

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE QUIMICA

---



PRESERVACION DE PAPAYAS Y PIÑAS POR  
RADIACION GAMMA DE COBALTO - 60

TEMA DE TESIS

Que para obtener el Título de  
Q U I M I C O  
P r e s e n t a

HERMILA LLAVEN NUCAMENDI

1 9 7 7



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

.. Tesis 1977  
100 M-244 239  
ECHA \_\_\_\_\_  
CNC \_\_\_\_\_  
: \_\_\_\_\_



QUIMICA

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE PROF.: ENRIQUE GARCIA GALIANO

V O C A L PROF.: LUIS GALVEZ CRUZ

SECRETARIO PROF.: LUIS CABRERA MOSQUEDA

1er. SUPLENTE PROF.: RUBEN ORTEGA CARMONA

2o. SUPLENTE PROF.: RUBEN BERRA GARCIA-COSS.

Esta tesis fue desarrollada en el CENTRO DE ESTUDIOS NUCLEARES en la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

Dirigida por el M. en C. LUIS CABRERA MOSQUEDA

Y realizada por: HERMILA LLAVEN NUCAMENDI.



## R E S U M E N

El objeto del presente trabajo es el de estudiar algunos de los cambios físicos, organolépticos y químicos más importantes que se efectúan en algunas variedades de papayas y piñas almacenadas después de irradiar, a fin de determinar el nivel de dosis de irradiación más adecuado para procurarles un aumento, de vida útil. Así como determinar los cambios atribuibles a las dosis de irradiación, empleadas, comparando los resultados obtenidos con los de las frutas no irradiadas, las cuales se consideraron como de "CONTROL" .

La fuente de radiación utilizada en éste trabajo fue un GAMMABEAM-650 con una actividad de 43 000 Ci hacia las fechas en que fue utilizada, el cuál se encuentra instalado en el Centro de Estudios Nucleares de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Las frutas estudiadas fueron PAPAYAS de variedad AMARILLA cosechadas en la población de Paso Mariano, en el estado de Veracruz a 420 Km del lugar de su estudio y fueron irradiadas al día siguiente de su cosecha. Con el fin de encontrar el nivel de dosis adecuado se utilizó un lote de 50 papayas, escogidas al azar, en las cuales se hicieron pruebas tentativas aplicándoles dosis que fueron desde los 5 hasta los 80 Krad y del resultado de éstas pruebas se determinaron las dosis adecuadas para el desarrollo del

trabajo. En seguida se escogieron 150 frutos completamente al azar y se dividieron en 3 grupos de 50 papayas cada uno, dividiendo a su vez cada uno de éstos grupos en 5 subgrupos de 10 frutos cada uno, irradiándolas con las dosis ya seleccionadas, de la manera siguiente: GRUPO 1, 0 Krad (el control); GRUPO 2, 10 Krad; GRUPO 3, 20 Krad; GRUPO 4, 40 Krad; GRUPO 5, 80 Krad. Después se almacenaron en cámaras de maduración a  $50\% \pm 5\%$  de humedad relativa y de  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  de temperatura, analizándolos a intervalos de 2, 6, 9, 12 y 15 días después de la irradiación. Este proceso se efectuó en tres ocasiones, estudiándose los cambios en el pH, Acidez Total, Azúcares Reductores, Maduración, sabor y Aspecto, tanto de las frutas irradiadas como las de control.

Las PIÑAS estudiadas fueron de la variedad CAYENA; y se cosecharon en la población de Linda Vista, municipio de Tesechoacán, estado de Veracruz a 500 Km del lugar de irradiación y estudio.

Se efectuaron también pruebas tentativas a los niveles de dosis de 0 a 120 Krad, a fin de encontrar el nivel adecuado de irradiación. Y como conclusión de los resultados de las mismas, se optó por irradiar 3 lotes divididos a su vez en 5 grupos del mismo modo que las papayas a las dosis de 0, 30, 60, 90 y 120 Krad, respectivamente, se almacenaron también en las mismas condiciones que las papayas y se analizaron a los 2, 7, 11, 15, 19 y

23 días después de la irradiación, analizándose los mismos parámetros que en las papayas y con los mismos métodos.

Los resultados obtenidos del estudio de las papayas fueron: la dosis considerada más adecuada para la preservación de ésta fruta se encontró entre los 10 y 20 Krad. No encontrándose ningún cambio considerable en el contenido de Azúcares Reductores, en el pH, y un cambio poco considerable en los valores de acidez total titulable. Con el avance de la maduración, aumentó el contenido de Azúcares y el pH.

Los resultados obtenidos en las piñas fueron los siguientes: se consideró la dosis más adecuada entre los 30 y 60 Krad. No encontrándose ningún cambio considerable en los valores de pH y aceptabilidad por sabor. En cambio se encuentra un cambio considerable en los efectos producidos en los valores de acidez total titulable y Azúcares Reductores. Con el avance de la maduración aumentó el contenido de acidez total titulable. La menor pérdida de peso se encontró en las piñas irradiadas con dosis de 0 a 30 Krad y la mayor en la dosis de 120 Krad.

Así mismo se determinó con el tratamiento de irradiación, a las dosis recomendadas se disminuye el daño causado por la infestación microbiana, obteniéndose una mejoría en la apariencia general de las frutas durante el perí-

odo de su almacenamiento.

Esta tesis se realizó gracias al patrocinio del ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA, LA ORGANIZACION PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION ( O. I. E. A. - F. A. O. ) y el CENTRO DE ESTUDIOS NUCLEARES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, bajo el contrato de investigación No. 972/R1/RB.

Expreso mi más sincero agradecimiento al M. en C. MANUEL NAVARRETE TEJERO, por haber permitido elaborar ésta tesis en el Laboratorio de Química Nuclear del Centro de Estudios Nucleares de la U. N. A. M. durante su digno cargo.

Lo expreso también al M. en C. LUIS CABRERA MOSQUEDA, por su dirección y valiosa ayuda en la preparación y revisión de ésta tesis.

Así mismo al Químico JOSE ANTONIO AZAMAR y a su esposa LUZ DEL CARMEN por su orientación y valiosa ayuda para el desarrollo de ésta tesis.

Al M. en C. VICTOR MANUEL LOYOLA VARGAS y a todo el personal del Laboratorio de Química Nuclear agradezco su valiosa cooperación.

A JONATHAN POR SU AMOR  
Y COMPRENSION.

A DAVID JONATHAN Y  
A DANIEL SOL LLAVEN  
CON CARIÑO.

A MIS PADRES Y HER-  
MANOS POR EL CARIÑO  
QUE SE MERECEEN.



## CONTENIDO

	Página
Resumen-----	i
Lista de Ilustraciones-----	xi
Lista de Tablas-----	xii

## CAPITULO I

1.0 Antecedentes-----	1
1.1 Métodos convencionales de Preservación de frutas-----	3
1.2 Preservación por Irradiación-----	28
1.3 Combinación de Métodos-----	37
1.4 Utilidad del tratamiento de Irradiación-----	38

## CAPITULO II

2.0 Estudio Monográfico-----	40
2.1 La Papaya-----	40
2.2 La Piña-----	46

## CAPITULO III

3.0 Materiales y Métodos-----	52
3.1 Papayas-----	52
3.2 Piñas-----	53
3.3 Fuente de Irradiación-----	53
3.4 Espectrofotómetro-----	54
3.5 Cámara de Maduración-----	57

	Página
3.6 Dosimetría-----	57
3.7 Determinación de Parámetros-----	61
C A P I T U L O    I V	
4.0 Resultados y Conclusiones-----	69
C A P I T U L O    V	
5.0 Bibliografía-----	80

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	Página
Fig. No. 1 -----	31
Fig. No. 2 .- Penetración relativa de radiación $\alpha$ , $\beta$ y $\gamma$ .-----	31
Fig. No. 3 .- Gammabeam-650 -----	55
Fig. No. 4 .- Consola de Mando del Gammabeam-650--	55
Fig. No. 5 .- Vista Transversal de la Fuente-----	56
Fig. No. 6 .- Vista de la Distribución de los Dosímetros-----	59
Fig. No. 7 .- Vista transversal de la Distri- bución de los Dosímetros-----	60
Fig. No. 8 .- Curva de Calibración de Azúcar-----	67

## LISTA DE CUADROS

	Página
CUADRO 1 -----	4
CUADRO 2 -----	5
CUADRO 3 -----	16
CUADRO 4 -----	17
CUADRO 5 -----	18
CUADRO 6 -----	19
CUADRO 7 -----	22
CUADRO 8 -----	44
CUADRO 9 -----	51
CUADRO 10 -----	63
CUADRO 11 -----	70
CUADRO 12 -----	71
CUADRO 13 -----	73
CUADRO 14 -----	75
CUADRO 15 -----	76
CUADRO 16 -----	78

## C A P I T U L O I

## 1.0

## A N T E C E D E N T E S

Es un hecho histórico que el hombre siempre ha buscado la forma más adecuada y económica para conservar sus cosechas, para la época improductiva del año. Aún sin conocer las causas del deterioro de sus alimentos fué encontrando diferentes formas para alargar la vida útil de ellos, conservándolos, en buenas condiciones. Así a través del tiempo se han ideado diferentes procedimientos para su conservación; desecándolos, fermentándolos, encurtiéndolos, salándolos, refrigerándolos, envasándolos, congelándolos, almacenándolos, en frío y seco, utilizando concentraciones azucaradas (dulces y jaleas), empleando conservadores químicos, aún la coccion y el uso de especies son medios rápidos para preservar alimentos, etc.

A principios del siglo XX hacia 1940, fue avizorada la posibilidad de conservar comestibles mediante la radiación siendo éste el método más reciente para la preservación de los alimentos, método que sólo o combinado con los anteriores adquiere gran eficacia.

(Actualmente ha aumentado grandemente el interés mundial por el estudio de la preservación de alimentos por medio de la radiación, debido al acelerado crecimiento de la población mundial y la urgente necesidad de aprovechar

al máximo la totalidad de los alimentos con un mínimo de desperdicio de las cosechas de granos o frutos.

En nuestro país en las regiones tropicales es en donde y de manera especial son más necesarios los estudios concernientes para hacer posible la aplicación de los procesos de irradiación, por ser éstas zonas las productoras de frutas como la papaya y la piña, las que por su corta vida útil sufren considerables daños y mermas, perdiéndose grandes cantidades de las mismas debido a su deficiente manejo, almacenamiento y transporte.

Es pues urgente el encontrar soluciones para disminuir estas pérdidas, que ocurren en momentos de gran escasez mundial y nacional de alimentos, y de esta manera contribuir en parte a resolver la precaria situación de muchos semejantes nuestros y para coadyugar el desarrollo económico de México.

## 1.1 METODOS CONVENCIONALES DE PRESERVACION DE FRUTAS

En la continua lucha del hombre por conservar sus alimentos en buen estado, ha encontrado diversos métodos, los cuales ha utilizado durante siglos y la han ayudado a resolver parcialmente el problema de su alimentación en los períodos naturales de escasez y sequía, algunos de dichos métodos son los siguientes:

### DESECACION.

Este método surgió como una enseñanza directa de la naturaleza al hombre, quien al observar la forma como el sol, deseca las semillas y algunas frutas y vegetales aún antes de ser cosechadas y sin la intervención del hombre. Este método relativamente rudimentario, consiste en colocar los comestibles cerca del fuego para que sean secados por el calor de éste, o bien esparcirlos en capas delgadas expuestas al sol protegiéndolos de la lluvia y la humedad.

A fines del siglo XVIII y debido al crecimiento de la población mundial ya no fue posible depender del secado como método para ayudar a la naturaleza en la conservación de los alimentos, surgiendo así el secado artificial.

### DESHIDRACION. (secado artificial)

Este método tiene como principio básico el seca-

do aunque ayudado por una tecnología incipiente. Hacia 1975 MASSON y CHALLET construyeron un deshidratador para hortalizas cortadas en porciones delgadas y colocadas en su interior en el cual se soplaba aire calentado a 41 °C.

En la industria alimentaria la deshidratación ha asumido el nombre de DESECACION ARTIFICIAL (9).

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA DESECACION.- En el secado de los alimentos, éstos pierden gran cantidad de humedad lo cual hace que aumente la concentración de nutrientes en el alimento. Encontrándose que las proteínas, grasas y carbohidratos están presentes en mayor cantidad por unidad de peso en los alimentos secados que en su estado fresco; sin embargo encontramos que hay una pérdida de vitaminas, el grado de destrucción de las vitaminas dependerá de la preparación del producto que se trate, como por ejemplo la leche seca empacada al vacío retiene una buena cantidad de vitamina A, pues las pérdidas de vitaminas en este caso son de orden más bajo que en el caso de frutas y hortalizas. Como puede verse en los siguientes cuadros 1 y 2, donde se compara el contenido en % de nutrientes de alimentos secos y frescos (9).

#### C U A D R O 1

##### COMPOSICION EN PORCIENTO

CHICHAROS	FRESCOS	SECOS
-----------	---------	-------



Proteínas	7	25
Grasas	1	3
Carbohidratos	17	65
Humedad	74	5
Cenizas	1	2

C U A D R O 2

COMPOSICION EN PORCIENTO

RES ( solomillo)	FRESCA	SECADA
Proteínas	20	55
Grasas	10	30
Carbohidratos	1	1
Humedad	68	10
Ceniza	1	4

Algunas de las frutas que son deshidratadas comercialmente en la actualidad son las siguientes: Manzanas Chabacanos, Duraznos, Néctares, Peras, Ciruelas, Uvas, Higos y Plátanos.

FERMENTACION Y ENCURTIDO.

Desde hace más de cuatro mil años la humanidad ha practicado la conservación de alimentos utilizando organismos desconocidos, invisibles, activos y vivientes; en la fabricación del vino, el horneado del pan y la manufac-

tura del queso. Sin embargo hasta hace un siglo aproximadamente fueron descubiertos e identificados los microorganismos como agentes importantes en la descomposición de los alimentos.

