	
GRAM-NEGATIVAS	
<u>Escherichia coli</u>	100 - 230
<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	160 - 230
<u>Aerobacter aerogenes</u>	140 - 180
GRAM-POSITIVOS	
<u>Lactobacillus spp.</u>	23 - 38
<u>Streptococcus fecalis</u>	170 - 880
<u>Leuconostoc dextranicum</u>	90
<u>Sarcina lutea</u>	370
ESPORAS BACTERIANAS	
<u>Bacillus subtilis</u>	310 - 3 700
<u>Bacillus coagulans</u>	1 200 - 3 700
<u>Clostridium botulinum</u>	1 900 - 3 700
<u>Clostridium perfringes</u>	310
<u>Bacillus stearothermophilus</u>	1 000 - 1 700

FUENTE : Frazier (1976)

## 2.4.6 Aspectos Importantes de un Alimento Irradiado

Expertos de la Junta FAO/OIEA/OMS (1982), reunidos en el Comité de Salubridad en Alimentos, hacen incapie en algunos aspectos que deben considerarse obligatoriamente cuando se irradia productos alimenticios, entre ellos se tiene :

### 2.4.6.1 Aspectos Técnicos

Desde el punto de vista de la seguridad, el nivel de energía aplicada a los alimentos es de suma importancia, se debe tratar de regular la dosis preveyendo la posible formación de radioactividad inducida en el material irradiado. La aplicación de la correcta dosis de reacción ha de ser cuidadosamente analizada antes del proceso y depende de una buena práctica de irradiación. Para ello hay que hacer contínuas repeticiones lo recomendable es hacer dos como mínimo.

### 2.4.6.2 Aspecto Nutricional

La destrucción de nutrientes durante la irra - diación está considerada como mínima y se debe a muchos factores, especialmente a elevadas dosis empleadas.

#### 2.4.6.3 Aspectos Microbiológicos

La radiación induce a mutaciones en los sistemas de desarrollo de los microorganismos, por lo tanto habrá un cambio patógeno de los mismos. Es por esta razón las radiaciones pueden destruir a los microorganismos esterilizados, además de eliminar su carácter patógeno.

Por eso es muy importante el aspecto higiénico de los alimentos antes de la irradiación y en el período de almacenamiento.

Loncin y Carballo (1965) indican que las formas vegetativas de los microorganismos mueren con dosificaciones del orden de  $10^5$  a  $10^6$  rads; en realidad el logaritmo de la población de crece proporcionalmente a la dosificación.

#### 2.4.6.4 Aspectos Toxicológicos

En caso de alimentos irradiados no existe un efecto toxicológico adverso o significativo, que pueda influir en la elaboración de dietas.

Dimitrova (1980) menciona que la irradiación de alimentos a dosis de 10 KGy no presenta efectos tóxicos para la salud y coincide con los expertos de la Junta FAO/OIEA/OMS (1981) que

indican que no hay ningún riesgo toxicológico.

#### 2.4.6.5 Seguridad de los Alimentos Irradiados

En relación a este aspecto los expertos de Junta FAO/OIEA/OMS en 1981, llegaron a las conclusiones siguientes :

1. En el orden de la protección de la salud del consumidor, los alimentos irradiados tienen que ser bien evaluados, no deben tener elementos tóxicos, deben ser examinados en los aspectos nutricional y microbiológico.
2. Los alimentos deben reunir las condiciones de principio general de higiene y ser apropiados para el consumo.
3. La condición más relevante es que el alimento irradiado llegue al público en condiciones microbiológicas y nutricionales óptimas.

#### 2.4.7 Recomendaciones para una buena Irradiación de Alimentos

Desrosier (1963), Goldblith (1971), Borgstom (1971) y en especial la Comisión de Códigos Alimentarios, reunidos en Viena - 1968, hacen algunas recomendaciones para una buena irradiación de alimentos :

1. Utilizar rayos gamma de los isótopos de cobalto-60, cesio-137 o generadores de electrones y máquinas operadas con energía inferior a 10 Mev.



2. La dosis absorbida por una parte del alimento no debe exceder a la dosis límite especificado para cualquier parte del alimento tratado con radiación.
3. Es recomendable irradiar el alimento en estado congelado debido a que los radicales libres se producen aún en el agua congelada pero posiblemente a menor grado.
4. Irradiar en vacío, en atmósfera muerta o inerte eliminando el oxígeno del sistema para reducir al mínimo la reacción de oxidación.
5. Adición de aceptores de radicales libres, como el ácido ascórbico que hace desaparecer los radicales libres mediante la reacción con éstos.

#### 2.4.8 Normas sobre Alimentos Irradiados

El O.I.E.A. (1978) reporta que el Comité Mixto de Expertos FAO/OIEA/OMS evaluó los estudios presentados sobre alimentos irradiados. El Comité recomendó la "aceptación incondicional" de cinco productos (papa, trigo, pollo, papaya, fresas) para el consumo humano, mientras que otros tres (pescado, arroz y cebolla) tendrían aceptación provisional. Asimismo, el Comité expresó su opinión de que en un futuro podría pensarse en conceder aceptación en general a los alimentos irradiados pero que hayan recibido una dosis igual o inferior a un valor determinado.

Basado en estas recomendaciones el OIEA (1978) y el IAEA (1983) reportan una lista de países que han aceptado el uso de la

irradiación de alimentos. Cuadro 7 y 8.

Por otro lado, el grupo asesor FAO/OIEA sobre aspectos técnicos de normalización de alimentos irradiados, reunidos del 6 al 9 de Diciembre de 1976 en Viena preparó el proyecto de Norma General para alimentos irradiados y el proyecto de Código de práctica para instalaciones de irradiación de alimentos. Estos proyectos fueron presentados al Comité de Codex sobre Aditivos Alimentarios (CX/A.A.) que en su forma más general el proyecto dice :

- . Las fuentes de irradiación de alimentos pueden ser Co-60, Cs-137 con energías hasta de 5 MeV y aceleradores de electrones con energías hasta de 10 MeV.
- . Las dosis absorbidas por el alimento se mantendrán dentro de los límites de finalidad del tratamiento.
- . Son requisitos la documentación e inspección oficial de las plantas de tratamiento y se exigirán condiciones de seguridad, eficiencia y personal adecuado.
- . En cuanto a la manipulación de alimentos antes y después de la irradiación se exige envases que aseguren la calidad e higiene y aplicación de buenas prácticas para preveer la radiación repetida.
- . Para información de los consumidores los alimentos irradiados se deben marcar con etiquetas de conformidad con disposiciones sobre el particular.
- . La explotación de una instalación de irradiación autorizada se hará de conformidad con el proyecto de códigos de práctica recomendada por la Comisión.

CUADRO 7 :

## RELACION DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS IRRADIADOS AUTORIZADOS PARA EL CONSUMO

PRODUCTO	PAIS	FINALIDAD DE IRRADIACION	FUENTE	DOSIS (KRAD)	FECHA DE AUTORIZACION
PATATAS	Unión Soviética	Inhib. de Germ.	CO-60	10	14 marzo 1959
	Canadá	Inhib. de Germ.	CO-60	10 max	09 Nov. 1960
	EE.UU.	Inhib. de Germ.	CO-60	5-10 max	30 Jun. 1964
	Israel	Inhib. de Germ.	CO-60	15 max	05 Jul. 1967
	Japón	Inhib. de Germ.	CO-60	15 max	30 Agos. 1972
	España	Inhib. de Germ.	CO-60	5-15	04 Nov. 1969
	Hungría	Inhib. de Germ.	CO-60	15 max	10 Enero 1972
	Dinamarca	Inhib. de Germ.	Electrones 10 MeV	15 max	27 Enero 1970
Países Bajos	Inhib. de Germ.	CO-60	15 max	23 Marzo 1970	
CEBOLLAS	Canadá	Inhib. de Germ.	CO-60	15 max	25 Marzo 1965
	Unión Soviética	Inhib. de Germ.	CO-60	6	25 Feb. 1967
	Israel	Inhib. de Germ.	CO-60	10 max	25 Jul. 1968
	Países Bajos	Inhib. de Germ.	Electrones 4 MeV	15 max.	05 Feb. 1971
	Tailandia	Inhib. de Germ.	-	-	05 Set. 1972
ZANAHORIAS	Unión Soviética	Control de insectos	CO-60	100	15 Feb. 1966
FRUTAS Y VERDURAS FRESCAS	Unión Soviética	Radurización	CO-60	200-400	Jul. 1964
FRESAS	Países Bajos	Radurización	CO-60	250 max.	07 Nov. 1969
CACAO	Países Bajos	Control de insectos	CO-60	70 max.	07 May. 1969

FUENTE : O.I.E.A. (1978)

**CUADRO 8 : RELACION DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS IRRADIADOS  
AUTORIZADOS PARA EL CONSUMO**

ALIMENTOS	ARGENTINA	BELGICA	CANADA	CHILE	FRANCIA	ISRAEL	ITALIA	JAPON	AFRICA DEL S.	ESPAÑA	TAILANDIA	URUGUAY	USA	URSS
Patatas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Zanahorias		x	x	x	x	x	x		x	x	x			x
Cereales			x	x									x	
Alimentos secos														x
Frutas Secas						x								x
Hongos						x								
Espicias		x		x									x	
Pollo				x					x	x				
Pescado y derivados				x										
Mariscos congelados								x						
Pescado congelado									x					
Arroz				x										
Huevos									x					
Cocoa				x										
Papaya				x					x					
Mango				x					x					
Fresas		x		x					x					
Pan									x					
Manzanas		x		x										

FUENTE : I.A.E.A. - SR- (1983)

#### 2.4.9 Sistemas de Irradiación y Blindaje

El O.I.E.A. (1980) reporta datos sobre sistemas de irradiación y manifiesta que estas pueden tener tres finalidades : Industriales, comerciales y de investigación. En la actualidad existen más de 70 plantas de irradiación que utilizan preferentemente Co-60 como fuente. La actividad total de estas fuentes está alrededor de 4,7 MCi con una capacidad de producción aproximada de 12 Mrads/h pudiendo tratar 9,6 millones de toneladas anuales de producto. Al respecto Piraux (1970) sostiene que uno de los aspectos más importantes a considerar en una planta de irradiación es su blindaje para lo cual se tiene materiales de absorción de radiación tales como : plomo, hierro, concreto, agua, etc. y los factores a tener en cuenta para su cálculo son : la intensidad de la fuente, distancia de utilización y número de horas de trabajo.

En cuanto a sistemas de irradiación el I.A.E.A (1982) reporta, algunos modelos tales como el irradiador de frutas tropicales equipo instalado en Hawai desde 1970 que puede ser utilizado con fines comerciales y de investigación, trabaja a flujo continuo mediante una faja transportadora, en el recinto de irradiación, el producto es colocado en cajas y es irradiada por ambas caras, para lo cual el producto recorre alrededor de la fuente, el sistema usa una placa fuente de Co-60 a 250 000 Ci, tiene una capacidad de 2 000 Kg/h a una dosis de 100 000 rads y la fuente se almacena en una piscina de agua.

Otro sistema de irradiación consiste en instalaciones móviles - que corresponden a un irradiador diseñado por la Vitro Engineering - Company of New York, se encuentra montada en un camión (60 Ton), uti liza una fuente de Co-60 de 125 000 Ci con una capacidad de 500 Kg/h, a una dosis de 20 000 rads.

## 2.5 EFECTOS DE LAS RADIACIONES EN LOS PRINCIPALES CONSTITUYENTES DE LOS ALIMENTOS

La radioquímica de los componentes alimenticios, es importante e interesante, ya que ayuda a comprender lo que sucede con los alimentos cuando son irradiados, este estudio está dirigido a los macro componentes como las proteínas, carbohidratos, lípidos y solamente a las vitaminas como microcomponentes, que son potencialmente susceptibles a cambios a través de la irradiación (IPEN, 1987).

### 2.5.1 Efectos en Aminoácidos y Proteínas

Según Auda y Nasser (1980), la irradiación de las proteí nas en seco, o en solución, lleva a un número de cambios químicos, fí sico-químicos, y conformacionales en las proteínas. Estos cambios re sultan en un decremento o pérdida de las propiedades biológicas, como las enzimáticas, hormonales, tóxicas y funciones inmunológicas.

Desrosier (1960) indica que los cambios químicos y físico -químicos en la irradiación de proteínas, es generalmente reconocido ya que la energía absorbida por la radiación ionizante puede inacti-

var la materia biológica de dos maneras : Un efecto directo, ocurre cuando un compuesto puro es irradiado al estado seco. El otro efecto es cuando un compuesto es irradiado en solución y aquí el efecto es indirecto. Este efecto indirecto, resulta de la reacción entre las moléculas estudiadas y la interacción de los productos de radiación con agua u otros solventes. Compuestos altamente radioactivos llamados radicales libres, son formados, los cuales sufren numerosas reacciones entre ellos mismos, con gas disuelto y con otras moléculas en la solución.

Emmerson (1972), reporta que los análisis químicos de proteínas irradiadas han revelado daños en la cadena de aminoácidos (incremento en alanina y aparición de ácido gamma aminoisobutírico, formado por descarboxilación de ácido glutámico y aspártico, respectivamente) y la producción de nuevos grupos (grupos carboxilo y ácido, por rompimiento de enlaces C-N en aminoácidos) hay también evidencias de rompimiento de enlaces peptídicos y la formación de enlaces intramoleculares e intermoleculares.

Desrosier (1960) manifiesta que los cambios en la proteína de los alimentos son consecuencia de prolongados tratamientos con radiación siendo los efectos polimerización, ruptura de enlaces, coagulación y precipitación, acompañado de liberación de compuestos volátiles como el amonio, azufre y anhídrido carbónico.

Brustad y Wold (1976) reportan que los principales cambios radiolíticos de aminoácidos alifáticos simples en solución acuosa son la deaminación y la descarboxilación, resultando productos co

mo :  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ , aminas ácidos alifáticos y aldehidos. Los aminoácidos que contienen sulfuros son los más radiosensitivos; frecuentemente la mitad de los sulfuros son oxidados a azufre elemental o se forman compuestos de sulfuro volátil.

Harris (1960), sostiene que el efecto de la radiación en aminoácidos varia inversamente con la concentración, sin embargo, las dosis empleadas en alimentos tienen efectos muy insignificantes sobre los aminoácidos y proteínas aunque en casos muy severos pueden producir cambios de viscosidad, solubilidad y reacción con las enzimas; estos cambios se manifiestan con alteración de las características funcionales y desnaturalización. También se determinó que dichos cambios no se deben enteramente a la radiación sino también a la influencia de otros factores como el oxígeno, la temperatura y la naturaleza del alimento. El mismo autor sostiene que dosis hasta 27,9 KGy no producen tanta pérdida del valor biológico de las proteínas de carne y leche cuando son tratados mediante otros métodos tal como el tratamiento térmico.

