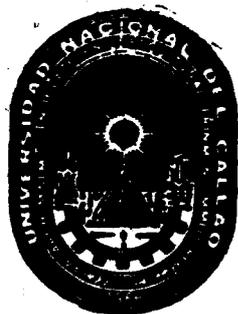


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA



**ESTUDIO DE RADIOCONSERVACION
DEL ESPARRAGO. (*Asparagus Officinalis*)**

T E S I S

Presentada por el Bachiller:

Marco Antonio Linares Agüero

**PARA OPTAR EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO**

Callao - Perú

1990



A MI MADRE

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Peruano de Energía Nuclear, en la persona de Mario Morote Orellana, Jefe de la División de Desarrollo Tecnológico - Dirección de Aplicaciones y a todo el personal que labora en la División; por la ayuda y la colaboración que de alguna forma me prestaron, para llevar a buen término la ejecución del presente trabajo.

Al Ing. Justo Espinoza Aliaga, por sus valiosos consejos como asesor de la presente tesis.

A la empresa Importadora Exportadora Claudia S.A., en la persona del Gerente General Ing. José Vallejo, por su de sinteresada ayuda en la donación de materia prima, así como a todo el personal que labora en dicha empresa, además a toda la gente de ese hermoso valle de Virú (Trujillo).

Y finalmente a todos los que en alguna otra forma me brindaron su ayuda.

I N D I C E

	<u>Pág.</u>
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO	4
1.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS PREVIOS	4
1.2 DEFINICION DE LA SITUACION PROBLEMA DE LA CONSERVACION DE ALIMENTOS FRESCOS Y TRATADOS	5
1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	7
CAPITULO II	
GENERALIDADES	
2.1 CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DEL ESPARRAGO	8
2.1.1 ORIGEN Y DESCRIPCION DE LA PLANTA	8
2.1.2 VALOR NUTRITIVO Y COMPOSICION DEL TURION	11
2.1.3 CONDICIONES DEL CULTIVO	11
2.1.4 ZONAS DE PRODUCCION E INDUSTRIALIZACION	15
2.1.5 CARACTERISTICAS ADECUADAS DE LOS FRUTOS PARA SU INDUSTRIALIZACION. RENDIMIENTO AGRICOLA	18
2.1.6 VARIEDADES ADECUADAS PARA INDUSTRIALIZAR	19
2.1.7 RECOLECCION	20
2.1.8 ALTERACIONES DEL ESPARRAGO DESDE SU RECOLECCION HASTA LA ENTRADA EN LINEA	23
2.1.9 RENDIMIENTO EN LA INDUSTRIALIZACION	26
2.2 CATEGORIAS DE LOS ESPARRAGOS	27
2.3 DOSIMETRIA Y OTROS CONCEPTOS IMPORTANTES RELACIONADOS CON LA IRRADIACION DE ALIMENTOS	30
2.3.1 RADIACIONES ALFA, BETA Y GAMMA	31
2.3.2 UNIDADES DE MEDIDA DE LA RADIACION	
2.3.3 DOSIMETRIA	40
2.4 IRRADIACION DE ALIMENTOS	51
2.4.1 USO DE TECNICAS NUCLEARES EN ALIMENTOS Y AGRICULTURA	52
2.4.2 USO DE LA ENERGIA NUCLEAR PARA PRESERVAR ALIMENTOS	54
2.4.3 APLICACIONES, VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA IRRADIACION DE ALIMENTOS.	55

2.4.4 EFECTOS DE LA IRRADIACION EN LOS COMPONENTES DE LOS ALIMENTOS	57
2.4.4.1 QUIMICA DE RADIACIONES DE LOS HIDRATOS DE CARBONO	58
2.4.4.2 QUIMICA DE RADIACIONES DE LAS PROTEINAS	59
2.4.4.3 QUIMICA DE RADIACIONES DE LOS LIPIDOS.	59
2.4.4.4 QUIMICA DE RADIACIONES DE LAS VITAMINAS	61
2.4.4.5 EFECTO DE LA IRRADIACION SOBRE LOS MICROORGANISMOS	62
2.4.5 CARACTERISTICAS DE UN ALIMENTO IRRADIADO	63
2.5 CONSERVACION DEL ESPARRAGO EN ESTADO FRESCO	68
2.6 EQUIPOS DE IRRADIACION DE ALIMENTOS A NIVEL DE LABORATORIO Y COMERCIAL	70

CAPITULO III

METODOLOGIA Y ETAPAS	78
3.1 TOMA DE MUESTRAS	
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS	79
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	79
3.3.1 TRATAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA	83
3.3.2 TRANSPORTE	83
3.3.3 RECEPCION, SELECCION, CORTE Y LAVADO	84
3.3.4 IRRADIACION DE LOS TURIONES	84
3.3.5 CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO	86
3.4 ANALISIS A REALIZAR CON EL PRODUCTO IRRADIADO Y SIN IRRADIAR	86
3.4.1 ANALISIS FISICO QUIMICOS	87
3.4.1.1 ANALISIS PROXIMAL	87
3.4.2 ANALISIS MICROBIOLOGICOS	106

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION	109
4.1 PH Y ACIDEZ TITULABLE	109
4.2 HUMEDAD	123
4.3 FIBRA	130
4.4 GRASAS	137
4.5 PROTEINAS	140

4.6	AZUCARES REDUCTORES	143
4.7	% DE PERDIDA DE PESO Y % DE DISMINUCION DEL TAMAÑO DEL TURION	148
4.8	ACIDO ASCORBICO O VITAMINA C	157
4.9	CENIZAS	160
4.10	BRIX O SOLIDOS SOLUBLES	163
4.11	ANALISIS MICROBIOLÓGICOS	166
4.12	ANALISIS ORGANOLEPTICOS	175
	CONCLUSIONES	197
	RECOMENDACIONES	199
	BIBLIOGRAFIA	201

εεεεεεεε

ESTUDIO DE RADIOCONSERVACION DEL ESPARRAGO

(ASPARAGUS OFFICINALIS)

I.- INTRODUCCION

La conservación de los alimentos en sus condiciones naturales ha sido una meta continua para el hombre civilizado del tiempo presente. El desarrollo potencial y la utilización de la esterilización por radiación ofrece un método de "esterilización fría" por medio del cual pueden ser conservados los alimentos sin cambio marcado en su forma natural. Las posibilidades aparecen ilimitadas y son el mayor desafío para todo profesional relacionado con la tecnología de alimentos.

El proceso de irradiación de los alimentos, consiste en exponer a estos, ya sea envasados o a granel, a radiaciones en una sala especial y durante un tiempo determinado.

El espárrago es uno de los principales productos del Sector Agropecuario de Exportación no tradicional, producto que en los últimos años ha presentado un rápido crecimiento.

El Perú podría abastecer una significativa proporción de la demanda internacional de espárragos, ya que posee condiciones climáticas apropiadas para su cultivo todo el año. Sin embargo, en su propio mercado no se consume porque, tradicionalmente se han preferido otras siembras. La exportación de esta hortaliza estuvo tradicionalmente limitada a la industria conservera, las otras formas de exportación (congelado y fresco) se encontraban en un estado incipiente, exportándose a partir de 1983.

El consumo de espárrago fresco se ha incrementado en 34% Europa, pero aún en el Perú no puede satisfacer dicha demanda por la falta de normas de calidad acordes al exigente mercado internacional. Conquistando el mercado Europeo de las conservas, no sería tan difícil entrar en la exportación de espárrago fresco, ya que el principal obstáculo se localiza en la fase de producción y específicamente en los aspectos de volumen y deterioro de calidad, situación originada por la falta de adecuadas técnicas de cultivo, por la degeneración de las variedades y por el mal tratamiento post-cosecha.

La irradiación del espárrago con radiación gamma, podría solucionar problemas de pérdidas de calidad, en el estado fresco, ya que el deterioro es muy rápido en el

medio ambiente caracterizándose por reacciones químicas las cuales se manifiestan por decoloración, deshidratación, reacciones inducidas por microorganismos, formación de fibras, en general una pérdida total de calidad. Este proceso se complementaría con la refrigeración para obtener tiempo de conservación.

CAPITULO I

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS PREVIOS

El presente estudio no tiene antecedentes experimentales ni bibliográficos en el Perú, las únicas informaciones obtenidas acerca de la irradiación de espárragos, son aquellas que se realizaron en los países Bajos en Mayo de 1969 y cuyo objetivo del trabajo fue el de alargar el tiempo de vida de este producto y la inhibición del crecimiento, trabajaron hasta con un máximo de dosis de 2K Gy (fuente JAEA) (16).

Según la revista "IRRADIATION OF FRUITS AND VEGETABLES" (17) CONTRACT No. AT (11-1) - 1592, irradiaron espárragos con dosis que fluctuaron entre 0.1 - 1.0 K Gy obteniendo un crecimiento un poco mayor de estos últimos

comparando con el de los no irradiados. La última información que se tiene, es la de un trabajo presentado en la XVI INTERNATIONAL CONGRESS OF REFRIGERATION, (29) que, irradiaron con dosis de 1.5 y 2.0 Kgy y guardados en refrigeración entre 1-2 grados Centígrados se prolongó la vida útil por 30 días.

1.2 DEFINICION DE LA SITUACION PROBLEMA DE LA CONSERVACION DE ALIMENTOS FRESCOS Y TRATADOS

Un cuarto de la producción de alimentos del mundo se pierde después de la cosecha. Estas pérdidas ocurren donde el alimento es cultivado, durante la distribución, almacenaje, procesamiento, venta, y en el propio hogar de cada persona. Estas pérdidas son especialmente importantes en países en desarrollo donde el transporte y los sistemas de almacenaje no son modernos, las temperaturas ambientales y la humedad son altas y por lo tanto las necesidades de alimentos es grande.

La vida más fácil para incrementar eficazmente el consumo de alimentos es reducir las pérdidas: esto es dar mayor facilidad para incrementar el abastecimiento en un 10-20%, por reducción de pérdidas en el campo, mejorándolas de la misma forma que las cosechas. La protección de alimentos contra pérdidas debido a la infestación de alimentos, daños debido a microorganismos, y otras plagas es un desafío para la humanidad. Muchos gobiernos actualmente reconocen la necesidad de tomar una acción. Debido a

que la población del mundo cada vez se incrementa es prioritario ver la necesidad de disminuir cada vez más las pérdidas de alimentos.

A despecho de muchos métodos proveedores para la preservación de alimentos como son la liofilización, congelación y fermentación, los cuales pueden ser usados para extender el tiempo de almacenamiento de los alimentos, pero aún así grandes pérdidas ocurren en muchas partes del mundo (especialmente en zonas tropicales), donde muchos países en desarrollo se encuentran ubicados. Esto podía ser porque las tecnologías más apropiadas para esto no funcionan eficientemente en diferentes medios de ambiente o porque ellos no presentan la atención debido en los países en desarrollo. Actualmente la población de muchos países ahora está acostumbrada al consumo de alimento fresco para su consumo inmediato en casa. Es por esto que toda tecnología aplicada en la cual el producto tenga un período de vida mucho más largo que el normal, será bienvenida por el consumidor.

El tratamiento por irradiación no es una técnica "milagrosa" capaz de solucionar todos los problemas. Con este método pueden solucionarse problemas específicos de pérdidas alimentarias y podría complementarse con otras tecnologías establecidas, tales como la refrigeración, para aumentar la calidad y la comestibilidad de los alimentos.

Sus propiedades únicas serían sumamente útiles para ayudar a los países en desarrollo a luchar contra sus problemas de pérdidas de alimentos y ampliar el comercio de ciertos alimentos y otros productos agrícolas.

1.3 OBJETOS DEL ESTUDIO

El objetivo principal del presente estudio, será el de encontrar la dosis más adecuada para tratar de prolongar la vida de esta hortaliza y permitir una mayor disponibilidad de este producto, haciendo de esta forma factible, aumentar el volumen de exportación. Como objetivos secundarios aunque también importantes; es el de estudiar los cambios físicos y químicos que pueden ser inducidos en el espárrago por efecto de la irradiación gamma; así como también el de reducir la carga microbiana que posee esta hortaliza.

CAPITULO II

GENERALIDADES

2.1 CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DEL ESPARRAGO

2.1.1 Origen y Descripción de la Planta

El espárrago, cuyo origen se cree se sitúa en la zona este de la cuenca del Mediterráneo y Asia Menor. Comúnmente crece silvestre en estas áreas del TRANSCAUCASO, EUROPA y en muchos lugares. Se tiene noticias de un cultivo en época de los Griegos y Romanos; pertenece a la familia de las LILIACEAS, que comprende unas 150 especies del género "A. OFFICINALIS" se utiliza para el consumo humano y con fines de explotación comercial.

Entre las hortalizas cultivadas a nivel mundial, ostenta un nivel preferencial, tanto por la variabilidad de sus formas de consumo, ya que puede utilizarse fresco o en conserva, en forma natural o deshidratado, de color blanco

o verde, como por su alto rendimiento; se caracteriza además, por una forma de crecimiento que hace necesarias condiciones especiales de cultivo y por un ciclo de vida que lo define como un cultivo perenne.

La parte comercial del espárrago son los turiones, formada por el brote de una yema de la "corona", la cual ha dado origen a un tallo o vástago de forma cilíndrica, sin la presencia de hojas. El extremo superior o punta del turión, es conocida como ápice y está constituida por tejidos meristemáticos de crecimiento activo, que representa numerosas yemas protegidas por bracteas.

Sus raíces son carnosas, los cuales actúan como órganos de sujeción y de reserva de las sustancias nutritivas que la planta elabora; mediante una serie secundaria de raíces fibrosas la planta absorbe los nutrientes del terreno. El subterráneo, carnoso y fibroso, formado por un rizoma (corona, zarpagarra) con ramificaciones. Es la parte más importante de la planta, que sirve para perpetuarla.

El tallo se inicia y forma parte de la corona, constituyendo esencialmente un rizoma de desarrollo horizontal a partir del cual se producen las yemas. Estas al crecer darán origen, cuando hay una gran acumulación de sustancias de reserva, a tallo subterráneo que inicialmente no se ramifican y cuando se cosechan tiernos reciben la denominación de turiones. Cuando no hay acumulación de sustancias de reserva en las raíces los tallos no serán suculentos



FOTO N° 1 .- Planta adulta de Espárrago

sino delgados y al seguir su desarrollo darán origen a los tallos, ramas y hojas.

La corona, al crecer, esta formada por varios grupos de yemas y dentro de cada grupo habrá una dominancia apical que determinará que las yemas más desarrolladas retarden el crecimiento de las otras yemas por grupos sera continuo.

Las hojas del espárrago tienen funciones de protección, alimentación, absorción de oxígeno y pérdida de agua.

Por ser el espárrago una planta dioica, existen plantas masculinas, con flores masculinas, y plantas femeninas con flores femeninas, desempeñando ambas funciones de reproducción. Se puede encontrar también plantas con flores de los dos sexos o hermafroditas aunque estas no son comunes en una proporción del 1%.

Según diversos ensayos, se ha llegado a la conclusión de que las plantas masculinas producen una cosecha temprana mucho más abundante, y su duración es mucho mayor, siendo sin embargo más gruesos los turiones de las plantas femeninas.

El fruto es una baya, es decir mantiene su mesocarpio y endocarpio blandos, tiene forma esférica y trilobular, y es de color verde antes de la maduración, rojo al madurar y naranja cuando la maduración es prematura, siendo el tamaño más chico.

La semilla del espárrago, es normalmente redondeada,



FOTO N° 2 .- Turión recién cosechado

de color negro, generalmente se encuentra una semilla por lóbulo; cuando se desarrollan 2 óvulos por lóbulo, las semillas serán achatadas en uno de sus lados, si no, serán redondeadas. Se obtienen 3 semillas por fruto generalmente.

2.1.2 Valor Nutritivo y Composición del Turión

El contenido de sólidos totales en el espárrago varía entre 5 y 20%, es de poco valor como fuente energética.

Su contenido calórico oscila entre 21 y 25 calorías por 100g en el espárrago crudo. Debido a ello, y aunque se puede utilizar como plato de las comidas, se emplea frecuentemente como adorno. Su importancia básicamente es el contenido de vitaminas B₁, B₂, y C, que desempeñan un papel fisiológico importante en el organismo humano, como las sales minerales. Para un funcionamiento normal del metabolismo. El contenido de fibras, que en su totalidad no es digerida por el jugo gástrico, favorece los movimientos peristálticos, facilitando la digestión de los alimentos y un buen funcionamiento del tracto intestinal.

2.1.3 Condiciones del Cultivo

El espárrago es una planta originaria de climas templados, con estaciones bien definidas, necesitando de un periodo de baja temperatura o de deficiencia de humedad, durante el cual detiene su crecimiento para poder acumular reservas alimenticias y realizar cambios bioquímicos que originarán posteriormente los brotes suculentos o turiones, que se consumen normalmente.

Las temperaturas ambientales óptimas de crecimiento de esta planta se encuentran entre los 14°C y 22°C, aunque son favorables las temperaturas entre 8°C y 26°C.

La alternanancia de temperaturas altas y bajas entre el día y la noche, con una diferencia de 10°C a 12°C, favorece el rendimiento de la planta, siempre y cuando las temperaturas mínimas no bajen de 4°C, ya que los turiones son muy sensibles a estas bajas temperaturas.

TABLA No. 1

Composición Química del Espárrago

Por cada 100 g. de producto fresco.

Calorías	.....	23
Agua	.....	92.3 g
Proteínas	.....	2.2 g
Extracto Etéreo	.....	0.2 g
Carbohidratos	.....	4.6 g
Fibra	.....	1.6 g
Cenizas	.....	0.7 g
Calcio	.....	35 mg
Fósforo	.....	35 mg
Hierro	.....	1.2 mg
Vit. A	.....	1.30 mg
Vit. B ₁ (Tiamina)	.....	0.08 mg
Vit. B ₂ (Riboflavina)	.....	0.25 mg
Vit. PP (Niacina)	.....	0.65 mg

Vit. C (Ac. Ascórbico Reducido)..... 16.4 mg

Fuente: Ministerio de Salud - Institutos Nacionales de Salud, Instituto de Nutrición.
"La Composición de los Alimentos Peruanos " ,1975.

TABLA NO 2

Composición Química del Espárrago

Por cada 100 g de producto fresco

Calorías	.....	21
Agua	.....	91.7-93.0 g
Proteínas	.....	2.2- 2.5 g
Grasas	.....	0.2 g
Carbohidratos totales	.....	3.9- 5.0 g
Fibra	.....	0.7 g
Cenizas	.....	0.6- 0.7 g
Calcio	.....	21.0-22.0 mg
Fósforo	.....	62.0 mg
Hierro	.....	0.9-1.0 mg
Sodio	.....	2.0 mg
Potasio	.....	240-278 mg
Vit. A	.....	900-1,000u.i.
Vit. B ₁ (Tiamina)	.....	0.16-0.18 mg
Vit. B ₂ (Riboflavina)	.....	0.19-0.20mg
Vit. C (Ac. Ascórbico)	.....	33.0 mg
Vit. PP (Niacina)	.....	1.4-1.5 mg

Fuente: The Heinz handbook of Nutrition of Foods Raw.
Processed. Prepared - Agricultural Handbook N° 8.