Aunque el principio fundamental de la conservación de los alimentos es el inhibir el crecimiento de los microorganismos, no todos éstos son perjudiciales, y algunos son usados comunmente en la conservación de los alimentos.

Antiguamente se empleó el término FERMENTACION para describir la condición de burbujeo o ebullición vista en la producción del vino. Después del descubrimiento de Pasteur, la palabra fue usada en relación con la actividad microbiana t el final con la actividad enzimática (9).

Los carbohidratos son la fuente principal de energía para los organismos vivos. El metabolismo intermedio de los carbohidratos se divide en ciertos procesos aeróbicos como la respiración, proceso en el que los carbohidratos son convertidos aeróbicamente en bióxido de carbono y agua, produciendo grandes cantidades de energía en forma de ADENOSIN TRIFOSFATO; y en una fase anaeróbica, para la cual generalmente se utiliza el término GLICOLISIS para mencionar la degradación anaeróbica de los carbohidratos en la célula viva. Por otro lado, la degradación anaeróbica de los carbohidratos que se produce en levaduras se

ha llamado FERMENTACION ALCOHOLICA, este proceso produce como compuestos finales bióxido de carbono y etanol. Las reacciones involucradas son idénticas con excepción de los pasos inicial y final, donde se encuentran distintas sustancias reactivas y distintos productos (11).

La PUTREFACCION es la degradación anaérobica de los materiales proteínáceos, por lo tanto la diferencia entre putrefacción y fermentación es que la fermentación es una descomposición por acción microbiana o bien enzimática sobre carbohidratos; y la putrefacción relaciona la acción general de los microorganismos sobre los materiales protéicos.

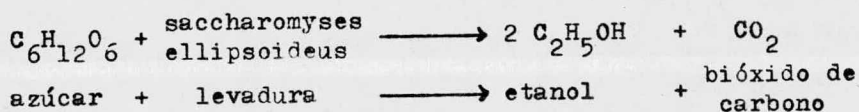
ENCURTIDO es una fermentación pútrica; más bien una fermentación contaminada, así pues los encurtidos resultan de desarrollos microbianos que descomponen las proteínas, más que la fermentación normal de carbohidratos a ácido (9).

Existen diferentes tipos de fermentación de azúcares pues los microorganismos pueden fermentar azúcar por:

- a) Oxidación completa.- Las bacterias y los mohos tienen la capacidad de convertir la glucosa (azúcar) en bióxido de carbono y agua. Pocas levaduras pueden ejercer esta acción.

b) Oxidación Parcial.- Esta es una fermentación muy común. En este caso el azúcar puede ser convertido en ácido. Finalmente el ácido puede ser oxidado para dar bióxido de carbono y agua, así se permite que ocurra, por ejemplo, algunos mohos son usados en la producción de ácido cítrico de soluciones de azúcar.

c) Fermentación Alcohólica.- Esta es producida por levaduras las cuales convierten aldehídos y alcoholes (más eficientes). La levadura SACCHAROMYSES ELLIPSOIDEUS es de gran importancia en la industria de las fermentaciones acohólicas. El cambio que ocurre se describe en la siguiente ecuación:



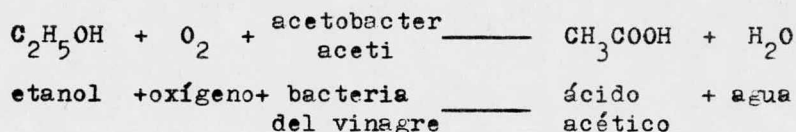
También muchas especies de bacterias y mohos son capaces de producir alcohol.

d) Fermentaciones butíricas.- Estas son menos útiles por las desventajas que presenta, pues los microorganismos son anaeróbicos y éstos a la vez son capaces de infectar al hombre.

f) Existen otras acciones fermentadoras que generalmente son menos aceptadas que las anteriores pues pueden ser capaces de atacar altos carbohidratos como la celulosa,

hemicelulosa, pectina y almidón pero dañan la textura, el sabor y la calidad de los alimentos tratados.

g) Fermentación acética.- Esta es una fermentación secundaria pues se forma ácido acético después de la oxidación del alcohol por la bacteria del vinagre en presencia del oxígeno del aire. El cambio que ocurre se describe en la siguiente ecuación:



Los productos lácteos. La leche y los productos de la leche son altamente perecederos. En la manufactura del queso se emplea una enzima fermentadora del cuajo, que se encuentra en el estómago de cabra u oveja, ésta enzima es capaz de coagular la leche. La producción comercial del queso, es una modificación de esta antigua práctica de control cuidadoso sobre la fermentación, pues en todos los casos de fermentación se necesita de un riguroso control de los siguientes factores: pH, fuente de energía, disponibilidad de oxígeno, temperatura y la concentración de cloruro de sodio (en algunos casos).

ENCURTIDO DE FRUTAS Y LEGUMBRES.- Este consiste en poner las frutas y hortalizas frescas en soluciones acuosas durante 24 hs para que se ablanden y comenzar con

una mezcla de fermentación-putrefacción lenta.

Existen diferentes tipos de encurtidos como los encurtidos salados, encurtidos dulces y encurtidos agrios.

**DESCOMPOSICION DE LOS PRODUCTOS FERMENTADOS Y ENCURTIDOS.**- Los productos así procesados deben estar continuamente vigilados pues se descomponen rápidamente. En general es necesario que sean protegidos contra los mohos. También deben protegerse de las pérdidas de calidad debidas a los agentes microbianos y químicos.

**VALOR NUTRITIVO DE LOS PRODUCTOS FERMENTADOS Y ENCURTIDOS.**- La cantidad retenida de nutrientes en éstos procesos es casi igual a los otros métodos tradicionales aquí mencionados de conservación de alimentos.- En el caso de los carbohidratos usualmente hay una conversión a ácido o alcohol, pero éstos no son de valor nutricional. En algunos casos los niveles de nutrientes son aumentados debido a la presencia de levaduras ( 9 ).

#### SALACION.

Este método es usado desde la antigüedad y muchos autores no lo consideran como un método particular, ya que la concentración de cloruro de sodio en la conservación de los alimentos es muy importante y casi todos los métodos tradicionales utilizan la salación como un complemento, en algunos casos o combinándolo para mejorar el mé-

todo de conservación empleado. Otros autores consideran la salación como un agente químico en la conservación de los alimentos. Así que en éste caso será considerado en la fracción 1.3 como combinación de métodos aunque se encontrará combinado con casi todos los métodos de conservación de alimentos.

### ENVASADO.

Aunque deficiente y relativo, el envasado también es un método de conservación de alimentos y existen un gran número de materiales que son utilizados, abarca, también el equipo y maquinaria empleada en la producción o modificación de algunos materiales de empaque. Ha llegado ha ser tan complejo el empaque de alimentos que se ha creado una industria para satisfacer sus necesidades. Actualmente varias universidades ofrecen programas de estudio para ingeniería de empaques.

Existen para su buen funcionamiento algunos requerimientos y funciones generales para los empaques de los alimentos y son los siguientes:

- 1) Ausencia de toxinas y compatibilidad con el alimento.
- 2) Protección sanitaria.
- 3) Protección contra pérdidas y asimilación de humedad y grasa.
- 4) Protección contra pérdida o asimilación de gas y olor.
- 5) Protección contra la luz.

- 6) Resistencia a los impactos.
- 7) Transparencia.
- 8) Inviolabilidad.
- 9) Facilidad de apertura.
- 10) Medio de verter.
- 11) Medio de volver a cerrar.
- 12) Facilidad de desecho.
- 13) Limitación de tamaño.
- 14) Apariencia, facilidad de ser impreso.
- 15) Bajo costo.
- 16) Características especiales.( 12 ).

También se toma en consideración dos tipos de envases que son envases primarios y envases secundarios. El envase primario es en muchas ocasiones provisto por la misma naturaleza como en el caso de las nueces, huevos, naranjas, etc., por lo tanto el empazarlos solo requiere una caja, envoltura o cuñete exterior para reunir las unidades y proporcionarles una protección general y a éste puede llamársele envase secundario. También tenemos el caso en que el envase primario es el que se pone en contacto con el alimento como en el caso de la leche en polvo, huevos deshidratados, y concentrados de frutas, normalmente se colocan en forros de plástico (envases primarios) los cuales a su vez se introducen en cajas de cartones protectores (envases secundarios). El científico de alimentos suele preocuparse más por los envases primarios que por los secundarios.



## ENLATADO.

El enlatado se inició de 1900 a 1950, durante este lapso, se iniciaron varias investigaciones para evaluar activamente el proceso de enlatado, se acumuló información sobre la resistencia al calor de las esporas bacterianas, sobre la penetración del calor a través del contenido de las latas, y hasta una solución matemática del problema tiempo temperatura. Se entendió mejor el comportamiento de algunas vitaminas y se descubrió la existencia de otras. También pudo observarse durante la segunda guerra mundial que los hijos de los habitantes que se habían alimentado con alimentos enlatados eran más altos que los padres, sin duda los alimentos enlatados contribuyeron a ésta mejoría suministrando una mayor variedad y una dieta balanceada durante el año, al alcance de la mayoría de la población.

Como puede observarse los procesos anteriores para la conservación de los alimentos fueron copiados de la naturaleza, en cambio el enlatado no tiene contraparte en la naturaleza, el enlatado es una invención muy importante que ha cambiado los hábitos de alimentación de los habitantes del mundo.

La lata es un envase hecho de acero recubierto de una capa delgada de estaño. En algunos casos, ésta capa delgada de estaño está reemplazada por una laca no metálica. La efectividad de un recubrimiento de estaño de-

pende de su grosor, que puede fluctuar entre 8 y 32 millo-  
nésimos de centímetro,

#### PELICULAS COMESTIBLES.

En éste tipo de empaque se utiliza comunmente una envoltura comestible natural que se emplea en algunas salchichas y alimentos para astronautas, o bién el glaseado en los productos de confitería, el capeado de las pasas, la técnica del secado por aspersion de varios materiales saborizantes, el recubrimiento de las nueces con derivados de monoglicéridos. La película comestible se puede considerar como un empaque primario por lo tanto requiere de una envoltura exterior para protegerlo del polvo y suciedad.

#### REFRIGERACION Y CONGELACION.

El almacenamiento en frío y la congelación son también métodos antiguos de conservación de alimentos y en lugares donde el clima es bastante frío los alimentos se congelan en forma natural y se consumen al descongelarlos.

Hasta 1875 fue inventado el primer sistema mecánico de refrigeración a base de amoníaco, el cuál hizo posible la explotación comercial y el proceso de congelación. Fue en la década de 1920-30, cuando Clarence Birdseye entró al ramo y promovió las unidades de consumo individuales, durante 20 años, y a medida que se hicieron más comunes los refrigeradores en el hogar, aumentó la aceptación de los

productos congelados.

**DISTINCION ENTRE LA CONGELACION Y LA REFRIGERACION.**- Se acepta por almacenamiento en frío "REFRIGERACION" a temperaturas superiores al punto de congelación y es aproximadamente una escala que va de  $-2^{\circ}\text{C}$  a  $15.5^{\circ}\text{C}$ . Los refrigeradores domésticos y comerciales abarcan una escala de temperaturas de  $4.5^{\circ}\text{C}$  a  $7^{\circ}\text{C}$  tomando en cuenta el punto de congelación del agua pura al nivel del mar, que es de  $0^{\circ}\text{C}$ .

Para la congelación se requiere una temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  o aún más baja según los objetivos que deseen obtenerse como resultado del almacenamiento congelado. Para ello veamos la siguiente ilustración en el cuadro 3, que relaciona las temperaturas con el crecimiento microbiano, (descomposición del alimento).

Podemos observar que el almacenamiento en frío ya sea refrigeración o congelación, resultan bastante benéficos para la conservación de los alimentos y que la duración de los mismos dependerá de la forma en que se almacene y que tiene mayor duración el alimento congelado. Como podemos ver en el cuadro 4 el promedio de duración en almacenamiento en días con tres temperaturas diferentes (12).

También se observó que hay formas de congelación o procesos adecuados para la mayor efectividad del proceso

C U A D R O 3

ESCALA DE TEMPERATURAS		ORGANISMOS GENERADOS DE ENVENENAMIENTOS	ORGANISMOS PSICROFILICOS
°C	°F		
37	98	Rápido índice de crecimiento.	Rápido índice de crecimiento.
10	50	Crecimiento lento de algunos tipos	
4.5	40		
0	32		
-6.7	20	Ningún crecimiento	Crecimiento lento de algunos tipos(+)
-10.0	14		
-18.0	0	Ningún crecimiento. Muerte lenta rara vez completa.	

(+) Zona de descomposición lenta SIN peligro para la salud.

y es que se efectúe un enfriamiento rápido, entendiéndose por esto que el enfriamiento es la extracción rápida del calor de un cuerpo. Esto junto con los siguientes requisitos para mantener la temperatura baja, bien regulada la circulación del aire, el control de la humedad y la modificación de los gases atmosféricos. En el cuadro 5 podemos

## C U A D R O 4

## VIDA ÚTIL DE MANTENIMIENTO DE TEJIDOS ANIMALES Y VEGETALES

---

 PROMEDIO DE DURACION EN ALMACENAMIENTO  
 EN DIAS A: 3 TEMPERATURAS DIFERENTES.
 

---

## A L I M E N T O

## TEMPERATURAS

	0°C	22 °C	33 °C
Carne animal	6-10	1	menos de 1
Pescado	2-7	1	menos de 1
Aves	5-18	1	menos de 1
Carnes y pescados secos	1,000 o más	350 o más	100 o más
Frutas	2 a 180	1 a 20	1 a 7
Frutas secas	1,000 o más	350 o más	100 o más
Hortalizas de ho- jas comestibles	3 a 20	1-7	1-3
Raíces	90 - 300	7-50	2-20
Semillas secas	1,000 o más	350 o más	100 o más.

ver claramente la vida útil de algunos alimentos si han si-  
do debidamente empacados en envases impermeables y limpios.