#### 2.5.1.1 Efecto en Enzimas

Según Bridges (1969), las enzimas son constituyentes importantes del tejido vivo y mientras muchos organismos son vivos (ejemplo : frutas frescas), o son estrechamente derivados de tales (ejemplo : las carnes) por lo que las enzimas son frecuentemente constituyentes de los alimentos. Hay una considerable cantidad de enzimas y todas son proteínas, por lo que la acción de la radiación no será diferente con estas proteínas. Sin embargo, exhiben-



ciertas características funcionales específicas, que son frecuentemente de interés en conexión con un alimento; considerando que las enzimas tienen una gran influencia en los cambios inducidos por radiación, la inactivación parece venir a través de la desnaturalización.

Urbain (1966), reporta que la resistencia de enzimas a la radiación se debe a que se encuentran junto a substratos naturales, que poseen sustancias protectoras en el medio (aceptores de radicales).

#### 2.5.1.2 Efectos en los Acidos Nucléicos

Los acidos nucleicos son macro-moléculas, de alto peso molecular, la principal función de los ácidos nucleicos, DNA y RNA, es el almacenamiento, transmisión y uso de la información genética de cuya estructura depende la continuación de la célula viviente (Adms y Jameson, 1980).

La interferencia en la integridad de ambos ácidos nucleicos por algún agente injurioso, incluyendo la irradiación puede afectar la sobrevivencia o propagación de la célula, este es el principal mecanismo fundamental en la inactivación de organismos contaminantes en alimentos por irradiación (Auda y Nasser, 1980).

Los efectos de la irradiación sobre el DNA, incluye cambios o pérdida fundamental en los procesos vitales, posible

mente a través de la deaminación, ruptura de enlaces hidrógeno entre las cadenas, simple y/o doble fractura aislada y entre cruzamientos, ya sea dentro de la hélice con otras moléculas de DNA o con proteínas (Auda y Al-Wandawi, 1980).

Asumiendo que la orden y la composición de las bases de DNA, determinan el código genético transportado por las moléculas, una alteración de la secuencia en las bases puede dar origen a cambios en la composición genética o mutación. Tales cambios pueden alterar las características bioquímicas o físicas de los organismos (OIEA, 1980).

Los daños irreversibles son producidos debido a la ruptura de enlaces hidrógenos que puede ocurrir solamente cuando un número muy largo de enlaces hidrogenos son rotos. El entrecruzamiento de la hélice, entre dos moléculas de DNA o entre una molécula de DNA y una proteína, probablemente impliquen dos lugares reactivos, que de alguna manera deben hacerse contacto. El entrecruzamiento se cree que es debido a la acción directa; el rompimiento de la doble cadena, ha sido asociada con la acción indirecta de las radiaciones ionizantes (FAO/IAEA, 1983).

Los cambios producidos por irradiación en el RNA son similares a los del DNA.

### 2.5.2 Efectos en Carbohidratos

Según Herson y Mulland (1974), los carbohidratos están presentes en muchos alimentos y se encuentran tanto en condiciones secas, como húmedas. Como son sustancias cristalinas, ellos son muy sensibles a la radiación, produciendo un gran número de productos incluyendo H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, aldehidos, cetonas, ácidos y otros carbohidratos.

Elias y Cohen (1977), afirman que la degradación de azúcares es proporcional a la dosis aplicada, así para una concentración de  $5 \times 10^{-3}$  M. y una dosis de 25 KGy, se obtiene los diferentes valores -G de degradación para algunos azúcares. Cuadro-9.

**CUADRO 9 : VALORES DE -G DE DEGRADACION DE ALGUNOS AZUCARES IRRADIADOS EN SOLUCION**

AZUCARES	VALOR -G
Glucosa	3,5 - 3,7
Manosa	3,50
Fructuosa	2,10
Lactosa	2,28
Maltosa	4,00
Sorbitol	3,50
Ac. Glutámico	3,60- 3,70

FUENTE : Elías y Cohen (1977)

Valor "-G" : Se define como el número de moléculas radicales o iones (productos radiolíticos), formado por 100 eV de energía absorbida por una solución acuosa (I.A.E.A., 1982).

Khenokh (1972), afirma que los efectos de la radiación en azúcares se manifiesta en la formación de ácidos; generalmente la acidez aumenta con la dosis aplicada y que el oxígeno tiene un efecto activador en este proceso. En el Cuadro 10, el mismo autor reporta los valores de -G de ácidos formados por irradiación de azúcares en solución.

Ermolaev y Emremberg (1976), sostienen que los radicales  $\text{OH}^-$  son los que producen altos valores de -G y que los productos radiolíticos se deben a una degradación oxidativa, inducido por radicales  $\text{OH}^-$  que actúan rompiendo enlaces C-H.

### 2.5.3 Efectos en Vitaminas

Wierbicki et al (1979), reportan que las vitaminas son micronutrientes importantes en alimentos y muchos procesos de preservación de alimentos causan algunas pérdidas vitamínicas, en el caso de la irradiación sobre estas sustancias, es una materia de razonable interés. Las estructuras de las vitaminas en su mayoría son conocidas, generalmente pueden ser obtenidas en formas puras y frecuentemente sintéticas.

El efecto de la radiación sobre las vitaminas, es mayor-

**CUADRO 10 : VALORES -G DE ACIDOS FORMADOS POR IRRADIACION DE AZUCARES EN SOLUCION**

AZUCAR IRRADIADO	ATMOSFERA DE IRRADIAC.	TIPO DE RADIAC.	VALOR -G
Glucosa	O <sub>2</sub>	Gamma	1,2 - 1,3
	O <sub>2</sub>	Electrón	1,2 - 1,3
	Vacío	Gamma	0,40
Fructuosa	O <sub>2</sub>	Gamma	1,10
	Vacío	Gamma	0,40
Sacarosa	O <sub>2</sub>	Gamma	1,2 - 1,3
	Vacío	Gamma	0,4 - 0,5
Manosa	O <sub>2</sub>	Gamma	1,60
Lactosa	O <sub>2</sub>	Gamma	0,51
Celobiosa	O <sub>2</sub>	Gamma	0,56
Sorbitol	O <sub>2</sub>	Gamma	0,30

FUENTE : Khenokh (1972)

mente dependiente del ambiente en que se encuentran, si están en forma de sistemas simples, tales como soluciones puras en agua y muestran un gran efecto a la radiación; ambientes más complejos, como los que existen en los alimentos conducentes a reducir la sensibilidad a la radiación (Schubert y Estarbauer, 1974).

La amplia variedad de las estructuras químicas de las vitaminas, ofrecen diferentes respuestas a la radiación, de las vitaminas solubles en agua, la vitamina B (tiamina) y la vitamina C (ácido ascórbico) son las más radiosensibles; la niacina, ácido pentoténico y ácido fólico, parecen ser completamente resistentes (I.A.E.A., 1983)

De las vitaminas solubles en grasa, el orden de la radiosensibilidad es la vitamina E, vitamina D, vitamina A y carotenoides. La vitamina D puede resistir dosis hasta 50 KGy. La dosis empleada, la condición de irradiación y el ambiente en que se encuentra la vitamina, puede alterar la estabilidad de la misma (Harris, 1960).

Desrosier (1960), manifiesta que la destrucción de las vitaminas por radiación, es del mismo orden que los procesos de tratamiento térmico, tal como, se muestra en el Cuadro 11.

Sobre las vitaminas en la carne de cerdo, el I.A.E.A. (1982), reporta haber encontrado que la sensibilidad de las vitaminas, depende del medio en la que se encuentran, Cuadro 12.

El mismo autor reporta valores de la retención de vitaminas

CUADRO 11 : RETENCION COMPARATIVA (%) DE VITAMINAS EN CONSERVA  
 CION DE ALIMENTOS POR ENLATADOS Y RADIACION

VITAMINAS	ENLATADOS	ESTABILIDAD DE RADIACION
Tiamina	35	35
Riboflavina	80	90
Piroxina	70	75
Niacina	75	75
Ac. Fólico	70	90
Vitamina A	80	75
Vitamina E	90	75
Vitamina K	90	20

FUENTE : Desrosier (1960).

CUADRO 12 : DOSIS DE INACTIVACION DEL ACIDO ASCORBICO Y RIBOFLA  
 VINA EN LA CARNE DE CERDO IRRADIADA

VITAMINAS	DOSIS DE INACTIVACION (KGy)
Ac. Ascórbico (sol. pura)	3 - 11
Ac. Ascórbico (carne de cerdo)	223
Riboflavina (sol.pura)	24 - 48
Riboflavina (carne de cerdo)	344

FUENTE : I.A.E.A. (1982)

nas en algunos alimentos luego de ser sometidos a la radiación y tratamiento térmico, Cuadro 13.

#### 2.5.4 Efectos en Lípidos

FAO/OMS (1982), sostienen que la formación de los radicales libres en alimentos que contienen grasas irradiadas, han sido demostradas con la ayuda de ESPECTROPIA de "resonancia electrón-spín" (ESR). Se han estudiado las señales de ESR, producidas por la irradiación de triglicéridos, ácidos grasos ésteres metílicos y un gran número de grasas animales y vegetales. Los radicales libres son detectados en altas dosis de irradiación y a bajas temperaturas, sus lapsos de vida varían en diferentes grasas, pero desaparecen más lentamente en muestras irradiadas y almacenadas al vacío. o la formación de radicales libres en los alimentos es también una ocurrencia común, durante el calentamiento, autooxidación, congelado, secado, etc. Ha dosis altas se han encontrado cambios significativos en las propiedades físicas, tal como el punto de fusión, constantes refractométricas y dieléctricas, viscosidad y densidad (FAO/OIEA, 1974).

FAO/IAEA (1983), reporta que la polimerización, es medida por el incremento de la viscosidad y puede ser detectado después de la irradiación con dosis más altas que 70 KGy. La producción de polímeros se da en mayor cantidad si la grasa es irradiada en presencia del oxígeno.

FAO (1976), afirma que la fracción de lípidos, es el me-



**CUADRO 13 :** ESTABILIDAD Y RETENCION DE LAS VITAMINAS EN ALIMENTOS FRENTE A LA ACCION DE LA RADIACION Y TRATAMIENTO

NO TERMICO

ESTABILIDAD DE LAS VITAMINAS A LA RADIACION				RETENCION DE VITAMINAS (%) DESPUES DEL TRATAMIENTO			
VITAMINAS	ALIMENTOS	DOSIS (KGy)	CONTENIDO INICIAL (Mgr/100gr)	DESPUES DEL IRRADIADO	A LOS 8 MESES (20°C)	DESPUES DEL TRATAMIENTO TERMICO	A LOS 8 MESES (20°C)
TIAMINA (B <sub>1</sub> )	Carne de pollo	27,90	0,140	37	13	34	26
	Salchichas	32,55	0,725	16	8	57	54
	Vainitas verdes	27,90	0,042	38	37	64	52
	Espinacas	27,90	0,059	93	61	80	78
RIBOFLAVINA (B <sub>2</sub> )	Carne de pollo	27,90	0,150	37	31	39	29
	Salchichas	32,55	0,250	64	40	68	--
	Espinacas	27,90	0,124	95	50	69	47
PIRIDOXINA (B <sub>6</sub> )	Carne de pollo	27,90	1,980	96	32	91	26
	Salchichas	32,55	2,000	90	25	88	--
CAROTENO (A)	Vainitas verdes	27,90	1,000	50	23	70	42
	Espinacas	27,90	7,800	95	87	87	83
	Papas	9,75	1,800	42	32	84	64
Ac. ASCORBICO	Espinacas	0,69	38,00	50	--	--	--
	Papas	1,86	32,00	50	--	--	--

FUENTE : I.A.E.A. (1982)

nor contribuidor en el desarrollo del mal olor en los alimentos irradiados, por el cual, algunos investigadores concluyeron que la grasa no es constituyente de la carne directamente responsable para el olor.

Desrosier (1963), afirma que las grasas de grandes cadenas, son responsables del sabor "yesosos", o "gusto a vela" que se han encontrado en la grasa de leche y carne de cerdo irradiados y que éstos compuestos fueron producidos por vía hidrolítica y no por mecanismos oxidativos; el desarrollo del mal olor en el pescado después de la irradiación, ha sido atribuido al engrandecimiento de la rancidez oxidativa de los ácidos grasos, altamente insaturados.

Beyers y Thomas (1979) afirman que la irradiación de lípidos da lugar a procesos de descaboxilación y polimerización siendo los productos principales: Liberación de hidrógeno, producción de oxidrilos, hidrogenación de dobles enlaces, peróxidos, etc. a su vez estos pueden ocasionar pérdida del sabor y posibilidades de toxicidad.

Fried (1977), reporta que los lípidos son sensibles a la radiación debido a la destrucción de los antioxidantes siendo los productos formados : peróxidos, carbonilos y ácidos especialmente cuando son tratados con dosis altas.

Según FAO/OMS (1982), sostienen que dosis por debajo de 50 KGy produce cambios ligeros en los índices de calidad de las grasas y sin embargo, a dosis elevadas tales como de 1 MGy conduce a cam

bios muy significativos los cuales pueden ser autoxidativos y no autoxidativos. El primer tipo propicia la formación de radicales libres que a su vez producirán hidroperóxidos, aldehidos, cetoácidos, hidrocarburos, cetonas, oxácidos y compuestos diméricos. Los no autoxidativos ocurren cuando el oxígeno no está presente siendo los compuestos radiolíticos formados: Hidrógeno libre, anhídrido carbónico, monóxido de carbono, hidrocarburos y aldehidos.

## 2.6 INFLUENCIA DE LAS RADIACIONES SOBRE EMPAQUES DE PLÁSTICO

La dosis de irradiación cercanas a 20 KGy o menos no tienen efectos significativos, sobre las características físicas en los envases de plástico. A dosis mayores a 20 KGy ocurren cambios en las propiedades físicas de las películas de plástico, tales como: polietileno, vinilo, poliestireno, pero los cambios son de consecuencia menor, en el saran, el plasfilm, los celofanes, que son fragilizados si la irradiación excede los 30 KGy.

La irradiación de recipientes de plásticos, produce la introducción de olores extraños a los alimentos. El nylon es muy lento en la formación de olor, durante la irradiación esterilizante; la irradiación del polietileno a dosis esterilizantes, desprende compuestos de olores objetables y fragmentaciones cortas de polímeros, los cuales pueden incluirse dentro del alimento (Desrosier, 1964).

### III. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en los laboratorios de Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios de la Universidad Nacional Agraria La Molina, y en los laboratorios de la sección de Aplicaciones Tecnológicas del Instituto Peruano de Energía Nuclear (I.P.E.N.).

#### 3.1 MATERIA PRIMA

Para este experimento se utilizó como materia prima embutidos : hot dog de ternera, producidos por la Fábrica de Productos Alimenticios La Moderna S.A., los cuales fueron transportados al I.P.E.N. para su tratamiento experimental.