TABLA No 3

Composición Química del Turión

Por cada 100 g de producto fresco

Contenido de agua	93.75-94.5 g
Albumina bruta	1.62- 1.79 g
Grasas	0.11- 0.25 g
Azúcares	0.37 g
Extracto de Nitrogenados	2.26- 2.33 g
Fibra bruta	0.18- 1.04 g
Cenizas	0.54- 0.70 g
Calcio	20 mg
Fósforo	60 mg
Hierro	1.0 mg
Vit. B ₁ (Tiamina).....	25 mg
Vit. B ₂ (Riboflavina)	170 mg
Vit. C (Ac. Ascórbico)	30 mg

Fuente: Según Becker - Dillingan
Anuario de Estadística Agraria 1981- España.

El crecimiento de los turiones se duplica por cada 8°C de aumento de la temperatura a partir de las 10°C, temperaturas muy bajas retardan el crecimiento de la planta, mientras que las altas las aceleran, causando la apertura de los brotes primarios del turión y el rápido desarrollo de las yemas apicales. A 24°C éstas pueden crecer a un ritmo de 5 cms diarios, a temperaturas mayores se puede producir deshidratación y desarrollo de rama en los

turiones.

Las temperaturas óptimas del suelo se encuentran entre los 16°C y 32°C, fuera de estas temperaturas se inhibe o retarda el crecimiento.

La humedad ambiental debe ser baja en las épocas de descanso de la planta y alta en la época de cosecha, para evitar así la deshidratación rápida de los turiones post cosecha.

Las zonas lluviosas no son apropiadas para la siembra del espárrago, puesto que la planta no podría entrar en su periodo de reposo o de acumulación de nutrientes sin que continuaría desarrollándose.

El espárrago se ha cultivado en suelos de características diferentes, desde arcillas a arenas muy finas.

El tipo de suelo depende de los objetivos del agricultor.

Si se trata de producir espárragos blancos, se tendría que recurrir a suelos arenosos u orgánicos, mientras que para obtener espárragos verdes habrá que utilizar suelos francos o ligeramente arcillosos.

2.1.4 Zonas de producción e Industrialización

Los principios productores de espárragos frescos, en el mundo, son Estados Unidos, Taiwan, España, Francia, Holanda. Los mayores productores de espárragos en conserva

son Taiwan y los Estados Unidos, posición que mantienen con un amplio margen de diferencia respecto al resto de productores.

Desde hace muchos años, los fértiles valles costeros del Perú han venido produciendo espárragos. Tradicionalmente, la principal producción orientada a la exportación ha estado concentrada en los valles de los departamentos de Ancash y La Libertad, destacando especialmente los valles de Virú y Chao; donde se comenzó a sembrar espárrago por primera vez en el país, alrededor de 1948.

La extensión sembrada en el Perú muestra un incremento continuo a partir de 1980 hasta 1986 como se observaron en los datos obtenidos, en la Oficina Sectorial de ESTADISTICA DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA. (19)

En la actualidad se nota una tendencia a sembrar este cultivo cada vez más, llegándose a fines de 1987 con alrededor de 3,000 hectáreas sembradas, dedicadas casi exclusivamente a la producción de espárrago blanco.

En 1985, La Fundación para el Desarrollo Nacional de Lima, trajo a técnicos extranjeros para el asesoramiento del sembrío de espárragos verdes, dicho proyecto comprende alrededor de 400 hectáreas con semilla y tecnología importada. (24)

A principios de 1986 un grupo de agricultores de Ica sembró 365 Ha. de espárrago, invirtiendo \$ 80.000 en



FOTO N° 3 .- Campo de espárragos en plena cosecha

semilla de la variedad UC-157 importada de California. (11)

El interés de este cultivo (espárragos verdes) viene siendo promovido, toda vez que constituye una importancia fuente de divisas. Ya que conquistado el mercado europeo de conservas, no sería tan difícil entrar en la exportación de espárrago fresco y congelado. Las exportaciones del espárrago verde serían colocadas principalmente en el mercado norteamericano.

TABLA NO 4

PRODUCCION DE ESPARRAGOS

AÑO	Sup. (Has.)	Rendimiento (Kg/Ha.)	Producción (TM)
1980	1,512	2,928	4,428
1981	2,356	3,222	7,575
1982	2,361	3,512	8,292
1983	2,443	2,841	6,943
1984	2,497	4,563	11,395
1985 (&)	1,420	-	7,349
1986 (&)	1,600	-	8,156

(&) : Sólo en los meses de Enero - Junio.

Fuente : Oficina Sectorial de Estadística del
MINISTERIO DE AGRICULTURA.

3.1.5 Características Adecuadas de los Frutos para su Industrialización. Rendimiento Agrícola

Entre los factores que influyen en la calidad del cultivo de este fruto, el rendimiento agrícola depende de la superficie, y está estrechamente relacionado con las características físicas siguientes: longitud, diámetro y forma (en general).

El rendimiento por hectárea agrícola del peso de tomates de una longitud determinada que se obtiene por unidad de superficie. Sobre este peso influyen varios factores:

- i) La fertilidad del suelo.
- ii) Las condiciones de cultivo (temperatura, suelo, humedad, etc.) de las plantas (abundancia).
- iii) El estado de desarrollo de las plantas y la edad de la planta (en).

iii) El tiempo de maduración.

La longitud del fruto se mide por la distancia entre los puntos en donde cambia de dirección el fruto desde el punto de inicio de la longitud del tallo en uno de los factores a tener en cuenta para valorar la calidad de los.

El diámetro de una planta se determina en el momento cuando el fruto. En términos generales, el tamaño de la planta es el correspondiente al número de frutos por planta. El peso de los frutos se mide en algunos países sobre

expresarse en función del número de unidades por envase.

La textura es su principal aspecto en este producto, la fibrosidad es uno de los factores que más influyen en la aceptación por el consumidor. Depende principalmente del grado de desarrollo del turión y de las condiciones de cultivo y almacenamiento del producto fresco.

El espárrago, cuando se desarrolla cubierto por el suelo, tienen un color blanco más o menos amarillento, cuando por el contrario crece a la luz solar, la punta del turión adquiere una coloración verde o morada. Si las circunstancias persisten, la totalidad del turión toma la coloración verde, pudiendo conservar una cierta tonalidad morada en el extremo del turión motivado por la acumulación de ANTOCIANINA.

2.1.6 Variedades Adecuadas para Industrializar

El espárrago es conocido desde la Edad Antigua, donde griegos y romanos lo apreciaban sobremanera. Sin embargo, pese a la antigüedad del consumo de esta hortaliza, hasta poco tiempo se habían desarrollado pocos cultivares, pero en los últimos años se han introducido el mercado internacional un sinnúmero de ellos.

Los cultivares de espárragos, pueden ser de 2 clases de acuerdo al turión:

- 1.- Variedad de turiones de color verde claro o blanco. Sus brotes son violetas o rojizos antes de exponerse a la

luz del sol, y viran a verde pálido o blanquecido tras la exposición luminosa; entre estos terrenos a la variedad CONNOVER'S COLOSSAL, MAMMOOUTH WHITE, SCHNEEK-OFT, ULM, etc.

2.- Variedad de tuniones de color verde oscuro, toman este color al ser expuestos a la luz solar. Entre otras cabe destacarse a variedades como ARGENTEUIL, grupo WASHINGTON, PALMETTO, GLORIA DE BRUNSWICK, etc.

La variedad Mary Washington reemplazó tanto a las variedades de color verde claro como a las verdes oscuras por su resistencia a la roya, su alta calidad al formar poca fibra y su precocidad. A partir de esta variedad se ha desarrollado otras líneas como la M.W. 500 W, UC-66, UC 711 en Estados Unidos y Dione y Argenteuil en Europa.

2.1.7 Recolección

Hasta el momento, y a pesar de las numerosas investigaciones realizadas, no se dispone de un sistema de recolección que permita reducir la mano de obra sin disminuir el rendimiento agrícola. Las recolecciones semimecanizada y mecanizada, tienen todavía problemas y limitaciones importantes para su aplicación a este producto.

La recolección en el Perú se realiza básicamente en forma anual, con espátulas o cuchillos largos de mango largo y filo en la punta, que es torcida, produciéndose en

el turión corte diagonal en la base y de acuerdo al tamaño que se quiere cosechar que está dado por altura del aporque.

En Chile es común el utilizar tijeras, ya que permiten trabajar sin causar daño a otros espárragos que están emergiendo junto al que se corta. Los cuchillos sufren un desgaste rápido por lo que debe usarse los fabricados con acero al carbono, que son más resistentes. (2)

En España el método tradicional usado consiste en cavar un agujero profundo hasta dejar visible el turión, que se corta con un cuchillo curvado. El cortador va provisto de azada cuchillo y cesta. (28)

En Holanda después de numerosos ensayos, se ha propuesto el siguiente método: el recolector, provisto de una caja y un cuchillo especial, observa el lomo del aporque; cuando ve una elevación o grieta que indica la aparición del turión, cava con su mano izquierda delante de éste un agujero vertical. Sostiene el turión con la mano izquierda y profundiza con el cuchillo para poder liberar, como mínimo, 22 cm. del turión. A continuación inclina el cuchillo para cortarlo. Tras cortar y sacar el espárrago vuelve a tapar el agujero con tierra. (28)

En Taiwan, antes de iniciar la recolección manual se dejan crecer un par de turiones o "Tirasavias", con el fin de aumentar el tamaño (calibre) de los turiones que se recogen, a costa de disminuir la velocidad de crecimiento y,



FOTO N° 4 .- Recolección del espárrago

por lo tanto, el número de turiones por planta. (28)

Dentro de los factores que influyen en la eficacia de la recolección manual podemos citar:

- * Edad de la Planta: En las plantas jóvenes la recolección no debe ser exhaustiva para permitir el buen arraigo y desarrollo de las coronas.
- * Temperatura Diaria: Cuanto mayor es la temperatura diaria, más se desarrollan los turiones, lo que se traduce a una mayor producción. Las bajas temperaturas retrasan el crecimiento de los turiones, pudiendo incluso detener su desarrollo.
- * Las condiciones agronómicas de la planta así como el estado de la misma deben poseer buenas características.
- * Cuanto menor es el número de unidades y mayor su peso, la recolección es más rápida y económica.
- * Un alto cuidado en los cultivos, favorece la recolección, permitiendo la rápida localización de turiones y su arranque con mayor facilidad y menores daños para la corona.
- * La recolección en suelos apelmazados, pedregosos y muy accidentados, es mucho más difícil y lenta, lo que significa un mayor desembolso económico.
- * Es altamente recomendable iniciar este trabajo lo más temprano posible tan pronto haya luz para hacerlo. Esto

obliga o reorganizar la jornada habitual de trabajo, pero así se consigue mantener una calidad mejor, ya que se evita que los espárragos queden expuestos a temperaturas y a la luz solar evitando de esta manera el reverdecimiento y el aumento de fibrosidad.

* La recolección debe llevarse a cabo por obreros especializados. Se ha estimado que en los momentos de mayor producción se necesita entre 2 a 3 personas para cosechar una hectárea en un periodo de 4 a 5 horas.

2.1.8 Alteraciones del Espárrago desde su Recolección
Hasta la entrada en línea

El espárrago es uno de los productos hortícolas más perecibles, ya que se deshidrata rápidamente, pues su contenido de agua es de alrededor del 94% y una actividad de agua de 0.95; además tiene una alta tasa de respiración., lo que contribuye a su deterioro. Esta actividad se manifiesta en la liberación de calor. (2)

TABLA No 5

TEMPERATURA	CALOR LIBERADO
°C	KG K CAL/1,000 Kg. De Espárrago
0	5,000
5	8,000
20	31.000

Fuente: Revista "El Campesino" 1985 (CHILE)
Ing. Alonso Bravo Martínez.

La respiración hace que se gasten los azúcares del turión, los que son importantes para el sabor. A 0°C se pierde el 25% de los azúcares en 12 días; pero a 10°C esa disminución ocurre en solo 6 días. También el 50% de la vitamina C se pierde en 12 días a 0°C; pero en sólo 3 días a 10°C. A mayor temperatura más rápida es la formación de fibra.

Considerando todos los cambios que se producen por efecto de la temperatura se ha comprobado que la tasa de deterioro del producto, casi se duplica por cada 5°C en que aumenta aquella. Más aún, en los rangos inferiores de temperatura, la duplicación se produce por cada 2.5°C de aumento.

El alto índice respiratorio que tiene este vegetal hace que el deterioro se produzca, una vez terminada la cosecha, el cual se caracteriza por el engrosamiento de las fibras o vasos, la reducción de azúcares y pase de estos a almidones de reserva, apertura de las escamas que recubren las yemas del ápice.

El proceso de deterioro del turión, comprende 3 aspectos principales: deterioro físico, deterioro químico-bioquímico y deterioro microbiológico.

El deterioro físico es el proceso de descomposición inicial en el que se produce pérdida de agua por evaporación lo que determina: Arrugamiento o contracción superficial, produciendo mayor flacidez del turión, pérdida de

peso, aumento de la producción de etileno.

El deterioro químico-bioquímico, provoca reacciones químicas de oxidación, oscurecimiento, lignificación y respiración.

La lignificación trae consigo un consumo de azúcares reductores y azúcares totales. Cabe señalar que los azúcares constituyen uno de los grupos determinantes del sabor, junto a los compuestos como ésteres, glucosidades, aminoácidos y proteínas.

Conforme envejece el brote, tallo o turión, en los vasos o tránqueas del XILEMA (tejidos conductores de sustancias nutritivas no elaboradas), se va depositando un carbohidrato, la calosa, que es de constitución dura y por lo tanto, cuanto más aumentan, los vasos irán entrando en desuso al engrosarse las paredes.

La última etapa del proceso de deterioro, lo constituye el deterioro microbiológico, debida a la acción de los microorganismos que producen la fermentación y que se presentan favorecidos por el deterioro físico y químico-bioquímico.

El tiempo en que el turión se deteriora depende fundamentalmente de los factores exteriores a los que está expuesta.

Factores tales como la temperatura, humedad, oxígeno, presión atmosférica, luz, irradiación y aditivos con-

tribuyen a hacer mayor o menor el tiempo en que el alimento se deteriora.

2.1.9 Rendimiento en la industrialización

Como se dijo anteriormente la cosecha se realiza de las 7 de la mañana a las 4 de la tarde. En el verano el crecimiento de los turiones es muy rápida, 10 cms en 24 horas, lo que obliga a realizar 2 pasadas al día. En el invierno el desarrollo de los turiones es más lento, 4 cms en 24 horas.

Las mermas producidas, en la cosecha debido al mal corte son debido a que, se cortan turiones tiernos aún bajo tierra. Técnicos de la zona indican que las mermas por esta práctica pueden llegar hasta un 30%.

En el centro de acapio se preparan los espárragos de manera distinta según se destino final.

Si son destinadas a las industrias enlatadoras, congeladoras o como ultimamente algunas nuevas empresas lo hacen en estado fresco. Se acondicionan los turiones, quitando las dañadas, muy delgadas o pequeños.

En el caso de los enlatados y congelados se les calibra en 1ra, 2da, 3ra. categoría o sea:

12 a 25 mm de diámetro : 1ra
8 a 12 mm de diámetro : 2da
inferior a 8 mm de diámetro : 3ra

Los rendimientos por lo general son de 24% en primera, 40% en segunda y 16% en tercera.

Si se trata de espárrago para exportación en fresco se hacen los atados según las especificaciones del cliente en cuanto a diámetro, longitud y peso unitario de los atados. El porcentaje de espárragos actualmente aptos para exportación en fresco, es inferior al 5%.

Las mermas según un acopiador representan:

23% de las cantidades acopiadas a nivel de la selección.
13% de las cantidades acopiadas al corte de los turiones a 20 cms de longitud para las enlatadoras y 17 cms para las congeladoras.

Sin embargo, estos porcentajes varían según las zonas de producción; es así que en Santa el porcentaje de merma es sólo del 28% y en Virú del 38%.

A estas mermas se añaden las pérdidas de peso por deshidratación, formación de fibra. En general todo tipo de pérdida son muy altas, pues se considera que en 1kg de espárragos cosechado se logra enlatar solamente 0.49 kg.

2.2 CATEGORIAS DE LOS ESPARRAGOS FRESCOS

La calidad de los turiones de espárragos dependen de la definición del producto, ya sea espárrago fresco, congelado o envasado, verde o blanco, y dentro de estos existen requerimientos mínimos para cada uno de los productos, aunque en todos los casos se exige la menor

proporción de fibra.

Los requerimientos mínimos que deben cumplir los turiones se refieren a largo y grosor, color, uniformidad de forma, sabor, aroma y ausencia de daños. De acuerdo a esto los turiones se clasifican en grados o clases.

Dentro de éstos requisitos mínimos de los turiones, las características más importante sería color, forma, longitud y aspecto.

El color de los turiones puede ser verde o blanco. En EE.UU. se prefieren los verdes y en Europa los blancos.

La forma de los turiones deberá ser cilíndrica y recta no se aceptan turiones torcidos y con la punta abierta y encerrados ni con cortes por insecto.

La longitud del turion dependerá de la clase o grado, pudiendo variar entre 22 cm a 12 cm.

En relación al aspecto, los turiones deberán estar frescos, sin manchas, turgentes y suaves, la yema terminal o punta del turión tendrá las brácteas apretadas y la base del turión será recta o perpendicular al turión.

Los turiones deberán presentarse limpios, frescos enteros y sanos; y deberán soportar normalmente el manipuleo, transporte, conservación y transformación en buenas condiciones.

Las normas de la COMUNIDAD ECONOMICA EUROPEA (OECD)

figa tres calidades de espárrago : Extra, Clase I y Clase II.

La calidad Extra es de calidad superior, el tamaño varia de 17 a 22 cm. para los espárragos largos, 12 a 17 cm. para los cortos y menos de 12 cm para puntas de espárragos; para espárrago verde de 27 cm. de largo y diámetro de 12 mm de mínimo.

La calidad Clase I, es una buena calidad y presentación superior, se requiere turiones bien formulados, con puntas compactas de color blanco hasta ligeros tintes coloreados para espárragos blancos, o se admite trazos de fibra. El tamaño es de la misma proporción que el de la Clase Extra, solamente variando un poco en el diámetro. (Mayores especificaciones, ver anexos).

Los estándares de calidad, normados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, establecen una clasificación por tamaño basado en los diámetros de los turiones, pues esta característica se relaciona con la cantidad de fibra en forma inversa ya que , a diámetro menor, corresponderá mayor cantidad de engrozamiento o dureza de las fibras.