Como este estudio se dedica principalmente a dos  
frutas, veremos solamente en este caso los daños que la re-  
frigeración o almacenaje en frío puede causar sobre éstas y

sobre las hortalizas.

C U A D R O 5

A L I M E N T O	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO	
	-18 °C	-12 °C.
ESpárragos	12 a 18 meses	4 meses
Asados de res	18 a 24 meses	8 a 10 meses
Bistecs	12 a 18 meses	6 a 8 meses
Moras Azules	2 a 3 años	8 a 10 meses
Brócoli	2 a 3 años	8 a 10 meses
Ejotes	12 a 18 meses	4 meses
Filetes de robalo	12 a 15 meses	6 a 8 meses
Helados (+)	3 a 4 meses	1 mes
Filetes de macarela	8 a 12 meses	2 a 3 meses
Duraznos	12 a 18 meses	4 meses
Chícharos	18 a 24 meses	6 a 8 meses
Chuletas de puerco	8 a 12 meses	4 meses
Aves	12 a 18 meses	6 meses
Frambuesas	2 a 3 años	8 a 10 meses
Filetes de salmón	6 a 8 meses	2 a 3 meses
Cerezas agrias	2 a 3 años	8 a 10 meses
Fresas	18 a 24 meses	6 a 8 meses

(+) Excepto el de fresa que no se conserva bien a ninguna temperatura.

Los frutos y hortalizas son susceptibles de ser dañados y existe una gran variedad sobre los daños sufridos por las frutas y hortalizas debido a la congelación, aunque algunos pueden ser congelados y descongelados varias veces sin sufrir daños permanentes. En cualquier caso, los tejidos vivos deben ser mantenidos vivos si sus valores alimenticios para el hombre van a ser conservados por el almacenamiento en frío. Veamos el cuadro 6 que tiene una lista de los productos susceptibles a ser dañados por el frío cuando se almacenan a temperaturas moderadamente bajas.

C U A D R O 6

PRODUCTOS DAÑADOS POR EL FRÍO CUANDO SE ALMACENAN A TEMPERATURAS SOLO MODERADAMENTE BAJAS.

P R O D U C T O	TEMPERATURA MÁXIMA MODERADAMENTE BAJA EN °C.	CARACTER DEL DAÑO CUANDO SE ALMACENAN ENTRE 0 °C Y LA TEMPERATURA MODERADAMENTE BAJA.
Manzanas (ciertas variedades)	1 a 2	Color café interior desarreglo en el <u>em</u> pape.
Aguacates	7	Color café interior
Plátanos (verdes o maduros)	13	Color obscuro al <u>ma</u> durar.

(CONTINUA EN LA HOJA SIGUIENTE)

## ( CONTINUACION CUADRO 6).

Sendías	2	Picado, sabor obje- table.
Aceitunas (frescas)	7	Color café interior
Frijoles (vainas)	7 a 10	Picados que aumenta al sacarlos, color rosado al sacarlos.
Pepinos	7	Picado, puntos empa- pados de agua, pudri- ción.
Toronjes	7	Quemadura, picado, desarreglo acuoso, color café interior.
Limonos	3 a 15	decoloración interna, picado.
Limas	7	Picado.
Mangos	10	Decoloración interna.
Melones (Cantaloupe, Honeydew, CasaBa, Crenshaw).	4 a 10	Picado, superficie podrida.
Naranjas (california)	1.5-2.5	Desordenes en la cas- cara.
PAPAYAS	7	DECAIMIENTO.
Pimientas dulces	7	Picado, decoloración cerca del cáliz.



( CONTINUACION CUADRO 6).

PIÑAS (maduras-verdes)	7	VERDE OSCURAS AL MA DURAR.
Patatas (Chippewa y Sebago)	4	Color café oscura.
Chilacayote, invierno	10-13	Pudrición.
Camotes	13	Pudrición, picado, decoloración interna.
Tomates (maduros-verdes)	13	Color pobre al madu- rar; tendencia a po- drirse rápidamente.
Tomates (maduros)	10	Decaimiento.

---

Tomando en cuenta el consumo o utilidad de algunos productos en el cuadro 7 se recomiendan las temperaturas más adecuadas para el almacenamiento en frío de algunos alimentos seleccionados.

#### CONCENTRADOS DE AZUCAR.

Este tratamiento es un proceso casero y por lo mismo a diferencia con muchas industrias alimenticias, las plantas de conserva están situadas frecuentemente cerca de los centros de población más que en las áreas de producción de las frutas.

## C U A D R O 7

TEMPERATURAS RECOMENDADAS PARA EL ALMACENAMIENTO FRIO DE  
ALIMENTOS CONGELADOS

A L I M E N T O	TEMPERATURA °C.
<u>PRODUCTOS LACTEOS</u>	
Mantequilla (+)	1
Queso (crema)	1 a 2
Queso (suave)	0 a 2
Leche condensada (bulto)	1.5 a 4.5
Crema (fresca)	0 a 1.5
Margarina	0 a 1.5
Leche fresca	0 a 1.5
Leche evaporada	2 a 4.5
<u>ALMACENAMIENTO DE PESCADOS Y PRODUCTOS MARINOS</u>	
Pescado fresco	a 0
Pescado seco	1.5 a 4.5
Ostiones	0 a 1
<u>ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS MISCELANEOS</u>	
Cerveza	0 a 4.5
Chocolate	3.5 a 5.5
Sidra	0 a 2
Miel	4.5 a 7.5
Aceite de oliva	1.5 a 4.5
Vino	4.5 a 7.5

(+) Si la mantequilla es almacenada por más de dos o tres

*semanas debe mantenerse de -18°C a -24°C*

semanas debe mantenerse de  $-18^{\circ}\text{C}$  a  $-24^{\circ}\text{C}$ .

Las jales, Compotas, conservas, mermeladas y a-  
tes de frutas son producidos preparados de frutas o plan-  
tas con azúcar añadida después de ser cocinados y concen-  
trados por evaporación a un punto donde no puede ocurrir  
la descomposición microbiana. El producto ya preparado  
puede guardarse sin sellado hermético aunque tal protec-  
ción es útil.

Otros productos alimenticios son concentrados co-  
mo un paso en la conservación, en la leche condensada por  
endulsamiento, se concentra a un 70 % o más de sólidos y  
al producto se le da un ligero tratamiento térmico y no es  
sterilizado, el alto contenido de azúcar actúa como preser-  
vativo (9).

#### ADITIVOS QUIMICOS Y PRESERVATIVOS QUIMICOS.

En 1956 en Roma se publicó un informe sobre adi-  
tivos alimenticios por un comité mancomunado de expertos,  
integrado por miembros de la F. A. O. y la W. H. O. (La Or-  
ganización para Alimentos y Agricultura y La Organización  
Mundial de la Salud, respectivamente). Este comité fue re-  
querido para formular principios generales que gobiernen  
el uso de aditivos alimenticios. Ellos definieron como "A-  
DITIVOS ALIMENTICIOS" a las sustancias no nutritivas aña-  
didas intencionalmente a los alimentos, generalmente en pe-  
queñas cantidades, para mejorar su apariencia, sabor, tex-

tura o propiedades de almacenamiento. Las sustancias que se añaden para aumentar el valor nutritivo, tales como vitaminas, minerales, no son consideradas en esta categoría.

El comité de protección de alimentos de la Academia Nacional de Ciencias, define como un Aditivo Alimenticio, a "una sustancia o una mezcla de sustancias, que no son un producto alimenticio básico, que están presentes en el alimento como resultado de cualquier aspecto de la producción, procesado, almacenamiento, o empaçado". El término no incluye contaminantes probables.

Los aditivos se hacen necesarios así como cualquier otro método cuando por medio de alguno de ellos tenemos que preservar el alimento para el consumo posterior a su cosecha y evitar su desperdicio.

Existe una gran variedad de sustancias químicas que se añaden a los alimentos, no porque sean básicamente preservativos sino por sus propiedades funcionales en relación con el color, sabor y textura de éstos. Otros más se incorporan como suplementos nutricionales y como propiciadores del procesamiento de la elaboración de los miles de productos a los que nos hemos acostumbrado y que los consumidores exigen. No existe un atributo de calidad que los alimentos posean para el cual no se haya desarrollado un aditivo químico útil.

En 1958 el Gobierno de los Estados Unidos de Norte America aprobó la enmienda sobre Alimentos, Medicamentos y Cosméticos de 1938. La Ley actual manda que ningún aditivo se emplee en los alimentos a menos y hasta que la Food and Drug Administration (F. D. A.) haya quedado convencida, por medio de una evidencia científica completa, de su seguridad al nivel de uso propuesto en la aplicación propuesta en los alimentos.

Se considera justificado tecnológicamente el uso de aditivos químicos alimenticios, cuando sirve a los siguientes propósitos:

1. El mantenimiento de la calidad nutritiva de un alimento.
2. El aumento del mantenimiento de la calidad o estabilidad dando como resultado una reducción en las pérdidas de alimentos.
3. Hacer atractivos los alimentos al consumidor de tal forma que no lleve al engaño.
4. Proporcionar ayuda esencial en el procesado de alimentos.

Ahora también se considera que el uso de los aditivos alimenticios no debe ser permitido en las situaciones siguientes:

1. Para enmascarar el uso de técnicas de procesado y manejo defectuosos.

2. Para engañar al consumidor.
3. Cuando el resultado es una reducción sustancial del valor nutritivo del alimento.
4. Cuando el efecto deseado puede ser obtenido con buenas prácticas de manufactura que son económicamente factibles.

Se encuentre también establecido que la cantidad de un aditivo autorizado usado en un alimento debe ser el mínimo necesario para producir el efecto deseado.

Para todas las naciones es esencial el control legal sobre el uso de aditivos alimenticios y esto se consigue a través del uso de una lista permitida, que previene efectivamente la adición de nuevas sustancias al alimento hasta que se establece una base para juzgar sobre su falta de riesgo para la salud, éstas regulaciones del control de los aditivos alimenticios, resultan inútiles a menos que las leyes puedan ser reforzadas. Inspectores de alimentos entrenados, laboratorios de control de alimentos y métodos analíticos seguros, son de gran importancia (9).

**PRESERVATIVOS QUÍMICOS.**- Según la Ley Federal de Alimentos, Drogas y Cosméticos, se da el nombre de preservativo químico a "cualquier sustancia química que cuando es añadida a un alimento tiende a prevenir o a retardar su deterioración". Se excluyen de ésta definición las sustan-

cias químicas que se añaden a un alimento durante el proceso de su fabricación como el nitrógeno que desplaza al aire de la parte superior del recipiente en el proceso de enlatado. También se excluyen los preservativos naturales o condimentos. Sin embargo en el caso del preservativo químico la cantidad que se agregue de preservativo al alimento no requiere forzosamente la necesidad de establecer que ha sido añadido, a menos que el preservativo químico se encuentre anotado en alguna lista de ingredientes químicos que no puede ser añadida al alimento si éste va a entrar al comercio. Existen adiciones permitidas de preservativos químicos, la siguiente lista son los permitidos por la Administración de Alimentos y Drogas donde la adición no está en conflicto con otras secciones de la ley.

P R E S E R V A T I V O S  
( A N T I C O M I T I C O S )

Propionato de calcio	Propionato de sodio.
Sorbato de potasio	Sorbato de sodio.
Acido propiónico	Acido sórbico.
Acido caprílico	Bisulfito de potasio.
Metabisulfito de potasio	Benzoato de sodio.
Bisulfito de sodio	Metabisulfito de sodio.
Sulfito de sodio.	

P R E S E R V A T I V O S  
( G E N E R A L E S )

Acido acético	Acido cítrico.
---------------	----------------

Acido fosfórico

Sorbitol.

Dióxido de azufre (no en carnes o en alimentos reconocidos como fuentes de vitamina B<sub>1</sub>).

Estos son algunos de los muchos compuestos químicos que ayudan en la conservación de alimentos protegiendo los nutrientes, el sabor, la textura y la estabilidad en el almacenamiento de los productos alimenticios.

El suministro de alimento disponible para el hombre aún es corto. Con el aumento de la población mundial, concentrándose en unidades urbanas más y más grandes, el problema de proveerlas con un suministro adecuado de alimentos todo el año se torna inmensamente complicado. Los alimentos que se ingieren se tornan más y más compuestos de alimentos preservados en una forma o en otra, y menos de productos frescos (9).

Así pues los científicos y tecnólogos de alimentos tienen un importante papel para el futuro.

## 1.2

### PRESERVACION POR IRRADIACION

El estudio de la RADIATIVIDAD comenzó con el descubrimiento de H. Becquerel (1896) en forma casual encontró que unas placas fotográficas protegidas de la luz habían sido expuestas estando cerca de unas muestras de sulfato doble de Uranio y Potasio monohidratado, la cuál



tiene la siguiente fórmula:  $K_2UO_2(SO_4)_2 \cdot H_2O$ , estando bien envueltos en papel grueso. Después repitió lo mismo deliberadamente y pudo determinar que lo que afectaba a la emulsión fotográfica salía de las sales de Uranio y que esta especie de radiación causaba ionización en el aire, a ésta radiación se le dio primero el nombre de RAYOS BECQUEREL, la que incluyó más tarde otros tipos de radiación.

En 1898 los esposos Curie descubrieron el polonio y el radio-226. Después se descubrieron otros elementos radiactivos como el torio, actinio, radiotorio (torio-228), el mesotorio (radio-228) y otros radioisótopos, en la actualidad se conocen cientos de ellos.

La radiación es independientemente mecánica y eléctricamente, no la afectan los cambios de presión, temperatura, volúmen, etc. En 1902 Rutherford y Soddy establecieron que la radiactividad se debe a la desintegración espontánea de los átomos, y que los nuevos átomos así formados pueden tener propiedades bastante diferentes a aquellos que los originaron. A pesar de que la radiactividad es espontánea la actividad es un proceso largo que puede prolongarse desde unos cuantos segundos hasta durar millones de años.