#### 3.2 MATERIALES Y REACTIVOS

##### 3.2.1 Equipos e Instrumentos

Irradiador Gammacell-220 : Es un irradiador portátil, se encuentra en el Laboratorio de Radioisótopos del Instituto Peruano de Energía Nuclear (I.P.E.N) de la ciudad de Lima - Perú.

Básicamente, la unidad consiste en una fuente radiactiva de forma cilíndrica, un blindaje de plomo alrededor de la fuente y un recipiente capaz de moverse libremente en forma vertical a través del eje central hacia la fuente.

La unidad permite irradiar muestras hasta de 15,2 cm de diámetro (6") y 20,3 cm de alto (8") con la facilidad y absoluta seguridad para el personal que opera. Se puede introducir a la cámara - muestras líquidas, gases, conexiones eléctricas y mecánicas a través de un tubo de acceso directo en la "tapa de recipiente". Un cronómetro digital, eléctrico, detendrá automáticamente la irradiación después de un intervalo máximo de 999,9 horas.

En la Figura 1, se muestra el esquema externo de la unidad de irradiación Gammacell - 220. Este irradiador opera con 220 voltios, de corriente trifásica y 50 a 60 ciclos, disponiendo además, de un fusible de 15 Amperios.

La fuente radiactiva normal consiste en 48 paquetes cilíndricos de acero inoxidable, colocadas verticalmente en la celda. Cada paquete cilíndrico contiene 7 cilindros de cobalto-60, sellado mediante tapas soldadas. Fue manufacturado por la Atomic Energy of Canadá Limited (1965). En el Cuadro 14 se proporciona datos técnicos del Irradiador Gammacell-220.

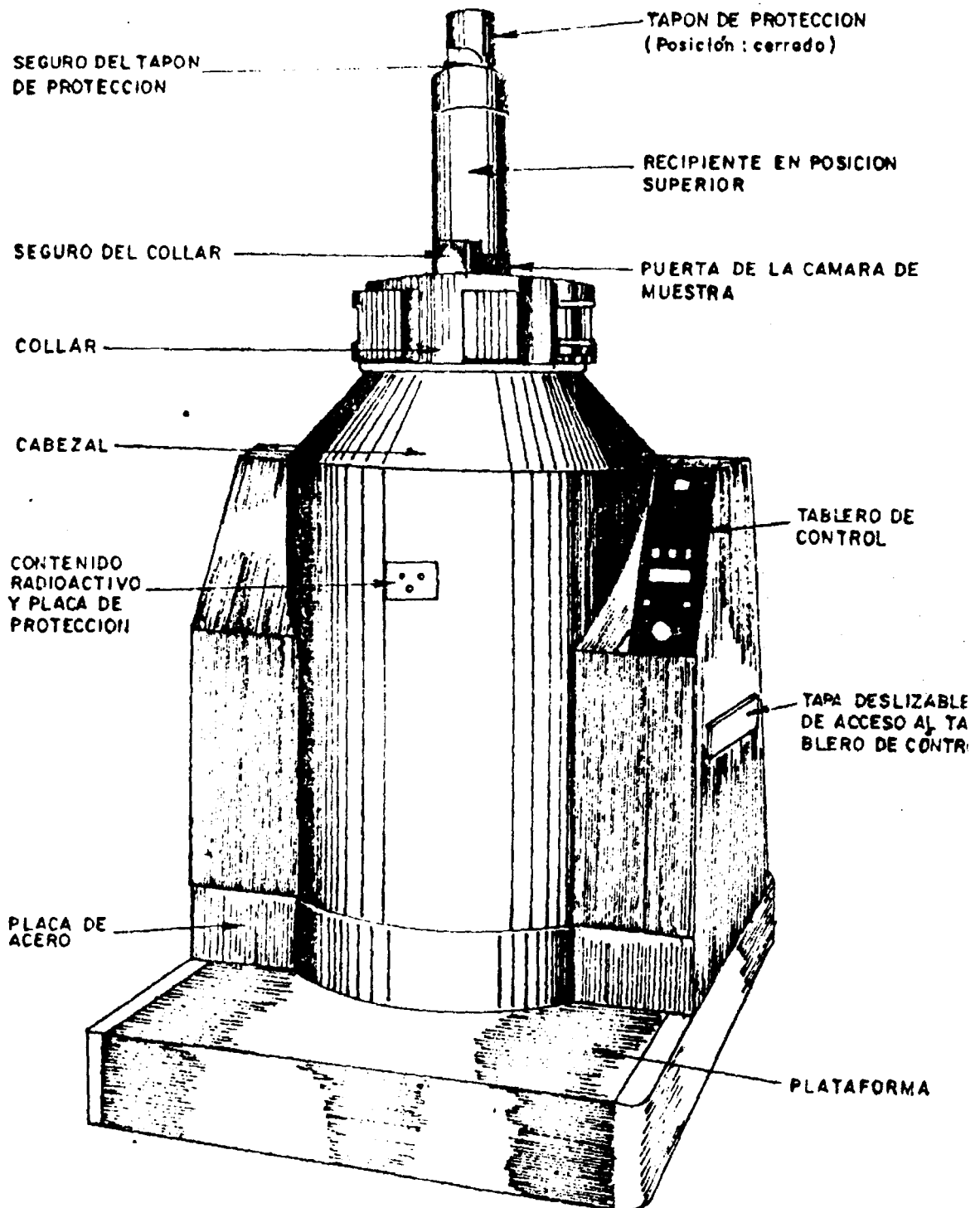
. Estufas :

- a. MEMMERT, modelo TV-25V, rango de temperatura de 30°C a 120°C
- b. MEMMERT, modelo TV-40V, rango de temperatura de 0°C a 120°C.

. Balanza analítica; marca MIM-LABOR Modelo LB-105, capacidad :  
160 g. con aproximación de milésimos.

. Selladora Eléctrica : TOUCH-N-SEAL AUTOMATIC, modelo N-300 OSAKA JAPAN.

**Fig. 1 : VISTA EXTERIOR DEL IRRADIADOR GAMMACELL 220**



FUENTE : Atomic Energy of Canada Limited (1965)

CUADRO 14 : DATOS TECNICOS DE IRRADIADOR GAMMACELL-220

Máxima dosis	20 KGy/h ( $2 \times 10^6$ rad/h)
Actividad normal Co-60	24 000 Curies
Decaimiento mensual	1,096%
Diámetro de la cámara de irradiación	15,3 cm
Altura de la cámara - de irradiación	20,6 cm
Volumen de la cámara - de irradiación	3 605 cm <sup>3</sup>
Altura del equipo	212 cm
Longitud del equipo	152 cm
Ancho del equipo	102 cm
Peso total	3 740 Kg
Corriente	220 voltios
Costo Total	\$ 40 000 (1965)

FUENTE : Atomic Energy of Canada Limited (1965)

- . Autoclave : MIRAVAL, construcción nacional.
- . Refrigeradora doméstica : Marca PHILCO 0,339 m<sup>3</sup> (12 ft<sup>3</sup>)
- . Termómetro : Marca FISHER SCIENTIFIC, rango de temperatura de  
-10°C a 200°C.

### 3.2.2 Reactivos

Los principales reactivos fueron :

- . Acido sulfúrico concentrado
- . Sulfato de potasio
- . Sulfato de cobre
- . Acido bórico
- . Acido clorhídrico 0,5 N
- . Hexano
- . Eter
- . Hidróxido de sodio 1,25%
- . Etanol
- . Tetracloruro de carbono
- . Solución Wijs
- . Yoduro de potasio 10%
- . Tiosulfato de sodio 0,1 N
- . Cloroformo
- . Metanol

### MEDIOS DE CULTIVO

- . Agar Nutritivo



- . Agar Plate Count
- . Agar Sulfito
- . Agar Extracto de Levadura Glucosa Oxitetraciclina (OGA)
- . Caldo lactosado verde brillante bilis
- . Caldo ácido dextrosa
- . Caldo manitado simple

### 3.3 ESQUEMA EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se realizó siguiendo el diseño mostrado en la Figura 2.

#### 3.3.1 Materia Prima

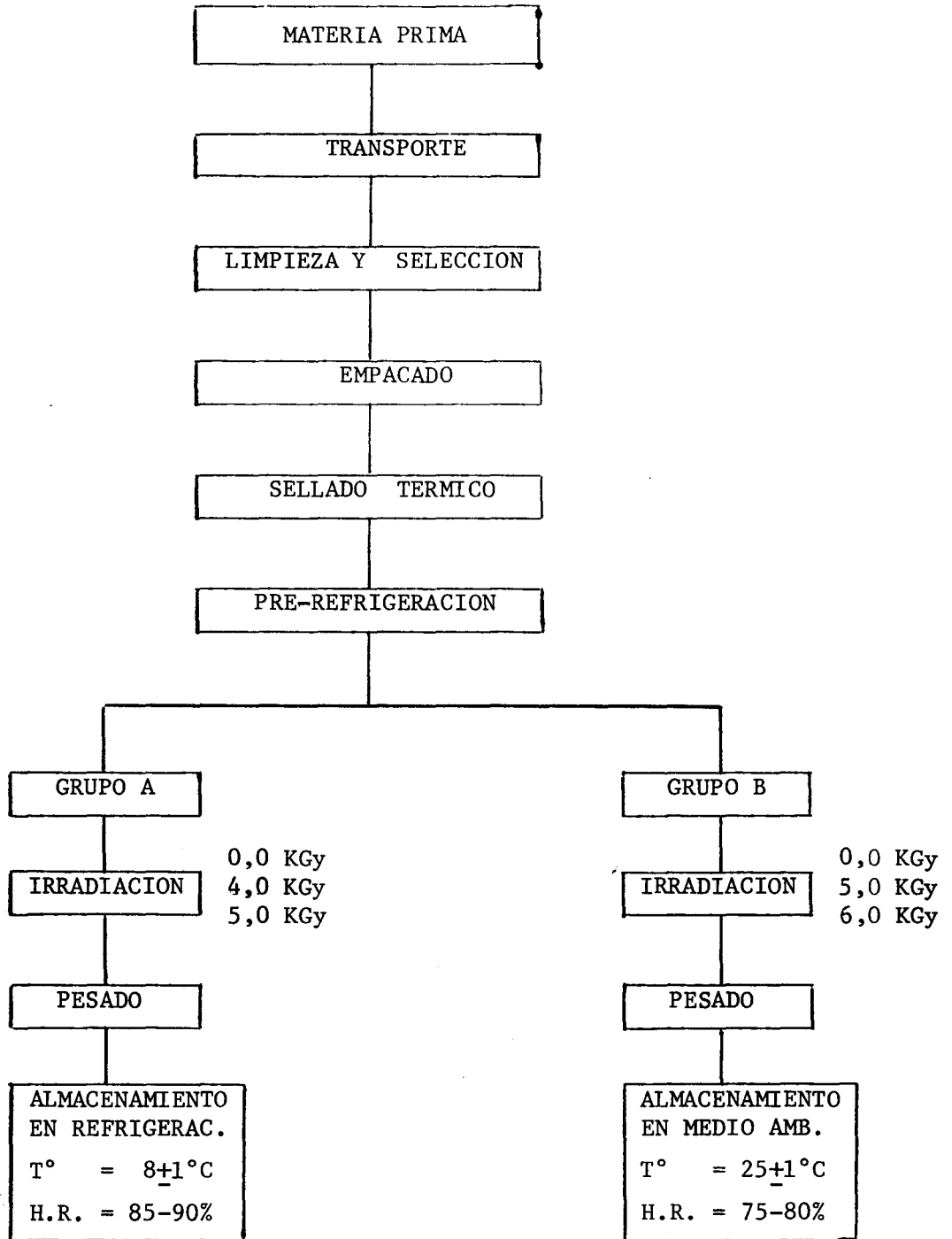
Se utilizó embutidos hot dog ternera elaborado por la Fábrica de Productos Alimenticios La Moderna S.A.. Se contó aproximadamente con 100 Kg. La muestra fue sometida a un análisis químico proximal para conocer sus componentes antes de ser sometidos al proceso de irradiación.

#### 3.3.2 Transporte

Se realizó por vía terrestre desde el lugar de producción hasta el Instituto Peruano de Energía Nuclear (I.P.E.N). Las muestras para el transporte fueron empacadas en bolsas de plástico de polietileno para protegerlos de los agentes contaminantes.

FIGURA 2 :

ESQUEMA EXPERIMENTAL



### 3.3.3 Limpieza y Selección

De los 100 Kg de hot dogs disponibles se procedió a una - limpieza rápida con papel suave para eliminar la suciedad y cuerpos ex traños, a la vez se hizo la selección de los hot dogs tratando que todos sean de tamaño uniforme y de calidad sanitaria según normas de ITINTEC (1980) mostrado en el Anexo XV.

### 3.3.4 Empacado

El empacado se realizó en forma individual y en bolsas de plástico constituídas por materia termoplástica derivadas de la polimerización del propileno (polipropileno), con el fin de proteger al hot dog a la acción del hielo utilizado durante la irradiación y de los insectos durante el almacenamiento.

### 3.3.5 Sellado Térmico

Una vez empacados los hot dogs fueron sellados herméticamente a presión atmosférica.

### 3.3.6 Pre-Refrigeración

Consistió en introducir hielo picado conjuntamente con - los hot dogs seleccionados en cajas de espuma plástica (tecknoport ) con el fin de disminuir la actividad biológica de las muestras y su temperatura a  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  en un tiempo de 2 horas.

### 3.3.7 Irradiación

Los hot dogs en estudio fueron separados en dos grupos : el grupo A fue dividido en tres sub-grupos, de acuerdo a las dosis -- de irradiación a que serían sometidos : 0,0 (control), 4,0, 5,0 KGy. Todos los sub-grupos luego de ser irradiados se almacenaron en refrigeración bajo los parámetros en estudio. El grupo B también fue dividido en tres sub-grupos los que fueron sometidos a dosis de irradiación de : 0,0 (control), 5,0, 6,0 KGy, respectivamente. Luego de ser irradiados fueron almacenados al medio ambiente bajo los parámetros - en estudio.

Los tratamientos de 0,0 KGy (control) de los grupos A y B, fueron almacenados bajo las mismas condiciones de refrigeración y medio ambiente que los embutidos irradiados. En el Cuadro 15 se muestra el tiempo de exposición de los hot dogs en el irradiador Gammacell -220 según las diferentes dosis de irradiación.

CUADRO 15 : TIEMPO DE EXPOSICION DE LOS HOT DOGS EN EL IRRA  
DIADOR GAMMACELL-220

DOSIS (KGy)	TIEMPO DE EXPOSICION
4	7 h 7 min 18 s
5	8 h 54 min 11 s
6	10 h 41 min

### 3.3.8 Pesado

Antes de ser almacenados los hot dogs fueron pesados y luego identificados por un código. El pesado tuvo por finalidad conocer el peso inicial para luego evaluar la pérdida de peso del producto durante el almacenamiento.