Esta clasificación expresa la calidad JUMBO con más de 2.22 cm. de diámetro, Extra Larga con 1.72 a 2.22 cm., Large con 1.27 a 1.74 cm, Standar con 0.79 a 1.27 cm. y Small con menosde 0.79 cm. de diámetro. A partir de 1987, los productores californianos y mexicanos han comenzado a

usar la nomenclatura de calidad Colossal con más de 2.54 cm. de diámetro, Jumbo de 2.06 a 2.54 cm., Extra Large con 1.6 a 2.6 cm., Large 1.12 a 1.60 cm., Estandar de 0.79 a 1.12 cm y Small de 0.48 a 0.79 cm. Aunque para esta clasificación no se establece largo del turión éste se encuentra entre 20.3 y 22.9 cm.

En el Perú, el ITINTEC (1983) ha normado y clasificado a los espárragos frescos en : EXTRA, PRIMERA Y SEGUNDA (21) (Norma Técnica Nacional N 0.11.109-Hortalizas, Espárragos). El Extra es de 1.8 cm. de diámetro y 60 y de peso mínimo; el de Primera de 1.4 cm de diámetro y un peso mínimo de 35 g, con una tolerancia del 10% de turiones de calidad inmediata inferior; el de calidad segunda es de 0.9 cm. de diámetro y de 15g de peso con una tolerancia de 10% de turiones fuera de Norma. La longitud en todos los casos es de 20 cm. con una tolerancia de + 2 cm. (Mayores datos ver Apendice).

2.3 DOSIMETRIA Y OTROS CONCEPTOS IMPORTANTES RELACIONADOS CON LA IRRADIACION DE ALIMENTOS

La radiación se puede definir como la emisión propagación de energía a través del espacio o de un medio material. El tipo de radiación más interesante, en la conservación de alimentos, es la electromagnético. En la figura adyacente se presenta es espectro electromagnético. Las diversas radiaciones se separan de acuerdo con sus longitudes de onda, siendo las más cortas las más perjudiciales para los

microorganismos. Por último el espectro electromagnético puede ser dividido, en relación con las radiaciones de interés en la conservación de alimentos de la siguiente forma: microondas, rayos ultra-violeta, rayos x y rayos gamma. Las radiaciones más importantes en la conservación de alimentos son las "Radiaciones Ionizantes". Se pueden definir las radiaciones ionizantes como aquellas que poseen longitudes de onda de 2,000 Å a menos, por ejemplo partículas alfa, rayos beta, rayos gamma, rayos X, rayos cósmicos. Sus cuantos contienen la suficiente energía para ionizar las partículas en sus trayectorias.

2.3.1 Radiaciones Alfa, Beta y Gamma

En la naturaleza se encuentran los grupos de átomos, estables e inestables. Es necesario que se cumplan ciertas condiciones estructurales para que los núcleos de los isotopos de los diversos elementos existan en forma estable. Cuando estas condiciones no se cumplen más tarde o más temprano y de una manera completamente al azar, los núcleos, átomos por átomo cambiarán su estructura para pasar a formar una configuración más estable. El átomo cambiará un número atómico, algunas veces un número de masa y por lo tanto una identidad química.

Este fenómeno se denomina radiactividad y el núcleo se dice que es radiactivo.

La radiactividad trata de los procesos de desintegración espontánea de los núcleos en forma gradual o

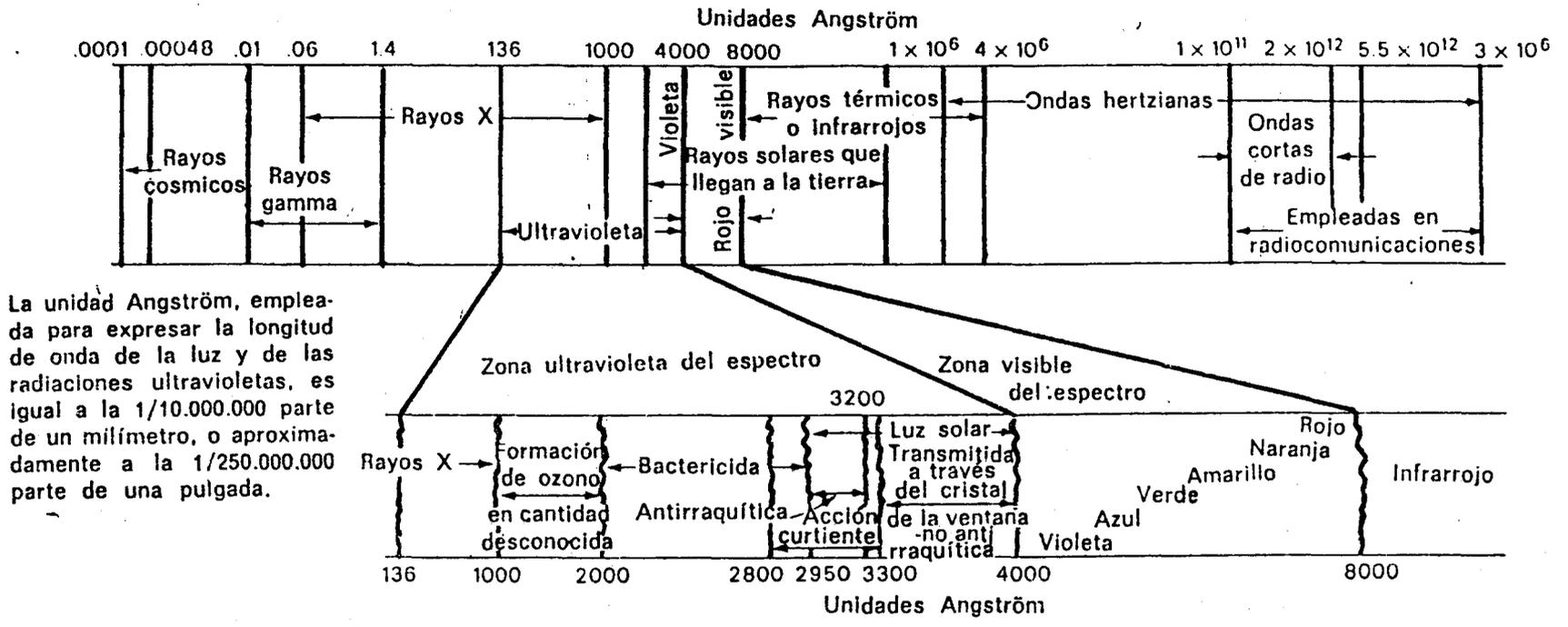


Figura 1 Diagrama del espectro (según Westinghouse Sterilamp and the Rentschle-James Process of Sterilization, por cortesía de Westinghouse Electric & Manufacturing Co., Inc.).

transiciones de energía hasta alcanzar el estado estable.

El cambio de un núcleo (madre) a otra (hija) se denomina desintegración radiactiva.

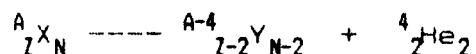
Cuando el átomo se desintegra tendiendo a una situación más estable pierde una cantidad discreta de energía que será emitida como una o más partículas cargadas o cuantos de radiación. Algunos núcleos alcanzan la estabilidad mediante una sola desintegración, otros decaen a hijas radiactivas antes de obtener la estabilidad, formando las llamadas familias. Como la transformación de los núcleos va acompañada de emisión de radiaciones, a los núcleos inestables se les llama también núcleos radiactivos o activos.

DESINTEGRACION ALFA

La desintegración α ocurre principalmente en núcleos pesados con un número atómico mayor que 82, la mayoría de los nucleidos emisores alfa, nucleidos activos naturales.

En este tipo de desintegración se emite un núcleo de helio (${}^4_2\text{He}^{++}$) que consiste de dos protones y dos neutrones, y que tiene dos cargas positivas, de ahí que el núcleo hija posee un número atómico (Z) dos unidades menor que el núcleo madre, y un número de masa (A) cuatro unidades menor. En una carta de nucleidos aparecerá como una transición dos lugares a la izquierda y dos lugares hacia abajo.

Se representa de la siguiente forma:



Las partículas alfa no presentan un espectro de energía, si no que son monoenergéticas.

TRANSICIONES ISOBÁRICAS

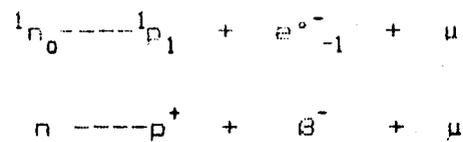
Cuando un núcleo está en estado inestable debido a que la cantidad de protones y neutrones no es la que corresponde al estado más estable, el cambio de un neutrón a un protón o viceversa puede llevar al núcleo a un estado de mayor estabilidad. En estos casos el número de nucleones no cambia pero el número de protones aumentará o disminuirá en una unidad. Dado que el número de protones en el núcleo varía, la carga del núcleo debe variar en correspondencia. Este cambio será efectuado por positrones y electrones.

Procesos isobáricos son el decaimiento de β^- negativo, el decaimiento de β^+ positivo, y la captura electrónica.

Decaimiento β^-

Cuando la relación de neutrones a protones de un nucleido es mayor que la correspondiente a la estabilidad, un neutrón del núcleo puede transformarse en un protón, y emitirse una partícula beta negativa y un neutrino, el neutrino es una partícula sin carga y de masa despreciable.

La transformación puede esquematizarse así:



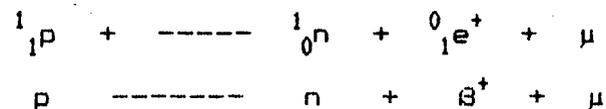
La desintegración beta negativa puede representarse así:



Decaimiento β^+

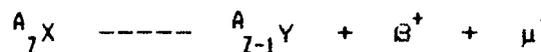
Cuando la relación de neutrones a protones de un nucleido es menor que la que corresponde a la estabilidad, éste puede desintegrarse por beta positiva o captura electrónica.

En la desintegración beta positiva un protón se transforma en un neutrón y se emite un positrón y un neutrino.



El positrón es una partícula cargada positivamente y con una masa igual a la del electrón, al neutrino emitido en la desintegración beta positiva, se le suele llamar antineutrino.

La desintegración puede representarse así:



Decaimiento por Captura Electrónica

Otra forma de reducir exceso de protones es mediante la captura de un electrón orbital. En esta transformación nuclear un protón se transfiere en un neutrón. También se emite un neutrino, pero como el electrón se captura de un estado energético definido los neutrinos son mono energéticos, en cambio tanto en la desintegración beta negativa como positiva, los neutrinos emitidos presentan un espectro de energías.

Como consecuencia de la captura de un electrón del átomo, queda una vacante en la órbita de la cual el electrón salió produciéndose emisión de rayos X o emisión de electrones Auger.

En este proceso el número de protones Z del núcleo disminuye en una unidad pero el número de masa se conserva.



La transformación se puede esquematizar así:



LEYES DE DECAIMIENTO RADIOACTIVO

El decaimiento radiactivo obedece a las leyes de probabilidad, y es independiente de influencia exteriores como presión, gravedad, temperatura, campos eléctricos o magnéticos y tratamientos químicos de la sustancia activa.

El número de átomos de una sustancia radiactiva que se desintegran durante un pequeño intervalo de tiempo, es proporcional al número de átomos presentes en la sustancia y al intervalo de tiempo considerado.

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

Siendo:

N = número de átomos que desintegran

N = número de átomos activos presentes en la sustancia.

Δt = intervalo de tiempo

τ = constante de proporcionalidad, llamada constante de desintegración radiactiva.

Si t es suficiente pequeño, la ecuación queda:

$$\frac{-dN}{dt} = \tau N = A \quad (2)$$

Al valor $\frac{-dN}{dt}$, que es la velocidad de desintegración de

una fuente activa al tiempo t se le conoce con el nombre de Actividad.

Integrando la expresión y dándole forma exponencial se tiene:

$$N = N_0 e^{-\tau t} \quad (3)$$

Siendo:

N = átomos que no han desintegrado al cabo del tiempo t

N_0 = átomos que no han desintegrado al tiempo cero (tiempo inicial)

e = base de logaritmos naturales (2.718)

Multiplicando ambos miembros de la ecuación por t .
tenemos:

$$N = N_0 e^{-\tau t}, \text{ es decir } \text{-----} (4)$$

$$A = A_0 e^{-\tau t}$$

Siendo:

A = actividad de la fuente al tiempo t

A_0 = actividad de la fuente al tiempo inicial.

VIDA MEDIA - PERIODO DE SEMIDESINTEGRACION

La vida media ($t_{1/2}$) llamada también periodo de semidesintegración es el periodo en el cual la mitad de la población de átomos se ha desintegrado, o bien podemos decir que es el periodo en el cual la velocidad de desintegración se reduce a la mitad de su valor inicial.

Por definición de vida media: t será igual a $t_{1/2}$ cuando $N = N_0/2$; reemplazando en la ecuación: (3)

Entonces:

$$N_0/2 = N_0 e^{-\tau t_{1/2}}$$

$$\text{de lo cual } t_{1/2} = \frac{0.693}{\tau} \text{-----} (5)$$

Por lo tanto:

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\frac{0.693 t}{t_{1/2}}} \text{-----} (6)$$

La fracción $t/t_{1/2}$ es el número de vidas medias involucradas en el decaimiento del material radiactivo.

2.3.2 Unidades de Medida de la Radiación

La medición de la radiación involucra la intensidad de la fuente (características únicas de la fuente), el efecto acumulativo sobre el substrato y la velocidad a la cual es llevado a cabo el efecto. La fuente es caracterizada por la naturaleza y la energía de distribución de la radiación y por la rapidez con la que está siendo emitida la radiación (un curie es igual a 3.7×10^{10} desintegraciones por seg.). El roentgen original fué definido en términos de casos de ionización, pero tiene dificultades conceptuales. El rad es más útil debido a que es una unidad basada en la energía absorbida (100erg por gramo) que es medible. Un roentgen de radiación (Glasstone 1950) es definido como:

- (1) La cantidad de radiación que produce una ue (unidad electrostática) de electricidad positiva o negativa por centímetro cúbico y temperatura normales, o
- (2) La cantidad de radiación que producirán 2.083×10^9 ion pares/cm³ de aire seco, o
- (3) La radiación recibida en una hora de una fuente de un grano de radio a una distancia de una yarda.

Un ion con carga sencilla lleva 4.80×10^{10} unidades electrostáticas y un roentgen, abreviado r forma en 1 cm³ de

aire 2.08×10^9 iones de uno u otro signo o 2.08×10^9 iones pares. A condiciones normales, 1cm^3 de aire pesa 0.00129 g, de tal forma que en el aire absorbe 1 r lo que podria resultar en la formación de 2.08×10^9 dividido por 0.00129 o 1.61×10^{12} iones pares.

La energía requerida para producir un ion par en aire es alrededor de 32.5 electrón volts. La energía requerida para formar 1.61×10^{12} iones pares, es 5.23×10^{13} electrón volts. Ya que un electrón volts es igual a 160×10^{-12} ergs, la energía ganada por la absorción de 1 r en 1g de aire es alrededor de 83 ergs para rayos X y gamma. La unidad fue designada para estas radiaciones. Ya que los efectos biológicos debido a la ionización de partículas alfa, beta, protón y neutrón, son similares en los tejidos, el término r ha sido extendido a estas radiaciones en adición a los fotones de las radiaciones electromagnéticas.

El término equivalente físico recientegen (efr) es definido como la cantidad de radiación ionizante absorbida por tejidos suaves en la ganancia de 83 ergs de energía por gramo de tejidos (Glasstone 1950).

Realmente, la energía absorbida es mayor en el tejido que en el aire, siendo más de 90 ergs/g. Como quiera, el término efr es equivalente, en forma gruesa, a r en el tejido suave. También en el hueso la energía absorbida es mayor que en el aire.

Sin embargo, para muchos propósitos puede suponerse

que un efr de radiación ionizante produce el mismo cambio de energía y el mismo efecto físico en los tejidos suaves (Hannan 1956). Esto explica el nombre equivalente físico roentgen.

Con objeto de tener una unidad de medición más conveniente se ha acordado en que sea usado el término rad, significando la absorción de 100 ergs/g de substrato. La literatura corriente encuentra el término rad más usado que el efr.

2.3.3 Dosimetría

La dosimetría estudia la determinación de la energía absorbida en un medio expuesto a la radiación ionizante. Por consiguiente cualquier sistema que permita una medida cuantificable y reproducible de los efectos inducidos por las radiaciones, puede en principio ser usados para dosimetría. En la práctica es difícil encontrar un sistema que sea preciso, reproducible, estable, equivalente, barato y fácil de manejar. Para seleccionar un dosímetro adecuado se deben tomar muy en cuenta las características anotadas y además conocer a fondo las limitaciones del mismo.

Se ha visto que la radiación a medida que pasa por la materia deposita su energía y se atenúa. Esto significa que en la irradiación de alimentos, no podemos esperar que la cantidad de energía absorbida sea igual en todas las posiciones; por lo tanto existirá una distribución de dosis en un determinado producto, que variará desde un valor

mínimo. La distribución de dosis no es de mucha importancia, pero sí lo son los valores mínimos y máximos, ya que en esta aplicación tan delicado para el consumo humano, se deberá garantizar que todo el producto tratado haya recibido una dosis mayor que la mínima legal y al mismo tiempo de que todo el producto no haya recibido una sobredosis.

Dosis de Radiación

Se denomina dosis absorbida o simplemente dosis, D , de cualquier radiación a la energía absorbida en la materia por unidad de masa de la misma en el punto de interés. La Comisión Internacional de Unidades y medidas de radiación define a la dosis como, la energía promedio, de impartida por la radiación ionizante a un elemento volumétrico de materia, dividida por la masa de la materia, dm , en ese elemento de volumen.

$$D = \frac{de}{dm}$$

La unidad de dosis es el rad. A partir de 1986 esta unidad será reemplazada por la unidad del SI, el gray (Gy).

1 rad = 0.01 Gy = 0.01 J/g	1 Gy = 1 J/g
1 rad = 10^{-5} w.S/g	1 Gy = 1 w.S/Kg
1 rad = 100 ergios/g	1 Gy = 100 rad.
1 rad = 6.24×10^{13} eV/g	1 Gy = 6.24×10^{18} eV/Kg

Se denomina dosis integral a la energía total absor-

vida en un medio expuesto a radiación ionizante.

Se denomina rata de dosis absorbida, D , a la energía absorbida por la unidad de masa en la unidad de tiempo.

$$D = \frac{dD}{dt}$$

Exposición de Radiación

Se denomina exposición de radiación X o gamma en un cierto punto a una medida de la radiación que se basa en la capacidad ionizante de ésta.

La unidad de exposición es el roentgen (R). La exposición es de un roentgen cuando la ionización producida por electrones secundarios en 1.293 miligramos de aire seco (1 cm³ en condiciones normales de temperatura y presión), es igual a la unidad electroestática de carga de cada signo.

$$1 R = 0.87 \text{ rad}$$

Transferencia Lineal de Energía

Se denomina transferencia lineal de Energía a la cantidad de pérdida de energía por unidad de longitud, absorbida localmente, de una partícula ionizante que atraviesa un medio material.

Eficiencia Relativa

Se denomina eficiencia relativa de la radiación, a la

relación entre la dosis necesaria de una radiación patrón y la dosis de la radiación en cuestión para obtener el mismo efecto.

