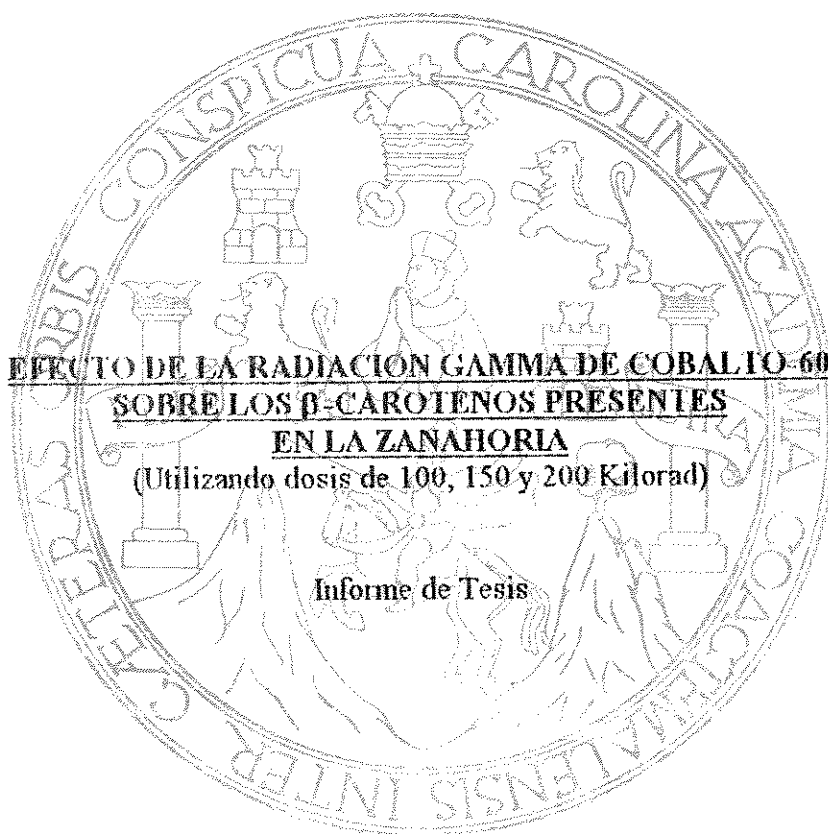


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA
ESCUELA DE NUTRICION



Presentado por

Sergio Victor Hugo Pérez López

Para optar al título de
Licenciado en Nutrición

Guatemala, octubre de 1997

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

R
06
T(1828)
C.2

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

DECANO: LIC. JORGE RODOLFO PEREZ FOLGAR
SECRETARIO: LIC. OSCAR FEDERICO NAVE HERRERA
VOCAL I: LIC. MIGUEL ANGEL HERRERA GALVEZ
VOCAL II: LIC. GERARDO LEONEL ARROYO CATALAN
VOCAL III: LIC. RODRIGO HERRERA SAN JOSE
VOCAL IV: BR. ANA MARIA RODAS CARDONA
VOCAL V: HAYRO OSWALDO GARCIA GARCIA

DEDICATORIA

A Dios.

A mis padres

José Armando Pérez Reyes

Ana Bernarda López de Pérez

A mis hijas

Mónica Virginia y

María José

A mis Hermanos

Reyna Elizabeth

Luis Nestaly

Eddye Leonardo

Claudia y

Armando de los Reyes ††

Muy especialmente a

Leyla Rosales Hernandez

Juan José López Argueta

F.	Estudios Realizados.....	18
III.	JUSTIFICACION.....	20
IV.	OBJETIVOS.....	21
V.	HIPOTESIS.....	22
VI.	MATERIAL Y METODOS.....	23
	A. Universo.....	23
	B. Materiales.....	23
	C. Metodología.....	24
VII.	RESULTADOS.....	26
VIII.	ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	29
IX.	CONCLUSIONES.....	31
X.	RECOMENDACIONES.....	32
XI.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	33
XII.	ANEXOS.....	36

RESUMEN

En el presente trabajo se investigó el efecto que tuvieron los Rayos Gamma provenientes de una fuente de Cobalto-60 sobre los β -Carotenos presentes en la zanahoria (*Daucus Carota*), utilizando para ello tres dosis de radiación diferentes (100, 150 y 200 kilorad) y analizándolas por medio de la técnica de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).

Previo a la irradiación de las muestras de zanahoria, se determinó la actividad de la fuente radioactiva, por medio del método dosimétrico de Fricke, la cual fue de 41.304 kilorad/hora; con la actividad de la fuente ya determinada, se procedió a calcular el tiempo necesario de exposición de las muestras para que recibieran la dosis de radiación deseada.

Con los resultados obtenidos, se determinó que los Rayos Gamma provenientes de una fuente de Cobalto-60 no afectan significativamente la concentración de β -Carotenos presentes en la Zanahoria.

I. INTRODUCCION

En los últimos años, la deficiencia de vitamina A se ha transformado en un problema serio de Salud Pública, lo que se refleja en varios problemas como lo son la ceguera nocturna e infantil, las cuales pueden ser evitables hasta cierto grado, pero muchas veces el daño es tan profundo, que el problema es irremediable; afecta de igual manera la reproducción y el proceso de diferenciación celular; se ve disminuido el crecimiento y el desarrollo normal de los huesos. Uno de los principales problemas es que su deficiencia deteriora paulatinamente el sistema inmunológico y queratinización de los epitelios respiratorios y gastrointestinales afectando la absorción normal de los nutrientes y entrando en un círculo vicioso, lo cual se refleja en el aumento de las tasas de morbi-mortalidad infantil.

Como un programa de urgencia para contrarrestar la deficiencia de vitamina A en el país, el Ministerio de Salud Pública se vió en la necesidad de crear el programa de Fortificación del Azúcar con Vitamina A, el cual ha tenido buenos resultados.

En la dieta diaria de la población guatemalteca se incluyen muchos vegetales que son ricos en β -Carotenos y una menor cantidad son fuentes, como es el caso de la zanahoria. Para poder aprovecharse un porcentaje mayor de esta provitamina, las verduras deberían consumirse de preferencia crudas, ya que esta vitamina es muy inestable a muchos factores tales como la luz, el oxígeno, el calor y el tiempo de vida útil que tiene cada vegetal.

Actualmente en muchos países se utiliza la radiación de alimentos como un método alternativo para la conservación de alimentos, debido a que es un método seguro y que manejando adecuadamente las dosis recomendadas no presentan alteraciones químicas y organolépticas en los alimentos.

Los investigadores se han preocupado por estudiar los efectos que tiene la radiación sobre algunos nutrientes, como lo son las grasas, carbohidratos, proteínas y algunas vitaminas en especial el ácido ascórbico o vitamina C, y la tiamina; una minoría ha

estudiado los efectos que tienen los rayos gamma sobre los β -Carotenos en mangos y papayas únicamente.

Debido a que la zanahoria es considerada como un alimento fuente de β -Carotenos los cuales son provitamina A, y por ser un vegetal de alto consumo en nuestro medio, es necesario observar los efectos que tienen los rayos gamma sobre estos.

II. ANTECEDENTES

A. CONCEPTOS BASICOS SOBRE EL PROCESO DE IRRADIACION

1. GENERALIDADES

A continuación se presentan una serie de términos que deben conocerse para facilitar la comprensión del proceso de irradiación.

a) **Irradiación:** Es llamada esterilización fría, ya que mata varios microorganismos. Una esterilización completa requiere altas dosis que causan cambios en sabor, color y textura. Usualmente prolonga la vida de almacenamiento por inhibición de brotes, especialmente en papas y raíces (2).

Este proceso ha sido promovido con éxito por la división mixta de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación / Organismo Internacional de Energía Atómica (FAO/OIEA) de Técnicas Nucleares en la Agricultura y Alimentación, ya que este proceso puede eliminar organismos viables y microorganismos patógenos específicos, no esporágenos, como la *Salmonella* (2).

b) **Radiación Electromagnética:** Las ondas de radio, calor, luz, rayos X, rayos ultravioleta y rayos gamma, son ejemplos de radiación electromagnética. Todos se desplazan a la velocidad de la luz (34).