Las emisiones de sustancias radiactivas naturales fueron clasificadas en tres diferentes clases, al observar primeramente que al acercar un imán al rayo emiti-

do por una sal radiactiva contenida en un recipiente de plomo, con un pequeño orificio, por donde éste puede pasar, el rayo emitido se descomponía en tres rayos diferentes uno se desviaba acercándose al imán, el otro se desviaba alejándose del imán y uno más, el cuál no sufría ninguna desviación, esto se observa también utilizando campos eléctricos como lo indica la siguiente figura (fig.1). También se observó cada uno de estos rayos tenían diferentes poderes de penetración y dependiendo del poder de penetración de cada uno de ellos se clasificaron con los siguientes nombres: Uno de los componentes con poco poder penetrante fue parado con hojas de papel común, pero causaba gran ionización en el aire, a éste tipo de radiación se le denominó "Rayos  $\alpha$ ". Un segundo tipo de radiación con menor poder ionizante, pero con mayor poder penetrante y que podía pasar fácilmente hojas delgadas de metal y se le denominó "Rayos  $\beta$ " o "partículas  $\beta$ " y al tercer tipo aún con menor poder ionizante pero con mayor poder de penetración, pudiendo penetrar gruesas capas de diferentes materiales, se le denominó "Rayos  $\gamma$ " o "radiación  $\gamma$ ". Fig. No. 2 .

Giesel, Meyer, Von Schweidler y Rutherford independientemente estudiaron los efectos de un campo magnético en la radiación, demostrando que algunas partes de la radiación (como ya se dijo antes) pueden desviarse al aplicar un poderoso campo magnético. Strutt demostró que la radiación gamma no se desviaba aún en los campos más

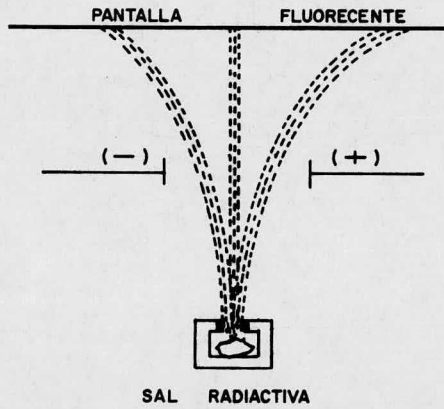


FIG. 1

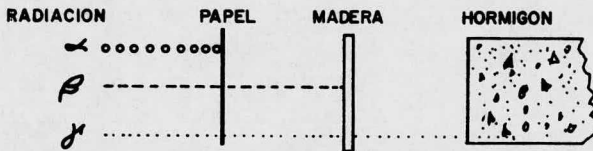


FIGURA No 2 PENETRACION RELATIVA DE LAS RADIACIONES

L. P. J.

poderosos.

Al buscar nuevos métodos de conservación de alimentos, los investigadores han dedicado especial atención a la posible utilización de radiaciones de diferentes frecuencias, que van desde la corriente eléctrica de baja frecuencia, hasta los rayos gamma de alta frecuencia (14).

La posibilidad de conservar los comestibles mediante la radiación fue avisado a principios de siglo y hacia 1940, los experimentos revelaron las posibilidades del procedimiento, determinando también sus inconvenientes. Al comienzo de la segunda mitad del siglo, la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos de Norte América (U. S. A. E. C.), procuraba hallar la forma de utilizar los residuos radiactivos de los reactores nucleares, y comenzó investigaciones a escala reducida sobre la posibilidad de proteger los alimentos por IRRADIACION. En agosto de 1953, el ejército inició otras modestas investigaciones, empleadas desde entonces, sobre el mismo problema (15).

Durante los 22 últimos años la radiación ionizante se ha convertido en un instrumento, al principio experimental, para la conservación de alimentos, innovación de la que se ha dicho es el único método original que ha visto la luz en el campo de la alimentación desde que se inventó el enlatado hace aproximadamente 160 años. Actualmente se están investigando los resultados de la conserva-

ción de una amplia variedad de productos alimenticios por éste método en más de 50 países (15).

Para irradiar los alimentos éstos se exponen en cámaras especiales dejando que la emisión radiactiva tenga contacto con ellos por determinado tiempo. Los alimentos pueden irradiarse por: bombardeo de electrones de alta energía, Rayos X o con Rayos Gamma. La preservación por irradiación puede efectuarse en dos formas:

- a) PASTEURIZACION.- Que se consigue mediante la exposición de los alimentos a dosis reducidas entre 200 y 500 Krad.
- b) ESTERILIZACION.- Por medio de dosificaciones más altas de 2 000, 4 000 ó 5 000 Krad.

La dosis de radiación absorbida se suele expresar en "rad" que puede definirse como la cantidad de radiación ionizante que da lugar a la absorción de 100 ergios de energía por gramo de materia irradiada. La cantidad de radiación suministrada depende de la clase de alimentos y de los resultados que se deseen, si el propósito es prolongar la vida útil de los mismos, o sea, su período de almacenamiento o anaquel, es conveniente una dosis de pasteurización que asegure la prolongación. Si se les desea almacenar por largo tiempo sin refrigerar, la dosificación debe aumentarse hasta la esterilización (2). Los principales cambios producidos por la radiación sobre los alimen

tos en su: a) apariencia, b) valor nutritivo, c) efectos sobre las vitaminas, d) posible producción de productos tóxicos y cancerígenos, y e) otros efectos.

a) APARIENCIA.- El efecto de la radiación sobre el color de algunos frutos varía con los días de almacenamiento y la dosis. La radiación acelera la desaparición de clorofila en algunos frutos, a niveles bajos de radiación (16). En otros se observan picaduras alrededor del tallo y éste se manifiesta por el desarrollo de áreas secas, se ha observado también daño en la cáscara el cuál varía inversamente proporcional a la dosis de radiación, sin embargo, podemos disminuir el daño de la cáscara si disminuimos la temperatura de almacenamiento después de la irradiación.

b) VALOR NUTRITIVO.- En los alimentos irradiados se han observado desnaturalizaciones y coagulaciones en las proteínas. Sin embargo, éstos cambios son apenas perceptibles y en un estudio realizado por el ejército de los Estados Unidos en varias especies de pescados, verduras y carnes, se han detectado pérdidas apreciables de los aminoácidos inmediatamente después de la irradiación a dosis tan altas como 2.79 y 5.58 Mrad, por otro lado la digestibilidad de las proteínas por la radiación es afectada en la misma extensión que con los tratamientos térmicos (17).

En los lípidos, se han observado formación de peróxidos, polimerizaciones y producción de compuestos con

carbonilo. La formación de peróxido tiene importancia en las grasas animales y en las grasas vegetales, por la tendencia a volverse rancios los alimentos; la producción de peróxidos se elimina totalmente, si la irradiación se lleva a cabo en ausencia de oxígeno. La digestibilidad de las grasas disminuye ligeramente, si bien su poder nutritivo no se altera. Se puede presentar la posibilidad teórica de que las grasas insaturadas sufran auto oxidaciones con la aparición de productos tóxicos, aunque éste extremo no ha sido demostrado hasta el momento, a pesar de haberse realizado experiencias en ratas, con alimentos irradiados a dosis muy altas (1).

Los carbohidratos, sufren algunas degradaciones sin pérdida aparente del valor nutritivo. En algunos casos la radiación incrementa el contenido de azúcares. Los constituyentes celulares (constituyentes pécticos o pectinas, celulosa, etc.), se vuelven más blandos, facilitando entre otras cosas la respiración de los alimentos y la entrada de los microorganismos. No se ha encontrado ningún efecto negativo sobre la digestibilidad de los carbohidratos (18).

c) EFECTO DE LA RADIACION SOBRE LAS VITAMINAS.- Estos son complejos y dependen del tipo de vitaminas del alimento, de las dosis aplicadas y de las condiciones de la irradiación (presencia de oxígeno, nitrógeno, temperaturas altas o bajas durante la irradiación). Así por ejemplo, no hay destrucción apreciable de vitamina C cuando se irradia ju-

go de naranja a temperaturas inferiores a  $0^{\circ}\text{C}$ , a dosis hasta de 1.0 Mrad. El porcentaje de pérdida de vitaminas en alimentos esterilizados por la radiación es, en general del mismo orden de magnitud que el resultado de tratamientos con calor. Puesto que los alimentos irradiados normalmente han de sufrir tratamientos térmicos (durante la cocción), resulta interesante conocer si los dos efectos destructivos de las vitaminas son aditivos, extremo que, si bien hasta el momento no ha podido demostrarse, parece ser que el efecto total es en general, inferior a la suma de los dos efectos aislados (19).

d) POSIBLE PRODUCCION DE PRODUCTOS TOXICOS O CANCERIGENOS.- Esto ha motivado que por espacio mayor de una década, se hallan llevado a cabo numerosas investigaciones (20). Hasta el momento no hay evidencia de aparición de productos tóxicos o cancerígenos en alimentos irradiados. Por otra parte, la irradiación con rayos gamma, rayos X y electrones de energía inferior a 5.0 Mev. no produce radiactividad inducida en los alimentos (21).

e) OTROS EFECTOS.- La radiación, cuando actúa sobre las sustancias alimenticias, ioniza algunos átomos y altera las estructuras de algunas moléculas complejas, provocando la muerte de las bacterias y microorganismos. Sin embargo, los alimentos no sufren efectos nocivos ni se tornan radiactivos, con la ventaja adicional de que a dosis reducidas se producen menos pérdidas de vitaminas que con



los procesos tradicionales (22).

En Japón, se condujeron estudios sobre los efectos de la radiación ionizante en los alimentos, irradiando NATTO (frijol soya fermentado) a dosis desde  $0.65 \times 10^5$  a  $4.5 \times 10^5$  rads, tales como la apariencia, sabor, contenido de carbonilos, azúcares libres, aminoácidos y en algunos fosfolípidos. El contenido de los azúcares libres permaneció constante a todos los niveles de dosis (1).

### 1.3

#### COMBINACION DE METODOS

Se ha demostrado que la utilización combinada de algunos de los métodos de preservación de los alimentos ya descritos en éste trabajo, permiten superar las deficiencias que cada uno de ellos en lo particular puede presentar por ejemplo: está demostrado que los alimentos envasados aumentan el tiempo de conservación de sus características nutrientes, en buenas condiciones, si se les congela.

En el caso concreto del método de preservación de los alimentos por irradiación gamma de Co-60, podemos asegurar con bases en datos experimentales, que el tiempo de utilidad de los alimentos irradiados, aumenta en forma considerable, toda vez que mediante la irradiación el proceso de descomposición o contaminación microbiana de las frutas se retardan por lo que combinando la irradiación con alguno o algunos de los métodos de preservación estu-

diados en éste mismo capítulo, se optimizan los resultados.

Es necesario en cada caso, analizar los aspectos negativos de los métodos de preservación de los alimentos a fin de determinar cuál o cuáles son los indicados para combinarse con la irradiación según el alimento de que se trate y de las propiedades físicas y químicas que se consideren prioritarias en la preservación.

#### 1.4 UTILIDAD DEL TRATAMIENTO DE IRRADIACION.

En las actuales condiciones de nuestro país, y del mundo, en que la explosión demográfica ha venido a agudizar la carencia de alimentos a extremos de amenazar la existencia de millones de seres humanos, es urgente la utilización de la más avanzada tecnología en la búsqueda de soluciones, con el fin de aumentar la producción de alimentos al mismo tiempo que racionalizar su consumo y perfeccionar, las técnicas de conservación y distribución de los mismos.

En éste contexto, la irradiación de los alimentos es un proceso de preservación que representa la utilización de los últimos avances científicos, con miras a la solución de los más graves problemas a que se enfrenta la humanidad.

Podemos mencionar algunas de las aplicaciones de

la radiación en la preservación de alimentos en la siguien  
te forma:

- a) Estimula el crecimiento de las plantas.
- b) Induce mutaciones favorables a la satisfacción de las necesidades humanas.
- c) Desinfesta y destruye parásitos.
- d) Esteriliza.
- e) Pasteuriza.
- f) Retarda la maduración de las frutas.

## C A P I T U L O II

## 2.0 ESTUDIO MONOGRAFICO

## 2.1 L A P A P A Y A

La papaya es la fruta del papayo, botánicamente clasificado como *Carica Papaya*, de la familia de las *Cariacacias*, el cual es una planta arborescente y herbacea originaria de la región tropical de América y según algunos autores como Solms Laubach precisamente de nuestro país.

Se cultiva en suelos de muy diversa naturaleza, pero la favorecen especialmente aquellos que son ricos en materia orgánica y con humedad suficiente, y las regiones cálidas tropicales o subtropicales. Es representante de la fusión de dos o más especies de caricas y se confunde con la *Asimina Triloba* de América del Norte.

La papaya es una fruta de forma esférica y cilíndrica alargada y lisa que en algunos casos llega a pesar de 9 a 12 Kg y generalmente tiene un agradable olor parecido al almizcle; de carne gruesa y suave, de color amarillo o salmón, de sabor ligeramente dulce más pronunciado en algunas variedades. En las paredes de su larga cavidad interior se contienen numerosas semillas redondas y arrugadas del tamaño de un chicharo.

Esta fruta, que es conocida también como Mamão en Brazil, fruta Bomba en Cuba, Lechosa en Puerto Rico y Melón Zapote en México; tiene importantes propiedades nutritivas y digestivas que la han convertido en la fruta preferida para el desayuno principalmente en América Latina y los Estados Unidos de Norte América.

De la fruta inmadura y del tallo se extrae una sustancia lechosa, la cual contiene un principio activo conocido como Papaina, ésta enzima actúa en forma similar a la pepsina contra la indigestión y diversas dolencias del aparato digestivo, asimismo se utiliza para la elaboración de ablandadores de carnes.