Se toma como patrón una radiación X o gamma que tiene en el agua una transferencia lineal de energía de 3 KeV/ μ suministrada a 10 rad/min.

Dada la existencia de diferentes eficiencias relativas de la radiación para producir un determinado efecto biológico, se define una unidad, el rem, que permite la comparación. Se dice que en un punto se recibe una dosis de 1 rem cuando se consigue el mismo efecto que se obtendría con 1 rad de radiación patrón de las características antes consignadas.

Por lo tanto:

$$\text{DOSIS (rem)} = \text{DOSIS (rad)} \times \text{E.R.}$$

En el S.I. se define el Sievert, de tal manera que:

$$\text{Dosis equivalente (Sievert)} = \text{dosis absorbida (Gy)} \times \text{E.R.}$$

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ Sievert} = 100 \text{ rem}$$

TABLA No. 6

VALORES DE EFICIENCIA RELATIVA

<u>Radiación</u>	<u>E.R.</u>
X, gamma, β	1
Neutrones térmicos	2.3
Neutrones rápidos	10
Partículas α	20

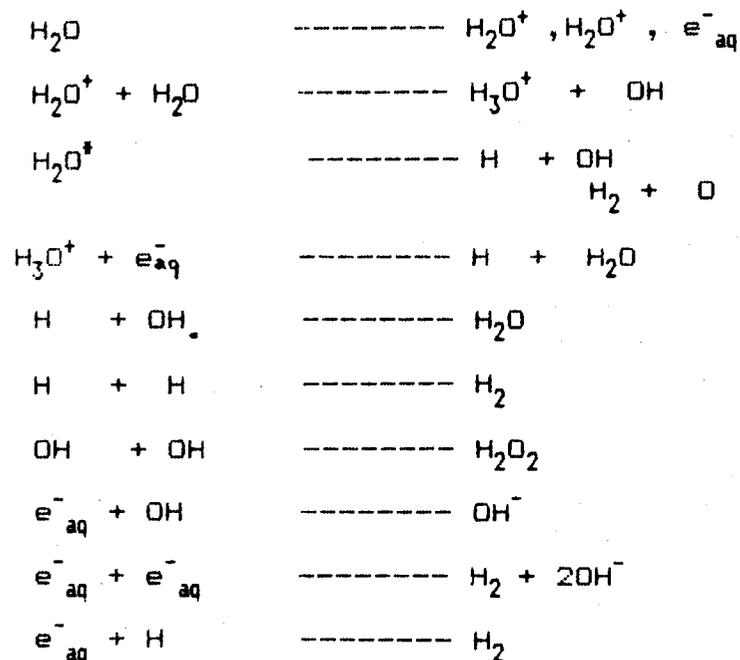
Efectos Químicos de la Radiación en Líquidos

En general, los procesos importantes en la química de la radiación incluyen ionización, formación de estados electrónicos excitados, transferencia de la excitación electrónica de una molécula a otra disociación de los estados vibracionales excitados, captura de electrones neutralización y reacciones radicales.

Es aparente en los requerimientos de energía para la formación de pares de iones que sólo cerca de la mitad de energía disipada en el pasaje de la radiación a través de la materia es usada para ionización; la otra mitad presumiblemente se va en excitación molecular. Tanto la ionización inicial como la excitación puede ser seguidos por disociación y en cualquier caso se cree que seguidos por disociación y en cualquier caso se cree que los mecanismos de radiales libres juegan un papel importante.

Por ejemplo, la descomposición del agua por la radiación a H_2 , O_2 , y H_2O_2 es debido a los radicales H. y OH. Involucrados como Intermediarios.

El mecanismo de la reacción de la radiación con el agua y los mecanismos posteriores está dado por:



Cuando en el medio hay disueltos otros iones entonces se producen reacciones de los iones radicales producidos en la irradiación del agua con dichos iones impureza.

Dosímetros Químicos

Condiciones que deben satisfacer los dosímetros químicos

Dada la gran cantidad de sistemas químicos que podrían concebirse para ser usados en dosimetría es conveniente indicar algunas de las condiciones deseables.

En cuanto a su respuesta, el dosímetro debe tener respuesta:

- a) Proporcionar a la dosis sobre un amplio rango de dosis (el rango de interés en química de la radiación es alrededor de 10 a 10^8 rads, aunque ningún dosímetro no es capaz de cubrirlo totalmente).
- b) Independiente de la Intensidad de dosis (puede ir de unas pocas rads por minuto hasta 10^{13} rads por segundo, durante los pulsos individuales de radiación de un acelerador).
- c) Independiente de la energía y LET de la radiación.
- d) Independiente de la Temperatura.
- e) Reproducible.
- f) Que no sea afectada por el cambio de las condiciones experimentales durante el curso de la irradiación, tal como una acumulación de productos de radiólisis.
- g) Que si no cumple con alguna de las condiciones anteriores, la dependencia debe estar muy bien establecida de modo que se pueda formular adecuadamente.

Podemos también agrupar que los dosímetros debe ser:
- h) Estable bajo condiciones normales, tales como exposición a la luz y aire, tanto antes como después de la irradiación.
- i) Simple de usar.

- j) Fácil de preparar a partir de los reactivos y solventes standard y por conveniencia no debe requerir un proceso de degasificación.
- k) La respuesta no debe ser dependiente de cambios menores en la composición del dosímetro, por ejemplo, bajo cambios pequeños en la concentración de reactivos o pH de la solución.

De los sistemas químicos, el dosímetro Fricke (sulgato ferroso) probablemente sea el que más se acerca a las condiciones deseadas y a la fecha es el mejor entendido y el más ampliamente usado en el dosimetría química.

Para los dosímetros en el cual la radiación induce un cambio químico, la dosis media absorbida (D_0) en el volumen ocupado por el dosímetro esta dada por la siguiente fórmula:

(I)

$$D_0 = 9.647 \times 10^8 \times \frac{\text{mol producto formado por kg}}{G (\text{producto})} \text{ rads}$$

Donde G (producto) es el numero de moléculas formadas del producto por cada 100 eV de energía absorbida.

Dosímetros Químicos Acuosos

Los dosímetros químicos acuosos como su nombre lo dice involucran a todos aquellos en que el elemento determinante de la dosis se encuentra en solución acuosa; los principales son: el dosímetro de sulfato ferroso, el dosímetro ferroso-cúprico, el dosímetro de sulfato cérico y el

dosímetro de ácido oxálico.

Dosímetro de Sulfato ferroso

La oxidación de soluciones ácidas, aireadas que propuesta por Hugo Fricke en los primeros años de la química de la radiación. Después de 40 años este sistema es aún el más ampliamente usado en la dosimetría química. Numerosos estudios, posteriormente, han contribuido a un mejor entendimiento y eficiente uso de la oxidación de los iones ferrosos inducidos por la radiación, pero la idea básica y el sistema inicialmente usado continúa siendo los mismos.

Satisface la mayoría de condiciones que debe reunir un dosímetro pero sólo en el rango de los kilorads.

El método puede ser usado para determinaciones precisas de la dosis absorbida de 4 a 40 krads, usando el método espectrofotométrico de la medición de la concentración de iones férrico a 305 nm de longitud de onda, en el pico del espectro de absorción.

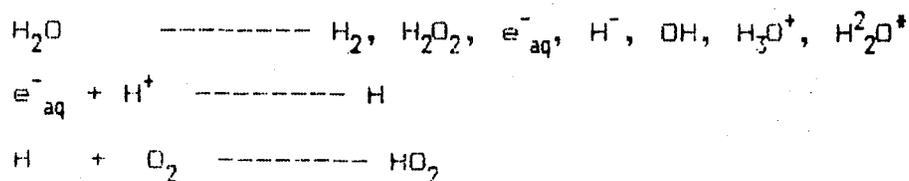
El estrecho rango de trabajo de este dosímetro creó la necesidad de mejorarlo, los procedimientos propuestos para levantar el límite superior consiste en incrementar la concentración de iones ferrosos y asegurar una cantidad suficiente de oxígeno. El comportamiento de la radiación es el mismo que bajo las condiciones standard pero con una conversión de sólo el 40% de iones ferrosos, arriba de este porcentaje las curvas de la dosis ya no son lineales. El

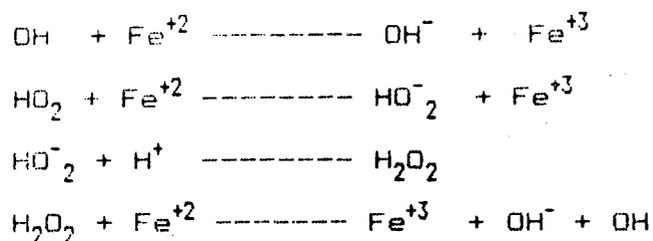
blanco (control) debe ser también tratado en la misma forma a fin de evitar cualquier error debido al incremento de la oxidación causada por impurezas o el oxígeno del aire. En tales casos, se puede hacer mediciones de dosis superiores a 1Mrad a intensidades moderadas. Un límite superior similar puede alcanzarse con soluciones deaireadas y $(Fe^{+3}) = 8$ para las que las curvas de dosis son lineales hasta una conversión del 25% de iones ferrosos. Para dosis por abajo del límite inferior (4 krad), el problema radica en hacer mediciones confiables de las pequeñas cantidades de iones férricos formadas, a la vez que aumenta el error debido a la oxidación de iones ferrosos por otras agentes que la radiación en sí (oxígeno del aire e impurezas).

Con espectrofotómetros recientes altamente sensitivos y técnicas minuciosas de trabajo se ha logrado rebajar el límite inferior a 0.1 krad.

En general este tipo de dosímetro químico ha sido y es ampliamente estudiado, de modo que se ha logrado un conocimiento casi total sobre sus mecanismos de reacción, además se le han hecho modificaciones al método de modo que se mejoran sus cualidades.

Se acepta el siguiente mecanismo para la oxidación del ión ferroso en la solución del dosímetro Fricke:





Dosímetro ferroso-cúprico

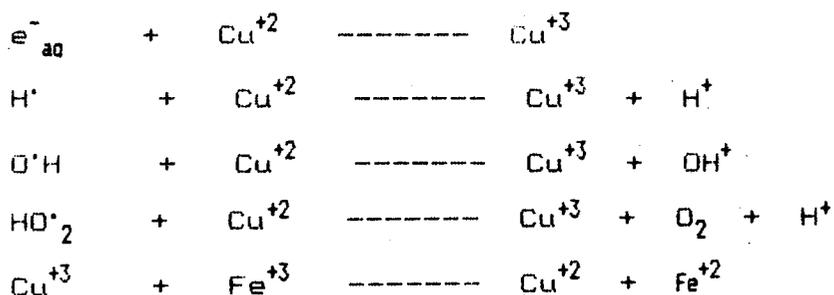
Tal como mencionamos anteriormente se ha desarrollado una serie de modificaciones al dosímetro de sulfato ferroso, una de las más recientes y mejor conocida es la mezcla del sulfato ferroso y cúprico disueltos en ácidos sulfúrico diluido, sugerido por Hart.

Este sistema se recomienda para su uso en el rango de 50 krad a 1 Mrad. La reacción usada es la oxidación de iones ferrosos en una solución acuosa de ácido sulfúrico, conteniendo FeSO_4 y CuSO_4 y saturada con oxígeno. La medición de iones férricos formados y los cálculos de dosis absorbida son similares a los del sistema de sulfato ferroso sólo que $G(\text{Fe}^{+3})$ es 0.72. Sin embargo parece que este valor es inicial y la curva de dosis no es perfectamente lineal, especialmente por los 600 Krad.

Además, las curvas de dosis ferroso-cupricas no son siempre fácilmente reproducibles, con el incremento de dosis la oxidación decrece algo probablemente debido a algunas, no bien establecidas reacciones competitivas en el sistema. El contenido de oxígeno también afecta la respuesta del sistema. Para mayor precisión se debe de hacer una curva de calibración para las condiciones dadas de

trabajo. Sólo en buenas condiciones standard de trabajo la reproducción es satisfactoria.

la forma como actua en este dosimetro está sugerida en las siguientes reacciones:



Dosimetro de Sulfato Cérico

Se usa en dosimetría la solución de sulfato cérico en ácido sulfúrico y al igual que el sistema de sulfato ferroso ha jugado un papel importante en el estudio del comportamiento de la química de la radiación en agua y soluciones acuosas.

La reducción de los iones céricos en soluciones ácidas aireadas se incrementa linealmente con la dosis. A sido usado para mediciones de dosis en el rango de 0.1 Krad a 100 Mrad.

2.4 IRRADIACION DE ALIMENTOS

Después del descubrimiento de los rayos X por Roentgen en 1895 y de la radioactividad por Becquerel en 1896, se iniciaron numerosas investigaciones tendientes a estudiar los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes sobre

ORGANISMOS VIVOS.

La aplicación de los rayos X, para exterminar "Trichinella Spiralis" en carne fué aplicada por primera vez por Schwartz en 1921. Frenchman en 1929 suscribió una patente sobre la utilización de las radiaciones para conservar alimentos, hasta poco después de la segunda Guerra Mundial este método de conservación de alimentos no se consideró seriamente. A pesar de que la aplicación de las radiaciones, como método de conservación de alimentos ha avanzado lentamente hasta alcanzar el empleo conveniente, la amplia aplicación de este método presenta aspectos interesantes para los microbiólogos y otros científicos que se ocupan de los alimentos.

2.4.1 Uso de Técnicas Nucleares en Alimentos y Agricultura

Se puede decir, sin exagerar, que casi no existe campo de la ciencia o de la tecnología donde no se puedan utilizar radioisótopos como ventaja sobre los métodos clásicos, e incluso, en muchos casos, son los únicos medios posibles de aplicación sin alternativas conocidas.

Para dar una visión panorámica ordenada vamos a considerar las siguientes áreas de aplicación:

- 1.- Agricultura y Veterinaria.
- 2.- Industria.
- 3.- Medicina.
- 4.- Otras aplicaciones.

1.- En Agricultura y Veterinaria, los radioisótopos se

pueden utilizar tanto en su forma de radiotrazadores como en su forma de radioisótopos sellados.

En forma de radiotrazadores sirven para estudiar los diversos procesos funcionales y de desarrollo animal o vegetal. Las formas como estas asimilan los nutrientes hasta incorporarlos en sus estructuras orgánicas, lo que hace posible mejorar el abonamiento de las plantas y la nutrición de los animales.

Por otro lado se puede aprovechar la propiedad de las radiaciones ionizantes para retardar o estimular el desarrollo de los organismos, especialmente de los vegetales, así como la obtención de nuevas variedades con características deseables, como por ejemplo, mayor resistencia a las enfermedades, crecimiento más rápido, mayor producción de frutos, es decir en forma libre, pudiéndose añadir o mezclar a sólidos, líquidos o gases, para analizar determinados procesos, cuanto en forma de radioisótopos sellados, es decir protegidos por una cobertura, generalmente metálica, para evitar su dispersión, siendo utilizados en este caso como irradiadores, para irradiar distintos materiales o como un medio para poder determinar espesores, densidades, niveles, presencia de algunos elementos, etc.

3.- Las aplicaciones de los radioisótopos en la medicina y la biología son muchas algunas de ellas realmente maravillosas como la tomografía axial computarizada, o la

aplicación de materiales biocompatibles como los utilizados en venas y arterias artificiales, válvulas cardíacas, etc.

2.4.2 Uso de la Energía Nuclear para preservar Alimentos

Hay cuando menos seis distintas áreas de aplicación para el procesado por radiación de los alimentos. Primero hay una conservación que hace uso de la refrigeración innecesariamente. Segunda, la aplicación de dosis limitadas de radiación para prolongar la vida de almacenamiento de productos del mercado, tales como carnes cortadas, pescado fresco, y frutas y hortalizas frescas.

Tercera, la destrucción de insectos en varias etapas del ciclo de vida en los productos alimentarios es factible con radiaciones ionizantes. Puede ser realizada la desinfectación de los alimentos empacados. Cuarta, los procesos de crecimiento de los tejidos vegetales son sensibles a la radiación. Ejemplos de esta aplicación se ven en la inhibición de brotes en patatas y cebollas. Quinta, las radiaciones ionizantes tienen utilización potencial como operaciones unitarias en las industrias alimenticias, por ejemplo, preparación de soluciones estériles de enzimas, hidrólisis de grandes moléculas, suavización de la carne, mejoramiento de los métodos de tostado para el café, y añejamiento de los vinos. Sexta, la destrucción de parásitos en los alimentos del hombre y la destrucción de los organismos envenenadores en los alimentos.

2.4.3. Aplicaciones, Ventajas y Desventajas de la Irradiación de Alimentos

La preservación de alimentos por irradiación se considera un proceso "frio", por que se produce un pequeño incremento de temperatura en el alimento durante el proceso de preservación.

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

Otra ventaja de este proceso, es la flexibilidad. La irradiación se puede usar para preservar una variedad de alimentos en un rango grande de tamaños y formas. El proceso convencional de enlatado térmico tiene algunas desventajas: los alimentos generalmente necesitan ser empacados con líquido para asegurar una completa penetración del calor, y en esto los envases pequeños dan los mejores resultados; el rompimiento de las paredes celulares en el alimento debido al calor conduce a productos con una textura demasiado suave y olores alterados. El proceso de irradiación, en cambio, da lugar a productos estables más similares a los frescos en lo relacionado a textura, aroma y color.

Otras ventajas posibles a través del proceso de irradiación son: el producto se puede empacar seco; no existe pérdidas de jugos naturales durante la irradiación; se puede emplear contenedores relativamente grandes en tamaño; se procesan los productos listos para su expendio, etc.

En pruebas de aroma, las carnes productos de mar irradiados y desarrollados por el Ejército de los Estados Unidos tuvieron un rango bueno de aceptabilidad. Productos alimenticios radioesterilizados han sido probados para comidas especiales de hospital para pacientes que deben comer alimentos esterilizados debido a la alteración inmunológico de su organismo.

Segun Sudaram (25), Vask (26) resumen las siguientes ventajas de irradiar alimentos:

- Es favorable económicamente, en relación con otros métodos convencionales de conservación como son la refrigeración y la congelación.
- Su acción es más efectiva que cualquier otro método empleado.
- No dejan residuos que puedan ser nocivos para el consumo humano, como cuando se trata con fumigantes, insecticidas, preservativos. etc.
- Su aplicación no requiere mayores cuidados en el proceso posterior de manipuleo.
- Los cambios químicos producidos debido a la acción de radiaciones no causan dificultades al organismo humano ni animal.

- La energía requerida para este proceso es baja en relación con la energía convencional.