Las ondas de cualquier tipo que sean, tiene asociada una longitud de onda y una frecuencia. Como por ejemplo las ondas electromagnéticas tienen una longitud muy corta conviene expresarlas en *Angström* (Å).

$$1\text{Å} = 1 * 10^{-8} \text{ cm.}$$

La longitud de onda de la radiación electromagnética determina sus propiedades. Una onda de 5,000Å tiene una frecuencia de 6.10 vibraciones/segundo. Esta onda puede ser vista por el ojo humano y corresponde a la luz verde, la luz roja que tiene una longitud de onda de 7,000Å y es la zona de infrarrojo, que el ojo humano no puede ver, y una menor de 4,000Å es radiación ultravioleta (34).

c) **Isótopo:** Todos los nucleidos que tienen la misma carga nuclear se llaman isótopos del elemento respectivo. Los isótopos de un elemento tiene todos el

3. INTERACCION DE LA RADIACION CON LA MATERIA

La interacción de la radiación con la materia se basa en dos procesos fundamentales:

a) **Proceso Primario (*Efecto Directo*):** El cual implica el impacto directo de la radiación sobre las moléculas, formándose como resultado de esto, fragmentos moleculares, iones y moléculas extrañas (28).

b) **Proceso Secundario (*Efecto Indirecto*):** El cual involucra la interacción del proceso primario, pudiendo ocurrir, entre otras cosas, la formación de compuestos diferentes a los originales (28).

El efecto biológico de las radiaciones, se debe a los cambios químicos que ocurren en el organismo, los que como en otros materiales, pueden ser también divididos en efectos directos e indirectos. La presencia de cantidades substanciales de agua en los tejidos vivos, incluyendo frutas y verduras, hace por lo tanto explicable el hecho de que parte importante de la acción total de la radiación sobre los alimentos se deba al efecto indirecto (28).

4. QUIENES DETERIORAN LOS ALIMENTOS Y COMO ACTUAN

Los grandes culpables son las enzimas, que por reacción cambian la composición química de los alimentos. Ellas son proteínas que tienen la propiedad de regular todos los procesos bioquímicos (28).

Los microorganismos tienen sus enzimas y las introducen en los alimentos para poder utilizar los nutrientes que ellos necesitan. Frente a los alimentos, los microorganismos son nuestros grandes competidores, existen en mayor cantidad y están en todas partes (28).

Todas las estrategias que se han diseñado para impedir la descomposición de los alimentos, están destinadas a impedir que actúen tanto las enzimas naturales de los alimentos como aquellas provenientes de los microorganismos (28).

La irradiación como las altas temperaturas, inactivan las enzimas e/o inactivan los gérmenes o parásitos que las producen (28).

5. VARIACION DEL CONTENIDO DE VITAMINAS

Una de las vitaminas más estudiadas es la Vitamina C, ésta es considerada como una de las vitaminas de mayor sensibilidad a las radiaciones como en los cítricos. No obstante existen muchas frutas y vegetales como la cebolla, el tomate, la papaya, en los cuales el contenido de vitamina C no es significativamente afectado para los niveles de dosis de absorción que dichos productos toleran sin afectar sus propiedades organolépticas y nutricionales (31).

Ha sido reportado que por su alta radiosensibilidad, la vitamina C ejerce un efecto protector contra las radiaciones sobre otras vitaminas como la Niacina y la Riboflavina presentes en los alimentos (31).

6. VENTAJAS DE LA IRRADIACION

a) **Inhibición de Brotes:** Se ha logrado retardar la brotación en productos tales como las papas, cebollas y ajos, dando como resultado un periodo de 6 a 11 meses sin brotación (9).

b) **Retardo de la Maduración:** Se les ha aplicado a algunas frutas dando como resultado un retardo de casi mes y medio en la maduración (Plátanos con dosis de 40 kilorad (kRad) y almacenadas a 26 °C permanecen en estado verde de 5 a 6 días, Papayas con dosis de 25 kRad y almacenadas a 20 °C el retardo es de 10 días, pero almacenadas a 5 °C llegan hasta 40 días). Por medio de la desnaturalización de las proteínas (enzimas) naturales de la fruta (34,35).

c) **Retardo en la Contaminación Microbiana:** Es conocida también como *Redurización*, en la actualidad se han efectuado estudios en diferentes productos, tales como en fresas, frambuesas, pescado fresco, salmón ahumado, langostinos congelados, pollo fresco, huevos deshidratados y pan; dando como resultado un periodo que va desde los 18 días en las fresas hasta 6 meses en el pan, sin muestra de contaminación (25).

d) **Control de Parásitos (*Radición*):** Se ha logrado inhibir el desarrollo de larvas de *Trinchinella Spiralis* en la carne de cerdo cruda, en el pollo se puede

garantizar la ausencia de ciertos microorganismos patógenos y parásitos tales como Salmonella, Campylobacter, Toxoplasma y Trichinella (23).

Otras ventajas que presenta son la preservación y descontaminación de alimentos, dependiendo de la dosis de rayos gamma utilizada, puede no haber alteración en la composición química y así mantener el valor nutritivo completo de los alimentos entre otros (35).

e) **Reducción de Organismos:** Es conocida también como **Radapertisación o Esterilización Comercial**. Es un tratamiento utilizado en la industria, el cual se realiza con dosis suficientemente grandes de rayos gamma, con el fin de reducir el número de organismos presentes en los alimentos abajo de los niveles detectables. Pudiéndose utilizar tanto en alimentos frescos como en conservas (2).

f) **Eliminación de Microorganismos:** Este tratamiento es utilizado en industrias que desean eliminar todos los microorganismos patógenos presentes en los alimentos, conocida como **Radiopasteurización**. Con ello se logra tener una esterilización completa, para lo cual se utilizan dosis de rayos gamma extremadamente controladas para evitar cambios en el valor nutritivo del alimento (2).

7. DESVENTAJAS DE LA IRRADIACION

a) No tiene aplicación general, no se pueden tratar todos los alimentos, siendo alguno de estos bastante sensible a la radiación la leche fluida (24).

b) Puede inducir en ciertos casos, mayor susceptibilidad a recontaminación (24).

c) Su uso es caro, dificultoso y lento (24).

d) Probable reducción en la eficiencia de algunas vitaminas, como la C y la Tiamina. Pareciera que no debería utilizarse en alimentos aceitosos o grasosos, ya que al favorecer la alteración de ellos, produciría alteraciones en el sabor (32).

8. LEY DE DECAIMIENTO RADIOACTIVO

Con el tiempo, todos los isótopos se desintegran espontáneamente, y obedecen a la Ley de Decaimiento Radioactivo; esto significa que la fuente de Cobalto-60

o cualquier otra, va perdiendo su vida útil en la emisión de rayos gamma lo cual implica que debe utilizarse mayor cantidad de tiempo para llegar a la dosis deseada (10,23).

El número de átomos de una sustancia radioactiva que se desintegra durante un pequeño intervalo de tiempo, es proporcional al número de átomos presentes en las sustancias y al intervalo de tiempo considerado (10,23).

$$-\Delta N = \lambda N \Delta t$$

siendo:

ΔN = Número de átomos que se desintegran.

N = Número de átomos activos presentes en la sustancia.

Δt = Intervalo de tiempo.

λ = Constante de proporcionalidad, llamada constante de desintegración radioactiva y mide la probabilidad de que un átomo particular se desintegre en la unidad de tiempo, es característica para cada núcleo activo (10,23).

Si Δt es suficientemente pequeña queda:

$$-dN / dt = \lambda N = A$$

Al valor de $-dN / dt$, que es la velocidad de desintegración de una fuente activa el tiempo "t" se le conoce como actividad, y para poder integrar dicha ecuación diferencial se produce:

$$dN / N = -\lambda dt \quad \text{integrando}$$

$$N_0 \int dN / N = (-\lambda) \int_0^t dt$$

$$\ln N/N_0 = -\lambda \quad \text{aplicándole exponente:}$$

$$N/N_0 = \text{Exp} (-\lambda t)$$

Donde:

N = Átomos que no han desintegrado al cabo del tiempo t .

N_0 = Átomos que no han desintegrado al tiempo cero o al tiempo inicial.

Si multiplicamos ambos miembros de la ecuación por (λ) tenemos:

$$N = N_0 \text{Exp} (- \lambda t)$$

es decir:

$$A = A_0 \text{Exp} (- \lambda t)$$

donde:

A = Actividad de la fuente al tiempo t.

A₀ = Actividad de la fuente al tiempo inicial.

9. VIDA MEDIA-PERÍODO DE SEMIDESINTEGRACION

La vida media ($t_{1/2}$) llamada también período de semidesintegración, en el cual la mitad de la población de átomos se ha desintegrado, o bien podemos decir que es el período en el cual la velocidad de desintegración se redujo a la mitad de su valor inicial, en otras palabras, debido a que la radiación que emite la desintegración natural de los átomos que forman las fuentes es lo que se aprovecha en el proceso de irradiación es necesario conocer el tiempo de vida media de la fuente para así saber el tiempo real de vida útil de las fuentes (23, 26).

$$N_0 / 2 = N_0 \text{EXP} - (\lambda t_{1/2})$$

$$\ln 1/2 = - \lambda t_{1/2}$$

$$- 0.693 = - \lambda t_{1/2}$$

$$t_{1/2} = 0.693 / \lambda$$

$$\lambda = 0.693 / t_{1/2}$$

$$N = N_0 \text{EXP} - (0.693 / t_{1/2}) * t$$

Donde: $t_{1/2}$ = tiempo de vida media del radioisótopo

$$t = t_{1/2} \text{ Cobalto-60} = 5.27 \text{ años}$$

10. IRRADIACION DE ALIMENTOS

El programa de cooperación técnica de la FAO / IAEA (agencia Internacional de Energía Atómica) en Latinoamérica viene operando desde 1986, los países que lo conforman son: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela (20).