COMPOSICION Y VALOR NUTRITIVO.- En la estación experimental de Hawai se han efectuado importantes estudios de la papaya; los análisis de las diferentes clases de ésta fruta arrojan diversos resultados de acuerdo no solo con el lugar de cultivo sino a la época del año. Los análisis efectuados en el laboratorio de nutrición de la citada estación, ha dado los siguientes porcentajes:

Agua.....	85.6	%
Proteínas.....	0.5	%
Extracto graso de éter.....	0.3	%
Fibra cruda.....	0.8	%
Carbohidratos.....	12.3	%
Ceniza.....	0.51	%

Acido nítrico..... 0.13 %

En sus cualidades nutritivas la pepaya es una fruta que contiene una buena cantidad regular de hierro y fosforo; pero como producto alimenticio es más importante por las vitaminas que contiene. Es única en su clase como poseedora de vitamina A, de la cual contiene, mayores cantidades que la mayoría de las frutas, también es rica en vitamina C y B; y también contiene en cantidades moderadas vitamina G.

CULTIVO.- La papaya es usualmente cultivada por semilla; su desarrollo es rápido pues produce su fruta antes de finalizar el primer año y el período de producción se extiende por algunos años. Tan pronto como la producción comienza a disminuir en cantidad o calidad, conviene renovar la plantación.

El papayo se siembra al principio de la estación lluviosa y conviene hacer los semilleros en un lugar cercano a un depósito de agua o noria, para poder regar las plantas pequeñas cuando sea necesario.

El empleo de abonos ha sido, en algunos casos, causa de fracaso en el cultivo del papayo; si el terreno es rico en humedad no debe agregarse ningún otro abono. En caso de tratarse de un terreno pobre, se deberá ensayar con anticipación el abono que se quiera emplear. Entre los

abonos minerales puede hacerse alguna combinación que tenga el nitrógeno, el fósforo y la potasa en las proporciones en que la tierra lo necesite.

Cuando las plantitas tienen unos 30 o 40 centímetros conviene trasplantarlos al lugar definitivo, donde se hará un hoyo proporcional al tamaño de la planta.

La plantación se hace en cuadros de unos 3 a 4 metros entre mata y mata y la misma separación entre las líneas.

Un problema serio en el cultivo del papayo es el relativo a los sexos, pues se trata de una planta que da pies machos que producen flores estaminadas, pies hembras cuyas flores son pistiladas y, por último, pies cuyas flores son hermafroditas.

El tener en un plántío un exceso de pies machos constituye un desperdicio, puesto que esos pies no dan frutas. Otra circunstancia curiosa, relacionada con el sexo del papayo, es que un mismo pie puede dar flores de distinta clase en el curso de su vida, aunque ésto no sea frecuente. Para evitar este problema hay varios sistemas en las regiones donde se cultiva el papayo. El sistema más racional para evitar aquel inconveniente consiste en podar algunos de los árboles hembras para utilizar sus retoños, mientras estén delgados, como púas, para injertar los pies

machos que se quisieran transformar, en pies productores de fruta, o bien producir solamente pies hembras en macetas o en el semillero antes del trasplante.

Para combatir las malas hierbas en las plantaciones del papayo conviene hacer algún cultivo intercalado.

Si este es de alguna planta leguminosa, se logrará aumentar la fertilidad de la tierra.

Por ultimo es conveniente señalar que las papayas verdes y las hojas del papayo sirven para lavar y quitar manchas de telas; las semillas de la papaya se consideran como antihelmiticas, enemagógicas y carminativas; las hojas del papayo son venenosas.

PRODUCCION.- El total de la producción de la papa durante el año de 1976 en la República Mexicana fue de 264,000.00 Ton, con un precio medio rural de 1,000 pesos/Ton, arrojando un total de 264,000,000.00 pesos, siendo las principales regiones productoras de dicha fruta, las llanuras costeras del Pacifico, de Colima hasta Chiapas.

Los Estados de la República Mexicana de mayor producción de papayas durante el año de 1976, en orden de importancia son los siguientes; cuadro 8.



ENTIDAD	SUP. COSECHADA EN HECTAREAS	PRODUCCION TONELADAS	VALOR DE LA PRO DUCCION EN PESOS
Veracruz	6,170	167,813	167,813,000.0
Jalisco	1,277	31,341	31,341,000.0
Guerrero	1,502	22,287	22,287,000.0
Colima	208	6,147	6,147,000.0
Tabasco	266	4,038	4,038,000.0
Yucatan	195	3,836	3,836,000.0
S. L. P.	355	8,863	8,863,000.0
Quintana Roo	200	4,211	4,211,000.0
Nayarit	257	4,687	4,687,000.0
Michoacan	144	3,286	3,286,000.0
Oaxaca	121	2,362	2,362,000.0
Campeche	62	1,878	1,878,000.0
Chiapas	93	1,211	1,211,000.0
Morelos	55	504	504,000.0
Tamaulipas	56	872	872,000.0
México	31	530	530,000.0
Puébla	8	134	134,000.0

Estos datos son estimaciones del Departamento de Estudios Económicos de la CONAFRUT, en base a datos proporcionados por la Dirección General de Economía Agrícola de la (antes llamada) Secretaría de Agricultura y Ganadería, (S. A. G.).

Tomando en consideración el precio medio rural

de 1,000 pesos/Ton que tuvo la papaya durante el año de 1976, estimado por CONAFRUT, la papaya ocupó el 15o. lugar en valor de la producción de frutas en México en dicho año.

## 2.2

## L A P I Ñ A

CLASIFICACION BOTANICA.- Bromelia, Ananas o Ananasa Sativa.

La piña es una planta originaria de América cuya fruta recibe el mismo nombre, es una de las frutas tropicales que presenta mayores ventajas para la exportación y transporte a mercados lejanos por cuya razón se ha extendido su cultivo en los últimos 20 años, debido al gran consumo nacional en forma de fruta fresca, conserva o jugo y la exportación a los Estados Unidos de Norte América.

CULTIVO.- La selección del terreno es el punto más importante para el cultivo de la piña. El crecimiento de la cosecha depende más de las condiciones físicas del suelo, que de su composición química. El terreno debe ser de naturaleza suelta y abierta y sobre todo, debe poseer un desagüe natural, la presencia de agua estancada al redor de las raíces es especialmente dañina a la salud y la prosperidad de las plantas. Esto indica la conveniencia de plantar solamente los terrenos que tengan un subsuelo poroso.

El número de años durante los cuales una plantación de piña podrá vivir y dar buenos resultados, depende de la perfección con que se ha hecho el primer cultivo; antes de plantar deben preceder algunas operaciones preliminares; se recomienda que el labrador tenga el terreno completamente surcado a una buena profundidad y bien limpio de raíces. La superficie debe ser sometida a una labor tan perfecta como sea posible, esas operaciones harán solubre el terreno, mejoran su desagüe y lo harán más retentivos de humedad durante una sequía. Si se hace esto bien, la plantación florecerá más largo tiempo antes que sea necesario el replantar, esto es un asunto importante que debe siempre tenerse presente, dado que la frecuencia de la replantación aumenta los gastos de una manera notable.

La potasa parece ser el elemento más importante para el cultivo de la piña, el fósforo en mucho menor cantidad que la potasa, una buena provisión de nitrógeno, es importante para el conveniente desarrollo de las plantas, y la manera mejor de suministrarlo es haciendo crecer y arando alguna siembra de leguminosas, tales como guisantes o cacahuates.

Los medios de propagación de plantas de piña son varios y son los siguientes: por vástagos, esquejes, coronas y cepas; son bien conocidos el uso de chupones o sea retoños, brotados cerca de la base de la planta madre que son preferidos por la mayor parte de los plantadores. Las

cepas o plantas antiguas que ya han fructificado, son replantadas frecuentemente para obtener los vigorosos vástagos que nacen de ellas. Cualquiera que sea el medio de propagación que se emplee, es muy importante que solamente las piñas de una calidad de primera clase, deben ser usadas como plantas madres, pues solo adhiriéndose a esta regla es como puede mantenerse la elevada marca en el producto.

**VARIETADES.**- Hay gran número de variedades de piña que se cultivan en diversos países del mundo, con mayor o menor preferencia.

La ROJA ESPAÑOLA es una variedad muy rústica y había sido muy popular, hasta antes de que se propagaran las variedades llamadas de lujo.

La variedad ABBACA es una variedad tardía, que da buenas utilidades en su cultivo, si se la hace llegar a los mercados consumidores cuando ha terminado la cosecha de las otras variedades.

La REINA DE EGIPTO es muy temprana, de pequeño tamaño y se considera más expuesta que otras a sufrir enfermedades criptogámicas.

La piña LISA DE CAYENA es algo más delicada que las anteriores, pero de superior calidad; sus hojas no

tienen bordes aserrados y además no produce bortes al pie de piña, así es que para su reproducción hay que usar la corona del extremo del fruto y los pocos hijuelos que nacen al pie de las matas.

La MAMUTH de PUERTO RICO en una variedad de fruta sumamente grande, preferida por eso en muchos mercados, aunque sea menos dulce que otras variedades.

Otras variedades que se cultivan son: PERNAMBUCO, BLANCA ANTIGUA, PRINCIPE ALBERTO, LORD CARRINGTON, SANGRE, PAN DE AZUCAR, JAMAICA NEGRA y REINA RIPHEY.

PLAGAS Y ENFERMEDADES.- Las que hasta ahora se conocen son principalmente originadas por una de estas 3 causas sigüentés:

1. La hormiga y su asociada, la queresa.
2. La marchitez.
3. El irse la planta en espiga.

COMPOSICION Y VALOR NUTRITIVO.- Los análisis han arrojado la composición siguiente de la piña en porcentajes:

Agua.....	90.39 %
Proteínas.....	0.6 %
Grasa.....	0.1 %

Carbohidratos.....	0.6 %
Calcio.....	0.035%
Fósforo.....	0.008%
Acido ascórbico.....	0.026%

La piña es una fruta de alto valor vitamínico y de gran contenido de azúcares los que la han convertido, junto con su delicioso sabor, en una de las preferidas en todo el mundo.

PRODUCCION.- La producción total de la piña en la República Mexicana en el año de 1976 fue de 480,000.00 Ton con un precio medio rural de 850 pesos/Ton, arrojando un total de 408,000,000.00 siendo las principales regiones productoras de dicha fruta la llanuras costeras del sur del Golfo de México; desde Tampico hasta Tabasco y las llanuras costeras del Pacifico; desde Nayarit hasta Chiapas.

Los Estados de la República Mexicana de mayor producción de piña, durante el año de 1976, en orden de importancia son los siguientes expuestos en el cuadro 9.

Estos datos son estimaciones del Departamento de Estudios Económicos de la CONAFRUT, en base a datos proporcionados por la Dirección General de Economía Agrícola de la (antes llamada) Secretaría de Agricultura y Ganadería, (S. A. G.).

## C U A D R O 9

ENTIDAD	SUP. COSECHADA EN HECTAREAS	PRODUCCION TONELADAS	VALOR DE LA PRO DUCCION EN PESOS
Oaxaca	5,324	236,000	200,980,800.00
Veracruz	5,240	229,000	194,970,450.00
Tabasco	316	6,228	5,293,800.00
Nayarit	789	5,448	4,630,800.00
Chiapas	197	973	827,050.00
Yucatan	41	613	521,050.00
Quintana Roo	34	341	289,850.00
México	30	321	272,850.00
Campeche	25	204	173,400.00
Puébla	4	47	39,950.00
<b>TOTAL</b>	<b>12,000</b>	<b>480,000</b>	<b>408,000,000.00</b>

Tomando en consideración el precio medio rural de 850 pesos/Ton que tuvo la piña durante el año de 1976, estimado por CONAFRUT, la piña ocupó el llo. lugar en valor de la producción de frutas en México en dicho año.





ción habiendo sido analizadas a intervalos de 2, 6, 9, 12 y 15 días después de dicha radiación.

## 3.2

## P I Ñ A S

Las piñas, fueron de variedad CAYENA, cosechadas en la población de Linda Vista, Municipio de Tesechoacan en el estado de Veracruz, aproximadamente a 500 Km del Distrito Federal en donde fueron irradiadas y analizadas.

Se realizaron pruebas tentativas a los niveles de dosis de 0 a 450 Krad, para encontrar el nivel adecuado de irradiación a que debieran ser sometidas las piñas empleadas en el experimento; como resultado de dichas pruebas se optó por separar las frutas al azar en tres lotes de 50 frutas cada uno, dividiendo cada lote en 5 grupos de 10 frutas cada uno, irradiándolos a las dosis de 0, 30, 60, 90 y 120 Krad; el grupo cero fue empleado como de CONTROL.

Se empleó como fuente de radiación el Gammabeam-650; se almacenaron en las mismas condiciones que las papayas y se analizaron a los 2, 7, 11, 15, 19, y 23 días después de la irradiación (36).

## 3.3

## FUENTE DE IRRADIACION

Fue utilizada en éste trabajo una fuente de i-

radiación Gamma de Cobalto-60, GANNABEAM-650 tipo IR-31, localizado en el Centro de Estudios Nucleares de la Universidad Nacional Autónoma de México, con una actividad de 43,000 Ci en las fechas en que se realizó el experimento. El irradiador es un equipo panorámico con capacidad para dosis variables, diseñado para usarse en un cuarto completamente blindado.

La fuente de Cobalto-60 está formada por 60 fuentes pequeñas colocadas en 12 tubos verticales las cuales están acomodadas en tubos cilíndricos los cuales son radialmente ajustados (mínimo de 11.43 cm y máximo 82.55 cm con respecto al centro). Cuando se va a irradiar, el material radiactivo asciende por los tubos fuera del blindaje por acción neumática, controlada desde la consola de operaciones que se encuentra fuera del cuarto donde está la fuente, (27).