Las desventajas tanto Sundaram (25), Elias (9) y K. Vask (26) coinciden en algunas, entre las principales se trata:

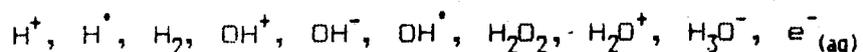
- Su aplicación a escala pequeña hace que en muchos países se realice la irradiación solamente con fines experimentales a excepción de otros que ya poseen irradiadores de flujo continuo, donde irradian alimentos a gran escala.
- Existencia de recelos al consumo por parte del público, basados en algunas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

2.4.4 Efectos de la Irradiación en los Componentes de los Alimentos

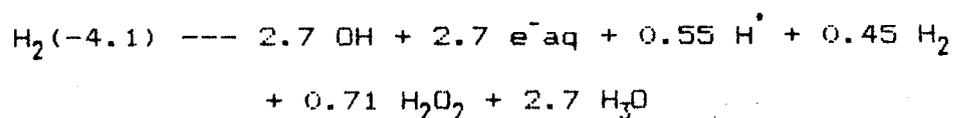
La interacción de las radiaciones ionizantes varía de acuerdo a la naturaleza del alimento que se va a irradiar, esto es, si este se encuentra en estado sólido o semisólido, con un bajo contenido de agua, o si se encuentra en estado líquido, o sólido pero con un alto contenido de agua.

En los alimentos acuosos o con un alto contenido de agua, tendrá lugar la radiolisis del agua con la formación de especies ionizantes altamente reactivas, y además una migración de productos moleculares, por difusión a través del medio, los cuales reaccionarán con las moléculas del soluto y también con los productos radiolíticos primarios.

Cuando se irradia el agua pura, esta sufre radiolisis y se forman los siguientes productos radiolíticos:



La ecuación general para la radiolisis de agua pura o de soluciones acuosas diluidas que provienen de la irradiación con rayos gamas.



Los coeficientes indican valores G para energías de irradiación mayores a 0.1 Mev.

El valor G representa el número de moléculas que se han cambiado o modificado por cada 100 eV de energía absorbida.

2.4.4.1 Química de Radiaciones de los Hidratos de Carbono.

Los hidratos de carbono, cuando se encuentran en soluciones acuosas, al ser sometidos a una irradiación, pueden sufrir alteraciones debido al ataque de los radicales OH. También los electrones solvatados (e^-_{aq}), y los átomos de hidrógeno H^{\bullet} , ejercen su influencia pero en menor magnitud.

Los radicales OH sustraen preferentemente átomos de hidrógeno de los enlaces C-H, para formar agua. Los radicales resultantes C, reaccionan subsecuentemente ya sea por desproporcionamiento, por dimerización, por

deshidratación, o ya sea por desdoblamiento beta, para formar compuestos estables.

Tanto los disacáridos como los polisacáridos, al ser irradiados sufren más o menos el mismo efecto, pero en forma más lenta porque primero el efecto más importante es el rompimiento de los enlaces glicosídicos, los cuales unen los monosacáridos para formar la cadena.

2.4.4.2 Química de Radiaciones de las proteínas

Los proteínas son cadenas formadas por la unión de muchas unidades de aminoácidos de diferente naturaleza. Esa unión entre las moléculas de aminoácidos está constituido por medio de enlaces peptídicos.

El mecanismo de irradiación de las proteínas se inicia en forma análoga al mecanismo de irradiación de los hidratos de carbono, es decir, mediante la formación de productos iónicos y radicales libres intermediarios que luego se estabilizan como productos finales.

Los cambios que se presentan en las proteínas irradiadas se caracterizan por: la desaminación, descaboxilación, reducción de los enlaces disulfuro, modificación de la estructura de los aminoácidos, ruptura de las cadenas en las uniones peptídicas, agregación de las proteínas y cambios de valencia en los iones metálicos con agregados.

2.4.4.3 Química de Radiaciones de los Lípidos.

Los lípidos están constituidos en su mayor parte por ésteres provenientes de ácidos grasos y la glicerina. Los aceites y las grasas son principalmente triglicéridos que contienen ácidos grasos saturados y ácidos grasos no saturados. El efecto de las radiaciones sobre los lípidos depende del estado de estos, así como de su naturaleza, de la presencia de otros componentes, de la dosis de irradiación.

A dosis debajo de 50 KGY, los cambios en los índices comunes de calidad en la grasa son ligeros, sin embargo ocurren cambios de sabor indeseables a dosis tan bajas como 20KGY. A dosis más altas hasta 1 MGY estas pueden tener cambios más significativos tanto en las características físicas como químicas. Ambos tipos de cambio inducido en la grasa por irradiación es mayormente la misma a la que ocurre sin irradiación como por ejemplo los procesos autooxidativos inducidos por la irradiación es la misma que ocurre sin ella, sin embargo la irradiación acelera este proceso, produciendo radicales libre, los cuales pueden reaccionar con el oxígeno por un período largo, causando la formación de hidroperóxidos que producen una variedad de compuestos incluyendo alcoholes, aldehidos, ésteres, hidroxí y catoácidos, cetonas, lactonas, oxoácidos y compuestos diméricos.

Los cambios no-oxidativos ocurren cuando el oxígeno es excluido durante y después de la irradiación dando lugar a productos radiolíticos incluyendo H₂, CO₂, CO hidrocar-

bonos y aldehidos.

2.4.4.4 Química de radiaciones de las Vitaminas.

Debido a las diferentes estructuras moleculares de las vitaminas, la radiosensibilidad es diferente para cada tipo de vitamina y por consiguiente los productos radiolíticos son muy variados.

En general, las vitaminas son bastantes sensibles a la acción de las radiaciones, como lo son al calor. Por ejemplo la Vit. B₁ o tiamina es muy sensible a la irradiación, debido precisamente a su estructura con cinco dobles enlaces, de los cuales unos tienen grupos metílicos o metilénicos contiguos y otros grupos aminos o imínicos contiguos.

La molécula de Riboflavina (B₂) también presenta grupos con alta radiosensibilidad, como por ejemplo los dobles enlaces de la estructura pteridínica que serían los más lábiles, puesto que aquellos del anillo bencénico soldado son más resistentes por su carácter resonante.

En el caso de la niacina, para el ácido nicotínico puede separarse una descarboxilación de su molécula, en cuyo caso permanecería intacto el anillo piridínico, pero ocurre una reacción subsiguiente, la piridina libre proporcionaría al alimento un olor y sabor muy desagradables.

El ácido ascórbico, componente de la Vit. C, es susceptible de oxidarse en sus posiciones 2 y 3, convir-

tiendo las funciones hidroxilicas en cetónicas. Además, por su analogía molecular con un azúcar, el hidrógeno no hidroxílico de la posición 6 puede ser sustraído por acción de los radicales OH.

Las Vitaminas A₁ y A₂ ambas con estructuras carotenoides son radiosensibles principalmente en los dobles enlaces de la cadena lateral, la cual se efectuará por acción del O₂ y del H₂O₂, aunque también los radicales OH ejercen su acción radiolítica, sobre todo si el fruto tiene un alto contenido de agua.

La Vit. D por su estructura análoga a la de los esteroides presentan como grupos sensibles el grupo metílico, el grupo hidroxílico y los dobles enlaces alternados sobre los cuales se ejercerán acciones saturantes, oxidativas y aún hidroxidantes (8).

La Vit. E es muy sensible a la oxidación y por eso se la emplea como antioxidante. Por esta razón, esta Vitamina es la más sensible a la irradiación entre las del grupo de vitaminas insolubles en agua.

2.4.4.5 Efecto de la irradiación sobre los microorganismos.

Sobre la exposición de las radiaciones ionizantes sobre una célula, se puede dividir en tres periodos :
Un principio, incluye el instante de la irradiación, el periodo medio es aquel anterior a que los efectos sean mesurables, por último el periodo final, aquel en que la

alteración o lesión de la célula se manifiesta por sí misma.

Se cree que los organismos irradiados son destruidos por el paso de una partícula ionizante a través de una parte sensible de la célula, causando un choque directo contra éste blanco, ionización de la región sensible y muerte del organismo.

Asimismo parte de los efectos germicidas se deben a la ionización de las zonas vecinas, especialmente del agua, en las que se originan radicales libre, algunos con poder oxidante o reductor, que de esta forma colaboran en la destrucción de microorganismos.

2.4.5 Características de un Alimento Irradiado

Según el CODEX STAN 106-1983, que es la NORMA GENERAL del CODEX para alimentos IRRADIADOS, que es la versión revisada de la Norma General Internacional Recomendada para alimentos Irradiados (CAC/RS 106-1979) nos dice:

A. AMBITO DE APLICACION

Esta norma se aplica a los alimentos tratados por irradiación; no se aplica a los alimentos expuestos

a dosis emitidas por instrumentos de medición utilizados a efectos de inspección.

B. REQUISITOS GENERALES DEL PROCESO

a) FUENTES DE RADIACION

Podrán utilizarse los siguientes tipos de radiación

ionizante:

- Rayos gamma de los radionucleidos ^{60}Co o ^{137}Cs ;
- Rayos X generales por máquinas que trabajen a energías de 5 MeV o inferiores;
- Electrones generales por máquinas que trabajen a energías de 10 MeV o inferiores.

b) DOSIS ABSORBIDA

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

c) INSTALACIONES Y CONTROL DEL PROCESO

- * El tratamiento por irradiación de los alimentos se llevará a cabo en instalaciones a las que la autoridad nacional competente haya concedido licencia e inscrito en un registro a tal efecto.
- * Tales instalaciones se proyectarán de modo que cumplan los requisitos de seguridad, eficacia y buenas prácticas de higiene en el tratamiento de los alimentos.
- * Las instalaciones estarán dotadas de personal adecuado que posea la capacitación y competencia apropiadas.
- * Entre otras medidas, para el control interna del proceso en la instalación se llevarán los registros adecuados, en particular. Los referentes a la dosimetría cuantitativas.

D. REQUISITOS TECNOLOGICOS

a) CONDICIONES DE IRRADIACION

La irradiación de alimentos solo se justifica cuando responde a una necesidad tecnológica o cuando contribuye a alcanzar un objetivo de higiene alimentaria (3) y no debería utilizarse en sustitución de

prácticas de fabricación adecuadas.

b) REQUISITOS DE ENVASADO Y CALIDAD DE LOS ALIMENTOS

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

(3) La utilidad del proceso de irradiación a quedado para un número de productos alimentarios enumerados en el anexo B del Código Internacional recomendado de prácticas para el funcionamiento de instalaciones de irradiación utilizadas para el tratamiento de alimentos.

E. IRRADIACION REPETIDA

a) Excepto para los alimentos de bajo contenido hídrico (cereales, leguminosas, alimentos deshidratados y productos similares) irradiados a efectos de combatir la reinfestación por insectos, los alimentos irradiados en conformidad con las secciones 2 y 4 de la presente norma deberán ser sometidos a una irradiación repetida.

b) A efectos de la presente norma los alimentos no se consideran sometidos a una irradiación repetida cuando:

- * Se irradian con otra finalidad tecnológica alimentos preparados a partir de materiales que se han irradiado a bajo nivel de dosis, por ejemplo, a 1 K Gy aproximadamente.

- * Se irradian alimentos con un contenido inferior al 5% de ingredientes irradiados;

- * La dosis total de radiación ionizante requerida para conseguir el efecto perseguido se aplica a los alimentos de modo fraccionado como parte de un proceso con un fin tecnológico específico.

c) La dosis absorbida media global que se haya acumulado no debería exceder de 10 K Gy como consecuencia de una irradiación repetida.

F. ETIQUETADO

a) CONTROL DE EXISTENCIAS

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

b) ALIMENTOS PREENVASADOS DESTINADOS AL CONSUMO DIVERSO

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

c) ALIMENTOS A GRANEL TRANSPORTADAS EN CONTENEDORES

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

2.5 CONSERVACION DEL ESPARRAGO EN ESTADO FRESCO

De los factores externos a los que esta expuestos los turiones y que son los que originan las diferentes formas de conservación relacionados directamente con los métodos de industrialización y por lo tanto con las formas de comercialización. Dentro de estos factores se encuentra la temperatura.

Si la temperatura es menos de 5°C, se tendrán los métodos de conservación conocidos como REFRIGERACION y

CONGELACION, y si la temperatura se lleva a niveles altos de obtiene el método de conservación por tratamiento térmico de productos enlatados. Pasteurización para el espárrago a pH 5.8. Del control de la humedad se origina la DESHIDRATACION y la LIOFILIZACION dependiendo de si la humedad es eliminada por evaporación o sublimación respectivamente. Otro método nuevo que se viene aplicando desde 1976 en forma comercial en EE.UU es el ALMACENAJE HIPOBARI-
CO, que extiende la vida útil del producto, manejando simultáneamente en un recipiente o almacén hermético, la presión, la concentración de oxígeno y la temperatura. El sistema de ATMOSFERA CONTROLADA puede ser utilizado con resultados positivos; otros métodos podrían ser la IRRADIACION, asimismo la conservación química por acidificación, ya sea por Fermentación o por adición de vinagre. El sistema de ATMOSFERA CONTROLADA permite :

a) El control de las pudriciones bacterianas en los turiones;

para ello la concentración de CO_2 deber ser superior al 5% .

b) Retardar el endurecimiento del espárrago para lo cual la concentración de CO_2 debe ser del 10 al 14% y la temperatura de 0° a $3^\circ C$. Puede haber daño por el alto nivel de CO_2 sobre 5%.

Experimentos realizados en Chile, han mostrado que es posible mantener espárragos verdes en buenas condiciones hasta por 21 días con 15% de CO_2 5% de O_2 y a $2^\circ C$. ()

Las altas concentraciones de CO_2 pueden dañar al espárrago si se mantiene por periodos prolongados a temperaturas sobre 5°C . Pero esto no ocurre si el periodo de exposición es de solo 24 horas.

El nivel de O_2 no debe caer por debajo del 1% pues hay daños reversos.

2.6 EQUIPOS DE IRRADIACION DE ALIMENTOS: A NIVEL DE LABORATORIO Y COMERCIAL.

La irradiación de alimentos se lleva a cabo en instalaciones en las cuales el producto se hace pasar a través de una zona blindada, en la que se encuentra la radiación. La naturaleza de la fuente de radiación determina la forma en que este proceso se lleva a cabo.

En la actualidad se utilizan dos tipos de fuentes en la irradiación de alimentos; fuentes de radioisótopos, principalmente ^{60}Co y ^{137}Cs y aceleradores de electrones.

FUENTES DE RADIOISOTOPOS: Las fuentes de radioisótopos más usadas son aquellas que emiten rayos gamma, como el ^{60}Co o bien rayos beta del ^{90}Sr , aunque este no es utilizado comercialmente.

El ^{60}Co se produce en un reactor nuclear mediante la irradiación con neutrones del metal estable de ^{59}Co .

Al decaer a ^{60}Ni el ^{60}Co , emite dos rayos gamma, uno de 1.17 MeV y otro de 1.33 MeV, siendo la vida media de éste radioisotopo de 5.2 años.

El ^{137}Cs es un subproducto de la fisión del uranio, extrayéndose al procesar combustible quemado en un reactor nuclear. El ^{137}Cs decae a ^{137}Ba emitiendo en éste proceso un rayo gamma de 0.662 de energía con una vida media de 30 años. Finalmente, el ^{90}Sr también es producido a partir del reprocesamiento de combustible quemado en un reactor nuclear; su vida media es de 28 años decayendo a ^{90}Zr mediante la emisión de rayos beta de energía máxima igual a 2.25 MeV.

Una fuente radiactiva se construye encapsulando el isótopo radioactivo, en forma de barra en tubos de acero inoxidable. Estos cilindros se colocan en estructuras rígidas, que se introducen en el blindaje de un irradiador.

Un irradiador está formado de las siguientes partes :

- Fuente radiactiva (por ejemplo ^{60}Co o ^{137}Cs)
- Blindaje (plomo o concreto)
- Cavidad de irradiación
- Mecanismo de introducción de la muestra a la cavidad de irradiación o de elevación de la fuente a la posición de irradiación .
- Mecanismo de Tiempo.
- Interruptores y sistemas de seguridad.

Los productos que se van a irradiar deben introducirse al irradiador y atravesar el blindaje sin permitir que la radiación escape.

Esto se hace por medio de un laberinto, en el cual se hace uso de la propiedad de la radiación de viajar en línea recta. La forma en que absorbe la radiación gamma en un producto, depende de su grosor, su densidad y de su movimiento alrededor de la fuente. En general siempre es deseable que la razón de dosis máxima a dosis mínima suministrada al producto sea inferior a 1.3 ($D_{\text{máx}}/D_{\text{mín}} \leq 1.3$) para tener una máxima utilización de la fuente de radiación.

Actualmente Canada, Gran Bretaña, EE.UU. y Francia son los países productores de fuentes de isótopos radioactivos.

ACELERADORES DE ELECTRONES : Electrones con energías de 0.5 a 10 Mev son también empleados para la irradiación de alimentos. Los electrones difieren de los rayos gamma en que son producidos en aceleradores de partícula y tienen un menor poder de penetración, aunque el efecto que producen en el alimento que se irradia es el mismo pues todos los cambios químicos inducidos por los rayos gamma se efectúan a través de electrones secundarios producidos por la interacción fotoeléctrica o Compton.

Un acelerador de electrones consta esencialmente de :

- Un dispositivo electromagnético para acelerar electrones
- Un cañón de electrones
- Un tubo al vacío en el que los electrones viajan sin sufrir colisiones.

- Un dispositivo de deflexión del haz de electrones con objetivo de obtener una buena uniformidad de energía en una superficie grande. el tiempo. Los aceleradores de corriente pulsante, por otro lado, producen un tren continuo de pulsos de radiación de alta corriente separados por periodos de corriente igual a cero.

En general el producto que se irradia mediante un acelerador de electrones, pasa bajo el haz de radiación moviéndose en dirección perpendicular a este. La penetración de los electrones dependerá de su energía y de la densidad del material que se irradia.

Como los efectos químicos y biológicos producidos por los electrones en los alimentos solo dependen de la LET (Transferencia Lineal de Energía) y esta es caso independiente de la energía de los electrones, entonces estos efectos no dependerán de ella.

Debido a su poca penetración los electrones se utilizan para irradiar alimentos de poco espesor o para producir efectos superficiales, aunque con los nuevos LINACS de 10 MeV se pueden irradiar alimentos con densidades de 0.5 gr/cm^3 de hasta 7cm. de espesor con una buena uniformidad de dosis ($D_{\text{min}}=70\%D_{\text{máx}}$).

La elección de una fuente de radiación entre rayos gamma y electrones depende de la penetración de la radiación y de la velocidad de producción de la planta de

irradiación. Si la penetración de los electrones en un producto es adecuada y se requiere una alta velocidad de producción entonces se deberá optar por un acelerador; pero cuando se desea irradiar un producto grueso, se deberá usar entonces una fuente de rayos gamma.

IRRADIADOR GAMMACELL 220 (3)

El gammacell 220 es un dispositivo de Cobalto 60 para efectuar irradiaciones, manufacturado por Atomic Energy of Canada Limited. Esta diseñado para operar en una habitación sin blindaje especial.

Básicamente la unidad consiste de una fuente radiactiva de forma anular, un blindaje de plomo alrededor de la fuente y un cajón capaz de moverse libremente en forma vertical a través del centro de la fuente.