Se han elaborado estudios con animales, dándoles alimentos que han sido irradiados y almacenados por dos años, comprobándose que no han sufrido cambios en su valor nutricional, llegándose a la conclusión de que los alimentos irradiados son aptos para consumo humano (7).

Existen diferentes formas para identificar si un alimento fue o no irradiado, las cuales son:

- a) por cambios físicos,
- b) por cambios químicos,
- c) por cambios fisiológicos,
- d) por cambios microbianos, y
- e) por cambios morfológicos (5).

Pero así como existen formas, podemos clasificar algunos métodos de detección como:

- a) método de viscosidad,
- b) método termolumincente,
- c) método liolumincente,
- d) método de conductividad,
- e) método de análisis químico de volátiles, y
- f) método de micro-flora (5).

Estos métodos han sido revisados por un grupo de trabajo de la Organización Mundial de la Salud (5).

"Si el proceso de radiación es progresivo, como lenta e inevitablemente va a ser, tenemos que encontrar y usar situaciones en que los participantes de la industria específica tiene mucho que ganar y poco que perder" (11).

Un número de frutas tropicales como mangos y papayas, y otras no tropicales como las fresas, o en verduras como papas, cebollas, etc. podrían disfrutar de grandes mercados, pero por el transporte y el arribo a mercados exigentes en condiciones insatisfactorias no lo

son. Por lo tanto deben ser tratados para prevenir las transmisiones de pestes serias de insectos (11, 15, 39).

"El procesamiento con radiación va ha eliminar las pestes de insectos, extender la vida útil, mejorar las condiciones para la venta, deducir las pérdidas y expandir las áreas de mercado" (11).

Las industrias que utilizan la radiación como un método de conservación de alimentos, se tuvieron que contestar una serie de interrogantes antes de utilizarla, para después quedar a criterio de ellos colocarles o no el sello internacional de alimentos irradiados (11).

En encuestas, los consumidores de estos alimentos respondieron algunos que sí les importaba que les pusieran el sello de alimentos irradiados a los productos, porque dicen que tienen mayor duración, que son más baratos y para poderlos diferenciar de otros alimentos que no son irradiados, otros dijeron que solo era para poder identificarlos (4).

En abril de 1988 salió un estatus de alimentos irradiados, que permitía el uso de fuentes de Cobalto-60, esto fue aceptado por el Departamento de Control de Drogas y Alimentos de Estados Unidos. La aplicación de la radiación en un futuro no muy lejana en el ámbito mundial o en el espacio es algo que está a la vuelta de la esquina, ya que es un método seguro para la conservación de los alimentos y que no es muy costoso (16).

A continuación se presenta un listado de las dosis optimas de algunos alimentos utilizados en la actualidad (36).

a) **Pescados y Productos Pesqueros:** Para controlar la infestación por insectos del pescado seco durante el almacenamiento y la comercialización se utiliza una dosis de 0.5 kilogray (kGy). Para reducir la carga microbiana en productos envasados se usan dosis de 2 a 3 kGy. Para eliminar ciertos microorganismos patógenos en productos congelados envasados se sugieren dosis entre 3 a 5 kGy (36).

b) **Patatas y Cebollas:** Para la inhibición de la germinación de estos alimentos durante el almacenamiento, la dosis adecuada esta entre 0.05 a 0.15 kGy (36).

e) **Cereales Alimenticios:** En el control de la infestación por insectos en los cereales y los granos de cacao, durante el almacenamiento es recomendable usar dosis entre 0.5 a 1.0 kGy y para reducir la carga microbiana en los granos de cacao fermentados, se utilizan dosis de 2 y 3 kGy (36).

d) **Mangos:** Para controlar la infestación por insectos se sugieren dosis entre 0.25 a 0.5 kGy. Si se desea retener la maduración y reducir la carga microbiana se debe combinar la irradiación con dosis de 0.5 a 1.0 kGy y calor (36).

e) **Carnes y Pollos:** Con el fin de prolongar el período de conservación y eliminar los microorganismos patógenos es recomendable dosis entre 2 y 4 kGy (36).

11. COMESTIBILIDAD DE LOS ALIMENTOS IRRADIADOS

El comité mixto FAO/OIEA/OMS de expertos, recalcó que la aptitud de los alimentos irradiados para el consumo humano debe juzgarse sobre la base de las siguientes consideraciones:

- Ausencia de microorganismos y toxinas microbianas nocivas para el hombre.
- Aportación nutritiva del alimento irradiado en relación con los demás alimentos consumidos.
- Ausencia de toda cantidad significativa de productos tóxicos formados en el alimento como resultado del proceso de irradiación (8).

a) **Calidad de los Alimentos que han de Irradiarse:** Como principio general, sólo deben irradiarse aquellos alimentos que antes de la irradiación respondan a normas apropiadas de calidad. Generalmente, los alimentos deben irradiarse crudos (8).

b) **Aspectos Nutricionales:** Análogamente a otras técnicas de tratamiento de alimentos, la irradiación, dependiendo de la dosis de rayos gamma recibida por el alimento, puede producir modificaciones fisicoquímicas en el producto que pueden alterar no solamente sus propiedades organolépticas, sino también la composición de los

nutrientes. Por lo tanto es importante determinar si la biodisponibilidad de los nutrientes es alterada de alguna forma (8).

B. ZANAHORIA

1. GENERALIDADES

Raíz de *Daucus Carota*, planta herbácea, con raíz carnosa napiforme o cónica, tallo con muchas ramas pubescentes que alcanzan hasta 75 cm de altura; el color de su flor es blanco o amarillo, la parte utilizada es la raíz, que comúnmente se consume como vegetal. Considerada una fuente extraordinaria de vitamina A presente en su precursor caroteno. El rango menor está presente en las zanahorias jóvenes, y los valores más altos en zanahorias maduras (2,12,30).

2. VALOR NUTRITIVO

El valor nutritivo calculado por 100 gramos de zanahoria es: 37 calorías, 1.0 % de proteína, 0.2 % de grasa, 31 mg de calcio, 0.7 mg de hierro, 1840 Unidades Internacionales (UI) de vitamina A, 0.06 mg de B1, 0.04 mg de B2, 0.6 mg de Acido Nicotínico y 6 mg de vitamina C. Contiene aceites grasos y esenciales, fécula, pectina, esparragina, mannita, ácido málico, carotina (materia colorante roja) y azúcar cristalizada (2,30).

3. EFECTOS DE LA IRRADIACION SOBRE LA ZANAHORIA

La irradiación estimula el consumo de oxígeno y la evolución de dióxido de carbono. Para explicar el aumento de la respiración, el metabolismo intermediario de los tejidos de la zanahoria irradiada fue examinada utilizando la técnica de *Radioisótopo Estándar*. Se encontró que la irradiación acelera la utilización de la mayoría de los intermediarios del ciclo de los ácidos tricarbóxicos, con la excepción del succinato (14).

C. VITAMINA A

1. CONCEPTO

El término vitamina A se usa para designar a cualquier sustancia o mezcla de sustancias que tenga actividad biológica de vitamina A: incluye el *Retinol* (o

vitamina A preformada), que es propio del metabolismo animal, y a los *Carotenoides* (provitamina A), que son pigmentos que funcionan en las plantas. Fueron descubiertos en 1913 por E. McCollum y M. Davis (2,33,37).

2. FUNCION

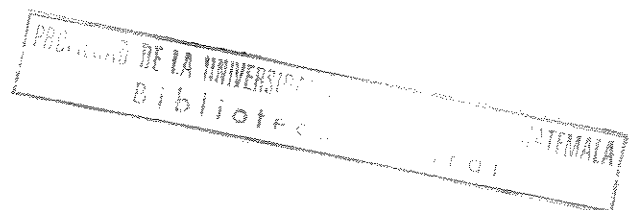
Tiene tres funciones principales: Participación en el proceso visual normal, donde una de sus formas activas (11-cis-retinal) actúa como grupo prostético de la opsina en el ciclo de la rodopsina; en la reproducción y el proceso de diferenciación celular, como la diferenciación de las estructuras epiteliales disminuyendo la formación de epitelio escamoso y estimulando la formación de epitelio mucosecretor. Contribuye también en el crecimiento y desarrollo normal de los huesos, y su deficiencia se manifiesta en el deterioro del sistema inmunológico y queratinización de los epitelios respiratorios y gastrointestinales (33, 37).