La variación de las dosis en la cavidad de la fuente, puede ser realizada por preselección del diámetro de la abertura de la fuente, (23). Las fotografías (fig. 3 y 4) ilustran el aparato anteriormente mencionado, junto con la vista trasversal de la fuente ilustrada en la figura No. 5.

3.4

## ESPECTROFOTOMETRO

(Para la determinación de la densidad óptica de

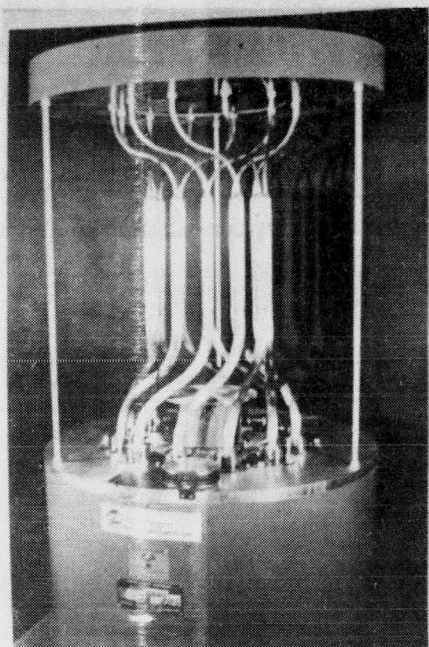
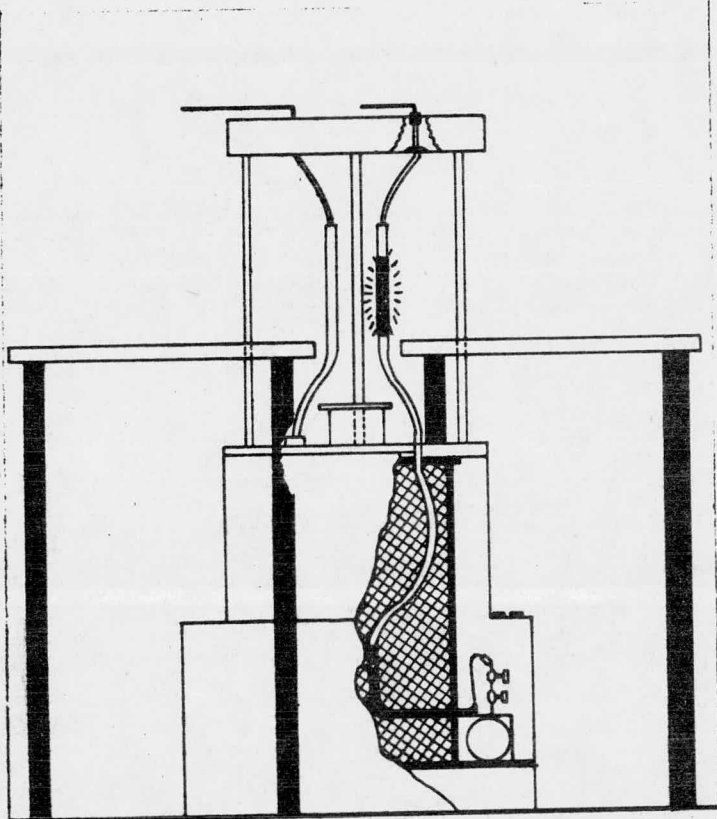


Fig. 3.- Gammabeam-650.

Fig. 4.- Consola de mando del  
Gammabeam-650.





**FIG. 5 VISTA (TRANSVERSAL) DE LA FUENTE DE RADIACION**

Las muestras analizadas, fue utilizado un espectrofotómetro marca UNICAM SP-500 serie 2, (con límites de longitud de onda de 186 a 1000 nm, que consta de 2 lámparas, una de ellas de Deuterio y la otra de Tungsteno, que efectúa el cambio de lámpara automáticamente al seleccionar la longitud de onda que será utilizada.)

## 3.5

## CAMARA DE MADURACION

Fue utilizada como cámara de maduración un ánquel metálico hecho con secciones "Dexion" de 362 centímetros de longitud, 45 cm de ancho y 210 cm de altura con 16 entrepaños de 90 cm de longitud y 45 cm de ancho con una altura de 55 cm entre cada uno de ellos, instalado en un cubículo de 4 metros de largo aproximadamente y por 250 cm de ancho; en cuyo interior había una humedad relativa de  $50 \pm 5 \%$  y una temperatura de  $20 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## 3.6

## DOSIMETRIA

La dosimetría es la parte de la Química de Radiaciones que trata de determinar la magnitud de la energía absorbida por un material (14); la dosimetría emplea una gran variedad de sistemas o procedimientos tanto físicos como químicos, entre estos últimos se tiene el dosímetro de FRICKE, la energía absorbida por el sistema se determina a partir de la medida cuantitativa del cambio producido por la radiación.

El dosímetro de FRICKE tiene una respuesta lineal entre 5,000 y 40,000 rads, una precisión de  $1.1 \pm 0.7$  % y es independiente de la temperatura entre cero y  $65^{\circ}\text{C}$ , así como en la razón de dosis entre  $6$  y  $10^8$  rads/seg.

Este método se basa en la oxidación de una solución ácida (generalmente solución de ácido sulfurico 0.8 N de sulfato ferroso en presencia o ausencia de oxígeno. Este método ha sido aplicado en el CEN de la U. N. A. M. para determinar la dosis absorbida en una gran variedad de frutas entre ellas papayas y piñas.

En el presente trabajo se utilizó el estudio de la dosimetría en papayas (7) consistente en que los recipientes con la solución Fricke se colocaron en las papayas según se puede apreciar en las figuras 6 y 7, se irradiaron a diferentes tiempos con la fuente descrita anteriormente y una vez irradiadas se valoro, el contenido de carbohidratos totales siguiendo el método SOMOGYI-NELSON, determinandose la densidad óptica en el espectrofotometro tambien descrito anteriormente, a una longitud de onda de 305 nm y lampara de Deuterio, con una abertura de la rejilla de 0.4 mm en celdas de silica de un centimetro de ancho.

Al observarse que la parte de las frutas más cercana a la fuente recibió una dosis mayor que el centro y la parte posterior, se decidió que una vez transcurrido la

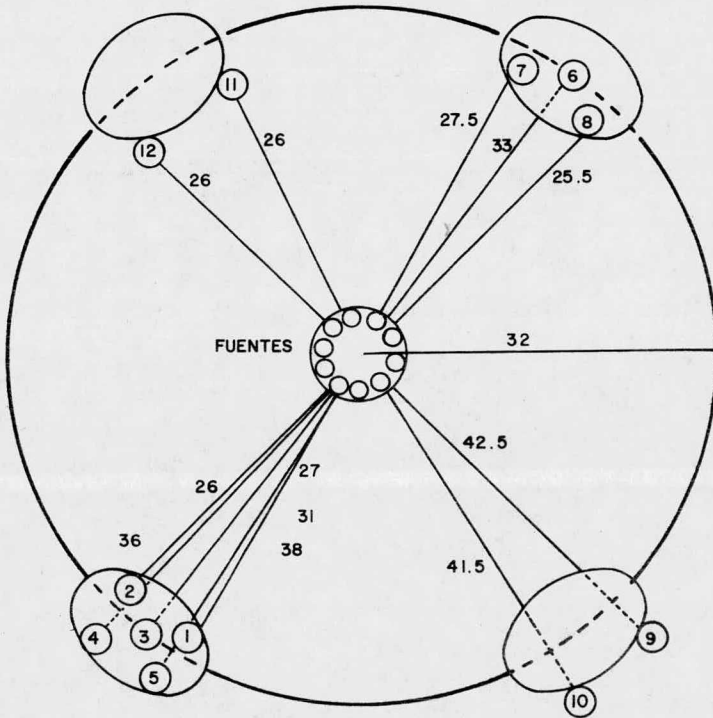
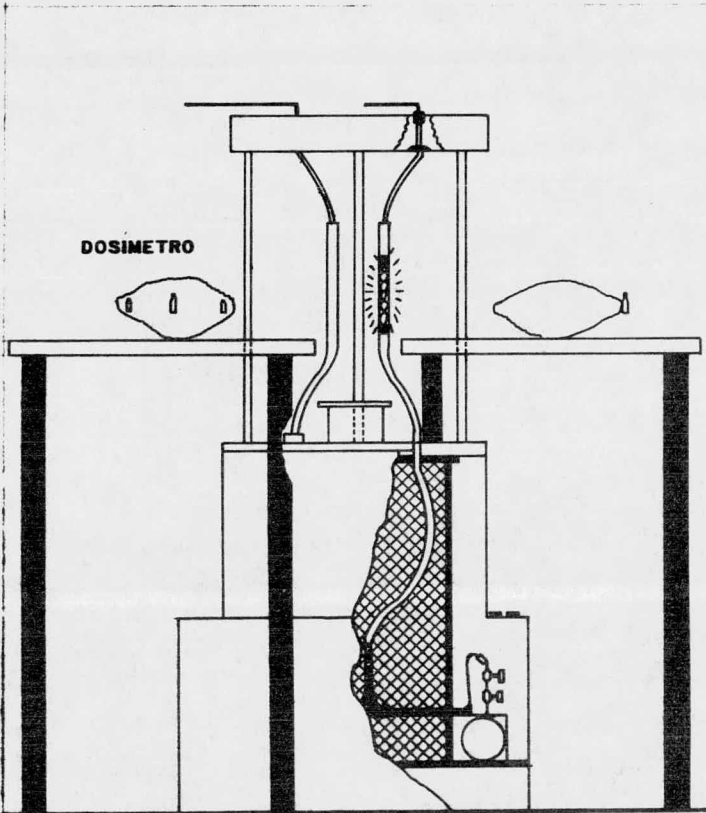


FIG. 6 VISTA (SUPERIOR) DE LA DISTRIBUCION DE LOS DOSIMETROS (o) ASI COMO DE LAS PAPAYAS ( ) DURANTE SU IRRADIACION. LA DISTANCIA DE LAS PAPAYAS AL CENTRO DE LA FUENTE ESTA DADA EN CENTIMETROS



**FIG. 7 VISTA (TRANSVERSAL) DE LA FUENTE DE RADIACION DE LA DISTRIBUCION DE LOS DOSIMETROS (◻) Y DE LAS PAPAYAS (◁) DURANTE SU IRRADIACION.**



mitad del tiempo total de irradiación, las frutas se voltearan para uniformar en toda la fruta la irradiación.

### 3.7

### DETERMINACION DE PARAMETROS

El presente trabajo constituyo una pequeña parte del trabajo de investigación "PRESERVACION DE FRUTAS Y HORTALIZAS POR IRRADIACION" efectuado bajo el contrato de investigación No. 972/RI/RB con la Comisión Mixta O. I. E. A.-F. A. O. (Organismo Internacional de Energia Atómica - Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas) y fue realizado en el Centro de Estudios Nucleares de la U. N. A. M. y como investigador principal el M. en C. LUIS CABRERA MOSQUEDA. Periodo 15 de marzo de 1972 al 30 de junio de 1973. El objetivo de dicho trabajo fue el de estudiar los cambios físicos, organolepticos, químicos y enzimológicos más importantes de algunas variedades de platanos, papayas, piñas, jitomates, fresas, mangos, duraznos y tangerinas, almacenadas después de haber sido irradiadas para determinar el nivel de dosis más adecuado para el aumento, si lo hubiere, de su periodo de utilidad comercial y los efectos atribuibles a las dosis empleadas, comparadas con frutas no irradiadas o de CONTROL, (26, 30, 31, 32, 33, 34, y 36).

(Las determinaciones que se realizaron fueron las siguientes:

3.7.1.- DETERMINACION DE MADUREZ. En papayas, con una escala arbitraria de color, por observación visual periódica, (33 y 23).

3.7.2.- PERDIDA DE PESO. (Agua y volatiles). En todas las frutas, por determinación gravimetrica, (1, 30).

3.7.3.- DETERMINACION DEL pH.- En todos los productos: de una solución al 10 % ( p/v), preparada con 10 gramos de la parte comestible, molidas con el agua destilada y empleando un potenciómetro común (pH meter).

3.7.4.- SUSTANCIAS Y CONSTITUYENTES PECTICOS. Por el método espectrofotométrico de carbazol-EDTA a una longitud de onda de 520 nm, (30).

3.7.5.- ACIDEZ TOTAL TITULABLE. Se determino por el método clásico de titulación volumétrica, con NaOH 0.01 N y utilizando como indicador fenolftaleina, (33).

3.7.6.- CAROTENO. BETACAROTENO. Por el método de extracción con éter de petroleo y posterior separación cromatográfica, empleando como absorbente ( $MgCO_3-Na_2CO_3$ ), midiendo la densidad óptica del extracto orgánico, en un espectrofotómetro a 450 nm, (33).

3.7.7.- ACIDO ASCORBICO Y ACIDO DESHIDROASCORBICO. Por determinación espectrofotométrica con 2, 4 dinitrofenilhidra

cina a 520 nm, (35).

3.7.8.- DETERMINACIONES ENZIMOLOGICAS. Se determinaron , la acción cinética en las muestras de las diferentes frutas, en algunas enzimas como la Pectín-metilesterasa, también conocida como la Pectasa o PME; la Pectín-poligalacturonasa, conocida como la Pectinasa Pectolasa o PG; la Papaina y la Bromelina; con diferentes métodos según la enzima analizada, (26 y 30).

3.7.9.- DETERMINACION DE ACEPTABILIDAD. Para determinar los cambios ocurridos en el sabor de las piñas, se formó un grupo de cuatro personas que la saborearon, y les asignaron una calificación conforme a la escala siguiente que se formuló de manera convencional.

C U A D R O 10

VALOR ARBITRARIO	DESCRIPCION
2	me disgusta mucho
4	no me gusta
6	me gusta
8	me gusta mucho

3.7.10.- TEXTURA. Se determinó en papayas, con un texturómetro o penetrómetro, (1 y 33).