La unidad permite irradiar muestras hasta 6" de diámetro (15.2 cm) y 8" (20.3 cm) de alto con absoluta seguridad para el personal que la opera. Se pueden introducir a la cámara de Muestras, líquidos, gases, conexiones eléctricas y mecánicas a través de un tubo de acceso directo en la "tapa del cajón". Un cronómetro digital eléctrico detendraa automáticamente la irradiación después de un intervalo máximo de 999.9 horas.

El gammacell 220 opera a 220 voltios, corriente trifásica y 50-60 ciclos. Disponiendo además de un fusible de 15 amp.

La parte superior (cabeza) cumple una doble misión, actuando como un blindaje cilíndrico para la fuente y como guía del cajón deslizante.

El tapón interno de la cabeza es un cilindro hueco de acero inoxidable soldado, lleno de plomo. La fuente radiactiva normal consiste en 48 paquetes cilíndricos de acero inoxidable, colocadas verticalmente en la celda. Cada paquete cilíndrico contiene 7 cilindros de Cobalto 60, sellado mediante tapas soldadas.

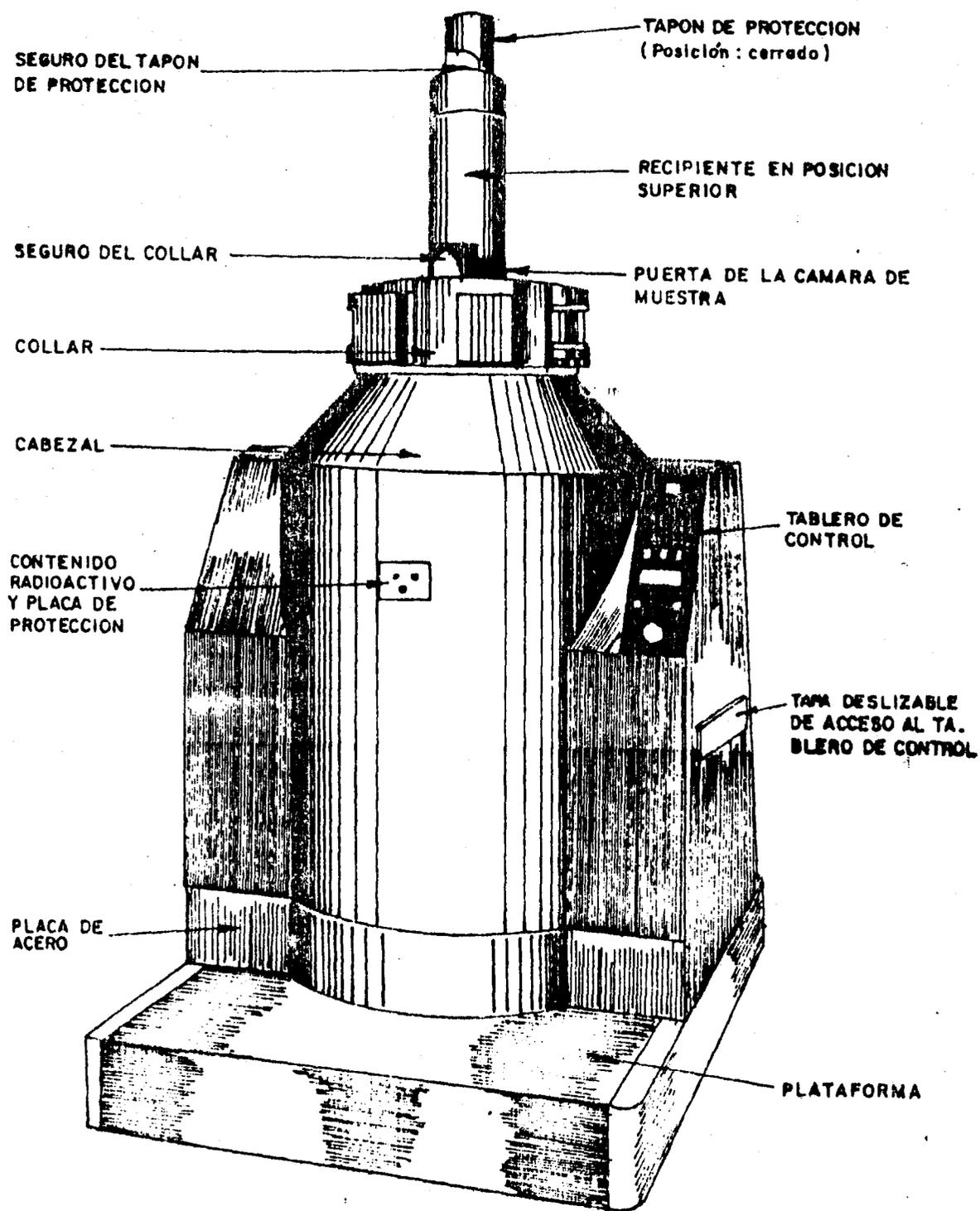
El recipiente es un cilindro de acero de 59" (1.50 m) de longitud y de 6 1/2" de diámetro, que consta de cuatro componentes: Tapa blindada, Parte superior del recipiente, Cámara de Muestra y parte inferior del recipiente. La parte superior de recipiente es un cilindro de acero lleno de plomo de 14 15/16" (36.2 cm) de alto y un tubo de acceso de 1 1/4" (3.17 cm) de diámetro interior colocado verticalmente en el centro. Este tubo tiene una rosca de 1 3/8" por 12 T.P.I. standar americano, en la parte superior.

La tapa blindada es un cilindro de acero lleno de plomo de 4" (10.16 cm) de diámetro y 5 1/4" (13.34 cm) de alto. Esta tapa proporciona un blindaje que previene cualquier fuga de radiación excesiva cuando el recipiente se encuentra en posición de radiación. Un seguro eléctrico inmoviliza la máquina cuando la tapa Blindada se encuentra abierta.

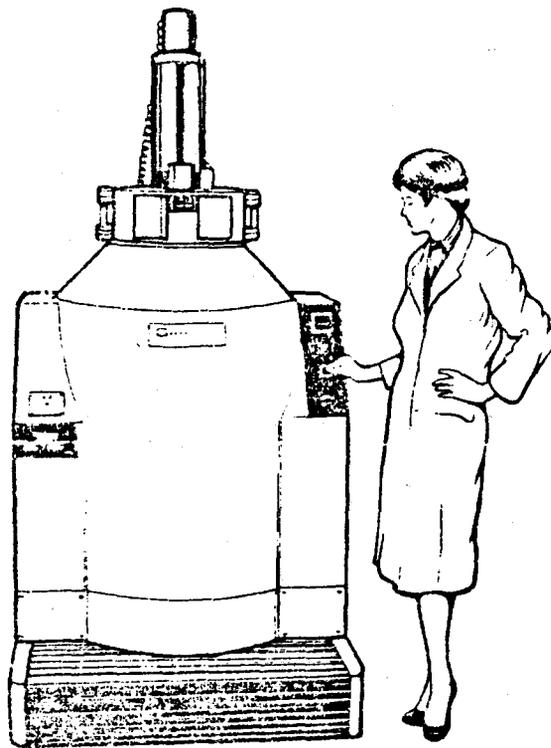
La sección central de la cámara de muestras es un cilindro hueco y delgado de aluminio. Existe una puerta que se abre hacia afuera, fijada mediante un asiento en la parte inferior y un anillo de cierre en la parte superior. Un orificio de 1 3/8" (3.2. cm) de diámetro en el fondo de la cámara facilita el acceso al tubo espiral de drenaje, hacia la parte inferior del recipiente.

La parte inferior del recipiente es un cilindro de acero lleno de plomo de 30.5" (77.47 cm) de alto con un tubo espiral de drenaje de acero inoxidable de 3/8" (0.68 cm) de diámetro. En la base del recipiente existe un soporte rectangular que por acción de un boton permite el movimiento del recipiente.

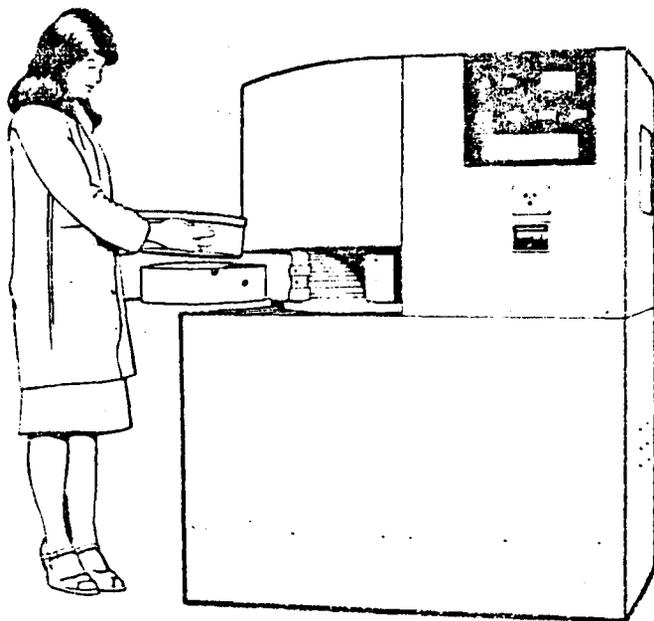
FIG. 2 VISTA EXTERIOR DEL IRRADIADOR GAMMACELL 220



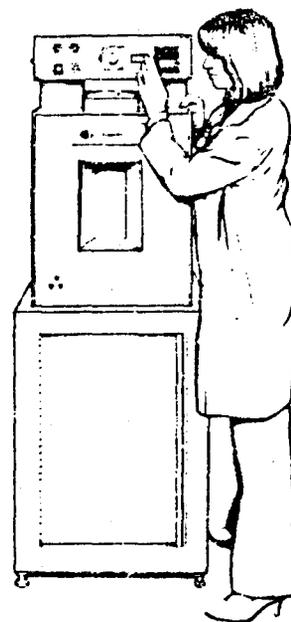
FUENTE : Catálogo del Irradiador Gammacell 220 (1965)



GAMMACELL 220



GAMMACELL 40



GAMMACELL 1000

FIG. 3 Vistas exteriores de Irradiadores Gammacell

CAPITULO III

METODOLOGIA Y ETAPAS

3.1 TOMA DE MUESTRAS.

Las muestras se obtuvieron en los centros de Acopio de las empresas: Importadora Exportadora CLAUDIA S.A. y de la Empresa DEL MAR.

La primera de ellas se dedica exclusivamente a la exportación del espárrago en estado fresco y en un futuro próximo y en un futuro próximo al congelado, la segunda empresa se dedica al enlatado de la misma; ambas quedan en el Distrito de Virú, distante de Trujillo a 65 Km. en el Departamento de la Libertad.

Los espárragos son comprados a los agricultores, en el mismo centro de producción y luego son clasificados en el Centro de Acopio (Virú). Esta clasificación se hace en función del diámetro del turión, el cual deber variar entre

12mm y 28mm. Para el trabajo realizado, solo se tomo en cuenta aquellos turiones que poseian diámetros que variaban entre 20 y 28mm. Los espárragos eran blancos y son de la variedad "MARY WASHINGTON".

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

A continuación se nombran los principales equipos utilizados, no se toman en cuenta los materiales de vidrio ni de reactivos pues estos serán nombrados o descritos en el punto 3.4 que se refiere a los análisis realizados en los productos irradiados y sin irradiar:

- Irradiador Gammacell 220 del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN).
- Congeladora CENTROGAS.
- Balanza Analítica BOSCH modelo S-2000
- Estufas MEMMERT - Type U15-U50
- Mufia THERMOLYNE Modelo Type 1500.
- Autoclave ELECTRIC STEROCLOVE No. 25X
- Espectrofotómetro Modelo SPECTRONIC 21
- Potenciómetro Modelo PH METER 26 RADIOMETER
- Refractómetro
- Aparato Soxhlet
- Aparato Kjeldahl
- Hornillas eléctricas

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Las operaciones preliminares que se realizaron al espárrago antes de su irradiación se representan en la FIG. 4, el cual nos muestra todas las operaciones realizadas,

desde la cosecha o toma de muestras (explicadas en 3.1); hasta su almacenamiento en la congeladora del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN).

Se podría comentar acerca de algunas de estas operaciones como por ejemplo; el pre-enfriado que es un simple lavado con agua fría de pozo que se hace en el propio centro de acopio; la refrigeración se refiere a las condiciones a que se deben someter el espárrago para su debido transporte. Detalles más completos son descritos en los capítulos siguientes. La Fig.5 muestra la programación para la determinación de dosis óptima, el cual se dividió en tres etapas. En la ETAPA I se probaron con 6 diferentes dosis, evaluandose en todos los casos con una inspección visual, Análisis Físico-Químicos y Microbiológicos (sólo para el control, 11 y 1.5 KGY); en la ETAPA II se descartó la dosis de 0.5 KGY y 4.17 KGY, trabajando con las siguientes dosis 0.0, 1.0, 1.5, 2.0 y 5.58 KGY, volviendose a evaluar nuevamente con una inspección visual, Análisis Físico-Químico y Microbiológicos analizandose en este caso para todas las dosis excepto para la de 5.58 KGY, valdria la pena recalcar que la dosis de 2.0 KGY, se analizó en los laboratorios del Centro Experimental Tecnológico (CET) de la Universidad Nacional del Callao (UNAC). En la ETAPA III sólo se evaluaron aquellos resultados, en esta etapa se descartaron los análisis Microbiológicos, pero se llegaron a incluir los análisis organolépticos.

FIG. 4 OPERACIONES PRELIMINARES HECHAS AL ESPARRAGO ANTES DE LA IRRADIACION

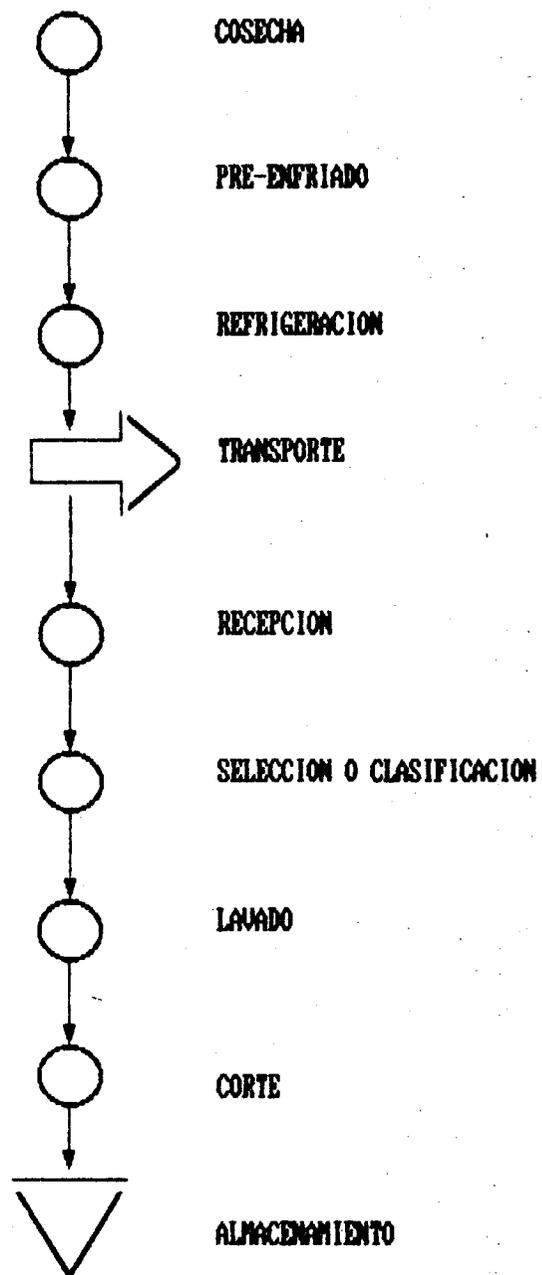
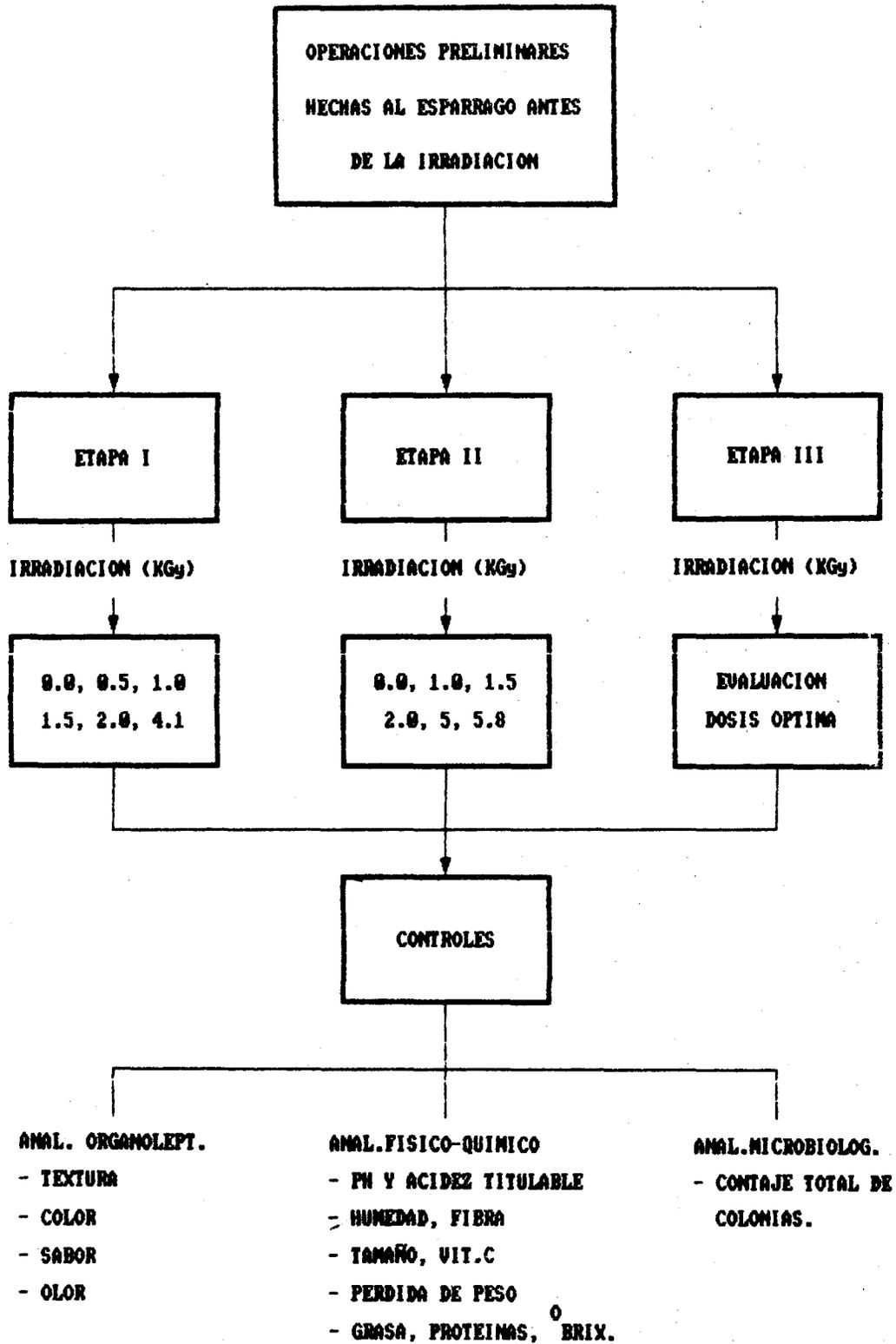


FIG. 5 PROGRAMACION PARA LA DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA



3.3.1 Tratamiento de la Materia Prima

Las muestras de espárragos obtenidas en cada viaje fueron previamente clasificados esta cantidad era de aproximadamente 18 Kg. por cada viaje, que en número de unidades equivale a 720 de ellos; en el mismo centro de acopia se procedió a lavarlos con agua de pozo, se hizo 2 lavados en tinas de acero, inmediatamente se procedió a cortarlos con un tamaño aproximado de 20 cm. Los espárragos generalmente son cosechados por la mañana, entre las 6 a 9 a.m., llegando al centro de acopio entre las 12 a 2 p.m.