3. FUENTES

El retinol se encuentra en vísceras, especialmente en el hígado, aceites de pescado, la leche y sus derivados, y yema de huevo. Los β -Carotenos se encuentran en vegetales de hojas de color verde oscuro y hortalizas de color amarillo y naranja, ver cuadro No.1 (33,37).

4. RECOMENDACIONES

Tal como sucede con otras vitaminas, las necesidades de vitamina A van en aumento acorde a la edad del individuo y según el estado fisiológico en que se encuentre. En el cuadro No.2 se muestran las Recomendaciones Dietéticas Diarias de esta vitamina para los diferentes grupos etarios y en condiciones fisiológicas especiales (33,37).



Cuadro No.1**Contenido de Vitamina A en Algunos Alimentos Comunes**

ALIMENTOS	PORCION	CONTENIDO PROMEDIO Equivalentes de Retinol
De Origen Animal		
Hígado de Res	1 onza	2425
Vísceras de Pollo	1 onza	347
Queso Crema	1 onza	80
Crema Pura	1 onza	67
Mantequilla sin Sal	1 onza	202
De Origen Vegetal		
Zanahorias, verduras	1 unidad	704
Camote (amarillo intenso) verdura	1 onza	181
Chipilín, hojas verdes	1 onza	164
Bledo o amaranto, hojas verdes	1 onza	117
Espinaca, hojas verdes	1 onza	94
Puntas y hojas verdes de ayote	1 onza	91
Macuy o hierbamora, hojas verdes	1 onza	82
Acelgas, hojas verdes	4 hojas	88
Cebollines, verduras	1 onza	60
Güicoy maduro, verdura	1 onza	40
Berro, hojas verdes	1 onza	66
Frutas		
Mango maduro	1 unidad	164
Melón	1/2 unidad	138
Papaya	1 tajada	28
Mamey	1/2 unidad	26
Otros		
Incaparina (mezcla vegetal)	para 1 taza	270
Aceite de Palma	1 cucharada	409
Margarina	1 onza	68

FUENTE: Valor Nutritivo De Los Alimentos Para Centro América Y Panamá. Publicación INCAP F.530 (1979)

Cuadro No.2**Recomendaciones Dietéticas Diarias de Vitamina A**

EDAD EN AÑOS	PESO EN KILOGRAMOS	VITAMINA "A" (ER)
NIÑOS		
0.5-1	9	350
1.1-3	12	375
3.1-5	16.5	400
5.1-7	20.5	475
7.1-10	27	525
10-12	35	575
HOMBRES		
12.1-14	42	600
14.1-18	50	700
18.1-65	68	750
> 65	65	750
MUJERES		
12.1-14	43	575
14.1-18	45	575
18.1-65	53	625
> 65	55	625
CANTIDAD ADICIONAL EN:		
Embarazo		100
Lactancia		150

FUENTE: Enseñanza De La Lactancia Materna Y Micronutrientes En Las Universidades, Guatemala 1994

D. CAROTENOS**1. CONCEPTO**

Pigmentos vegetales derivados del isopreno, constituyendo dos grandes familias, los carotenos y las xantófilas. Los primeros son hidrocarbonados simples, mientras los segundos son homólogos hidroxilados. Existen en la naturaleza aproximadamente 600 carotenoides de los cuales solo 50 son precursores de la vitamina A. El más importante de ellos es el β -Caroteno, que se encuentra ampliamente distribuido en plantas, algas, hongos y bacterias (2,12,33,37).

E. METODOS DE DETERMINACION DE β -CAROTENOS

Desde el punto de vista nutricional, los carotenoides pueden ser activos o inactivos. Para que un carotenoide tenga actividad vitamínica, es necesario que posea, por

lo menos, la mitad de la molécula de β -Caroteno; o sea, un anillo de β -ionona no sustituido y la cadena lateral poliénica de 11 carbonos (29).

La *Cromatografía en Capa Fina* ha sido muy útil en el análisis cualitativo, especialmente cuando se desea seguir el curso de reacciones químicas, esta técnica ha tenido poca aplicabilidad en la cuantificación debido a la posibilidad de isomerización y degradación en una superficie altamente expuesta y a la dificultad de retirar completamente los carotenoides separados para su cuantificación. La *Cromatografía en Gas/Líquido* ha tenido éxito en la elucidación de estructuras pero no es apropiada para el análisis cuantitativo, debido a la termolabilidad y escasa volatilidad de los carotenoides. La *Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC)* es la técnica considerada como la más avanzada en la actualidad, sin embargo, aún necesita ser usada rutinariamente para la determinación de provitamina A. La *Cromatografía de Columna Abierta (OCC)*, es un método clásico utilizado para determinar la composición de carotenoides de alimentos (1,6,19,27,29,38).

El método de la *AOAC (Association of Official Analytical Chemists)*, es simple y lo hace muy atractivo, pero no es apropiado para determinar provitamina A en alimentos, con la excepción de hortalizas verdes (29).

El método de *COST (European Cooperation in Scientific and Technological Research)*, recomienda tres procedimientos:

- a) Carotenos en alimentos complejos,
- b) Carotenos naturales totales en frutas, hortalizas, materia vegetal in natura, y
- c) Carotenos en bebidas.

La inconveniencia de este método es, que es muy laborioso, se manipula demasiado la muestra, y es de alto costo (29).

F. ESTUDIOS REALIZADOS

En el estudio de Thomas y Janave, en 1975, encontraron que al controlar la temperatura de almacenamiento post-irradiación, la pérdida de β -Carotenos se ve

disminuida. Bhushan y Thomas, en 1990, al igual que Thomas y Janave realizaron un estudio del efecto de la irradiación gamma sobre los carotenos y su relación con el almacenamiento, encontrándose que la radiación no afecta los carotenos, como lo hace el tiempo de almacenamiento. Un estudio realizado por Mujibur Rahman, Wahed y Akabarali, en 1990, encontraron que el β -Caroteno no se pierde tanto con el tipo de cocimiento que se realice, como se pierde en la forma de cosecha de los vegetales (22).

Mitchell, et al. realizado en el año de 1990, se estudió el efecto de la irradiación gamma en mangos (Red Capsicums), con dosis entre 75 y 300 Gy no encontrándose una disminución significativa en la cantidad de carotenos. Katusin et al. realizó un estudio en 1992, donde encontraron que la irradiación gamma no afecta el nivel de carotenos en productos deshidratados del huevo, pero se ve afectado en la presencia del oxígeno. En 1992 Katusin, et al. estudiaron el efecto post-irradiación, de los cambios químicos oxidativos dependientes del tiempo en productos deshidratados del huevo, encontrándose que los carotenos no decaen después de la irradiación, sino que decaen por la presencia de aire durante el almacenamiento post-irradiación. O'neil y Schwartz en 1992, encontraron que la irradiación no provoca la isomerización del β -Caroteno en las papas. Villgrán, en 1992, realizó un trabajo con mangos, mostrándose que la radiación no afecta considerablemente la concentración de β -Carotenos (3,17,18,21,26,35,40).

III. JUSTIFICACION

En los últimos años la deficiencia de vitamina A se ha transformado en un problema de Salud Pública, debido a que es un micronutriente muy inestable a muchos factores, estando éstos factores presentes en los distintos métodos que actualmente son utilizados para la conservación de las verduras; un método alternativo y futurista en la conservación de alimentos es la Irradiación con rayos gamma, la cual mejora la calidad y durabilidad de los alimentos, siendo éste proceso, con el paso del tiempo, una técnica que vendrá a reemplazar a las actuales; como nutricionistas es necesario estudiar los efectos que tienen sobre los β -Carotenos los rayos gamma, escogiéndose para ello la zanahoria por ser un alimento rico en estos y además por tratarse de un vegetal que es consumido en un gran número de hogares guatemaltecos.

IV. OBJETIVOS

A. GENERAL

Evaluar los efectos de los rayos Gamma en diferentes dosis emitidos por el Cobalto-60 en los β -Carotenos presentes en la Zanahoria.

B. ESPECIFICOS

1. Determinar la actividad de la fuente radioactiva de Cobalto-60.
2. Irradiar los tres grupos experimentales con dosis de 100, 150 y 200 kilorad (kRad).
3. Determinar la concentración de β -Carotenos de cada uno de los distintos grupos.
4. Comparar el contenido de β -Carotenos presentes en el testigo contra los presentes en las muestras irradiadas.

V. HIPOTESIS

1. La radiación Gamma emitida por una fuente de Cobalto-60 en dosis de 100 kilorad no afecta la concentración de β -Carotenos presentes en la zanahoria.
2. La radiación Gamma emitida por una fuente de Cobalto-60 en dosis de 150 kilorad no afecta la concentración de β -Carotenos presentes en la zanahoria.
3. La radiación Gamma emitida por una fuente de Cobalto-60 en dosis de 200 kilorad no afecta la concentración de β -Carotenos presentes en la zanahoria.