### 3.3.9 Almacenamiento

Los hot dogs luego de ser irradiados y pesados fueron almacenados en grupos, bajo condiciones diferentes la que fueron acondicionadas para cada caso :

**En refrigeración :** Para este fin se usó un refrigerador  $0,339 \text{ m}^3$  ( $12 \text{ ft}^3$ ) a una temperatura de  $8 \pm 1^\circ\text{C}$ , lográndose esta temperatura graduando la perilla de control termostático y una humedad relativa de 85 - 90%.

**En medio ambiente :** Para este fin se acondicionó un anaquel en el laboratorio de Aplicaciones Tecnológicas del Instituto Peruano de Energía Nuclear (I.P.E.N.) a una temperatura ambiental de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  y una humedad relativa de 75-80% que fue determinada con la ayuda de un hidrómetro.

### 3.4 CONTROLES DURANTE EL ALMACENAMIENTO

#### 3.4.1 Análisis Químico Proximal

Se realizó en las muestras de hot dogs al inicio y al final del almacenamiento con la finalidad de observar la variación de los componentes de la muestra, se realizaron los siguientes análisis.

##### 3.4.1.1 Proteína Total

Se realizó mediante el método de Kjeldahl recomendado por la A.O.A.C. (1976) empleando el factor 6,25 para carnes y luego obtener la proteína total.

##### 3.4.1.2 Grasa Total

Se determinó por el método Soxhlet (A.O.A.C., 1976), utilizando hexano como solvente.

##### 3.4.1.3 Humedad

Basada en la diferencia de pesos, inicial y final por evaporación del agua. Se utilizó estufa y balanza analítica.

##### 3.4.1.4 Cenizas

Se determinó mediante el método de la A.O.A.C.

(1976), que consiste en calcular la pérdida de peso después de incinerar la muestra por 6 horas.

#### 3.4.1.5 Carbohidratos

Se determinó por diferencia del total menos los constituyentes anteriores.

### 3.4.2 Determinaciones de los Análisis Físicos

#### 3.4.2.1 Pérdida de Peso

Se determinó por gravimetría utilizando una balanza analítica con aproximación de milésimos y de 160 g de capacidad. Cada grupo de hot dogs, fue pesado cada 10 días.

### 3.4.3 Determinaciones de los Análisis Químicos de las Grasas

Con la finalidad de ver la estabilidad de las grasas a las 24 horas y a intervalos de 15 días por espacio de 45 días de almacenamiento, se realizó la determinación de los índices de yodo y peróxido, para lo cual se efectuó la extracción de grasas por el método de Folch utilizando mezcla de solventes orgánicos (cloroformo : metanol).

#### 3.4.3.1 Índice de Iodo

Permite determinar la insaturación de las grasas, se expresa como números de gramos yodo absorbidos por 100 g de muestra; se siguió el método de Wijs recomendado por A.O.A.C. (1976).

#### 3.4.3.2 Índice de Péroxidos

Permite determinar el contenido de oxígeno activo presentes en una grasa o aceite, se expresa en términos de miliequivalentes por 1000 gramos de aceite. Se siguió el método recomendado por A.O.A.C. (1976).

### 3.5 CONTROLES MICROBIOLÓGICOS DE LAS MUESTRAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO

Se realizaron a las 24 horas, 15, 30 y 45 días de almacenamiento en los productos almacenados a temperaturas, de refrigeración y medio ambiente. Se tomó en cuenta la norma técnica (ITINTEC) respectiva para embutidos escaldados, mostrados en el Anexo XV.

#### 3.5.1 Numeración de Gérmenes Viabiles

Se empleó como medio de cultivo Agar Plate Count, incubándose a 37°C x 24 - 48 horas.

#### 3.5.2 Numeración de E. Coli

Se empleó como medio de cultivo Caldo lactosado Verde Bri



llante Bilis al 2%, incubándose a 37°C x 24 - 48 horas.

### 3.5.3 Staphylococcus Patógenos

Se empleo como medio de cultivo Caldo Acido Dextrosa, incubándose a 37°C x 24 - 48 horas.

### 3.5.4 Clostridium Perfringes

Se empleo como medio de cultivo Agar Sulfito, incubándose a 37°C x 24 - 48 horas.

### 3.5.5 Salmonellas

Se empleó como medio de cultivo Caldo manitado simple, in cubándose a 37°C x 24 - 48 horas.

### 3.5.6 Determinación de Hongos y Levaduras

Se utilizó el medio Agar Extracto de Levadura Glucosa Oxi tetraciclina (OGA), incubándose a 37°C x 24 horas.

## 3.6 ANALISIS SENSORIAL

Estos análisis se realizaron en los productos almacenados a temperaturas de refrigeración y a medio ambiente, para evaluar estabilidad y aceptabilidad de los mismos a través de un panel semientrenado-

formado por 10 personas. Las evaluaciones se efectuaron a las 24 horas, 15, 30, y 45 días todos a las 10 de la mañana. Se utilizó el método de calificación por puntos descrito por Sidel y Stone (1976), tomando en consideración la apariencia, color, olor, sabor y textura. El puntaje otorgado a cada característica está comprendido entre los rangos de 1 a 9 puntos, cuyas especificaciones se entregaron impresas a cada panelista antes de la degustación.

Los resultados obtenidos fueron sometidos al análisis de variancia formados por dos tratamientos y un testigo, con una muestra testigo de un producto fresco o recientemente elaborado. Para establecer la diferencia entre tratamientos se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan. Con la finalidad de determinar la preferencia y aceptabilidad de los productos, los resultados fueron sometidos a la prueba de Ranking. Los formatos utilizados se presentan en los Cuadros 16 y 17.

CUADRO 16 :

PRUEBA DE EVALUACION SENSORIAL

NOMBRE : ..... FECHA : .....

PRODUCTO : ..... PRUEBA: .....

Califique las características : Apariencia, color, olor, sabor y  
textura de acuerdo a la siguiente puntuación :

Excelente	.....	9 puntos
Muy bueno	.....	8 puntos
Bueno	.....	7 puntos
Debajo de bueno y superior a regular.		6 puntos
Regular	.....	5 puntos
Debajo de regular y superior a malo..		4 puntos
Malo	.....	3 puntos
Muy malo	.....	2 puntos
Extremadamente malo	.....	1 punto



## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 MATERIA PRIMA

#### 4.1.1 Análisis Químico Proximal

Los resultados del análisis químico proximal de la materia prima (hot dog recién producido) y del hot dog irradiado almacenado en refrigeración durante 45 días se presentan en el Cuadro 18.

CUADRO 18 : ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DEL HOT DOG RECIEN PRODUCIDO Y DEL HOT DOG IRRADIADO ALMACENADO EN REFRIGERACION A  $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$  Y H.R. = 85-90% DURANTE 45 DIAS

COMPOSICION	HOT DOG RECIEN PRODUCIDO %	HOT DOG IRRADIADO A 45 DIAS %	RANGO REPORTADO POR TANIKAWA(1963) %
Humedad	63,70	61,80	60,0 - 80,0
Proteína	13,40	12,35	10,0 - 18,0
Grasa	14,36	13,80	3,0 - 10,0
Cenizas	2,26	2,30	2,0 - 2,5
Carbohidratos	6,28	9,75	6,0 - 10,0

Podemos notar, que los valores de contenido de humedad, proteína, cenizas y carbohidratos se encuentran dentro de los rangos reportados por Tanikawa (1963) a excepción del contenido de grasa que

es ligeramente mayor. Pudiéndose deber ésto a que en nuestro medio - se acostumbra usar una mayor cantidad de grasa o carne de cerdo más grasosa para este tipo de producto, por la mayor suavidad que confiere a su textura.

## 4.2 ESTUDIO DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

### 4.2.1 Variación de las Características Físicas

#### 4.2.1.1 Variación de la Disminución de Peso

La variación de peso de los hot dogs almacena -- dos en refrigeración y a temperatura ambiente se muestran en el Cuadro 19, donde se aprecia que la tendencia a disminuir de peso, es casi similar en hot dogs irradiados y no irradiados.

Esta disminución de peso, se explica en función a varios factores, en primer lugar los hot dogs son productos que tienen amarres terminales, por donde pierden agua más fácilmente; por otro lado, la exposición a la irradiación por varias horas hace que los hot dogs pierdan mayor cantidad de agua. También se pudo observar que los hot dogs no irradiados presentan aspectos comerciables sólo hasta 15 días, mientras que los irradiados mantienen su buen aspecto - incluso pasado los 45 días de almacenamiento.

En hot dogs no irradiados almacenados al medio ambiente se pudo observar que se deterioraron al tercer día por lo

**CUADRO 19 : DISMINUCION DE PESO EN HOT DOG IRRADIADO DURANTE EL ALMACENAMIENTO**

DIAS	REFRIGERACION		MEDIO AMBIENTE	
	T° = 8 + 1°C, HR = 85-90%		T° = 25 + 1°C, HR= 75-80%	
	PESOS (g)	%	PESOS (g)	%
Dosis : 0,0	KGy (Control)		0,0 KGy (Control)	
1	55,29	100,00	58,19	100,00
10	55,12	99,70	-	-
20	54,79	99,10	-	-
30	54,46	98,50	-	-
40	-	-	-	-
Dosis : 4,0	KGy		5,0 KGy	
1	56,15	100,00	59,86	100,00
10	55,56	98,95	58,93	98,62
20	54,82	97,70	58,00	96,40
30	54,77	97,60	-	-
40	54,30	96,80	-	-
50	54,02	96,20	-	-
Dosis : 5,0	KGy		6,0 KGy	
1	58,76	100,00	58,24	100,00
10	58,24	99,11	57,54	98,90
20	58,10	98,80	56,43	96,70
30	57,87	98,49	-	-
40	57,61	98,05	-	-
50	57,42	97,72	-	-

(-) : No se realizaron las pesadas por estar las muestras totalmente deterioradas.

que se les pesó una sola vez; y los productos irradiados no presentan diferencias considerables y tienen la misma tendencia en la disminución de pesos durante el almacenamiento.

#### 4.2.2 Variación de las Características Químicas

##### 4.2.2.1 Estabilidad de Grasas : Índice de Iodo e Índice de Peróxido

Los productos alimenticios que contienen grasas son susceptibles a sufrir oxidación de dicho componente. El deterioro será más rápido cuando mayor sea la grasa insaturada y cuando mayor sean las condiciones favorables para que se oxiden las grasas.

Lawrie (1968) informa que la grasa de porcino es altamente insaturada y afectan la estabilidad del producto procesado; motivo por el cual se consideró necesario evaluar el producto durante el almacenamiento por medio de las determinaciones del índice de yodo o índice de peróxidos.

Los resultados de los análisis se muestran en los Cuadros 20 y 21; el índice de yodo varia mostrándose decreciente, desde las 24 horas hasta los 45 días de almacenamiento, mientras que los valores del índice de peróxidos muestran una tendencia creciente en el mismo lapso. Esto sucede en todos los productos y para todos los tratamientos.

Estos resultados se encuentran dentro de los valores normados por ITINTEC, que exigen un índice de yodo menor que 66 como requisito químico para los embutidos cocidos.



CUADRO 20 : RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE ESTABILIDAD DE GRASAS : INDICE DE IODO, INDICE DE PEROXIDO EN HOT DOGS ALMACENADOS EN REFRIGERACION A  $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$  Y H.R. = 85-90%

DIAS	TRATAMIENTO - ANALISIS					
	CONTROL		DOSIS 4,0 KGy		DOSIS 5,0 KGy	
	I.I.*	I.P.**	I.I.	I.P.	I.I.	I.P.
0	55,76	2,64	50,72	2,85	45,46	3,09
15	49,25	2,98	46,68	2,94	42,12	3,18
30	39,47	3,87	41,24	3,10	40,29	3,32
45	28,30	4,89	38,14	3,21	37,53	3,40

II \* : Indice de Iodo

I.P.\*\*: Indice de peróxido

**CUADRO 21 :** RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE ESTABILIDAD DE GRASAS : INDICE DE IODO, INDICE DE PEROXIDO EN HOT DOGS ALMACENADOS EN MEDIO AMBIENTE A  $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , Y H.R. = 75-80%

DIAS	TRATAMIENTO - ANALISIS					
	CONTROL		DOSIS 5,0 KGy		DOSIS 6,0 KGy	
	I.I.*	I.P.**	I.I.	I.P.	I.I.	I.P.
0	55,76	2,64	45,46	3,09	40,18	3,36
15	-	-	29,36	3,96	20,73	5,22
30	-	-	-	-	-	-
45	-	-	-	-	-	-

(-) : No se realizaron los análisis por encontrarse la muestra muy deteriorada

I.I.\* : Índice de Iodo

I.P.\*\*: Índice de Peróxido

#### 4.3 ESTUDIOS DE LOS PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS

##### 4.3.1 Variación en las Características Microbiológicas en Muestras Almacenadas en Refrigeración, $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 85 - 90%

###### 4.3.1.1 Muestras Control o sin Irradiar

Los resultados de los análisis microbiológicos de las muestras almacenadas en refrigeración a una  $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y HR = 85 - 90%, a las 24 horas se muestran en el Cuadro 22. A las 24 horas la población de gérmenes viables totales en las muestras es de  $10^3$  - UFC/g, valor que es permisible según la norma técnica número 201,006-del ITINTEC (1980), que menciona un grado de contaminación aceptable-menor  $10^5$  UFC/g no se detectó crecimiento de microorganismos patógenos tales como : Staphylococcus patógenos, E. coli, clostridium perfringes, salmonellas, hongos y levaduras, lo cual indica que la manipulación y el procesamiento han sido ejecutados con los cuidados de higiene necesarios.

A los 15 días de almacenamiento se observó un aumento en los gérmenes viables a  $5,3 \times 10^4$  UFC/g las que se encuentran dentro de los límites permisibles. El incremento de esta población microbiana podría deberse a la multiplicación de la flora existente y a una recontaminación durante el almacenamiento. No se registró la presencia de microorganismos patógenos.