### 3.7.11.- AZUCARES REDUCTORES.

En el presente trabajo se reporta la colaboración hecha al estudio realizado sobre azúcares reductores en papayas y piñas, toda vez que los parámetros de los puntos anteriores fueron desarrollados por investigadores del CEN, dirigidos por el M. en C. Luis Cabrera Mosqueda quien planeó ésta investigación, (1 y 33).

Para la determinación de azúcares reductores en ambos casos, se utilizó el método espectrofotométrico del sulfato cúprico alcalino arsenomolibdato de amonio (SOMOGYI-NELSON) de la siguiente manera:

1. Se pesaron 10 g de fruta y se pasaron a un vaso de licuadora, añadiendo 250 ml de agua destilada, mezclando por agitación durante 3 minutos.
2. Se filtró una parte sobre lana de vidrio, algodón o papel filtro de poro grande, se tomó del líquido claro una alícuota de 5 ml y se pasó a un matraz aforado de 50 ml y se llevó al aforo con agua destilada.
3. Del matraz de 50 ml se tomó una alícuota de 2 ml, para efectuar la reacción (las diluciones anteriores varían dependiendo del grado de madurez que presenta la fruta en el momento del análisis), y se pasaron a un matraz aforado de 25 ml añadiendo aproximadamente 8 ml de agua.

4. Se añadió 2 ml de reactivo de SOMOGYI-NELSON, mezclando por agitación vigorosa y calentando en baño de agua hirviendo durante 10 minutos, con el matraz aforado tapado en tal forma que se evite el derrame del líquido (tapón esmerilado de vidrio).
5. Se enfrió en baño de agua fría y se añadió 2 ml del reactivo ARSENO MOLIBDATO DE AMONIO.
6. Se diluyó al aforo de 25 ml con agua destilada y se leyó en el espectrofotómetro a 520 nm tanto en papayas como en piñas, contra un blanco de agua destilada más 2 ml de cada uno de los reactivos de la misma forma en que fueron agregados a la muestra problema; en celdas de sílica de 10 mm, y una abertura de la rejilla de 0.032 mm, (28 y 29).

Los datos así obtenidos (densidades ópticas) fueron extrapoladas a una curva de calibración preparada anteriormente con los mismos reactivos y D-glucosa, de la siguiente manera:

1. En un matraz volumétrico se prepara una solución de D-glucosa de concentración conocida y de allí se toman alicuotas para obtener concentraciones de 0, 100, 200, ... 1,000 microgramos de D-glucosa, y se coloca cada parte alicuota en un matraz diferente de 25 ml cada uno.
2. Se añade a cada matraz 8 ml de agua destilada aproximadamente más 2 ml de reactivo SOMOGYI-NELSON, mez

clando con agitación vigorosa y calentando en baño de agua hirviendo durante 10 minutos.

3. Se enfría en baño de agua fría y se añade 2 ml del reactivo ARSENMOLIBDATO DE AMONIO.
4. Se diluye al aforo de 25 ml con agua destilada y se lee en el espectrofotómetro a 520 nm en celdas de sílica de 10 mm, y una abertura de la rejilla de 0.032 mm; contra un blanco de agua destilada más 2 ml de cada uno de los reactivos de la misma manera en que fueron agregados a las alícuotas de D-glucosa.
5. Se construye una gráfica con los datos obtenidos.  
Figura No. 8 .

#### PREPARACION DE REACTIVOS.

##### REACTIVO ARSENMOLIBDATO DE AMONIO.

1. Disolver 25 g de molibdato de amonio,  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot \text{H}_2\text{O}$  en 400 ml de agua destilada y añadir agitando cuidadosamente, 21 ml de ácido sulfúrico concentrado.
2. Anadir 3 g de arseniato monoácido de sodio heptahidratado,  $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  disueltos previamente en 25 ml de agua destilada.
3. Añejar la mezcla a 37 °C durante 2 días.
4. Aforar a 500 ml. (28).

Este reactivo es estable durante uno o dos

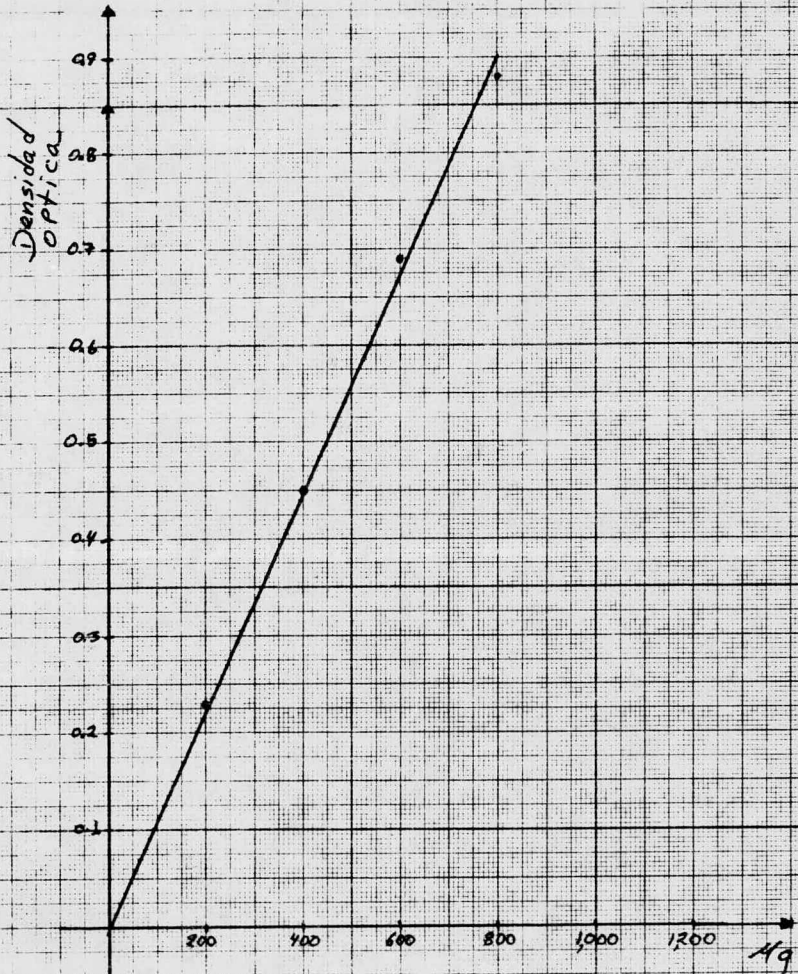


Fig. No. 8.- Curva de calibración de D-glucosa.

meses si se filtra y se guarda en lugar oscuro en frasco de vidrio ámbar con tapón esmerilado.

#### REACTIVO DE SOMOGYI-NELSON

1. Disolver 28 g de fosfato monoácido de sodio,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  ó 52.9 g de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  y 40 g de sal de Rochelle (tartrato doble de sodio y potasio) en 700 ml de agua destilada.
2. Añadir 100 ml de solución 1.0 N de NaOH y 80 ml de solución al 10 % de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  con agitación continua.
3. Finalmente añadir 180 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidro y cuando se disuelva añadir agua destilada hasta llevar al aforo de 1,000 ml (un litro).
4. Dejar en reposo dos días, después decantar y filtrar.
5. Guardarlo en frasco Pyrex de tapón esmerilado, (28 y 29).



## C A P I T U L O    I V

## 4.0

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Todas las pruebas y análisis se hicieron por triplicado y el promedio de ellos se presentan en los cuadros números 11, 12 y 13 para papayas y en los cuadros números 14, 15 y 16 para piñas.

En las papayas, la irradiación con dosis hasta de 80 Krad no causó cambios notables en el contenido de azúcares reductores, ácido ascórbico, ácido deshidroascórbico, constituyentes pécticos y en el pH. La dosis que se encontró adecuada para el tratamiento de radio-preservación con fotones de Co-60, está entre solo 10 y 20 Krad; dosis bastante pequeña comparada con otras frutas u hortalizas que necesitan dosis mayores de 400 Krad, lo cual podría ser un factor a su favor para considerar la costeabilidad del proceso en forma industrial.

En las piñas, la irradiación causó cambios notables, un aumento en la acidez total titulable, contenido de azúcares reductores y ácido ascórbico; no causó cambios notables en el contenido de constituyentes pécticos, beta-carotenos, en el pH y en la aceptabilidad y apariencia general durante su almacenamiento pos-irradiación con dosis entre 30 y 60 Krad.

## CUADRO 11

## RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE PAPAyas

DOSIS Krad	TIEMPO Días	AZUCARES REDUCTORES %	CONSTITUYENTES PECTICOS %	VITAMINA A mg/ε
0	2	4.06	0.24	2.4
	6	4.43	0.22	5.1
	9	6.14	0.24	5.9
	12	6.23	0.24	5.8
	15	5.25	0.25	6.8
10	2	4.54	0.22	9.0
	6	4.56	0.18	5.3
	9	6.36	0.24	5.5
	12	6.91	0.24	8.1
	15	5.42	0.22	7.1
20	2	4.80	0.22	7.6
	6	6.36	0.26	6.4
	9	6.36	0.24	2.1
	12	5.41	0.24	4.2
	15	5.45	0.20	4.1
40	2	4.52	0.24	3.6
	6	4.02	0.23	3.9

(CONTINUA EN LA SIGUIENTE HOJA).

(CONTINUACION DEL CUADRO 11).

40	9	5.95	0.26	6.5
	12	5.18	0.27	5.3
	15	6.76	0.23	9.1
80	2	4.73	0.30	2.7
	6	5.12	0.27	7.7
	9	5.64	0.30	10.5
	12	5.29	0.24	5.6
	15	6.15	0.24	10.7

C U A D R O 12

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE PAFAYAS

DOSIS	TIEMPO	ACIDEZ TOTAL	ACIDO ASCOR- BICO.	ACIDO DESHI- DRO ASCORBICO
Krad	Días	ml N/100 g	mg/10 g	mg/10 g
0	2	0.40	5.13	1.00
	6	1.60	3.49	1.18
	9	0.92	5.95	0.90
	12	1.97	3.89	0.58
	15	0.85	5.79	0.90
10	2	1.25	5.78	0.98

(CONTINUA EN LA SIGUIENTE HOJA).

(CONTINUACION DEL CUADRO 12).

	6	1.27	4.32	0.97
10	9	1.40	5.98	0.84
	12	1.57	6.35	0.76
	15	0.89	6.91	0.97
	2	0.90	5.65	0.84
	6	0.92	5.87	0.77
20	9	0.92	5.87	0.77
	12	1.37	5.72	0.64
	15	0.82	4.44	1.13
	2	1.55	5.14	0.91
	6	1.42	5.34	0.79
40	9	1.35	7.10	0.94
	12	1.45	6.69	0.80
	15	1.02	6.78	0.94
	2	1.25	6.01	1.03
	6	1.45	4.42	0.77
80	9	1.72	7.40	0.79
	12	1.30	5.68	0.72
	15	0.82	6.22	1.13

CUADRO 13

(CONTINUA EN LA SIGUIENTE HOJA).

(CONTINUACION DEL CUADRO 13).

## RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE PAFAYAS

DOSIS Krad	TIEMPO Días	pH	PERDIDA DE PESO %	TEXTURA mm
0	2	6.11	0.8	24.4
	6	6.20	2.3	24.7
	9	6.01	4.4	25.4
	12	6.32	5.6	25.1
	15	6.35	9.0	26.3
10	2	5.94	1.1	24.6
	6	5.97	2.6	25.2
	9	6.06	4.8	25.5
	12	6.23	7.2	26.1
	15	6.36	9.7	26.1
20	2	6.17	0.9	24.8
	6	6.16	2.3	24.9
	9	6.16	4.2	25.1
	12	6.25	6.3	25.2
	15	6.54	8.2	26.0
40	2	6.05	1.2	24.7
	6	5.42	2.8	25.0

(CONTINUA EN LA SIGUIENTE HOJA).

(CONTINUACION DEL CUADRO 13).

40	9	5.93	5.4	25.3
	12	6.13	7.9	25.6
	15	6.21	10.6	25.8
80	2	6.35	0.9	24.6
	6	6.36	2.4	24.8
	9	6.54	4.7	25.4
	12	6.35	6.8	25.2
	15	6.40	8.7	26.0

---

## CUADRO 14

## RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE PIÑAS

DOSIS	TIEMPO	AZUCARES	CONSTITUYENTES	VITAMINA A
Kred	Días	REDUCTORES %	PECTICOS %	mg/100 g
0	2	3.83	23.41	8.0
	7	3.49	21.78	9.0
	11	2.73	19.60	8.0
	15	2.89	24.93	12.0
	19	2.93	21.74	15.0
	23	3.36	17.91	20.0
30	2	4.27	22.11	9.0
	7	4.05	21.02	7.0
	11	4.18	21.73	10.0
	15	3.99	24.59	9.0
	19	3.61	22.48	14.0
	23	3.43	20.40	18.0
60	2	4.99	22.10	9.0
	7	3.52	25.37	8.0
	11	4.46	26.29	12.0
	15	4.37	25.30	8.0
	19	4.10	15.57	12.0
	23	4.51	19.69	15.0

(CONTINUA EN LA HOJA SIGUIENTE).

(CONTINUACION CUADRO 14).

	2	5.05	22.20	15.0
	7	4.52	23.00	7.0
	11	5.04	24.52	11.0
90	15	4.20	21.13	9.0
	19	6.06	20.16	15.0
	23	4.84	24.55	11.0
	2	4.71	23.08	10.0
	7	4.29	22.67	9.0
	11	4.58	25.16	14.0
120	15	7.21	24.81	9.0
	19	7.31	23.16	11.0
	23	6.33	27.44	14.0

## CUADRO 15

## RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE PIÑAS

DOSIS	TIEMPO	ACIDEZ TOTAL	ACIDO ASCOR- BICO.	ACIDO DESHI- DRO ASCORBICO
Krad	Días	ml N/100 g	mg/20 g	mg/20 g
	2	2.17	2.01	1.65
	7	2.37	1.80	1.16
	11	2.83	2.00	1.53
0	15	3.49	2.63	1.60

(CONTINUA EN LA HOJA SIGUIENTE).