VI. MATERIAL Y METODOS

A. UNIVERSO

Los cien porcientos de las zanahorias de la variedad *Daucus Carota*, vendidas en los distintos mercados y supermercados de la ciudad capital.

1. MUESTRA

2 kilogramos de zanahoria.

2. TIPO DE ESTUDIO

Retrospectivo, porque se indagó en hechos ocurridos en el pasado. *Transversal*, porque las variables se estudiaron simultáneamente, haciendo un corte de tiempo. *Experimental*, porque se introdujo un tratamiento para determinar su efecto posterior.

B. MATERIALES

1. RECURSO HUMANO

- a) Investigador (Estudiante de la carrera de Nutrición).
- b) Asesor trabajo de investigación (Dirección General de Energía Nuclear).
- c) Asesor trabajo de investigación (Universidad de San Carlos de Guatemala).

2. RECURSOS MATERIALES

- a) 11 recipientes de vidrio color ámbar.
- b) Irradiador de investigaciones marca Dynarad modelo 5L con fuente de Cobalto-60.
- c) Bomba para empaque al vacío.
- d) Espectrofotómetro UV-VIS.
- e) Guantes desechables.
- f) Balanza analítica.
- g) Reactivos utilizados en la dosimetría Fricke.
 - 0.392 g de sulfato de hierro y amonio.

- 0.058 g de cloruro de sodio.
- 12.5 ml de 0.8 N de ácido sulfúrico.
- b) 1 matraz volumétrico de 1000 ml
- y) 1 compresor de aire.

C. METODOLOGIA

1. PARA LA SELECCION DE LA MUESTRA

La muestra fue seleccionada de acuerdo a las características siguientes:

- a) Zanahorias que fueran vendidas en los mercados y supermercados seleccionados.
- b) Zanahorias que no presentaran ningún tipo de defecto, como golpes, manchas entre verde y negro, que tuvieran un tiempo de post-cosecha de diez días, con longitud de 15 centímetros, con forma cónica y con un diámetro superior de cinco centímetros.

2. PARA EL MUESTREO

El muestreo fue de tipo aleatorio. Se seleccionaron dos supermercados y dos mercados, ubicados en la ciudad capital mediante un sorteo. En cada establecimiento se adquirió medio kilo de zanahoria. Los cuatro medios kilos de zanahoria fueron mezclados, cortados en cuadritos y homogeneizados, formándose posteriormente cuatro grupos, siendo el número uno el control, el dos el que recibió 100 kilorad, el tres el de 150 kilorad y el cuatro el de 200 kilorad.

3. PROCEDIMIENTO

- a) Una vez formados los grupos, las zanahorias fueron sometidas a una limpieza profunda para eliminar todo residuo de tierra y cualquier otro producto que pudiera contaminarla.
- b) Todas las zanahorias fueron cortadas en cuadritos, ya que no todas las zanahorias tienen el mismo contenido de β -Carotenos, así de esta manera, se aseguró

que las muestras fueran lo más homogéneas posibles, se formaron luego los tres grupos que recibieron el tratamiento y el que fungió como control.

e) Cada grupo fue colocado en los frascos de vidrio previamente rotulados, como control y con las dosis que recibirían, posteriormente fueron sellados al vacío.

d) Se determinó la actividad de la fuente radioactiva de Cobalto-60 por medio del método dosimétrico de Fricke (Ver anexo No.1), ya que se tenía que estar seguro de la actividad de la fuente para no caer en error de exponerlas mayor o menor tiempo.

e) Luego de tener determinada la actividad de la fuente de Cobalto-60, se procedió a calcular el tiempo necesario que tenían que estar expuestos los distintos grupos para que recibieran la dosis de radiación deseada.

f) Luego de tener el tiempo preciso de exposición, se procedió a someterlas al tratamiento, dejando al grupo dos un tiempo de exposición de *2 horas con 42 minutos*, al grupo tres *4 horas con 3 minutos*, y al grupo cuatro *5 horas con 24 minutos* para que recibieran 100, 150 y 200 kilorad respectivamente. Se realizaron tres repeticiones de cada uno, guardando todos los grupos bajo las mismas condiciones (protegiéndolos de la luz con papel de color café y en refrigeradora). El grupo control se mantuvo envuelto en papel craft y en el refrigerador durante todo el tiempo que se irradió.

g) Se determinó el contenido de β -Carotenos utilizando el método de Cromato-grafía Líquida de Alta Resolución.

4. PARA EL ANALISIS DE DATOS

Se utilizó el modelo estadístico mostrado en el anexo No.3 (41).

VII. RESULTADOS

En los cuadros No. 3 y 4, se muestran los resultados obtenidos en la primera y segunda calibración del irradiador Dynarad por medio de la técnica dosimétrica de Fricke, respectivamente.

Cuadro No.3

Dosimetría Fricke del Irradiador Dynarad Guatemala Mayo de 1997

Radial	Repetición	Tiempo en minutos	Absorción*	T °C **	T °C ***	Dosis (Krad)
1A	1	60	1.668	25.0	25.0	46.293
2A	1	60	1.602	25.0	25.0	44.461
3A	1	60	1.568	25.0	25.0	43.517
4A	1	60	1.776	25.0	25.0	49.290
5A	1	60	1.885	25.0	25.0	52.315
6A	1	60	1.542	25.0	25.0	42.796
7A	1	60	1.698	25.0	25.0	47.125
8A	1	60	1.645	25.0	25.0	45.654
9A	1	60	1.284	25.0	25.0	35.635
10A	1	60	1.331	25.0	25.0	36.940
11A	1	60	1.334	25.0	25.0	37.023
12A	1	60	1.337	25.0	25.0	37.106
1B	1	60	1.580	24.0	25.0	44.160
2B	1	60	1.513	24.0	25.0	42.287
3B	1	60	1.596	24.0	25.0	44.607
4B	1	60	1.484	24.0	25.0	41.476
5B	1	60	1.436	24.0	25.0	40.135
6B	1	60	1.659	26.0	25.0	45.723
7B	1	60	1.498	26.0	25.0	41.286
8B	1	60	1.393	26.0	25.0	38.392
9B	1	60	1.273	26.0	25.0	35.085
10B	1	60	1.234	26.0	25.0	34.010
11B	1	60	1.277	26.0	25.0	35.195
12B	1	60	1.224	28.0	25.0	33.815

Absorbancia * rango visible a $\lambda = 305$ nm.

T °C ** = Temperatura del Espectrofotómetro.

T °C *** = Temperatura del Irradiador.

Cuadro No.4**Dosimetría Fricke del Irradiador Dynarad
Guatemala, Mayo de 1997**

Radial	Repetición	Tiempo en minutos	Absorción*	T °C **	T °C ***	Dosis (Krad)
1A	2	60	1.540	25.0	25.0	42.740
2A	2	60	1.716	25.0	25.0	47.625
3A	2	60	1.934	25.0	25.0	53.675
4A	2	60	1.635	25.0	25.0	45.377
5A	2	60	1.646	25.0	25.0	45.682
6A	2	60	1.842	25.0	25.0	51.122
7A	2	60	1.698	25.0	25.0	47.125
8A	2	60	1.612	25.0	25.0	44.739
9A	2	60	1.305	25.0	25.0	36.218
10A	2	60	1.295	25.0	25.0	35.941
11A	2	60	1.325	25.0	25.0	36.773
12A	2	60	1.926	25.0	25.0	35.968
1B	2	60	1.562	28.0	25.0	42.459
2B	2	60	1.562	28.0	25.0	42.459
3B	2	60	1.462	28.0	25.0	39.741
4B	2	60	1.338	28.0	25.0	36.370
5B	2	60	1.51	28.0	25.0	41.046
6B	2	60	1.625	26.0	25.0	44.786
7B	2	60	1.593	26.0	25.0	43.904
8B	2	60	1.465	26.0	25.0	40.376
9B	2	60	1.21	26.0	25.0	33.348
10B	2	60	1.22	26.0	25.0	33.624
11B	2	60	1.204	26.0	25.0	33.183
12B	2	60	1.25	28.0	25.0	33.978

Absorvancia * rango visible a $\lambda = 305$ nm.

T °C ** = Temperatura del Espectofotómetro.

T °C *** = Temperatura del Irradiador.

En el cuadro No. 5 se muestran los resultados obtenidos en las muestras de Zanahoria irradiadas con diferentes dosis de rayos gamma provenientes de una fuente de Cobalto-60, analizadas por medio de la técnica de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).