**CUADRO 22 :** RESULTADOS DE LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS DE HOT DOGS CONTROL O SIN IRRADIAR ALMACENADOS EN REFRIGERACION A T° = 8 + 1°C Y H.R. = 85-90% EN UFC/g

ANALISIS MICROBIOLÓGICO	24 HORAS	15 DIAS	30 DIAS	45 DIAS
Gérmenes Viables Totales	$4,5 \times 10^3$	$5,3 \times 10^4$	$4,6 \times 10^6$	$6,7 \times 10^8$
E. Coli	< 1	< 1	$3,0 \times 10^3$	$5,8 \times 10^3$
Staphylococcus patógenos	< 1	< 1	$9,0 \times 10^2$	$4,2 \times 10^3$
Clostridium perfringes	< 1	< 1	$13,0 \times 10^3$	$1,7 \times 10^3$
Salmonellas	Ausente/50g	Ausente/50g	$5,0 \times 10^3$	$2,6 \times 10^3$
Hongos y levaduras	< 1	$8,0 \times 10^2$	$7,3 \times 10^2$	$8,7 \times 10^3$

UFC/g : Unidades formadoras de colonias por gramo de muestra

A los 30 días de almacenamiento el incremento de gérmenes a  $4,6 \times 10^6$  UFC/g se encuentra fuera de los límites permisibles. La causa de los aumentos de la población microbiana se deben a la recontaminación durante el almacenamiento. Se detectó la presencia de microorganismos patógenos por encima de los límites permisibles, - así como de los hongos y levaduras. A los 45 días de almacenamiento- las muestras se encontraron muy deterioradas a simple vista.

#### 4.3.1.2 Muestras Irradiadas

Los resultados de los análisis microbiológicos - de las muestras tratadas con diferentes dosis de irradiación y almacenadas en refrigeración a una  $T^\circ = 8 \pm 1^\circ\text{C}$  y HR = 85-90% se presentan en los Cuadros 23 y 24, se aprecia que la carga microbiana es mayor a una dosis de 4,0 KGy, esto era de esperarse por cuanto es ampliamente conocido que a dosis mayores de irradiación se elimina o inactiva a mayor número de gérmenes, el orden de la flora inicial fue de  $10^3$  a  $10^4$  UFC/g en la muestra testigo, se comprueba que el orden de reducción por irradiación está entre 1 a 3 ciclos logarítmicos, la dosis - de 4,0 KGy reduce de  $4,5 \times 10^3$  a  $1,5 \times 10^2$  UFC/g y la dosis de 5 KGy reduce de  $4,5 \times 10^3$  a  $0,3 \times 10^2$  UFC/g inmediatamente después de la irradiación. Esta reducción depende fundamentalmente de la dosis empleada, y la carga microbiana inicial. De la Sierra (1969) encontró- que la microflora total inicial de  $10^5$  a  $10^6$  UFC/g, queda reducida a un factor de  $10^2$  a  $10^3$  UFC/g a una dosis de 6 KGy.

**CUADRO 23 :** RESULTADOS DE LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS DE HOT DOGS IRRADIADOS CON DOSIS DE 4,0 KGy ALMACENADOS EN REFRIGERACION A T° = 8 ± 1°C Y H.R. 85-90% EN UFC/g

ANALISIS MICROBIOLÓGICO	24 HORAS	15 DIAS	30 DIAS	45 DIAS
Gérmenes Viables Totales	1,5 x 10 <sup>2</sup>	4,2 x 10 <sup>2</sup>	2,4 x 10 <sup>3</sup>	2,0 x 10 <sup>4</sup>
E. Coli	< 1	< 1	< 1	< 1
Staphylococcus patógenos	< 1	< 1	< 1	< 1
Clostridium perfringes	< 1	< 1	< 1	< 1
Salmonellas	Ausente/50g	Ausente/50g	Ausente/50g	Ausente/50g
Hongos y levaduras	< 1	< 1	< 1	< 1

UFC/g : Unidades formadoras de colonias por gramo de muestra

**CUADRO 24 : RESULTADOS DE LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS DE HOT DOGS IRRADIADOS CON DOSIS DE 5,0 KGy ALMACENADOS EN REFRIGERACION A  $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$  Y H.R. = 85-90% EN UFC/g**

ANALISIS MICROBIOLÓGICO	24 HORAS	15 DIAS	30 DIAS	45 DIAS
Gérmenes Viables Totales	$0,3 \times 10^2$	$0,6 \times 10^2$	$0,2 \times 10^2$	$1,3 \times 10^2$
E. Coli	< 1	< 1	< 1	< 1
Staphylococcus patógenos	< 1	< 1	< 1	< 1
Clostridium perfringes	< 1	< 1	< 1	< 1
Salmonellas	Ausente/50g	Ausente/50g	Ausente/50g	Ausente/50g
Hongos y levaduras	< 1	< 1	<.1	< 1

UFC/g : Unidades formadoras de colonias por gramo de muestra

Se observa asimismo que los gérmenes viables totales tienen un desarrollo no significativo durante el almacenamiento lo que indica que la irradiación afecta con mayor intensidad a los microorganismos del grupo psicrófilo, flora natural del hot dog, favoreciendo por ello su mejor conservación. Por otro lado, se observó la ausencia total de microorganismos patógenos, clostridium, E. coli staphylococcus patógenos, y salmonellas, durante el almacenamiento.

La radioresistencia de las diferentes especies microbiológicas es variable, por lo que la irradiación tiene un efecto selectivo, que origina las alteraciones en la flora microbiana que podrían resultar peligrosas, por lo que un grupo de expertos de la FAO/OIEA (1974) insistió en la necesidad de velar por que sea óptimo el estado microbiológico y parasitológico de los alimentos que hayan de irradiarse. En ningún caso debe la irradiación ser un sustituto de la higiene en la manipulación de los alimentos.

A los productos seleccionados para su irradiación debe aplicarse las normas sanitarias más rigurosas en todas las fases; Recolección, transporte, almacenamiento, comercialización. Los operarios que manipulen los alimentos o que intervengan en operaciones con estos relacionados, deben recibir educación continua y ser objeto de constante vigilancia en todo lo referente a la higiene.



4.3.2 Variación en las Características Microbiológicas en las Muestras Almacenadas en Medio Ambiente a  $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y HR = 75-80%

4.3.2.1 Muestras Control o sin Irradiar

Los resultados de los análisis microbiológicos de las muestras almacenadas en medio ambiente a una  $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y HR = 75-80%, a las 24 horas se muestran en el Cuadro 25. Estas muestras se deterioraron al tercer día de almacenamiento.

4.3.2.2 Muestras Irradiadas

Los resultados de los análisis microbiológicos de las muestras tratadas con diferentes dosis de irradiación y almacenadas en medio ambiente a una  $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y HR = 75-80% se presentan en los Cuadros 26 y 27. Estas muestras se mantuvieron en óptimas condiciones hasta los 20 días de almacenamiento. La carga microbiana después de la irradiación se redujo considerablemente y se mantuvo con un crecimiento lento durante los primeros 15 días de almacenamiento.

4.4 ESTUDIO DEL ANALISIS SENSORIAL

Los resultados de los análisis sensoriales realizados a las 24 horas, 15, 30 y 45 días de los productos almacenados en refrigeración y a temperatura ambiente se presentan en los Anexos I a XII.

CUADRO 25 : RESULTADOS DE LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS DE HOT DOGS CONTROL O SIN IRRADIAR ALMACENADOS EN MEDIO AMBIENTE A T° = 25 ± 1°C Y H.R. 75-80% EN UFC/g

ANALISIS MICROBIOLÓGICO	24 HORAS	15 DIAS	30 DIAS	45 DIAS
Gérmenes Viables Totales	4,5 x 10 <sup>3</sup>	-	-	-
E. Coli	< 1	-	-	-
Staphylococcus patógenos	< 1	-	-	-
Clostridium perfringes	< 1	-	-	-
Salmonellas	Ausente/50 g	-	-	-
Hongos y levaduras	< 1	-	-	-

( - ) : No se realizaron los análisis por encontrarse la muestra muy deteriorada.

UFC/g : Unidades formadoras de colonias por gramo de muestra

**CUADRO 26 :** RESULTADOS DE LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS DE HOT DOGS IRRADIADO CON DOSIS DE 5,0 KGy ALMACENADOS EN MEDIO AMBIENTE A T° = 25 ± 1°C Y H.R. 75-80% EN UFC/g.

ANALISIS MICROBIOLÓGICO	24 HORAS	15 DIAS	30 DIAS	45 DIAS
Gérmenes Viables Totales	0,3 x 10 <sup>2</sup>	3,3 x 10 <sup>2</sup>	-	-
E. Coli	< 1	< 1	-	-
Staphylococcus patógenos	< 1	< 1	-	-
Clostridium perfringes	< 1	< 1	-	-
Salmonellas	Ausente/50 g	Ausente/50 g	-	-
Hongos y levaduras	< 1	< 1	-	-

( - ) : No se realizaron los análisis por encontrarse la muestra muy deteriorada.

UFC/g : Unidades formadoras de colonias por gramo de muestra

**CUADRO 27** : RESULTADOS DE LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS DE HOT DOGS IRRADIADO CON DOSIS DE 6,0 KGy ALMACENADOS EN MEDIO AMBIENTE A T° = 25 ± 1°C Y H.R. = 75-80% EN UFC/g

ANALISIS MICROBIOLÓGICO	24 HORAS	15 DIAS	30 DIAS	45 DIAS
Gérmenes Viables Totales	13	2,4 × 10 <sup>2</sup>	-	-
E. Coli	< 1	< 1	-	-
Staphylococcus patógenos	< 1	< 1	-	-
Clostridium perfringes	< 1	< 1	-	-
Salmonellas	Ausente/50g	Ausente/50g	-	-
Hongos y levaduras	< 1	< 1	-	-

(-) : No se realizaron los análisis por encontrarse la muestra muy deteriorada.

UFC/g : Unidades formadoras de colonias por gramo de muestra

Como reporta Tanikawa (1971), existen varios métodos químicos y microbiológicos para determinar el estado de deterioro de un embutido pero ninguno de éstos métodos se puede tomar como referencia exacta del estado del embutido; por lo que la diferencia en el orden de la materia prima y en los métodos de procesamiento dificultan la exactitud de la interpretación de los resultados, señalando que la evaluación sensorial es mejor método de juzgamiento del estado de deterioro del embutido de carne.

#### 4.4.1 Evaluación Sensorial de Hot Dogs Almacenados en Refrigeración a $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 85-90%

##### 4.4.1.1 Evaluación sensorial a las 24 Horas

En el Anexo I se muestran los resultados de la evaluación sensorial de los atributos, apariencia, color, olor, sabor y textura de las muestras irradiadas y en el Cuadro 28 el análisis de variancia de estos datos.

Se puede apreciar que no existe diferencia estadística significativa entre los atributos, apariencia, color, olor y sabor de las muestras, pero sí existe diferencia estadística significativa entre la textura de los mismos. Los resultados de la prueba de Duncan para la textura se presenta en el Cuadro 29 donde se observa que entre los tratamientos I y II hay diferencia estadística, más no así entre los tratamientos I y III. Los resultados de la prueba de Ranking para los cinco atributos, Anexo VII, indica que no hay di

**CUADRO 28 : RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANCA DE HOT DOGS ALMACENADOS EN REFRIGERACION A  $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}C$  Y H.R. = 85 - 90% A LAS 24 HORAS**

**APARIENCIA :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	1,30	2	0,65	1,30 <sup>ns</sup>	3,35
Error	13,70	27	0,50		
TOTAL	15,00	29			

**COLOR :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	0,50	2	0,25	0,657 <sup>ns</sup>	3,35
Error	10,50	27	0,38		
TOTAL	11,00	29			

**OLOR :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	0,30	2	0,15	0,428 <sup>ns</sup>	3,35
Error	9,60	27	0,35		
TOTAL	9,90	29			

**SABOR :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	1,30	2	0,65	1,547 <sup>ns</sup>	3,35
Error	11,40	27	0,42		
TOTAL	12,70	29			

**TEXTURA :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	2,87	2	1,435	4,558 <sup>*</sup>	3,35
Error	8,50	27	0,315		
TOTAL	11,37	29			

ferencia entre los tratamientos, pues todas las sumas se encuentran dentro del rango de 15-25 de la Tabla de Rangos Totales requeridos para un nivel de significación del 5% (Kramer y Twigg, 1970).

CUADRO 29 : RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DUNCAN DE HOT DOGS A LAS 24 HORAS DE ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACION A T° = 8 ± 1°C Y H.R. = 85-90% PARA LA TEXTURA

TRATAMIENTO	PROMEDIO	DIFERENCIA DE PROMEDIOS	ALS (D)	INTERPRETACION
I	6,5	0,7	0,53	Si hay diferencia
II	7,2	0,1	0,55	No hay diferencia significativa <u>es</u> <u>dística</u>
III	6,6			

#### 4.4.1.2 Evaluación Sensorial a los 15 Días

En el Anexo II se muestran los resultados de la evaluación sensorial de los atributos, apariencia, color, olor, sabor y textura de las muestras irradiadas y en el Cuadro 30 el análisis de variancia de estos datos.

Se puede apreciar que no existe diferencia estadística significativa entre los atributos, color, olor, sabor y textura de las muestras, pero si existe diferencia estadística significativa entre la apariencia de los mismos. Los resultados de la prueba de

**CUADRO 30 : RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANCA DE HOT DOGS ALMA  
CENADOS EN REFRIGERACION A T° = 8 + 1°C Y H.R. = 85 -  
90% A LOS 15 DIAS**

**APARIENCIA :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	2,90	2	1,45	3,71 *	3,35
Error	10,50	27	0,38		
TOTAL	13,40	29			

**COLOR :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	1,80	2	0,90	2,858 ns	3,35
Error	8,50	27	0,314		
TOTAL	10,30	29			

**OLOR :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	0,50	2	0,25	0,429 ns	3,35
Error	15,70	27	0,58		
TOTAL	16,20	29			

**SABOR :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	1,07	2	0,535	0,821 ns	3,35
Error	17,60	27	0,651		
TOTAL	18,67	29			

**TEXTURA :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	0,80	2	0,40	0,617 ns	3,35
Error	17,50	27	0,648		
TOTAL	18,30	29			



Duncan para la apariencia se muestra en el Cuadro 31 donde se observa que entre los tratamientos I y II no hay diferencia estadística, pero sí entre los tratamientos I y III. Los resultados de la prueba de Ranking para los cinco atributos, Anexo VIII, indica que no hay diferencia entre los tratamientos, pues todas las sumas se encuentran dentro del rango de 15-25 de la Tabla de Rangos Totales requeridos para un nivel de significación del 5% (Kramer y Twigg, 1970).

CUADRO 31 : RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DUNCAN DE HOT DOGS A LOS 15 DIAS DE ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACION  $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}C$  Y H.R. = 85-90% PARA LA APARIENCIA

TRATAMIENTO	PROMEDIO	DIFERENCIA DE PROMEDIO	ALS (D)	INTERPRETACION
I	7,2	0,6	0,610	No hay diferencia
II	6,6	0,7	0,636	Si hay diferencia significativa estadística
III	6,5			

#### 4.4.1.3 Evaluación Sensorial a los 30 Días

En el Anexo III se muestran los resultados de la evaluación sensorial de los atributos, apariencia, color, olor, sabor y textura de las muestras irradiadas y en el Cuadro 32 el análisis de variancia de estos datos.