3.3.2 Transporte

El transporte se realizó por vía terrestre entre la ciudad de Trujillo y Lima, distante una de otra en 563 Km., el viaje dura aproximadamente 8 horas en omnibus.

En total se hicieron 5 viajes a la ciudad de Trujillo. En el primero de ellos se llegó a tomar contacto con las principales empresas dedicadas al comercio, exportación y explotación del espárrago, se hizo las primeras pruebas de sondeo para irradiarlas con aproximadamente 5 Kg. de la mejor calidad; estas muestras fueron cedidas por la "Cia. Envasadora Norte". En el segundo viaje se tuvo una entrevista con la Empresa Del Mar dedicadas al enlatado del espárrago la cual nos dono aproximadamente 10 Kg, el resto de la muestra fué comprado en las chacras del Valle de Chao. En el tercero cuarto y quinto viaje se trabajó conjuntamente con la "Empresa del Mar", las cuales nos



FOTO N° 5 .- Primer corte de los turiones reali-
zado en el centro de Acopio.

cedieron las muestras ya previamente clasificadas.

Los espárragos para su transporte fueron colocados ordenadamente en cajas de tekpor y se cubrieron con hielo picado, para mantenerlas en condiciones de refrigeración, finalmente se tapo y sello termicamente con cinta adhesiva.

3.3.3 Recepción, Selección, corte y lavado

Las muestras fueron recepcionados en las instalaciones del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN); en primera instancia se hizo una nueva selección debido a que algunas muestras fueron dañadas durante el viaje, florecaron o se tornaron violáceos luego de esto se procedieron a lavarlas con agua potable en una tina grande. Debido a que el contenedor del irradiador Gammacell 220 tiene una altura de 20.3 cm. siendo su forma cilíndrica los espárragos tuvieron que ser colocados en forma vertical o parados lo que trajo como consecuencia que los turiones tuvieran que cortarse a una longitud de 18 cm. para que se colocaran sin problemas

3.3.4 Irradiación de los turiones

Los turiones ya seleccionados, cortados y lavados fueron llevados a irradiar en un recipiente tekpor; se llegaron hacer 2 pruebas de sondeo iniciales 1ro. se irradió con hielo picado y la otra en condiciones normales el resultado que se tuvo después del almacenaje fué el mismo por lo que se llegaron a irradiar las demás muestras en las ultimas condiciones o sea puestos solos en el recipiente de tekpor. Los datos experimentales del



FOTO N° 6 .- Corte del turión a 18 cm.



FOTO N° 7 .- Lavado de los turiones

siguiente trabajo se hicieron como se mencionó en tres etapas. Las diferentes dosis de trabajo se hicieron a tiempos de irradiación diferentes que dependen de la Tasa de Dosis del Gammacell, la cual se basa en la Dosimetría hecha con Soluciones de Fricke. A continuación se dan los tiempos de irradiación halladas para las dosis experimentales con las cuales se trabajó.

Pruebas	Dosis de irradiación (KGY)	Tiempo de Irradiación
	0.0	-
1ra Prueba	0.5	1 hr 05 min.
	1.0	2 hr 11 min.
	1.5	3 hr 16 min.
	0.0	-
2da Prueba	0.5	1 hr 06 min.
	1.0	2 hr 13 min.
	1.5	3hr 19 min.30 s.
	0.0	-
	0.5	1 hr 07 min.
	1.0	2 hr 14 min.30 s.
ETAPA I	1.5	3 hr 21 min.46 s.
	2.0	4 hr 29 min.20 s.
	4.177	9 hr 21 min.
	0.0	-

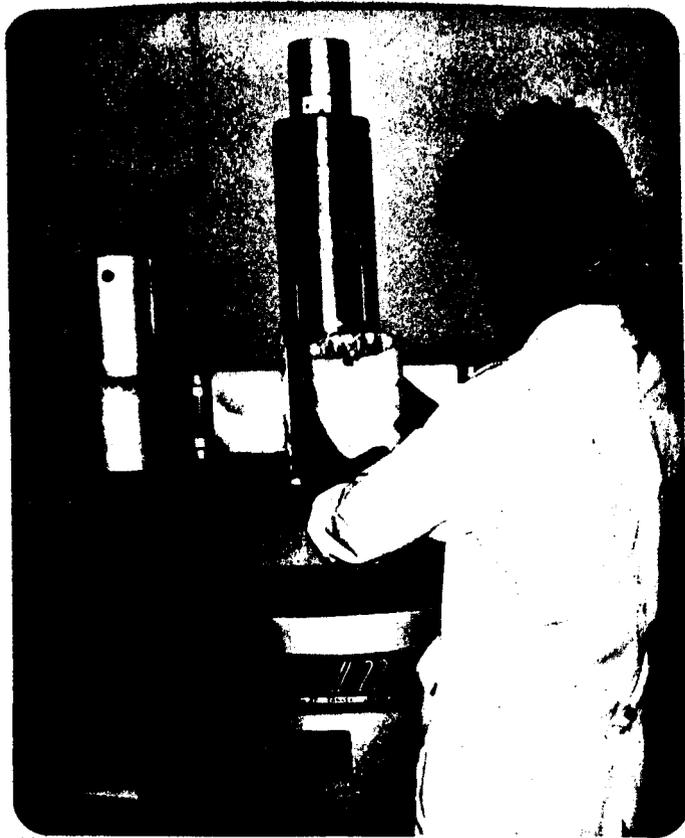


FOTO N° 8 .- Irradiación de los Turiones

2.3.4 Condiciones de Almacenamiento

El producto se almacenará en un lugar ventilado de la zona al sur del edificio de los laboratorios de la Universidad de Chile, en la INTERCOMUNICACION N° 4036 1946, que se encuentra en el departamento de Ingeniería de la Universidad de Chile. La temperatura de refrigeración será de 10°C y la humedad relativa será de 70% ± 5%.

El producto se almacenará en un lugar ventilado de la zona al sur del edificio de los laboratorios de la Universidad de Chile, en la INTERCOMUNICACION N° 4036 1946, que se encuentra en el departamento de Ingeniería de la Universidad de Chile.

El producto se almacenará en un lugar ventilado de la zona al sur del edificio de los laboratorios de la Universidad de Chile, en la INTERCOMUNICACION N° 4036 1946, que se encuentra en el departamento de Ingeniería de la Universidad de Chile.

El producto se almacenará en un lugar ventilado de la zona al sur del edificio de los laboratorios de la Universidad de Chile, en la INTERCOMUNICACION N° 4036 1946, que se encuentra en el departamento de Ingeniería de la Universidad de Chile.

El producto se almacenará en un lugar ventilado de la zona al sur del edificio de los laboratorios de la Universidad de Chile, en la INTERCOMUNICACION N° 4036 1946, que se encuentra en el departamento de Ingeniería de la Universidad de Chile.

fueron analizadas bajo las mismas condiciones. Como se mencionó anteriormente el trabajo se dividió en 3 ETAPAS, siendo la primera y la segunda las que nos dieron a conocer cuales eran las muestras irradiadas que presentaban mejores perspectivas a una dosis de irradiación establecida, la tercera etapa es aquella en la cual se trabajó con las dosis que presentaron mejores resultados.

En general los análisis se dividieron en 3 grupos principales: los Análisis Físicos y Químicos, Análisis Microbiológicos y Análisis Organoléptico; siendo este último análisis realizado con aquellas dosis que presentaron mejores resultados.

3.4.1 Análisis Físicos y Químicos

3.4.1.1 Análisis Proximal

Dentro de los análisis principales que se realizaron tenemos: pH, Acidez Titulable, Humedad, Cenizas, Fibra, Proteínas Azúcares reductores, Tamaño, Pérdida de peso. °BRIX. La mayoría de los análisis fueron realizados en los laboratorios del IPEN y del C.E.T. de la Universidad Nacional del Callao. La única excepción fué con respecto a los análisis de sólidos solubles los cuales se llevaron a cabo con un refractómetro de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Determinación del pH y Acidez Titulable

Materiales : Balanza Analítica, pH-metro, papel filtro, Vasos de 100 ml, pipetas de 20 ml, bereta de 25 ml, licuadora o mortero.

Reactivos : NaOH 0.1 N (valorado), Fenolftaleína, Solución Buffer.

Procedimiento : Para la determinación de la acidez titulable y pH al mismo tiempo, se pesan 20 g de muestra, se diluye con agua destilada, hervida y enfriada a 200 ml y se valora con NaOH 0.1 N y usando fenolftaleína como indicador. Se calcula la acidez como ácido acético.

$$\% \text{CH}_3 \text{COOH} = \frac{V \times f \times N \times 60 \times V_D}{M \times V_A} \times 100$$

V = Volúmen de NaOH gastados

f = Factor

V_D = Volúmen de Dilución

M = Cantidad de muestra de examinar

V_A = Alicuota tomada

El pH se midió en un pH METER 26 para lo cual se toma un volúmen definido del líquido filtrado.

Determinación de la Humedad

Método por Deseccación en estufa hasta Peso Constante

Principio : El contenido de Humedad se expresa por la pérdida de peso del producto bajo ciertas condiciones de secado dependiente de la temperatura y presión.

Materiales : Balanza analítica, cápsulas de vidrio, estufa de secado rápido y desecador.

Procedimiento :

- Pesar aproximadamente 5 g. de muestra en las cápsulas de vidrio (placas petri), previamente desecadas y taradas.
- Llevar a la estufa a 103 °C por 4 horas.
- Retirar las placas de la estufa. Dejar enfriar en el desecador por 30 min. Pesar.
- Regresar nuevamente a estufa por 1 hora. Enfriar en desecador y pesar.
- Repetir la operación hasta peso constante es decir que entre dos pesadas sucesivas no excedan de 2 mg de diferencia.

Cálculos :

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Pérdida de Peso}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

Determinación de Fibra Cruda

Fundamento : La fibra cruda se determina eliminando los carbohidratos soluble por hidrólisis a compuestos más simples (azúcares) mediante la acción y los ácidos y álcalis débiles en caliente, y las cenizas (por diferencia de peso después de la ignición de la materia fibrosa obtenida).

Materiales : Erlenmeyer con refrigerante, papel de filtrar, cápsula de porcelana porosa. Papel tornasol, calentador y mufla.

Reactivos : H_2SO_4 al 1.25 %, NaOH al 1.25 % y agua destilada caliente.

Procedimiento :

1ra. Digestión : Pesar unos 15 g de muestra en un vaso quitarles la humedad que posee, el valor obtenido de la diferencia es la fibra bruta, llevar la muestra secada a un erlenmeyer con refrigerante, hervir durante 30 min. con 200 ml. de H_2SO_4 (1.25%). Luego filtrar y lavar con agua destilada caliente hasta neutralizar la acidez.

2da. Digestión : Añadir 200 ml. de NaOH (1.25%) y hervirlo por 30 min. más (se debe cuidar durante todo este tiempo).

Filtrar al vacío en una cápsula de cerámica porosa, lavando con agua destilada caliente. Luego se coloca en la mufla para eliminar la materia orgánica y obtener las cenizas y se pesan nuevamente. Antes de llevarlos a la mufla se debe pesar la muestra que debe de estar seca. La diferencia de

este peso menos la ceniza nos dará el peso de la Fibra neta.

Determinación sw Grasas - Método de SOXHLET

Principio : La grasa se extrae con eter etílico; el extrato se pesa después de evaporar el disolvente.

Reactivos : Eter etílico libre de peróxidos y sulfato de sodio anhidro.

Aparatos : Estufa de secado al vacío, aparato de extracción Soxhlet, calentador controlable.

Procedimiento :

- Pesar 5 g de muestra en un dedal de extracción, agregar 2-3 g de sulfato de sodio anhidrido. Tapar con algodón.
- Colocar el dedal con muestra en el cuerpo del Soxhlet.
- Añadir el solvente por el tubo del refrigerante uno y medio del cuerpo Soxhlet (aproximadamente 350 ml se los balones son de 250 ml.)
- Conocer el refrigerante.
- Prender la plancha eléctrica.
- Extraer durante 6 horas con temperatura regulada, debe ocurrir 15 sifoneos por hora, la extracción se puede dar por finalizada cuando el solvente en el cuerpo o extractor Soxhlet sea transparente.
- El extracto etéreo es recibido en un matraz tapado y secado
- Destilar el solvente, secar el residuo por 30 min. a 100°C.
- Enfriar en el desecador y pesar.
- Secar nuevamente el residuo por otros 30 minutos para

estar seguros de que el peso de la grasa se mantiene constante.

Calculos:

$$\% \text{ de Grasa} = \frac{\text{Ganancia de peso del balon en gramos}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

Determinación de Proteínas - Método de Kjeldahel

Principio : El método se basa en la conversión del Nitrogeno Orgánico en Nitrogeno Inorgánico, el sulfato de amonio formado durante la digestión, se diluye y se hace alcalino con NaOH, el amoniaco puesto en libertad se destila y se recibe en una cantidad conocida de acido sulfúrico ó ácido bórico y se determina por titulación.

Reactivos : H_2SO_4 concentrado, mezcla reactiva de Selenio de la merck, NaOH al 40%, Acido Bórico al 3%, HCL 0.1 N, Indicador tachiro: mezcla 1.1 de 0.2% de rojo de metilo y 0.1 % de azul de metileno en etanol, H_2SO_4 0.1 Normal, NaOH 0.1 N.

Equipos : Equipo digestor BUCHI, equipo de destilación de BUCHI y Balanza Análitica.

Procedimiento : El proceso general se divide en tres partes:

A.- Digestión

- Pesa 0.5 g de muestra homogenizada en caso de ser rica en proteínas (mayor de 20 %) o 1 g en caso de ser menor del 20 %.
- Colocar la muestra en los vasos digestor Buchi.
- Adicionar 7 ml. de H_2SO_4 concentrado, 1 g de mezcla reactiva de Selenio y perlas de vidrio.
- Llevar a la planta dígestora Buchi, prender el equipo y mantenerlo a temperatura constante.
- La digestión termina cuando la muestra está transparen-

te, esto sucede en aproximadamente de 1 a 2 horas.

- Paralelamente hacer un blanco de muestras : 4 ml. de agua más 7 ml. de H_2SO_4 y 1 g de mezcla de reactivo de Selenio.

B.- Destilación

- Preparar el equipo de destilación Buchi.
- Preparar un Erlenmeyer de 250 ml con 30 ml de ácido bórico al 3 %, más cuatro gotas de indicador tachiro (la solución de ácido bórico se torna violeta).
- Transpasar la muestra a través del embudo con varios enjuages de agua.

En caso de tener la muestra solidificada calentar o disolverlo con agua.

- Agregar 40 ml de NaOH al 40 %.
- Lavar el embudo con agua destilada.
- Destilar hasta que la solución de ácido bórico cambie a verde.
- Retirar el Erlenmeyer hacia la plataforma inferior y seguir destilando por 12 minuto. Después retirar el Erlenmeyer y en su lugar colocar un vaso. Pasar la muestra a través del sifón del desagüe. Lavar el vaso de destilación.

C.- Titulación

- Titular la solución de ácido bórico que es una solución verde, con HCL 0.1 N hasta coloración violeta.
- Anotar el gasto.

Cálculos :

$$\text{Proteinas} = \frac{\text{Gasto HCL } 0.1\text{N} \times 0.0014 \times 6.25}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

Factor de Nitrógeno = 0.0014

Factor de conversión de proteínas.

Azúcares Reductores

Se utilizó el método de DINITROFENOL DE ROSS. Si bien es cierto que procedimientos de análisis de azúcares reductores de Ross y Bertran son completamente diferentes, los dos utilizan sal de Rochelle, de tal manera que forman Ozazonas y los métodos de determinación final son diferentes, el de Bertran utiliza titulación y el de Ross utiliza el Espectrofotómetro.

Reactivo de Ross.

Solución A: Disolver 7.145 g de 2,4 dinitrofenol en 230 ml. de NaOH al 5 %. Calentar en agua hirviendo hasta que el 2,4 dinitrofenol se disuelva. Entonces adicionar 2.5 g de fenol. Calentar 2 a 3 minutos más o menos hasta que la solución no tenga trazas de color claro.

Solución B : Disolver 100 g de sal de Rochelle (tartado de sodio y potasio) en 500 ml. más o menos de agua destilada.

Mezclar las dos soluciones A y B y completar a 1000 ml. en una fiola cuando el líquido se haya enfriado.

Solución Standard de Azúcar : Curva Standard.

Con un calorímetro foto eléctrico, será necesario preparar una curva de calibración usando una preparación de glucosa anhidra y se completa en una fiola de 100 ml. La solución standard se puede guardar en el refrigerador con cristal de timol.

Con esta solución madre, se preparan diferentes con-

centraciones de ella, tomadas de 0.1 ml y se completa a 2 ml. con agua destilada. Se le trata como una muestra adicionándole 6 ml. del reactivo de Ross, se le calienta, se le enfria y se lee la Transmitancia, su conversión a Densidad óptica o Absorbancia se realiza en el mismo aparato.

Se construye la curva ploteando en las ordenadas la Absorbancia o Densidad Optica versus su concentración de glucosa en mg/ml. La curva debe ser inspeccionada de vez en cuando, pero cada vez que se hace uso del espectrofotómetro, se debe chequear el blanco a 100 % de Transmitancia.

Procedimiento :

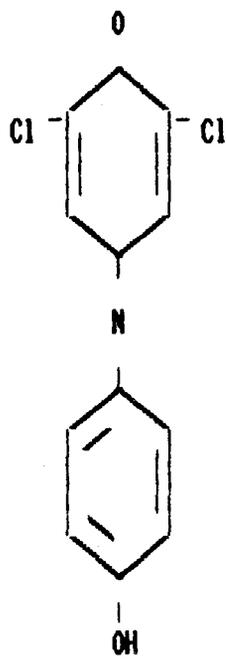
Se toma 1 g de muestra en una erlenmeyer, se le agrega 50 ml. de agua destilada, medido en una fiola. Luego se le agrega 0.5 mg a 1g de sulfito de sodio. Agitar bien. Filtrar con Wathman N° 4, del filtrado se toman 2 ml., luego se le agrega 6 ml., del reactivo de Ross. Se calienta en agua hirviendo por 6 minutos exactamente, enfriar con agua fria de caño que corra por las paredes exteriores de tubo, se lee la transmitancia en el espectofotómetro. Se usa un filtro de absorción de 620 milimicrones. Esto también se debe realizar con la curva Standard. Finalmente se lee la concentración de los azúcares reductores con el dato de transmitación hallados en la curva Standard.