Cuadro No.5
Concentración de β -Carotenos Presentes
en Zanahorias Irradiadas
Guatemala, Mayo de 1997

Tratamiento	Repetición	Concentración de β -Carotenos en 100 gramos de zanahoria en peso fresco.
1 Grupo Testigo (0 Krad)	<i>a</i>	5.51
	<i>b</i>	5.63
	<i>c</i>	5.76
2 dosis de 100 Krad	<i>a</i>	5.17
	<i>b</i>	5.41
	<i>c</i>	5.65
3 dosis de 150 Krad	<i>a</i>	5.11
	<i>b</i>	5.67
	<i>c</i>	6.22
4 dosis de 200 Krad	<i>a</i>	5.00
	<i>b</i>	5.28
	<i>c</i>	5.55

VIII. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

El principio en que se basa la dosimetría de Fricke es en la oxidación de los iones ferrosos provenientes del sulfato ferroso amoniacal en una solución acuosa de ácido sulfúrico saturada con aire y bajo la influencia de la radiación.

Debido a que el agua tiene una densidad y composición atómica parecida a muchos sistemas prácticos, es el medio adecuado para realizar esta prueba. La oxidación de estos iones ferrosos a férricos es muy sensible por lo cual se utilizó agua grado reactivo (destilada y purificada en el Laboratorio de Agropecuaria de la Dirección General de Energía Nuclear) esto contribuyó a eliminar todas las impurezas que interfieren con la oxidación prematura de los iones, además se utilizaron reactivos de alta pureza, recipientes y demás equipo de laboratorio perfectamente limpio y de cristal para evitar la contaminación.

El análisis estadístico utilizado en la dosimetría fue un análisis de varianza, el cual demostró que no existe diferencia significativa entre la primera y segunda repetición, pero si existe diferencia significativa entre las posiciones de arriba y abajo, así como entre los radiales (ver anexo No.4), al aplicar la prueba de Duncan, se determinó que se absorbe mayor cantidad de radiación en la parte superior y en la lateral del irradiador.

El coeficiente de variación es de 6.4734564, lo cual demuestra que la variación entre los datos obtenidos en la dosimetría es muy poca; así como la media obtenida en la dosis de radiación es de 41.303854167 Krad. El cuadro de resultados del análisis se muestra en el anexo No. 5.

Al someter las zanahorias a irradiación con rayos gamma provenientes de una fuente de Cobalto-60 se determinó que este tipo de energía no afecta las propiedades organolépticas de las mismas, ya que pre y post irradiación conservaron el mismo color, olor, textura y sabor. Esto corrobora el estudio realizado por el Dr. Z. Y. Kertesz en el cual concluyó que la dosis óptima para conservación de la zanahoria es de 166 Krad.

En el presente estudio se corroboraron también las investigaciones realizadas por Thomas y Jonave en 1975, Bender y Thomas en 1990, Mitchel et al. en 1990, O'neil y

Schuwartz en 1992 y el de Villagrán realizado en 1992, en los cuales concluyeron que la radiación gamma no afecta la concentración de β -Carotenos significativamente. Aunque estos estudios fueron realizados en alimentos distintos a la zanahoria, tenían los factores comunes de β -Carotenos y rayos gamma provenientes de Cobalto-60.

El análisis estadístico utilizado en este estudio fue el análisis de varianza, el cual demostró que no existía diferencia significativa entre y dentro de los tratamientos, con lo cual se comprueban las hipótesis planteadas: La radiación Gamma emitida por una fuente de Cobalto-60 en dosis de 100, 150 y 200 Krad no afecta la concentración de β -Carotenos presentes en la zanahoria. Debido a este resultado no fue necesario aplicarles la prueba de Tuckey. El coeficiente de variación obtenido fue de 6.1486700, lo cual demostró que hay una diferencia no significativa entre los datos de los distintos grupos.

La media obtenida entre los doce datos fue de 5.49666667. El cuadro de resultados de este análisis estadístico se muestra en el anexo No.6.

IX. CONCLUSIONES

1. La actividad de la fuente de Cobalto-60 del irradiador Dynarad de la Dirección General de Energía Nuclear de Guatemala, determinada por el método de Fricke para el 21 de mayo de 1997 fue de 41.304 krad/hora.
2. La concentración de β -Carotenos presentes en la zanahoria no se ve afectada por la radiación gamma emitida por una fuente de Cobalto-60 expuesta en dosis de 100, 150 y 200 kilorad
3. La concentración de β -Carotenos de los distintos grupos irradiados fue de 5.49666667 mg/ 100 g de zanahoria peso fresco.

bibliografía

X. RECOMENDACIONES

1. Realizar pruebas biológicas para determinar la efectividad de la utilización de la provitamina A contenida en un alimento irradiado.
2. Realizar pruebas bioquímicas de nutrientes distintos a provitamina A en alimentos expuestos a radiación gamma provenientes de una fuente de Cobalto-60.
3. Utilizar agua grado reactivo, reactivos puros y equipo de laboratorio de vidrio para evitar contaminaciones durante la realización de la prueba dosimétrica de Fricke.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AGUILAR, J. H. et al. 1995 **Manual de prácticas de laboratorio de biomoléculas y bioquímica I** Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala sp.
2. BENDER, A. C.; 1984 **Dictionary of nutrition and food technology** Fifth Edition London Butterworths pp 48-48, 138-139.
3. BHUSHAN, B. and Thomas, P.; 1990 **Effects of gamma irradiation and storage temperature on lipoxygenase activity and carotenoid disappearance in patato.** IN: Journal of Agricultural and Food Chemistry (USA) 38(7):1586-1590.
4. BRUHN, Ch. M. and Howard G. S.; 1989 **Consumer awareness and outllok for acceptance of food irradiation.** IN: Food Technology (USA) 43(7):93-94.
5. BRYNJOLFSSON, A.; 1989 **Future radiation sources and identification of irradiated foods.** IN: Food Technology (USA) 43(7):84-89.
6. CANO, M. P.; 1991 **HPLC separation of chorophyll and carotenoid pigments of four kiwi fruits cultivars.** IN: Journal Agricultural and Food Chemistry (USA) 39(10):1786-1791.
7. ELIAS, P. S.; 1989 **New concepts for assessing the wholesomeness of irradiated foods.** IN: Food Technology (USA) 43(7):81-83.
8. FAO/OIEA/OMS 1977 **La comestibilidad de los alimentos irradiados** Informe de un Comité Mixto FAO/OIEA/OMS de Expertos Italia pp: 3-23.
9. FERNANDEZ, J.; 1990 **Efecto de las radiaciones sobre vegetales inhibición de la germinación.** Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, Cuba IN: Irradiación e Alimentos ININ, Secretaría de Salud, OPS y OMS México D.F. 7-9 de Noviembre pp: 122-123.
10. GOODMAN, B. A., McPhail, D. B. and Duthie, D. M. L.; 1989 **ElectronnSpin resonance spectroscopy of some irradiation foodstuffs.** IN: Journal Science Food Agriculture (USA) 35(8):101-111.
11. HALL, R. L.; 1989 **Commercialization of the food irradiation process.** IN: Food Technology (USA) 43(7):90-92.
12. HEINANEM, M. I. 1990 **Carotenoids and provitamin A activity of carrot (*Daucus Carota L.*) cultivars.** IN: Journal of Agricultural and Food Chemistry (USA) 38(3):609-611.
13. International Atomic Energy Agency. 1982 **"Basic safety standars for radiation protection"** IN: Safety Series No. 9 Vienna s.p.i. pp: 10-17.
14. _____ 1968 **Preservation of fruit and vegetable by radiation.** IN: Panel Proceedings Series Vienna pp: 150.

15. JESSUP, A. J. Rigney, Ch. J. and Wills, P. A.; 1988 **Effects of gamma irradiation with hot dipping on quality of "kensington pride" mangoes.** IN: Journal of Food Science (USA) 53(5):1486-1489.
16. KAREL, M. 1989 **The future of irradiation applications on earth and in space.** IN: Food Technology (USA) 43(7):95-97.
17. KATUSIN-RAZEN, B. Mihaljevie, B. and Razem, D.; 1992 **Radiation induced oxidative chemical changes in dehydrated eggs products** IN: Journal off Agricultural and Food Chemistry (USA) 40(4):662-668.
18. _____ 1992 **Time dependent postirradiation oxidative chemical changes in dehydrated eggs products.** IN: Journal off Agricultural and Food Chemistry (USA) 40(10):1948-1952.
19. KIRCHNER, J.; 1978 **Thin-layer Chromatography** 2nd Ed. New York, John Wilay and Sons Inc. pp: 801-807.
20. LOAHARANU, P.; 1989 **International trade in irradiation foods: regional status and outlook.** IN: Food Technology (USA) 43(7): 77-80.
21. MITCHELL, G. E. McLauchlan, R.L. Beattie, T. R. Banos, C. and Guillen, A.A. 1990 **Effect of gamma irradiation on the carotene of mangoes and red capsicums.** IN: Journal of Food Science: an Official Publication of the Institute of Food Technologists (USA) 55(4): 1185-1186.
22. MUJIBUR RAHMAN, M. Wahed, M. A. and Akabarali, M.; 1990 **β -Carotene losses during different methods of cooking green leafy vegetables in bangladesh.** IN: Journal of Food Compotition and Analysis 3(1): 47-53.
23. MUÑOS, B. R. 1985 **Tipos de instalación para irradiación de alimentos** IN: Preservación de Alimentos por Irradiación Escuela Politécnica Nacional Quito. Ecuador pp: 215-219.
24. O'-MAHONY, M. A. P., Schweigert, B. S. and Barrett E. L.; 1990 **Preservation of foods by gamma irradiation.** IN: Inter Departamental University of California (USA) sp.
25. OMS/OPS 1962 **"Manual del curso básico de protección contra las radiaciones ionizantes"** Cooperación de la Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina regional de la Organización Mundial de la Salud. Washington D.C. (USA) spi pp: 51-55.
26. O'NEIL, C.A. and Schwartz, S. J. 1992 **Effect of gamma irradiation on isomerization of beta-carotene in sweet patato.** IN: Journal of Food Quality (USA) 15(5):315-320.
27. PABLO, I. S., Manolo, J. A. y Cardeño V. A. 1971 **Sensory chemical and nutritional evaluation on the effect of ionizing radiation on mangoes.** IN: Desinfestation of Fruit by Irradiation IAEA Vienna pp: 101-111.
28. PINO, I. et al. 1992 **"Curso regional de capacitación OIEA/FAO en el uso de isótopos y técnicas de radiación en estudios de productividad de suelo y plantas"** Santiago de Chile, Chile s.p.i. pp: 12-21.