Se puede apreciar que no existe diferencia estadística significativa entre los atributos, color, olor, sabor y textu

**CUADRO 32 : RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANCA DE HOT DOGS ALMA  
CENADOS EN REFRIGERACION A  $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}C$  Y H.R. = 85 -  
90% A LOS 30 DIAS**

**APARIENCIA :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	2,87	2	1,435	4,57 *	3,35
Error	8,50	27	0,314		
TOTAL	11,37	29			

**COLOR :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	4,20	2	2,10	2,73 ns	3,35
Error	21,00	27	0,777		
TOTAL	25,20	29			

**OLOR :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	2,07	2	1,035	1,306 ns	3,35
Error	21,40	27	0,792		
TOTAL	23,47	29			

**SABOR :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	2,60	2	1,30	3,00 ns	3,35
Error	11,70	27	0,433		
TOTAL	14,30	29			

**TEXTURA :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	1,67	2	0,835	1,274 ns	3,35
Error	17,70	27	0,655		
TOTAL	19,37	29			

ra de las muestras, pero si existe diferencia estadística significativa entre la apariencia de los mismos. Los resultados de la prueba de Duncan para la apariencia se muestra en el Cuadro 33 donde se observa que entre los tratamientos I y II, I y III hay diferencia estadística. Los resultados de la prueba de Ranking para los cinco atributos, Anexo IX, indica que no hay diferencia entre tratamientos, pues todas las sumas se encuentran dentro del rango de 15-25 de la Tabla de Rangos Totales requeridos para un nivel de significación del 5% (Kramer y Twigg, 1970).

CUADRO 33 : RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DUNCAN DE HOT DOGS A LOS 30 DIAS DE ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACION A  $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}C$  Y H.R. = 85-90% PARA LA APARIENCIA

TRATAMIENTO	PROMEDIO	DIFERENCIA DE PROMEDIOS	ALS(D)	INTERPRETACION
I	7,2	0,7	0,538	Si hay diferencia
II	6,5	0,6	0,555	Si hay diferencia significativa estadística
III	6,6			

#### 4.4.1.4 Evaluación Sensorial a los 45 Días

En el Anexo IV se muestran los resultados de la evaluación sensorial de los atributos, apariencia, color, olor, sabor y textura de las muestras irradiadas y en el Cuadro 34 el análisis de variancia de estos datos.

**CUADRO 34 : RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANCA DE HOT DOGS ALMA  
CENADOS EN REFRIGERACION A T° = 8 + 1°C Y H.R. = 85 -  
90% A LOS 45 DIAS**

**APARIENCIA :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	2,40	2	1,20	3,692 *	3,35
Error	8,80	27	0,325		
TOTAL	11,20	29			

**COLOR :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	2,60	2	1,30	1,679 ns	3,35
Error	20,90	27	0,774		
TOTAL	23,50	29			

**OLOR :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	2,07	2	1,035	3,593 ns	3,35
Error	7,80	27	0,288		
TOTAL	9,87	29			

**SABOR :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	2,07	2	1,035	1,878 ns	3,35
Error	14,90	27	0,551		
TOTAL	16,97	29			

**TEXTURA :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	0,87	2	0,435	1,385 ns	3,35
Error	8,50	27	0,314		
TOTAL	9,37	29			

Se puede apreciar que no existe diferencia estadística significativa entre los atributos, color, sabor y textura de las muestras, pero sí existe diferencia estadística significativa entre la apariencia y olor de los mismos. Los resultados de la Prueba de Duncan para la apariencia y el olor se muestra en el Cuadro 35 donde se observa para la apariencia que entre los tratamientos I y II, I y III hay diferencia estadística y para el olor entre los tratamientos I y II, I y III no hay diferencia estadística. Los resultados de la prueba de Ranking para los cinco atributos, Anexo X, indica que no hay diferencia entre los tratamientos, pues todas las sumas se encuentran dentro del rango de 15-25 de la Tabla de Rangos Totales requeridos para un nivel de significación del 5% (Kramer y Twigg, 1970).

**CUADRO 35 :** RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DUNCAN DE HOT DOGS A LOS 45 DIAS DE ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACION A  $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}C$  Y H.R. = 85-90% PARA LA APARIENCIA Y OLOR

TRATAMIENTO	PROMEDIO	DIFERENCIA DE PROMEDIOS	ALS(D)	INTERPRETACION
APARIENCIA:				
I	7,0			Si hay diferencia Si hay diferencia significativa estadística
II	6,4	0,6	0,548	
III	6,4	0,6	0,565	
OLOR :				
I	7,1			No hay diferencia No hay diferencia significativa estadística
II	6,6	0,6	0,57	
III	6,5	0,6	0,61	

#### 4.4.2 Evaluación Sensorial de Hot Dogs Almacenados en Medio Ambiente a $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y H.R. = 75-80%

##### 4.4.2.1 Evaluación Sensorial a las 24 horas

En el Anexo V se muestran los resultados de la evaluación sensorial de los atributos, apariencia, color, olor, sabor y textura de las muestras irradiadas y en el Cuadro 36 el análisis de variancia de estos datos.

Se puede apreciar que no existe diferencia estadística significativa entre los atributos, apariencia, color, olor y sabor de las muestras, pero sí existe diferencia estadística significativa entre la textura de los mismos. Los resultados de la prueba de Duncan para la textura se muestra en el Cuadro 37 donde se observa que entre los tratamientos I y II hay diferencia estadística, más no así entre los tratamientos I y III. Los resultados de la prueba de Ranking para los cinco atributos, Anexo XI, indica que no hay diferencia entre tratamientos pues todas las sumas se encuentran dentro del rango de 15-25 de la Tabla de Rangos Totales requeridos para un nivel de significación del 5% (Kramer y Twigg, 1970).

**CUADRO 36 : RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANCA DE HOT DOGS ALMA CENADOS EN MEDIO AMBIENTE A  $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}C$  Y H.R. = 75-80% A LAS 24 HORAS**

**APARIENCIA :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	0,07	2	0,035	0,06 <sup>ns</sup>	3,5
Error	15,40	27	0,570		
TOTAL	15,47	29			

**COLOR :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	1,8	2	0,90	1,884 <sup>ns</sup>	3,35
Error	12,90	27	0,477		
TOTAL	14,70	29			

**OLOR :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	0,87	2	0,435	0,81 <sup>ns</sup>	3,35
Error	14,50	27	0,537		
TOTAL	15,37	29			

**SABOR :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	0,87	2	0,435	0,939 <sup>ns</sup>	3,35
Error	12,50	27	0,462		
TOTAL	13,37	29			

**TEXTURA :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	2,60	2	1,300	4,29 <sup>*</sup>	3,35
Error	8,20	27	0,303		
TOTAL	10,80	29			

CUADRO 37 : RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DUNCAN HOT DOGS A LAS 24 HORAS DE ALMACENAMIENTO EN MEDIO AMBIENTE A  $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}C$  Y H.R. = 75-80%, PARA TEXTURA

TRATAMIENTO	PROMEDIO	DIFERENCIA DE PROMEDIOS	ALS (D)	INTERPRETACION
I	6,5	0,7	0,504	Si hay diferencia
II	7,2	0,4	0,528	No hay diferencia significativa estadística
III	6,1			

4.4.2.2 Evaluación Sensorial a los 15 días

En el Anexo VI se muestran los resultados de la evaluación sensorial de los atributos, apariencia, color, olor, sabor y textura de las muestras irradiadas y en el Cuadro 38 el análisis de variancia de estos datos.

Se puede apreciar que existe diferencia estadística significativa entre los cinco atributos. Los resultados de la prueba de Duncan para la apariencia, color, olor, sabor y textura se muestra en el Cuadro 39 donde observa que entre todos los tratamientos hay diferencia estadística, a excepción de la apariencia entre tratamientos I y II. Los resultados de la prueba de Ranking para los cinco atributos, Anexo XII, indica que hay diferencia entre tratamientos pues las sumas no se encuentran dentro del rango de 15-25 de



**CUADRO 38 : RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANCA DE HOT DOGS ALMACENADOS EN MEDIO AMBIENTE A  $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}C$  Y H.R. = 75 - 80% A LOS 15 DIAS**

**APARIENCIA :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	3,30	2	1,65	4,37 *	3,35
Error	10,20	27	0,377		
TOTAL	13,50	29			

**COLOR :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	25,40	2	12,70	35,27 *	3,35
Error	9,80	27	0,36		
TOTAL	35,20	29			

**OLOR :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	16,10	2	8,05	20,125 *	3,35
Error	10,90	27	0,40		
TOTAL	27,00	29			

**SABOR :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	30,87	2	15,45	18,17 *	3,35
Error	23,00	27	0,85		
TOTAL	53,90	29			

**TEXTURA :**

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Ft
Tratamiento	5,60	2	2,80	3,94 *	3,35
Error	19,20	27	0,71		
TOTAL	24,80	29			

**CUADRO 39 :** RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DUNCAN DE HOT DOGS A LOS 15 DIAS DE ALMACENAMIENTO EN MEDIO AMBIENTE A T° = 25 + 1°C Y H.R. = 75-80% PARA LA APARIENCIA, COLOR, OLOR, SABOR Y TEXTURA

TRATAMIENTO	PROMEDIO	DIFERENCIA DE PROMEDIOS	ALS(D)	INTERPRETACION	
I II III	7,3 6,8 6,1	0,5 1,2	0,589 0,607	No hay diferencia Si hay diferencia significativa estadística	APARIENCIA
I II III	7,7 5,8 5,7	1,9 2,0	0,55 0,57	Si hay diferencia Si hay diferencia significativa estadística	COLOR
I II III	7,4 5,9 5,8	1,5 1,6	0,58 0,608	Si hay diferencia Si hay diferencia significativa estadística	OLOR
I II III	7,5 5,3 5,4	2,2 2,1	0,841 0,881	Si hay diferencia Si hay diferencia significativa estadística	SABOR
I II III	7,4 6,6 6,4	0,8 1,0	0,771 0,805	Si hay diferencia Si hay diferencia significativa estadística	TEXTURA

la Tabla de Rangos Totales requeridos para un nivel de significación del 5% (Kramer y Twigg, 1970).

## V. CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que se llegaron en el presente trabajo fueron los siguientes :

1. La dosis de irradiación más conveniente para la conservación de los embutidos almacenados en refrigeración y en medio ambiente es de 5 KGy.
2. Una buena evaluación del estado microbiológico de la materia prima permitirá prevenir fuentes de deterioro durante el almacenamiento en forma satisfactoria.
3. El efecto combinado de la irradiación y el almacenamiento en refrigeración aumentó el período de vida de los embutidos a mayor de 45 días.
4. El efecto combinado de la irradiación y el almacenamiento en medio ambiente proporciona un período de vida de 15 a 20 días.
5. El proceso de deterioro de las grasas se produce con mayor rapidez a dosis más altas y esto hace que el producto se deteriore más rápidamente.
6. Existe una correspondencia o correlación entre los análisis físico-químico, microbiológicos, organolépticos y cuando se trata de

evaluar la calidad de los embutidos irradiados los cuales no mues  
tran cambios significativos durante el almacenamiento, lo cual in  
dica que pueden ser considerados de buena calidad y aptos para el  
consumo humano.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar el proceso de radiopasteurización en conservación de otros productos cárnicos de importancia.
2. Determinar la influencia que puede tener el vacío en las condiciones envasadas, cuando se le suma la acción de las radiaciones ionizantes.
3. Realizar las pruebas microbiológicas más específicas en los productos irradiados.
4. Realizar un estudio de comparación de la pérdida del valor nutritivo producidas por la irradiación de los alimentos con las producidas por las otras formas de tratamiento y almacenamiento y los efectos de irradiación combinadas con otros tratamientos de conservación.
5. Investigar los efectos de la irradiación en otros productos perecibles tales como : frutas, hortalizas. Asimismo, determinar los rangos de dosis óptimas y las condiciones de almacenamiento para cada producto y variedad en estudio.
6. Realizar estudios técnico-económico de conservación de alimentos por irradiación y compararlos con los otros métodos tradicionales de conservación vigentes.

7. Realizar estudios de irradiación de alimentos en forma coordinada entre instituciones competentes para establecer un programa de irradiación de alimentos a nivel nacional.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. ADAMS, G.E., y JAMESON, D.G. (1980). Radiat. En Viron. Biolo - phys. p. 95.
2. ALLEN, O.A. (1956). Teoría de los radicales libres y cinética - de las radiaciones. Brookharen National Labora - tory. O.I.E.A. Information-Viena.
3. AMOS, et al (1968). Manual de Industrias de Alimentos. Edición Acribia. Zaragoza-España.
4. A.O.A.C. (1976). Official Methods of Analysis the Association - of Official Agricultural Chemists. Novena Edi - ción. Washington, D.C. U.S.A.
5. ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED (1965). Catálogo del Irradiador Gammacell-220.
6. AUDA, H. y AL-WANDAWI, H. (1980). Effect of gamma irradiation and storage contions on amonio acids composition of some Iraquí dates. J. Agric. Food Chem. p. 516
7. AUDA, H. y NASSER, K. (1980). Chemical studies on the influence of a combinet process of heat and Irradiation on Carbohidrates, Proteins and Aminoacids of dates. p. 117-122.
8. BACH, N.D. (1956). Oxidación Radiolítica de los Compuestos Orgá - nicos. Expertos de la Junta FAO/OIEA/OMS. OIEA. Viena.
9. BASUARE, E. (1973). Elaboración de Embutidos a Base de Pulpa de Pescado, Instituto de Fomento Pesquero, Santiago de Chile.
10. BEYERS, M. y THOMAS, A.C. (1979). Food Chem. UNIVERSITY OF FLO - RIDA, Unites States of America. p. 48.
11. BORGSTOM, G. (1971). Principles of Food Science. Ed. Food Tech - nology - Michigan State University Vol. I. p. 340-342.
12. BRENNAN, J.G., COWER, N.D. y LILLY, A.E. (1974). Las Operacio - nes de la Ingeniería de los Alimentos. Segunda Edición Acribia, España. p. 422.