## (CONTINUACION CUADRO 15)

0	19	4.16	2.52	1.47
	23	4.35	2.94	1.47
30	2	2.00	1.73	1.61
	7	1.60	1.22	1.35
	11	2.18	0.59	2.21
	15	2.65	1.85	2.00
	19	3.09	1.79	1.44
	23	3.74	1.37	1.62
60	2	2.10	1.38	1.79
	7	2.52	2.07	1.27
	11	2.32	1.75	1.86
	15	2.85	1.99	1.80
	19	2.71	1.30	1.64
	23	3.45	1.66	1.48
90	2	1.78	1.39	1.96
	7	1.77	1.56	1.24
	11	2.22	1.52	1.65
	15	2.39	1.00	1.87
	19	2.62	1.17	1.45
	23	2.99	0.69	1.74
120	2	2.52	1.62	2.00

(CONTINUA EN LA HOJA SIGUIENTE).

(CONTINUACION CUADRO 15).

120	7	2.12	1.23	1.28
	11	2.20	1.70	1.74
	15	2.40	1.35	1.84
	23	3.80	1.72	2.33

## C U A D R O 16

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE PIÑAS

DOSIS Krad	TIEMPO Días	pH	PERDIDA DE PESO %	SABOR
0	2	3.8	2.7	5.1
	7	3.9	6.6	6.1
	11	3.9	9.9	5.8
	15	4.0	12.5	5.8
	19	3.6	14.8	6.1
	23	3.9	18.7	5.6
	30	2	4.0	2.3
7		4.3	7.4	5.3
11		4.0	10.8	4.8
15		3.5	14.0	6.0
19		4.0	17.3	5.7
23		4.0	21.2	5.0

( CONTINUA EN LA HOJA SIGUIENTE ).

(CONTINUACION CUADRO 16).

	2	3.9	2.6	6.1
	7	3.9	7.3	5.0
	11	3.9	11.7	6.5
60	15	3.6	16.4	4.5
	19	4.0	20.4	4.8
	23	4.1	25.3	6.4
	2	4.1	2.7	5.5
	7	4.1	8.0	5.1
	11	4.1	12.8	5.8
90	15	3.5	16.7	5.3
	19	4.2	21.9	5.3
	23	4.2	27.3	4.5
	2	4.0	2.8	5.5
	7	4.0	8.6	5.1
	11	4.1	13.3	4.5
120	15	3.1	18.0	4.8
	19	4.3	24.3	4.3
	23	4.2	30.3	3.6



QUINDÍO

El Organismo Internacional de Energía Atómica, con fecha 8 de septiembre de 1976 publicó un boletín de prensa con el número PR 76 / 18, en el cual se dice lo siguiente: La irradiación de alimentos es un nuevo método físico que puede usarse para proteger los alimentos contra los daños e infecciones causados por los microbios e insectos, así como contra la deterioración fisiológica, prolongando de esta manera su período de almacenamiento. Se ha demostrado ya hace tiempo que este procedimiento puede ser de gran utilidad para la campaña mundial encaminada a proteger los alimentos conservando los productos procedentes de la agricultura y la pesca.

En vista de las actuales dificultades alimentarias en todo el mundo, adquiere cada vez más importancia la conservación de los recursos alimenticios ya disponibles. Habría que promover urgentemente todos los métodos capaces de mejorar la situación. La introducción en la práctica del nuevo método consistente en la irradiación depende sobre todo de que se reconozca ampliamente la aptitud para el consumo humano (es decir la "comestibilidad") de los alimentos irradiados.

En una reunión de 8 días ( 31 de agosto a 7 de septiembre de 1976 ), celebrada en la Sede de la Organización Mundial de la Salud ( OMS ), en Ginebra, un comité internacional de 13 expertos, ayudado por cinco asesores científicos y organizado conjuntamente por la Organización de

las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación ( FAO ), el Organismo Internacional de Energía Atómica ( OIEA ) y la OMS, ha evaluado las pruebas experimentales de la comestibilidad de nueve productos alimenticios. El comité mixto de expertos FAO/OIEA/OMS sobre la comestibilidad de los alimentos irradiados ha reconocido como "inocuos sin restricciones" para el consumo humano cinco artículos alimenticios (patatas, trigo, pollos, PAPAYAS y fresas). Han recibido una aprobación provisional tres productos (arroz, pescado y cebollas), y uno (setas) se ha dejado para un estudio posterior.

Se espera que esta evaluación facilitará el empleo de las radiaciones ionizantes para conservar los alimentos, siempre que ello sea necesario y factible; contribuirá también a hacer posible el comercio internacional de alimentos irradiados.

Los científicos que han asistido a la reunión procedían de países de todo el mundo ( Australia, Bulgaria, Canada, Estados Unidos de América, Francia, Hungría, India, Japón, Noruega, Reino Unido, República federal de Alemania, Suecia y Unión Soviética ). Los expertos se reunieron bajo la presencia del Dr. H. Blumenthal (Estados Unidos de América). Fue elegido vicepresidente el profesor T. Tashev ( Bulgaria ). Declaró abierta la reunión el Dr. A. S. Pavlov, Subdirector General de la OMS, y el Dr. H. Glubrecht, Director General Adjunto del OIEA, Pronunció unas palabras en

nombre del OIEA y de la FAO.

Los datos experimentales sobre la comestibilidad de los alimentos examinados fueron sometidos a la evaluación de los expertos por el proyecto Internacional para la irradiación de alimentos (PIIA), y por la FAO/OIEA. El PIIA es un proyecto autónomo patrocinado por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), la FAO y el OIEA, que financian y realizan 23 países interesados en las aplicaciones prácticas de la irradiación de alimentos. El PIIA fue iniciado en 1971 y es un proyecto de investigación para acopiar datos experimentales sobre la comestibilidad de los alimentos irradiados, que se realiza colectivamente, con las consiguientes economías y obtención de datos de calidad reconocida internacionalmente. Se han tomado también en consideración las pruebas obtenidas gracias a las investigaciones sobre comestibilidad efectuadas en todo el mundo en los últimos 25 años.

La comestibilidad de los alimentos irradiados ha sido estudiada muy a fondo no solo desde el punto de vista toxicológico, sino también nutricional, químico y microbiológico. Los resultados de la evaluación crítica realizada por el comité de expertos se pondrán a disposición de las autoridades competentes de todos los Estados miembros de la FAO, el OIEA y la OMS. Se presentarán también a la Comisión del Codex Alimentarius, el Organismo ejecutivo del programa de normas alimentarias FAO/OMS, en el que participan 114 paí-

ses.

En el tercer párrafo del mencionado boletín, se menciona como un alimento inocuo y sin restricciones a las papayas. Es de esperarse que este grupo de alimentos vaya incrementándose y tal vez llegue un día en la mesa de cualquier familia, exista en su dieta un gran porcentaje de alimentos irradiados, desde el aperitivo hasta el postre.

## C A P I T U L O V

## 5.0 B I B L I O G R A F I A

1. Cabrera Mosqueda Luis. 1970  
"Cambios en la actividad de la Pectin-metilestearasa en la preservación de papayas por radiación Gamma"  
Tesis para obtener el grado de Maestría en Química Nuclear. Facultad de Química, U. N. A. M.
2. Azamar Barrios José Antonio. 1972  
"Preservación de mango Manila por irradiación Gamma"  
Tesis para obtener el título de Químico.  
Escuela de Ciencias Químicas, U. A. P. Puebla, Pue.
3. De la Llata Gómez Ma. del Rosario. 1971  
"Uso de la radiación Gamma para la preservación de naranjas".  
Tesis para obtener el título de Farmacobiólogo.  
Escuela de Ciencias Químicas, U. A. Q. Queretaro, Qro.
4. Loyola Vargas Victor Manuel. 1973  
"Cambios inducidos por dosis variables de radiación Gamma en mango Manila para su preservación".  
Tesis para optar por el grado de Maestría en Química Nuclear. Facultad de Química. U. N. A. M.
5. Urrows G. M. 1966



Conservación de Alimentos por irradiación.  
Comisión de Energía Atómica de E. E. U. U.

6. Escobar Rómulo Ing. Agrónomo.  
Enciclopedia agrícola. Vol. 3
7. Loyola Vargas Víctor Manuel. 1974  
"La Dosimetría en la preservación de frutas por irradiación Gamma".  
IX Congreso Nacional de Química pura y aplicada.  
Zacatecas, Zac. México.
8. Pacheco Salelo Pascual.  
Folleto para extensionistas No. 2  
Abril de 1972.
9. Norman W. Desrosier.  
Conservación de alimentos.
10. A. Sánchez Molina; Victoria Andrade y Natalia G.  
Síntesis de Geografía Física y Humana.
11. Eric E. Conn; P. K. Stumpf  
Bioquímica Fundamental  
2a. Edición. 1972
12. Norman N. Potter, Ph. D.  
La Ciencia de los Alimentos.

México/Buenos Aires/1973.

13. Loyola Vargas Víctor Manuel.  
Apuntes sobre Química Nuclear y Radioquímica.  
Universidad Autónoma de Querétaro.
14. Spinks J. T. W. and R.J. Woods. 1964  
And Introduction to Radiation Chemistry.  
Wiley, New York. p. 106.
15. Garduño, A. Ecos Tecnológicos.  
Revista Tecnológica de Alimentos, 5, (1972).
16. Karlsruhe. 1966  
Proceeding of a Symposium of Food Irradiation.  
I. A. E. A. Viena.
17. Merrit, C, Jr. 1966  
Chemical Changes Induced by Irradiation in Meats and  
Meat Components.  
Pionering Research Division, United State Army Natick  
Laboratories.  
Natick, Mass. U. S. A.
18. Thiulin, G. D. Basille and J. Morre. 1966  
Chemical Effects of Cobalt-60 Gamma Radiation on the  
Constituent Elements of Foodstuffs.

19. Hickman, R. J. 1966  
United Kingdom Food Irradiation Programme Wholesome Aspects, -Wantage, Berks.  
United Kingdom. (Symp. Karlsruhe).  
I. A. E. A. - F. A. O., 101-17
20. Addison Wesley. 1969  
Radiation Biology And Medicine.
21. Raica, N. Jr. 1966  
Review of the United States Army Medical Research and Nutrition Laboratory.
22. The Biological Effects of Atomic Radiation. 1960  
National Research Council-Summary Reports.
23. Velázquez Villafuerte Carlos R. 1971  
"Preservación de Mangos con Irradiación y Criterios de Diseño de Cámaras con Irradiación y Maduración".  
Tesis para obtener el título de Ingeniero Químico.  
Facultad de Ciencias Químicas U. N. A. M., México, D.F.
24. Hine, J. Gerald and Gordon, L. Brownell. 1958  
Radiation Dosimetry.  
Academic Press Inc. Publishers.
25. Swope, H. Gladys. 1958  
Dosimetry in the Argonne high Level Gamma Irradiation

Facility.

Argonne National Laboratory 5, 819: 2-5

26. Vega y León Salvador.

"Cambios Biológicos y Enzimáticos en Tangerinas Irradiadas con Co-60".

Tesis para obtener el título de Químico Farmacéutico Biólogo. 1975

27. Sandoval Salomón Enrique.

"Efecto de la Radiación Gamma en Carbohidratos de Harina de Trigo".

Tesis para obtener el título de Químico.

Facultad de Ciencias Químicas.

Universidad Autónoma de Querétaro.

28. Somogy, M.

Colorimetric Determination of Reducing Sugars.

Journal Biol. Chem. 160 : 61, (1945).

29. M. Nelson.

Colorimetric Determination of Reducing Sugars.

Journal Biol. Chem. 153 : 375, (1944).

30. Cabrera, M. L.

"Determinación de la actividad de enzimas pécticas en la preservación de frutas frescas con radiaciones gamma. IV Congreso Nacional de Ciencias Farmacéuticas.

México, D.F. México (1971).

31. Carrasco, A.H. , Loyola, V. V. y Cabrera, M. L.  
Cambios químicos inducidos por radiación gamma en dos variedades de fresas.  
VII Congreso Mexicano de Química Pura y Aplicada.  
Morelia, Mich. México (1972).
32. Rodríguez, J. A.  
"Cambios Inducidos por radiación gamma en dos variedades de Fresas".  
Tesis profesional de Químico.  
Universidad Autónoma de Querétaro, México (1972).
33. Azamar, B. J. A. , Cabrera M. L. , Carrasco, A. H. ,  
G. de Fernández M. V. y Loyola, V. V.  
Radiopreservación de papayas.  
IV Conferencia Química del Caribe.  
Mayagüey, Puerto Rico (1973).
34. Cabrera, M. L. , Carrasco A. H. , G. de Fernández, M.  
V. y Loyola, V. V.  
Cambios Inducidos en plátanos Dominicanos mediante Rayos Gamma.  
Congreso Nacional de Ciencias y Tecnología de los Alimentos, VIII (6), 276-281, (1973).
35. Cabrera, M. L. Azamar, B. J. A. Carrasco, A. H. , G.

de Fernández M. V. y Loyola, V. V.

Determinación del Cambio de Acido Ascórbico a Deshidroascórbico por Efecto de Los Rayos Gamma en papayas.

VIII Congreso Nacional de Química Pura y Aplicada. Querétaro, Qro. México, (1973).

Rev. Soc. Quím. de Méx. XVII (6) 247-249, (1973).

36. Carrasco, A. H. Cabrera M. L. , Loyola, V. V. M. , Azamar, B. J. A. y Guasti de Fernández, M. V.

Chemical and Enzymatic Changes Induced by Gamma Radiation in Pineapples.

IV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, .

Madrid, España, (1974).