29. RODRIGUEZ-AMAYA, D. L. y Amaya-Farfán, J.; 1992 **Estado actual de los métodos analíticos para determinar provitamina A.** IN: Archivos Latinoamericanos de Nutrición 42(2): 180-189.
30. ROJAS, U. 1990 **Elementos de botánica general** Guatemala Ed. Hispanoamericana v 3 pp 1094-1095.
31. RUBIO, T. 1990 **Aplicaciones de la irradiación de alimentos, Comisión Chilena de Energía Nuclear Chile.** IN: Irradiación de Alimentos ININ. 7-9 Noviembre pp: 51-52.
32. _____ 1990 **Irradiación de alimentos: una tecnología viable para países en desarrollo, Comisión Chilena de Energía Nuclear Chile.** IN: Irradiación de Alimentos ININ, Secretaría de Salud, OPS y OMS México 7-9 de Noviembre pp: 20-25.
33. SALAZAR, J.; 1995 **Importancia nutricional de la vitamina A.** IN: Seminario Taller: Cuantificación de Vitamina A en Vegetales. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC Guatemala pp: 7-9.
34. SANCHEZ, M. 1985 **Conceptos básicos de estructura atómica y molecular.** IN: Preservación de Alimentos por irradiación Escuela Politécnica Nacional Quito Ecuador pp: 5-6 y 8-9.
35. THOMAS, P. and Janave, M. T.; 1975 **Effect of gamma irradiation and storage temperature on carotenoids and ascorbic acid content of mangoes on ripening.** IN: Journal of the Science of Food and Agriculture (UK) 26(10): 1503-1512.
36. URBAIN, W. M.; 1989 **Food irradiation: the past fifty years as prologue to tomorrow.** IN: Food Technology (USA) 43(7):92.
37. USAID, et al. 1994 **Vitamina A** IN: Enseñanza de la Lactancia Materna y Micronutrientes en las Universidades, Taller Subregional Guatemala pp 2-50.
38. VELASQUEZ, R. D.; 1995 **Métodos para cuantificación de vitamina A.** IN: Seminario Taller: Cuantificación de Vitamina A en Vegetales. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC Guatemala pp: 15-17.
39. VASH, K.; 1970 **The necessity of practical studies on irradiation of fresh fruits and vegetables** IN: U.S. Army Foreign Science and Technology Center sp.
40. VILLAGRAN, C.; 1992 **Irradiation of mangoes of the variety "Tommy Atkins" for shelf-life extension and pest control** Dirección General de Energía Nuclear Guatemala. IN: International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria; Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy sp.
41. WALLS SEBASTIANELLI, J. 1986 **Estadística de conteo por centelleo líquido.** IN: Manual de Laboratorio, Sección de Biotecnología, Laboratorio de Seibersdorf Vienna Austria pp: 3-7.

XII. ANEXOS

ANEXO No.1

DOSIMETRO DE FRICKE

Es un sistema químico acuoso de uso relativamente simple. Constituye un sistema estándar secundario para dosimetría, es muy reproducible y ha sido calibrado con alta precisión teniendo como referencia dosímetros calorimétricos.

En operaciones de dosimetría dentro del proceso de irradiación de alimentos, el dosímetro de Fricke o dosímetro acuoso de sulfato ferroso, se emplea como un sistema de medición de referencia para calibración de campos de radiación y de la respuesta de dosimetría de rutina (efecto vs. dosis de radiación).

CALCULO DE LA DOSIS DE IRRADIACION CON EL EMPLEO DE LA SOLUCION DOSIMETRICA DE FRICKE

Para el cálculo de la dosis absorbida por la solución dosimétrica, se emplea la siguiente ecuación:

$$D = \left(\frac{\Delta A \cdot N_A}{\rho \cdot G \cdot \epsilon \cdot d} \right) \frac{b}{k}$$

donde:

D = dosis absorbida en grays (Gy)

ΔA = cambio en la absorbencia de la solución A = 305 nm a 25°C de temperatura

N_A = número de avogadro = $6.022 \cdot 10^{23}$ átomos mol⁻¹

ρ = densidad de la solución dosimétrica de Fricke = $1.024 \cdot 10^3$ kg m⁻³ a 25°C de temperatura

G = valor G (producción o degradación de moléculas, inducida por la radiación por cada 100 eV de energía depositada en el sistema; da un índice de la linealidad en la respuesta del dosímetro).

$$G_{\text{fricke}} = G \text{ Fe}^{+3} = 9.74 \cdot 10^{17} \text{ J}^{-1} (15.6 \cdot 10^{-2} \text{ eV}^{-1})$$

ϵ = coeficiente de extensión molar = 305 nm y T = 25°C de los iones Fe⁺³

$$\Sigma \text{ Fe}^{+3} = 219.5 \text{ m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

d = el cambio óptico de la luz incidente dentro del espectrofotómetro $d = 0.01\text{m}$

k = factor de conversión de unidades de volumen; $k = 1$

b = factor de conversión de unidades de energía; $b = (1 \text{ Gy} \cdot \text{kg} \cdot \text{J}^{-1}) = 1$

El valor de $\Sigma \text{Fe}^{+3} = 219.5 \text{ m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$, debe ser corregido aplicando un coeficiente térmico durante espectrofotometría de +0.7% por cada grado celsius de elevación de temperatura sobre 25°C.

$$D = \left(\frac{\Delta A \cdot NA}{\rho \cdot G \cdot \Sigma D} \right) \left(\frac{b}{k} \right) \left(\frac{1}{1+0.007(t-25)} \right)$$

PREPARACION DE LA SOLUCION DOSIMETRICA DE FRICKE

Disuelva 0.392g de sulfato de hierro y amonio $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ y 0.058g de cloruro de sodio (NaCl) en 12.5 ml de 0.8N de H_2SO_4 . Diluya a 1 litro en un matraz volumétrico usando 0.8N de H_2SO_4 a 25°C. Las concentraciones finales e los componentes de la solución son:

0.001M $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0.001M NaCl y 0.8N H_2SO_4 .

Esta solución no es completamente estable, pero puede ser almacenada en una botella de vidrio limpia, oscura y provista de una tapa de vidrio esmerilado, por un tiempo máximo de ocho semanas. Un incremento marcado en la absorvancia de la solución no irradiada, $\lambda = 305 \text{ nm}$ indicará que la respuesta de la solución dosimétrica no es cuantificable por más tiempo.

Para preparar el 0.8N H_2SO_4 , disuelva 22.5 ml de H_2SO_4 concentrado (densidad de $1.84\text{g}/\text{cm}^3$) en agua tri-distilada, hasta obtener 1 litro de solución en un matraz volumétrico.

Los limitantes de presión en la determinación de la dosis absorbida con el empleo de la solución dosimétrica de Fricke se encuentran dentro del $\pm 1\%$, si se toman las precauciones adecuadas, especialmente respecto a la limpieza de los materiales de vidrio utilizados y si la pureza de los reactivos empleados en su preparación se toma en cuenta.

ANEXO No.2

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DE β -CAROTENOS POR MEDIO DE CROMATOGRAFIA LIQUIDA DE ALTA RESOLUCION (HPLC)

A. PARA LA EXTRACCION

1. Pesar la muestra y realizar la extracción con acetona.
2. Se transfieren los carotenos a éter de petróleo en una ampolla de separación con lavados sucesivos de agua destilada.
3. Llevar la solución al volumen requerido.