13. BRIDGES, B.A. (1969). In Radiation Biology Academic Press, New-York. p. 123.
14. BRUSTAD, T. y WOLD, E. (1976). In modification of Radios sensitivity of Biological Systems. STI/PUB/446. IAEA. Viena. p. 119.
15. CALZADA, J. (1970). Métodos Estadísticos para la Investigación-Editorial Jurídica S.A. Lima - Perú., Tercera E dición.
16. CASTRO, M. (1985). Dirección de Aplicaciones del I.P.E.N. Prioridades de investigación y desarrollo científico y tecnológico en el Perú. Universidad Nacional-de Ingeniería. Forum "Ingeniería y Ciencia para el Desarrollo Nacional". Lima - Perú.
17. CEMBER, H. (1980). Introduction to Health Physics Pergamon Press. Oxford.
18. CLAVER, S.M. (1957). Problemas elementales de Física y Química-Nuclear. Ed. Dossat S.A. Madrid - España.
19. COLEBY, B., INGRAM, M. y SHEPHERD, H. (1960). Treatment of meat with ionising radiations. Food Irradiation News letter. Vol. 3 : No. 11 : p. 13.
20. CORETTI, K. (1971). Embutidos : Elaboración y Defectos. Edito - rial Acribia. Zaragoza - España. p. 66.
21. DE LA SIERRA, D. (1969). Pruebas de Radurización en filetes de pescado fresco y arenques ahumados conservados a diferentes temperaturas. En Freezing and Irradia tion of Fish, Ruddf Kreuzer. Ed. Published by - Fishing New (Books). Limited. FAO. p. 528.
22. DESROSIER, N. W, (1960). Radiation Technology in Food Agricultu re and Biology. Rev. Ed. AVI Publishing. Co., Inc. Westport, Comp. p. 128.
23. DESROSIER, N.W. (1963). The The Technology of Food Preservation Rev. Ed. AVI Publishing, Com, Westport, Conn. p. 405.
24. DESROSIER, N.W. (1964). Conservación de Alimentos CECSA, México ira. Edición en Español. Trad. por Antonio Habi tud. E. p. 374-418.
25. DIMITROVA, N.A. (1980). Aplicacion of the Radiation. Food Irra diation Newsletter. Vol. 4. No. 1.
26. ELIAS, P.S. y COHEN, A.J. (1977). Radiation Chemistry of major food components. Elsevier. Scientific Publishing Company. Amsterdam. New York. p. 149.

27. EMMERSON, P.T. (1972). In Advances in Radiation Chemistry Wiley-Interscience, New York. p. 209.
28. ERMOLAEV, A. y EMREMBERG L. (1976). Proceeding of the second Tihany symposium on radiation Chemistry. Ed. by j. dobo and Medving. Budapest. p. 335.
29. FAO (1976). La comestibilidad de los alimentos irradiados, informe de un Comité Mixto. FAO/OIEA/OMS. Viena. p. 53.
30. FAO/IAEA. (1983). Food Irradiation Newsletter, división of isotope and radiation aplicaciones os atomic energy for Food and Agricultural Development. Series No. 312.
31. FAO/OIEA (1974). Informe de una reunión de consultores sobre los aspectos microbiológicos de la irradiación de alimentos. Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA). Viena p. 60.
32. FAO/OIEA/OMS (1980). Summary of the final Draft Report Expert, Committe on the Wholesomeness of Irradiated Food. Ginebra.
33. FAO/OMS (1966). Colección FAO, Energía Atómica, No. 6, OMS series de informes técnicos. No. 316.
34. FAO/OMS (1982). FAO : Reuniones sobre nutrición, No. 44; OMS, serie de Informes Técnicos, No. 383.
35. FERNANDEZ, J. y APARICIO, M. (1979). Efectos de la Radiación Gamma sobre la actividad miristimática de bulbos - de ajo (Allium sativum l.) Junta de Energía Nuclear Madrid. p. 6-18.
36. FRAZIER, W.C. (1976). Microbiología de los Alimentos. Ed. Acribia, Zaragoza, España. Segunda Edición, Trad. por Victoria Medarde A. p. 512.
37. FRIED, M.S. (1977). Historical Introduction to the Use of Nuclear Techniques for Food and Agriculture. IAEA Viena. 35 p. 3-5
38. GILLESPIE, A.G. (1953). Signal Noise and Resolution in Nuclear Counter Amplifiers, pergamon press Ltd. p. 232.
39. GOLDBLITH, S.A. (1971). In Inhibition and Destruction of the Microbiol Cell (Hugo, W.B., Ed), Academic Press, New York. p. 285.
40. GRAU, R. (1965). Carne y Productos Cárnicos, Ed. Acribia-Zaragoza - España.

41. HARRIS, R.S. y VON LOESECK, S.B. (1960). Nutritional Evaluation of Food Processing, New York - Lindon Ec. Sows Inc. p. 59.
42. HERSON, A.C. y MULLAND, E.D. (1974). Conservas Alimenticias. Ed. Acribia Zaragoza - España. p. 221.
43. IAEA (1982). Training Manual o Food Irradiation Technology and Techniques, FAO/IAEA. Division of isótope and - radiation atomic energy for Food and Agricultural Devopment. Technical Report. Series No. 114.
44. IAEA (1983). Sr. Outline of paper to be present at the FAO/IAEA. Seminar on Food Irradiation for Latin American Countries, Lima - Perú. 24-28 october.
45. INGRAM, M. (1959). Internacional journal of applied Radiation and isotopes, 6 p. 105-109.
46. INSTITUTO PERUANO DE ENERGIA NUCLEAR (1987). Curso de Radiobiología para profesores. Lima - Perú. p. 36-46.
47. ITINTEC (1980). Normas Técnicas de Carnes y Productos Cárnicos (201.006). Embutidos Escaldados. Lima-Perú
48. JOINT FAO/OIEA/OMS (1982). List of clearances general survey of irradiated Food products cleared for human consuption in diferent countries. Food Irradiation Newsletter. Vol. 1 No. 3. p. 40.
49. KHENOKH, M.A. (1972). The efects of Radiation on material involved in biochemical processes. Isotope Research Division, Wantage Berksmire. p. 227.
50. KRAMER, A. y TWIGG, B. (1970). Quality control for the Food Industry. The Avi Publishing Company, Inc. Third edition.
51. LAWRIE, R. (1968). Ciencia de la Carne. Ed. Acribia Zaragoza , España, lra. Edición. p. 143.
52. LEFORT, M. (1965). Las radiaciones Nucleares. Ed. Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA). p. 95.
53. LONCIN, M. y CARBALLO, J. (1965). Técnicas de la Ingeniería Alimentaria. Ed. Dossat, S.A. p. 781.
54. MASRIERA, M. (1957). Ideas Básicas sobre el Atomo y la Energía Nuclear. Ed. Labor S.A. Barcelona. España. p. 3-68.
55. NINIVARA, F. (1970). El valor nutritivo de la carne. Ed. Acribia, Zaragoza - España, p.83.

56. O.I.E.A. (1978). La Elaboración de Normas Internacionales para Alimentos Irradiados. Por Karoly Vas. Boletín OIEA. Vol. 20. No. 5. Viena.
57. O.I.E.A. (1980). En vísperas del desarrollo Comercial de la Irradiación de Alimentos. Pub. No. 1, Vol. 23. p. 39-42.
58. ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD (1981). La comestibilidad de los alimentos irradiados. Informe mixto FAO/OIEA/OMS. Inf. 659. Ginebra p. 3-9.
59. PIRAUX, M. (1970). Los isótopos radioactivos y sus aplicaciones industriales. Biblioteca Técnica Phillips. Ed. Paraninfo, España. p. 19-93.
60. POTTER, N. (1978). Ciencia de los Alimentos. Edtec, S.A. México D.F. 2da. Edición. Trad. por Anita Yates. p. 680.
61. PRICE, J. y SCHWEIGERT, B. (1976). Ciencia de la Carne y de los Productos Cárnicos. Ed. Acribia, Zaragoza-España. 2da. Edición. Trad. por A. Marcos Barrado. p. 437-467.
62. RIVERA, F. (1984). Utilización de residuos de pan en la elaboración de morcilla. Tesis de Grado Universidad Nacional Agraria La Molina.
63. SCHUBERT, M. y ESTARBAUER, M. (1974). The identification of irradiated foodstuffs. Proc. of an international colloquium. Luxembourg. p. 12-16
64. SIDEL, J. y SONTE, H. (1976). Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis in Food Technology. p. 34-65.
65. TAMARO, S. (1970). Instrumentación Nuclear. Ed. Blume. Madrid-España. p. 20-161.
66. TANIKAWA, E. (1971). Marine products in Japan. Ed. Koseisha Koseikaku Company; Tokyo, Japan, p. 133-140.
67. TANIKAWA, M. (1963). Fish Sausage and Ham. Industry in Japan. Adv. in Food Research. Vol. 12. p. 367.
68. TELLEZ, J. (1982). Manual de industrias cárnicas. Lima-Perú. p. 55-169
69. TORMO, E. (1977). Dosimetría química de la radiación. Junta de Energía Nuclear-Madrid. p. 82.
70. TORRES, Z. (1985). Utilización de diferentes porcentajes de piel (pellejo) de porcino en la elaboración de hot dog

y mortadela. Tesis de Grado. Universidad Nacional Agraria La Molina.

71. URBAIN, W. M. (1966). Technical and economic considerations in the preservation of meat and poultry by ionizing radiation. p. 396.
72. VARGAS, A.E. (1980). Dosimetría Química. Magister en ciencias - con mención en energía nuclear. UNI-IPEN. Lima-Perú. p. 10-28.
73. VAS, K. (1978). Food Preservation by irradiation control food - research. Institute Budapest Hungary. Food - Irradiation Newsletter. Vol. 2. No. 3.
74. VIDARTE, F. (1984). Aspectos de protección radiológica en los laboratorios análisis por difracción y fluorescencia de rayos X. Seminario de difracción de rayos X y Neutrones, Lima - Perú.
75. WEINLING, H. (1973). Tecnología Práctica de la Carne. Ed. Acribia, Zaragoza-España p. 117-265.
76. WIERBICKI, E., SIMON, M. y JOSEPHSON, E. (1979). Preservation of meat by sterilizing doses of sci, NRC. Publ. No. 1273. Washington, D.C. p. 383.

**VIII. ANEXOS**

**ANEXO I : RESULTADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL POR EL METODO DE CALIFICACION POR PUNTOS DE HOT DOGS ALMACENADOS EN FREFRIGERACION A  $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}C$  Y H.R. = 85-90% A 24 HORAS DE IRRADIACION**

PANELISTA	APARIENCIA			COLOR			OLOR			SABOR			TEXTURA		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	7	6	7	8	8	7	7	7	7	7	8	6	7	7	6
2	6	6	7	8	7	7	7	7	7	7	8	6	6	7	7
3	8	8	7	7	8	6	7	7	7	8	6	7	6	6	6
4	7	7	6	7	7	7	8	8	6	7	8	7	7	8	7
5	7	6	6	8	7	7	7	7	6	7	6	6	7	8	6
6	8	7	6	7	6	7	6	7	7	6	7	7	7	8	7
7	6	6	7	7	6	7	7	7	7	5	8	7	6	7	7
8	6	8	6	6	7	7	6	6	6	6	8	6	6	7	6
9	7	6	6	7	8	7	6	6	6	7	8	6	6	7	7
10	7	6	6	7	6	7	7	6	7	7	8	6	7	7	7
TOTAL	69	66	64	72	70	69	68	68	66	67	69	64	65	72	66
$\bar{X}$	6,9	6,6	6,4	7,2	7,0	6,9	6,8	6,8	6,6	6,7	6,9	6,4	6,5	7,2	6,6

MUESTRA I : Testigo (Fresco)  
MUESTRA II : Dosis 4 KGy  
MUESTRA III : Dosis 5 KGy

ANEXO II : RESULTADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL POR EL METODO DE CALIFICACION POR PUNTOS DE HOT DOGS  
 ALMACENADOS EN REFRIGERACION A  $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$  Y H.R. = 85-90% A 15 DIAS DE IRRADIACION

PANELISTA	APARIENCIA			COLOR			OLOR			SABOR			TEXTURA		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	6	6	6	7	7	7	7	7	8	7	7	6	8	7	8
2	7	6	6	7	6	6	7	6	6	6	6	5	7	7	7
3	7	6	6	7	6	7	8	7	6	7	7	7	8	6	6
4	8	7	7	7	6	6	7	7	7	7	6	6	7	5	7
5	7	7	6	8	6	7	6	7	6	6	6	6	6	6	6
6	7	7	7	8	6	6	8	8	7	9	8	7	8	8	7
7	8	7	8	7	7	7	7	7	6	7	7	7	6	7	7
8	7	6	7	7	7	7	8	6	7	6	6	6	6	6	6
9	8	7	6	6	7	7	6	6	7	6	7	7	6	7	7
10	7	7	6	6	6	7	6	6	6	7	8	7	7	6	6
TOTAL	72	66	65	70	64	67	70	67	68	68	68	64	69	65	67
$\bar{X}$	7,2	6,6	6,5	7,0	6,4	6,7	7,0	6,7	6,8	6,8	6,8	6,4	6,9	6,5	6,7

MUESTRA I : Testigo (Fresco)  
 MUESTRA II : Dosis 4 KGy  
 MUESTRA III : Dosis 5 KGy



**ANEXO III : RESULTADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL POR EL METODO DE CALIFICACION POR PUNTOS DE HOT DOGS  
ALMACENADOS EN REFRIGERACION A  $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$  Y H.R. = 85-90% A 30 DIAS DE IRRADIACION**

PANELISTA	APARIENCIA			COLOR			OLOR			SABOR			TEXTURA		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	8	7	7	8	7	7	8	8	6	7	6	5	6	8	6
2	7	6	7	8	6	6	7	6	6	7	7	6	7	6	7
3	7	6	7	6	6	5	6	6	5	6	6	6	6	5	6
4	7	6	6	8	7	6	7	5	6	7	7	6	7	6	6
5	7	6	6	7	6	5	7	7	6	8	7	7	7	6	6
6	7	6	6	6	6	6	7	6	6	7	6	7	7	7	7
7	7	8	7	8	7	7	7	6	7	8	7	6	7	6	5
8	7	6	6	6	5	6	7	6	6	7	7	7	7	6	5
9	8	7	7	8	7	7	8	8	8	8	6	7	8	7	8
10	7	7	7	6	8	7	5	6	7	6	7	7	7	7	7
TOTAL	72	65	66	71	65	62	69	64	63	71	66	64	69	64	64
$\bar{X}$	7,2	6,5	6,6	7,1	6,5	6,2	6,9	6,4	6,3	7,1	6,6	6,4	6,9	6,4	6,4

MUESTRA I : Testigo (Fresco)  
MUESTRA II : Dosis 4 KGy  
MUESTRA III : Dosis 5 KGy

**ANEXO IV : RESULTADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL POR EL METODO DE CALIFICACION POR PUNTOS DE HOT DOGS  
ALMACENADOS EN REFRIGERACION A  $T^{\circ} = 8 \pm 1^{\circ}\text{C}$  Y H.R. = 85-90% A 45 DIAS DE IRRADIACION**