B. CROMATOGRAFIA EN COLUMNA

1. Se pasa una quinta parte de la solución de carotenos en una columna de MgO: Hyflo Supercel de 60 * 9 mm y sulfato de sodio anhidro utilizando un poco de vacío y eluyendo con acetona 5% en éter de petróleo.
2. El eluido se evapora con nitrógeno a sequedad en una campana de gases.

C. CROMATOGRAFIA HPLC

1. Al sólido se le adiciona solución estándar de Sudan I y se evapora a sequedad.
2. Se agrega acetona, se mezcla y se filtra para realizar la cromatografía en HPLC.
3. Se lleva a cabo la cromatografía con las siguientes condiciones generales:
 - a) Solvente: Metanol:Acetonitrilo: Tetrahidrofurano (56:40:4)
 - b) Flujo: 2 ml/minuto
 - c) Atenuación: 0.002 uA/mv
 - d) Atenuación DS: 3
 - e) Columna: Lichrospher 100 C18 50m(250*4mm I.D.O. 25 mm O.D)
 - f) Dirección: Ultravioleta-visible:254nm
 - g) Fluorescencia: Ex.325 nm / Em. 465nm

ANEXO No.3

A. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se determinará la concentración de β -Carotenos presentes en las zanahorias (*Daucus Carota*) expuestas a los rayos gamma emitidos por el Cobalto-60. Los tratamientos involucrados en este diseño, se definen como siguen:

T - 1	TESTIGO
T - 2	IRRADIADOS A 100 KILORAD
T - 3	IRRADIADOS A 150 KILORAD
T - 4	IRRADIADOS A 200 KILORAD

Se considera un diseño completamente al azar, con tres repeticiones cada uno, las mediciones serán efectuadas aleatoriamente.

B. ANALISIS DE VARIANZA

La realización de este análisis, determinará la existencia de diferencias significativas en la concentración de β -Carotenos en los distintos tratamientos.

C. MODELO ESTADISTICO

El modelo estadístico del diseño experimental es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = Variable respuesta (Efecto de la radiación) observada en la repetición "j" del tratamiento "i".

μ = Efecto de la media general.

τ_i = Efecto del i - ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la ij - ésima unidad experimental.

HIPOTESIS ESTADISTICA:

H_0 : $[\delta^2\tau] =$ La radiación gamma de Cobalto-60, aplicada en una dosis de 100 kilorad, sí

afecta la concentración de β -Carotenos presentes en la zanahoria.

La radiación gamma de Cobalto-60, aplicada en una dosis de 150 kilorad, sí afecta la concentración de β -Carotenos presentes en la zanahoria.

La radiación gamma de Cobalto-60, aplicada en una dosis de 200 kilorad, sí afecta la concentración de β -Carotenos presentes en la zanahoria.

SUMATORIA DE CUADRADOS (SC) Y CUADRADO MEDIOS (CM)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	SC	CM	F Observada
τ	$a - 1$	SCA	$CMA = \frac{SCA}{a - 1}$	CMA / CME
ϵ	$a(n - 1)$	SCE	$DMA = SCE/a(n-1)$	
TOTAL	$an - 1$	SCT		

Donde:

$$SCA = a - 1 = \sum_{i=1}^{\alpha} \frac{Y_i^2}{n} - \frac{Y^2}{\alpha n}$$

$$SCE = a(n-1) = \sum_{i=1}^{\alpha} \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^{\alpha} \frac{iY^2}{n}$$

$$SCT = an-1 = \sum_{i=1}^{\alpha} \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{\alpha n}$$

Donde:

a = Número de tratamientos.

n = Número de repeticiones.

SCA = Suma de cuadrados de τ .

SCE = Suma de cuadrados de ϵ .

SCT = Suma de cuadrados totales.

CMA = Cuadrados medios de τ .

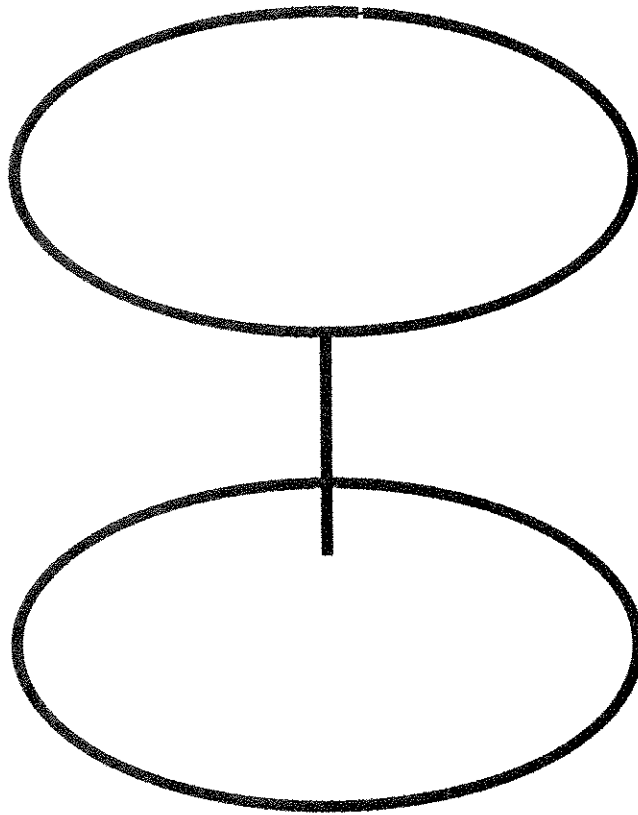
CME = Cuadrados medios de ϵ .

D. **EVALUACION DE LA HIPOTESIS**

Si la F observada es menor que la F crítica (1%) (Concentración de β -Carotenos en el testigo) se procederá a aceptar H_0 . Si la F observada es mayor o igual a la F crítica, se efectuarán pruebas de comparaciones múltiples para determinar cual o cuales valores de T_i afectan en forma diferente a Y_{ij} , para determinar el T_i óptimo.

ANEXO No. 4

**Gradilla Utilizada en la Dosimetría Fricke
Guatemala, Mayo de 1997**



ANEXO No.5

**Análisis de Varianza Dosimétrica
Guatemala, Mayo de 1997.**

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	Pr > F
Bloque	1	76.68435	76.68435	0.11	0.7462
Posición	1	20706.44380	20706.44380	28.96	0.0001
Radial	11	92522.44412	8411.13128	11.77	0.0001
Posición por Radial	11	7186.35192	653.30472	0.91	0.5433


**Prueba de Duncan
Guatemala, Mayo de 1997.**

Agrupamiento Duncan	Medianas	Radial
A	46.107	6
A	45.385	3
A	44.860	7
A	44.794	5
A	44.208	2
A	43.913	1
A	43.128	4
B	42.290	8
B	35.544	11
B	35.217	12
B	35.129	10
B	35.072	9


ANEXO No.6

**Análisis de Varianza Concentración
de β -Carotenos Presentes en la Zanahoria
Guatemala, Mayo de 1997.**

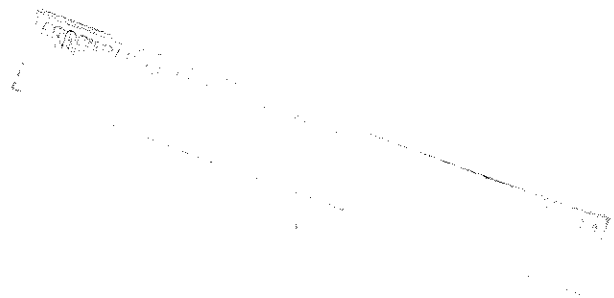
Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	Pr > F
Tratamiento	3	0.31046667	0.10348889	0.91	0.4797
Error	8	0.91380000	0.11422500		
Total	11	1.22426667			



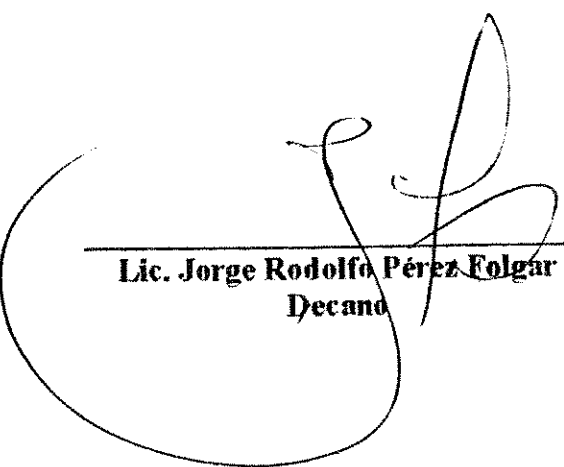
Sergio Victor Hugo Pérez López
Autor



Ing. Químico Juan José López Argueta
Asesor



Lic. Julieta Salazar de Ariza
Directora



Lic. Jorge Rodolfo Pérez Folgar
Decano