PANELISTA	APARIENCIA			COLOR			OLOR			SABOR			TEXTURA		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	8	7	6	8	6	6	7	7	7	6	8	7	8	6	6
2	7	6	7	7	6	5	7	6	7	7	6	7	7	6	6
3	8	7	6	8	7	7	8	7	7	7	6	5	8	7	6
4	7	7	7	6	6	7	7	6	7	7	7	6	7	6	7
5	7	6	6	6	7	7	8	6	6	7	7	6	8	6	7
6	6	6	6	7	5	6	7	6	6	8	6	6	6	7	7
7	7	6	7	5	6	5	6	7	7	7	5	7	7	7	6
8	7	6	6	7	6	5	7	7	6	7	7	7	7	6	7
9	6	6	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7	6	7	7
10	7	7	6	8	6	8	7	7	6	7	7	6	7	7	7
TOTAL	70	64	64	69	62	64	71	66	65	70	65	64	68	65	64
$\bar{X}$	7,0	6,4	6,4	6,9	6,2	6,4	7,1	6,6	6,5	7,0	6,5	6,4	6,8	6,5	6,4

MUESTRA I : Testigo (Fresco)  
MUESTRA II : Dosis 4 KGy  
MUESTRA III : Dosis 5 KGy

**ANEXO V : RESULTADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL POR EL METODO DE CALIFICACION POR PUNTOS DE HOT DOGS  
ALMACENADOS EN MEDIO AMBIENTE A  $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}C$  Y H.R. = 75-80% A 24 HORAS DE IRRADIACION**

PANELISTA	APARIENCIA			COLOR			OLOR			SABOR			TEXTURA		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	7	8	7	8	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7
2	6	7	8	8	6	7	7	7	7	7	6	7	6	7	7
3	8	6	7	7	8	6	6	6	6	7	8	7	6	6	7
4	6	7	6	7	8	6	6	6	6	8	8	6	7	8	6
5	7	6	7	8	8	7	7	6	7	8	6	7	7	8	6
6	7	7	6	7	7	6	6	7	6	7	6	6	7	8	7
7	7	7	7	7	6	7	8	7	6	6	7	6	6	7	7
8	6	6	6	6	7	6	6	8	8	7	7	7	6	7	7
9	8	8	7	7	6	7	6	8	7	6	6	7	6	7	6
10	7	6	8	7	6	7	8	7	6	7	7	6	7	7	7
TOTAL	69	68	69	72	69	66	67	70	66	70	67	66	65	72	67
$\bar{X}$	6,9	6,8	6,9	7,2	6,9	6,6	6,7	7,0	6,6	7,0	6,7	6,6	6,5	7,2	6,7

MUESTRA I : Testigo (Fresco)  
MUESTRA II : Dosis 5 KGy  
MUESTRA III : Dosis 6 KGy

ANEXO VI :

RESULTADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL POR EL METODO DE CALIFICACION POR PUNTOS DE HOT DOGS

ALMACENADOS EN MEDIO AMBIENTE A  $T^{\circ} = 25 \pm 1^{\circ}C$  Y H.R. = 75-80% A 15 DIAS DE IRRADIACION

PANELISTA	APARIENCIA			COLOR			OLOR			SABOR			TEXTURA		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	8	7	7	8	6	6	7	7	6	7	6	5	7	6	6
2	8	6	6	7	6	5	8	6	5	9	5	5	7	6	5
3	7	7	6	7	6	6	6	6	6	7	5	5	7	7	6
4	8	6	6	8	6	6	7	6	6	7	5	6	7	6	6
5	7	6	6	7	5	5	8	5	6	9	4	4	7	7	7
6	7	7	7	8	6	6	7	6	6	6	6	6	7	8	6
7	7	7	7	9	5	5	7	5	6	6	6	6	8	5	6
8	6	8	6	7	6	6	8	6	6	7	6	7	9	6	7
9	7	7	7	9	6	6	8	7	5	9	5	5	7	7	7
10	8	7	7	7	6	6	8	7	5	8	5	5	8	8	8
TOTAL	73	68	65	77	58	57	74	59	58	75	53	57	74	66	64
$\bar{X}$	7,3	6,8	6,5	7,7	5,8	5,7	7,4	5,9	5,8	7,5	5,3	5,7	7,4	6,6	6,4

MUESTRA I : Testigo (Fresco)  
MUESTRA II : Dosis 5 KGy  
MUESTRA III : Dosis 6 KGy

**ANEXO VII : RESULTADOS DEL ANALISIS SENSORIAL POR EL METODO DE RANKING DE HOT DOGS ALMACENADOS EN REFRIGERACION A T ° = 8 + 1°C Y H.R. = 85-90% A LAS 24 HORAS**

PANELISTA	APARIENCIA			COLOR			OLOR			SABOR			TEXTURA		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	1	2	3	2	3	1	1	3	2	3	1	2	3	2	1
2	2	3	1	3	2	1	2	1	3	2	1	3	2	1	3
3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3	1	3	1	2
4	3	2	1	3	2	1	1	3	2	2	1	3	2	1	3
5	1	2	3	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	3	2
6	2	1	3	2	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1
7	2	1	3	1	3	2	1	2	3	3	3	1	2	1	3
8	1	3	2	1	2	3	2	3	1	3	1	2	1	2	3
9	2	3	1	2	1	3	1	2	3	3	1	2	3	2	1
10	1	2	3	3	1	2	3	1	2	2	1	3	2	3	1
<b>PUNTAJE</b>	16	21	23	19	21	20	18	21	21	24	15	21	22	18	20

MUESTRA I : Testigo (Fresco)  
MUESTRA II : Dosis 4 KGy  
MUESTRA III : Dosis 5 KGy.

ANEXO VIII : RESULTADOS DEL ANALISIS SENSORIAL POR EL METODO DE RANKING DE HOT DOGS ALMACENADOS EN REFRI  
GERACION A T° = 8 ± 1°C Y H.R. = 85-90% A LOS 15 DIAS

PANELISTA	APARIENCIA			COLOR			OLOR			SABOR			TEXTURA		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3	3	1	2
2	3	1	2	2	3	1	2	1	3	2	1	3	2	1	3
3	2	3	1	1	2	3	1	2	3	2	1	3	3	1	2
4	1	2	3	3	2	1	2	1	3	2	3	1	2	1	3
5	3	1	2	3	1	2	3	2	1	2	3	1	3	1	2
6	1	2	3	3	1	2	2	3	1	1	2	3	1	2	3
7	1	3	2	1	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3
8	3	1	2	1	3	2	2	3	1	2	1	3	3	1	2
9	2	1	3	3	1	2	1	3	2	3	2	1	2	1	3
10	2	3	1	2	1	3	2	1	3	3	2	1	3	2	1
PUNTAJE	21	19	20	20	18	22	19	20	21	19	19	22	23	13	24

MUESTRA I : Testigo (Fresco)  
MUESTRA II : Dosis 4 KGy  
MUESTRA III : Dosis 5 KGy

ANEXO IX : RESULTADOS DEL ANALISIS SENSORIAL POR EL METODO DE RANKING DE HOT DOGS ALMACENADOS EN REFRIGERACION A T° = 8 ± 1°C Y H.R. = 85-90% A LOS 30 DIAS

PANELISTA	APARIENCIA			COLOR			OLOR			SABOR			TEXTURA		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	1	2	3	1	2	3	3	1	2	2	1	3	1	2	3
2	1	2	3	2	1	3	1	2	3	3	1	2	2	1	3 <sup>1/2</sup>
3	1	3	2	2	1	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1
4	2	1	3	2	1	3	2	1	3	3	1	2	1	2	3 <sup>1/2</sup>
5	3	1	2	1	3	2	3	2	1	1	2	3	3	1	2
6	2	3	1	2	3	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2
7	3	2	1	2	3	1	1	2	3	2	3	1	1	2	3
8	3	2	1	2	3	1	2	3	1	1	2	3	3	1	2
9	2	3	1	1	2	3	2	3	1	1	2	3	2	1	3
10	1	2	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1
PUNTAJE	19	21	20	16	22	22	19	22	19	22	12	21	21	16	23

MUESTRA I : Testigo (Fresco)  
MUESTRA II : Dosis 4 KGy  
MUESTRA III : Dosis 5 KGy

**ANEXO X :** RESULTADOS DEL ANALISIS SENSORIAL POR EL METODO DE RANKING DE HOT DOGS ALMACENADOS EN REFRI  
 GERACION A T° = 8 ± 1°C Y H.R. = 85-90% A LOS 45 DIAS

PANELISTA	APARIENCIA			COLOR			OLOR			SABOR			TEXTURA		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	1	2	3	1	2	3	2	1	3	1	2	3	3	1	2
2	1	2	3	1	2	3	2	1	3	1	2	3	2	1	3
3	1	3	2	1	2	3	3	2	1	2	1	3	3	1	2
4	1	2	3	2	3	1	3	2	1	2	3	1	2	1	3
5	2	1	3	2	1	3	1	2	3	2	1	3	1	2	3
6	3	2	1	1	3	2	2	1	3	1	2	3	2	1	3
7	1	3	2	2	1	3	2	3	1	2	1	3	2	1	3
8	2	1	3	3	2	1	2	3	1	1	3	2	2	1	3
9	1	3	2	2	1	3	1	2	3	3	1	2	2	1	3
10	2	3	1	1	3	2	1	2	3	3	1	2	1	2	3
PUNTAJE	15	22	23	16	20	24	19	19	22	18	17	25	20	12	28

MUESTRA I : Testigo (Fresco)  
 MUESTRA II : Dosis 4 KGy  
 MUESTRA III : Dosis 5 KGy



ANEXO XI : RESULTADOS DEL ANALISIS SENSORIAL POR EL METODO DE RANKING DE HOT DOGS ALMACENADOS EN MEDIO AMBIENTE

A T° = 25 + 1°C Y H.R. = 75-80% EN 24 HORAS

PANELISTA	APARIENCIA			COLOR			OLOR			SABOR			TEXTURA		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	1	3	2	1	2	3	1	3	2	1	2	3	1	3	2
2	2	1	3	2	3	1	2	1	3	2	3	1	2	1	3
3	2	3	1	2	1	3	2	1	3	1	3	2	2	3	1
4	1	3	2	1	2	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3
5	2	1	3	3	1	2	1	3	2	2	3	1	3	2	1
6	1	2	3	2	3	1	2	1	3	3	2	1	1	3	2
7	2	1	3	1	2	3	1	3	2	2	3	1	2	1	3
8	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	2	3	1	3	2
9	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3	2	1	3
10	2	1	3	2	1	3	1	3	2	3	2	1	1	3	2
PUNTAJE	18	20	22	17	21	22	18	22	20	20	23	17	18	20	22

MUESTRA I : Testigo (Fresco)  
MUESTRA II : Dosis 5 KGy  
MUESTRA III : Dosis 6 KGy

ANEXO XII : RESULTADOS DEL ANALISIS SENSORIAL POR EL METODO DE RANKING DE HOT DOGS ALMACENADOS EN MEDIO AMBIENTE A T° = 25 + 1°C Y H.R. = 75-80% A 15 DIAS

PANELISTA	APARIENCIA			COLOR			OLOR			SABOR			TEXTURA		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	1	3	2	3	1
2	1	3	2	1	2	3	2	1	3	2	3	1	3	2	1
3	2	1	3	1	3	2	2	3	1	1	2	3	1	2	3
4	2	3	1	1	3	2	1	3	2	3	2	1	3	2	1
5	2	1	3	1	2	3	2	1	3	2	1	3	1	2	3
6	1	3	2	1	2	3	1	2	3	1	3	2	2	3	1
7	1	2	3	1	2	3	2	1	3	2	1	3	1	3	2
8	3	2	1	1	3	2	2	1	3	2	3	1	1	2	3
9	2	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	2	1	3
10	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	1	3	3	1	2
PUNTAJE	16	20	24	10	24	26	14	21	25	18	20	22	19	21	20

MUESTRA I : Testigo (Fresco)  
MUESTRA II : Dosis 5 KGy  
MUESTRA III : Dosis 6 KGy

ANEXO XIII : CALCULO DEL TIEMPO DE EXPOSICION EN EL PROCESO DE  
IRRADIACION DE EMBUTIDOS

La fuente radiactiva utilizada es el Coblato-60, el cual, como todos los radioisótopos, va perdiendo actividad con el transcurso del tiempo. El requisito fundamental para proceder a la irradiación, es el conocimiento de la intensidad de dosis de la fuente empleada.

Este dato fue proporcionado por el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), que en el mes de Abril de 1986, la intensidad de dosis ( $I_D$ ) fue :

$$I_D = 0,9362 \text{ KRAD/min.}$$

Las dosis empleadas para irradiar embutidos fueron :

4,0, 5,0 y 6,0 KGy (400, 500 y 600 KRAD).

Los tiempos de exposición según la ( $I_D$ ) fueron :

$$\begin{array}{r} 0,9362 \text{ KRAD} \text{ ----- } 1 \text{ min} \\ 400 \text{ KRAD} \text{ ----- } x \\ x = \frac{400 \text{ KRAD} \times 1 \text{ min}}{0,9362 \text{ KRAD}} : 427,35 \text{ min.} \end{array}$$

Luego los tiempos de irradiación empleados fueron los siguientes:

4 KGy (400 KRAD) .....	427,35 min (7h 7 min 18 s)
5 KGy (500 KRAD) .....	534,18 min (8h 54 min 11 s)
6 KGy (600 KRAD) .....	641,02 min (10h 40 min)

## ANEXO XIV :

## UNIDADES DE PROTECCION RADIOLOGICA

MAGNITUD	NUEVAS UNIDADES		ANTIGUAS UNIDADES		EQUIVALENCIA
	NOMBRE	SIMBOLO	NOMBRE	SIMBOLO	
Dosis Equivate	SIEVERT	Sv	Radiation Equi- valent men	rem	100 rem : 1 Sv
Dosis	GRAY	Gy	Roentgen Absor- tion Dose	rad	100 rad : 1 Gy
Exposición	COULOMB/KI LOGRAMO	C/Kg	Roentgen	R	1 R : 258u c/Kg
Actividad	BECQUEREL	Ba	Curie	Ci	1 Ci: 3,7 x 10 <sup>10</sup> Bq

EJEMPLO : DMP anual : 50 mSv (5 000mrem). (DOSIS MAXIMA PERMISIBLE)

ACTIVIDAD : 1,85 GBq (50 mCi)

ANEXO XV :            NORMAS SOBRE EMBUTIDOS SEGUN ITINTEC (No. 201,006)

A. REQUISITO FISICO ORGANOLEPTICO

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS

ASPECTO : Los embutidos no deberán tener la superficie húmeda, pegajosa o exudando líquido

SABOR : Suigéneris. No debiendo estar rancio en ningún caso.

OLOR : Suigéneris

COLOR : Suigéneris

CONSISTENCIA : Firme al tacto

De la misma forma indica los requisitos microbiológicos siguientes:

MICROORGANISMOS	NIVEL PERMITIDO
Numeración de Gérmenes Viables	$10^5$ /g
E. Coli	1 /g
Staphylococcus patógenos	1 /g
Clostridium perfringes	1 /g
Salmonellas	Ausencia / 50 g.