Acido Ascórbico ó Vitamina C.

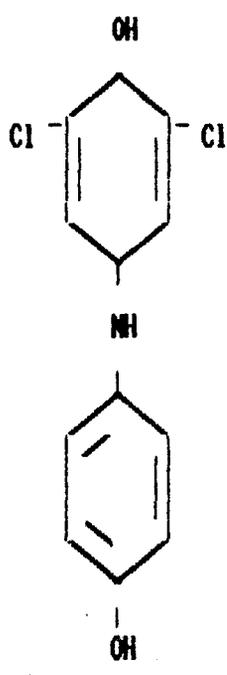
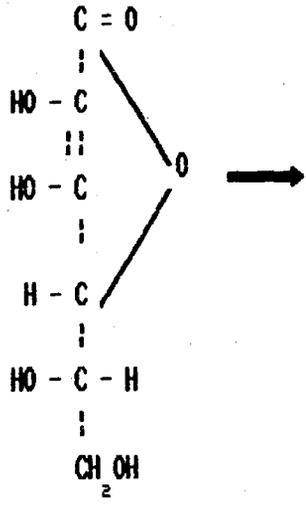
Principio : El método de titulación se basa en la reducción del colorante 2,6 diclorofenolindofenol, por una solución de ácido ascórbico.

El contenido de ácido es directamente proporcional a la capacidad de una extracto de la muestra para reducir una solución standard de colorantes determinada por titulación.

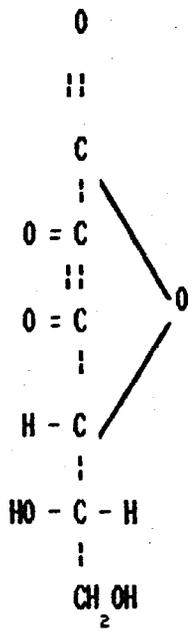
El valor del reactivo, 2,6 diclorofenolindofenol se ve limitado por la presencia de sustancias reductores como sales ferrosas, sulfitos, compuestos sulfihidricos, etc. En ciertos productos que han sufrido un prolongado tratamiento término ó almacenamiento se encuentran sustancias reductoras.



+



+



Preparación de los Standares:

- 1.- Disolver 100 mg de Acido ascórbico en 100 ml de Acido Oxálico al 0.5 % en una fioia. Se debe usar la solución inmediatamente.
- 2.- Disolver 100 ml de agua destilada. El agua destilada debe estar caliente. Se almacena en botella de color oscuro y en refrigeración.
- 3.- Tomar 1 ml. de la solución (1) y colocarla en un Erlenmeyer de 50 ml. Agregar 30 ml. de una solución de Acido Oxálico al 0.5 % y titular con la solución 2.6 diclorofenolindofenol.
- 4.- Titulación : Para la titulación utilizar una microbureta de aproximadamente de 10 ml., la cual contendrá el colorante 2,6 diclorofenolindofenol.
El final de la titulación será indicado por un cambio de color azul a rosado débil; color que debe persistir por 10 - 15 segundos.
- 5.- Cálculos del equivalente en Acido Ascorbico/ml. de solución 2,6 diclorofenolindofenol:

$$\text{Eq.} = \frac{\text{mg de Acido Ascórbico}}{\text{ml de solución 2,6 diclorofenolindofenol}}$$

Determinación de Vitamina C reducida por titulación con 2,6 diclorofenolindofenol:

- 1.- Colocar 40 g de muestra en una homogenizadora.
- 2.- Agregar 200 ml. de solución al 0.5 % de ácido oxálico, a la homogenizadora y desintegrarla por 5 minutos.

3.- La mezcla puede ser centrifugada o filtrada. Poner la solución filtrada en una erlenmeyer. Si la muestra tiene una coloración oscura (rosado o rojo intenso) lo cual dificultará la determinación será preciso añadirle a la muestra filtrada 1 % de carbón activado y agitarlo durante 1/2 hora.

Siguiéndose con el filtrado posteriormente.

4.- Pipetear 30 ml. de la solución filtrada en un erlenmeyer de 50 ml. y titulará rápidamente hasta obtener un color rosado debil, con la solución de 2,6 diclorofenolindofenol.

5.- Hacer titulación de una blanco sobre 30 ml. de la solución ácida y restar este valor de las otras titulaciones.

6.- Para titular el agua de blanqueo utilizar 100 ml. de la alicuota y agregar 0.5 g de ácido oxálico.

7.- El equivalente en ácido ascórbico por ml de solución de 2,6 diclorofenolindofenol será proporcionado.

Cálculos :

1.- Calcular el contenido de ácido ascórbico en: Producto fresco blanqueado y agua de blanqueado, según la siguiente fórmula:

$$\text{mg Ac. Ascórbico/100g de muestra} = \frac{V \times T \times 100}{W}$$

V = ml. de colorantes utilizados para titular una alicuota de muestra.

T = Equivalente de Acido Ascórbido de la solución del

colorante.

W = g. de muestra en la alicuota titulada.

Determinación de Cenizas

Principio : Se elimina la materia orgánica mediante el oxígeno del aire y el calor, se pesa el residuo inorgánico.

Equipos : Horno de incineración (Mufla), crisoles de porcelana, Desecador, Balanza Analítica.

Procedimiento :

- Coloque los crisoles limpios en la mufla a 600°C durante una hora. Luego traslade los crisoles del horno al desecador se enfrían a la temperatura del medio ambiente. Pesarlos tan pronto como sea posible para prevenir la absorción de la humedad, usando siempre pinzas de metal para manejar los crisoles después de que se incineran secan.
- Pese por diferencia de 1.5 a 5 g de muestra en un crisol de porcelana previamente tarado. Colóquelo en la mufla y mantengalo a temperatura de 600°C por 6-8 horas.
- Guarde las muestras de cenizas para el caso de realizar determinación de minerales posteriormente.

Cálculo :

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Peso de Ceniza}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

3.4.1.2 Análisis Organoléptico

La evaluación sensorial del espárrago, se hizo en función de dos cartillas, una para espárrago fresco y la otra para cocido. En la primera de ellas se evaluó: apariencia, olor, textura, los panelistas las calificaron

de acuerdo a una escala con un puntaje asignado, que variaba de 5 a 1, empleando para esto una terminología que se da a conocer posteriormente.

Para el caso del espárrago cocido se evaluó: apariencia textura, color, sabor. La asignación del puntaje estuvo basado en el nivel de aceptación, es decir, desde una calidad de "muy bueno", "bueno", "medio", "calidad límite para su consumo" e "inaceptable". Posteriormente para el tratamiento matemático se le asignó puntajes que variaban de 5 a 1 respectivamente.

El espárrago fué cocido en pequeñas bolsas de plástico de polietileno, previamente sellados. Esto se llevo a cabo debido a que el espárrago cocido al natural en agua no perdiera su sabor y olor característico; lo cual seria un factor negativo en la evaluación sensorial ya que se vería disminuido las características organolépticas de esta hortaliza.

En total se hicieron dos evaluaciones organolépticas, la primera a los días de almacenamiento y la segunda a los 24 días de almacenamiento. El número de panelistas fué de 8 personas, los análisis se llegaron a realizar en los laboratorios del Instituto Peruano de Energía Nuclear.

En las hojas subsiguientes usada en el Test así como la tabla usada en la evaluación.

TEST ORGANOLEPTICO PARA ESPARRAGOS FRESCOS

Describa la calidad de las muestras que se le presentan, empleando la terminología que se indica y califíquela de acuerdo a la escala de puntaje señalado.

I. APARIENCIA

Puntaje

- 5.- Color blanco, superficie lisa, brillo natural, ápice completamente cerrado y tunión completamente recto.
- 4.- Color blando ligeramente amarillento, superficie lisa, brillo natural, ápice cerrado, ligera coloración verdosa, totalmente recto.
- 3.- Color blando amarillento, superficie lisa muy ligeramente rugosa, ápice cerrado o ligeramente abierto, ligera pérdida de brillo coloración verdosa y totalmente recto.
- 2.- Color amarillento pálido con ligeras manchas rojizas, coloración verdosa en el ápice, ligeramente rugosa, ápice medianamente abierto y ligeramente seco, pérdida de brillantez.
- 1.- Color amarillo pálido con manchas rojizas, superficie rugosa, ápice totalmente abierto ya seco, pérdida de rigidez total.

II. TEXTURA

- 5.- Rígido, fácil de quebrar, liso y duro al tacto. Apice duro.
- 4.- Ligera resistencia al quebrado, liso y duro al tacto.

Apice duro.

- 3.- Ligeramente flexible, aumento de la resistencia al quebrado, ligeramente rugoso al tacto y ligeramente blando.
- 2.- Flexible, resistencia al quebrado, rugoso al tacto, muy blando, ápice seco.

III. OLOR

- 5.- Olor típico intenso (a verdura fresca) agradable.
Calidad excelente.
- 4.- Olor típico medianamente intensa. Agradable.
- 3.- Presencia de olor típico.
- 2.- Ligero olor característico.
- 1.- Pérdida de olor característico.

3.4.2 Análisis Microbiológicos

Los alimentos pueden constituir el vehículo de transmisión de dos grupos principales de organismos patógenos para el hombre:

- 1°- Organismos productores de enfermedades infecciosas en los animales, que son transmisibles al hombre (zoonosis): bacterianas, víricas, por hongos, por helmintos y por protozoos. Estos organismos se encuentran ya en los alimentos en el momento en que éstos son obtenidos (contaminación endógena).
- 2°- Organismos productores de intoxicaciones y toxiinfecciones alimentarias humanas, que no existían, por lo

EVALUACION SENSORIAL PARA ESPARRAGO FRESCO IRRADIADO

NOMBRE :

FECHA :

MUESTRAS PARAMETROS	MUESTRA No.	MUESTRA No.	MUESTRA No.
APARIENCIA			
OLOR			
COLOR			
SABOR			
TEXTURA			

EVALUACION SENSORIAL PARA ESPARRAGO COCIDO IRRADIADO

CALIDAD CALIDAD	MUESTRA No.					MUESTRA No.					MUESTRA No.				
	APARIENCIA	TEXTURA	COLOR	SABOR	OLOR	APARIENCIA	TEXTURA	COLOR	SABOR	OLOR	APARIENCIA	TEXTURA	COLOR	SABOR	OLOR
MUY BUENO															
BUENO															
MEDIO															
CALIDAD LIMITE PARA CONSUMO															
INACEPTABLE															

general, inicialmente en los alimentos, pero que se sumaron posteriormente a ellos (contaminación exógena).

Debido a que la última etapa de deterioro del espárrago, lo constituye el deterioro microbiológico, por la acción de los microorganismos que producen la fermentación y debido a que en el comercio internacional, los importadores cuentan únicamente con los alimentos ya que suelen carecer de datos sobre las condiciones de higiene, de tiempo y de temperaturas que fueron sometidos aquellos durante su producción, conservación y transporte. En este caso puede ser muy indicativo el recuento de gérmenes aerobios mesófilos. Además el producto de alimentos, por su parte, puede utilizar estas pruebas para comprobar la eficacia de la limpieza y desinfección en su industria. Plenamente advierte el riesgo de que pudieran estar presentes.

En conclusión, podemos citar lo siguiente:

- i) La E. Coli es un buen indicador de la contaminación fecal para la mayoría de los alimentos.
- ii) Los demás Coliformes son buenos indicadores de una limpieza y desinfección no adecuadas, o de una industrialización o procesamiento de los alimentos, no correctos.
- iii) Los Coliformes Fecales tienen una mayor probabilidad de contener organismos de origen fecal por lo que son organismos indicadores mucho más seguros de la contaminación fecal que los Coliformes Totales.

Materiales : Placas Petri, tubos de ensayo, pipetas de 1ml. y 10 ml., matraces de Erlenmeyer, mortero, pinzas, tijeras, espátulas, estufa de incubación (45°C), Agar Nutritivo 5450 de MERCK, solución salina peptonada (0.85 % de ClNa y 0.1 % de peptona).

Procedimiento :

Se pesan ascépticamente 10 g de muestra y se homogenizan con 90 ml. de solución salina peptonada (SSP) al 0.85 % de ClNa y 0.1 % de peptona, constituyéndose así la primera dilución (10^{-1}). Se toma 1 ml. de la primera dilución y se homogeniza con 9 ml. de SSP, para hacer la segunda dilución (10^{-2}), de ella se toma 1 ml. y se lleva a otro tubo con 9 ml. de SSP y se homogeniza, esta sería la tercera dilución (10^{-3}); y así sucesivamente, según las diluciones que el analista crea conveniente.

Simultáneamente se pueden agregar a las placas de la dilución correspondiente, 1 ml. de muestra homogenizada.

Luego se vierte el medio de cultivo, previamente diluido y mantenido a temperatura de aproximadamente 47°C. Se agitan las placas suavemente para mezclar el medio con la muestra, se deja solidificar y se incuba a temperatura correspondiente (37°C).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 PH Y ACIDEZ TITULABLE

El pH inicial del espárrago antes del almacenamiento varia entre 5.6 a 5.7. Existe una pequeña variación en el valor, ya que empieza a disminuir entre 12 a 16 días, para luego mantenerse constante hasta los 28 a 30 días, para finalmente declinar.

A los 27 días el control alcanza un promedio de 6.016 en las tres etapas del trabajo; y para aquellas dosis que presentaron mejores resultados (Gráfico:3) el pH varia en la misma proporción, 6.09 para 1.5 Kgy y 6.183 Kgy para 2.0 Kgy.

Una dosis elevada de irradiación trae como consigo que el pH y la acidez Titulable suban rápidamente. A medida

que pasan los días la acidez tiene una gran fluctuación, esto tendría su explicación ya que debido a que el espárrago tiene dentro su composición química glucosa, fructuosa y trazas de sacarosa; existe una pequeña formación de ácidos volátiles por efecto de la irradiación sobre estos azúcares (16). Esta fluctuación también sería por la formación de α -D-glucosa formado a partir de la glucosa y fructuosa (17).

TABLA N° 7

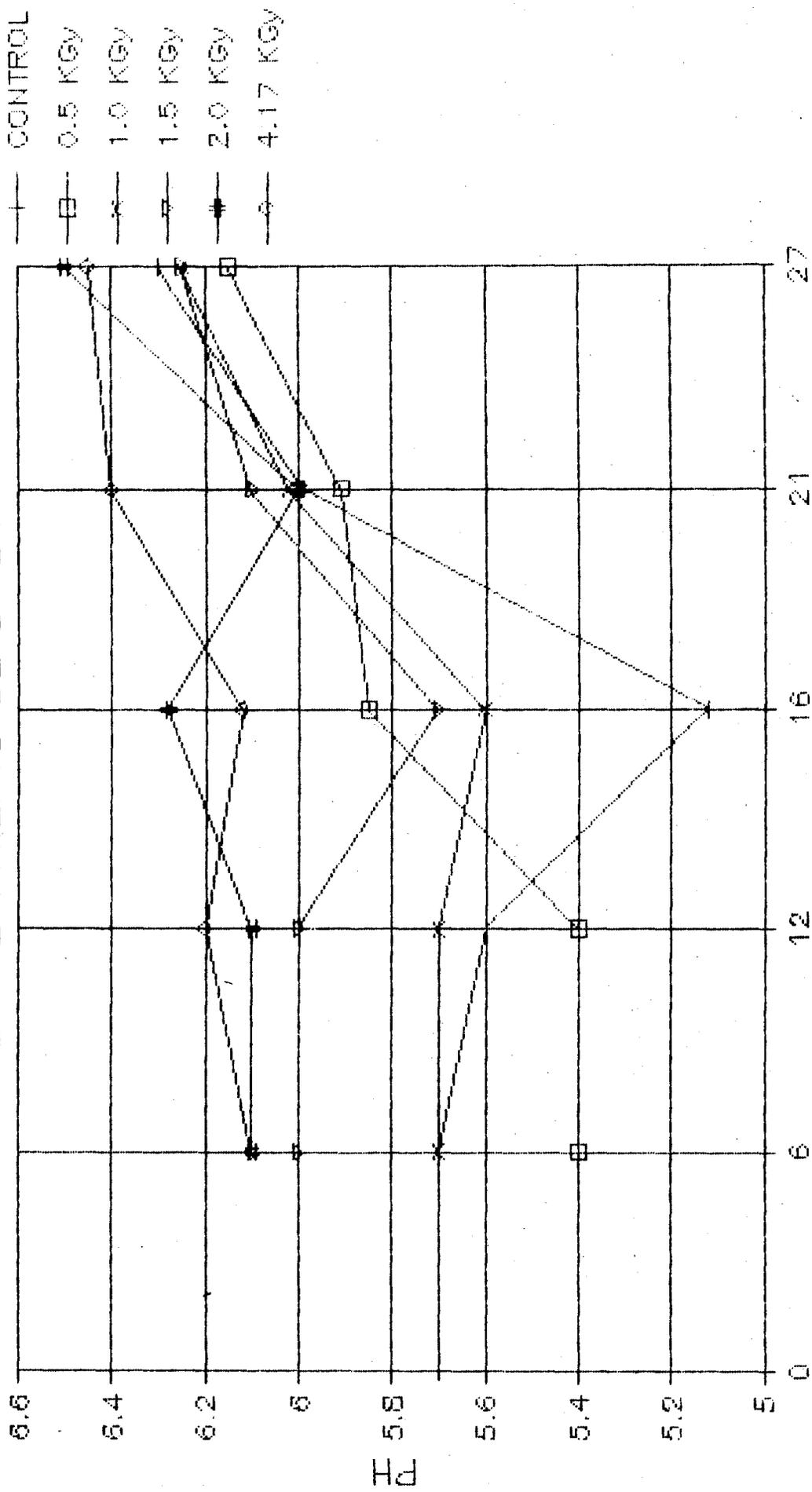
Variación del pH a diferentes Dosis con los días de Almacenamiento de la Etapa I.

N°de días de Almacenamiento Control 0.5KGy 1.0KGy 1.5KGy 2.0KGy 4.17KGy

0	5.7	-	-	-	-	-
6	5.7	5.4	5.7	6.0	6.1	6.1
12	5.6	5.4	5.7	6.0	6.1	6.2
16	5.12	5.85	5.6	5.7	6.28	6.12
21	5.99	5.91	6.02	6.1	6.0	6.4
27	6.3	6.15	6.25	6.25	6.5	6.45

GRAFICO No.1 VARIACION DEL PH CON LOS DIAS

ALMACENAMIENTO DE LA ETAPA I



NUMERO DE DIAS DE ALMACENAMIENTO

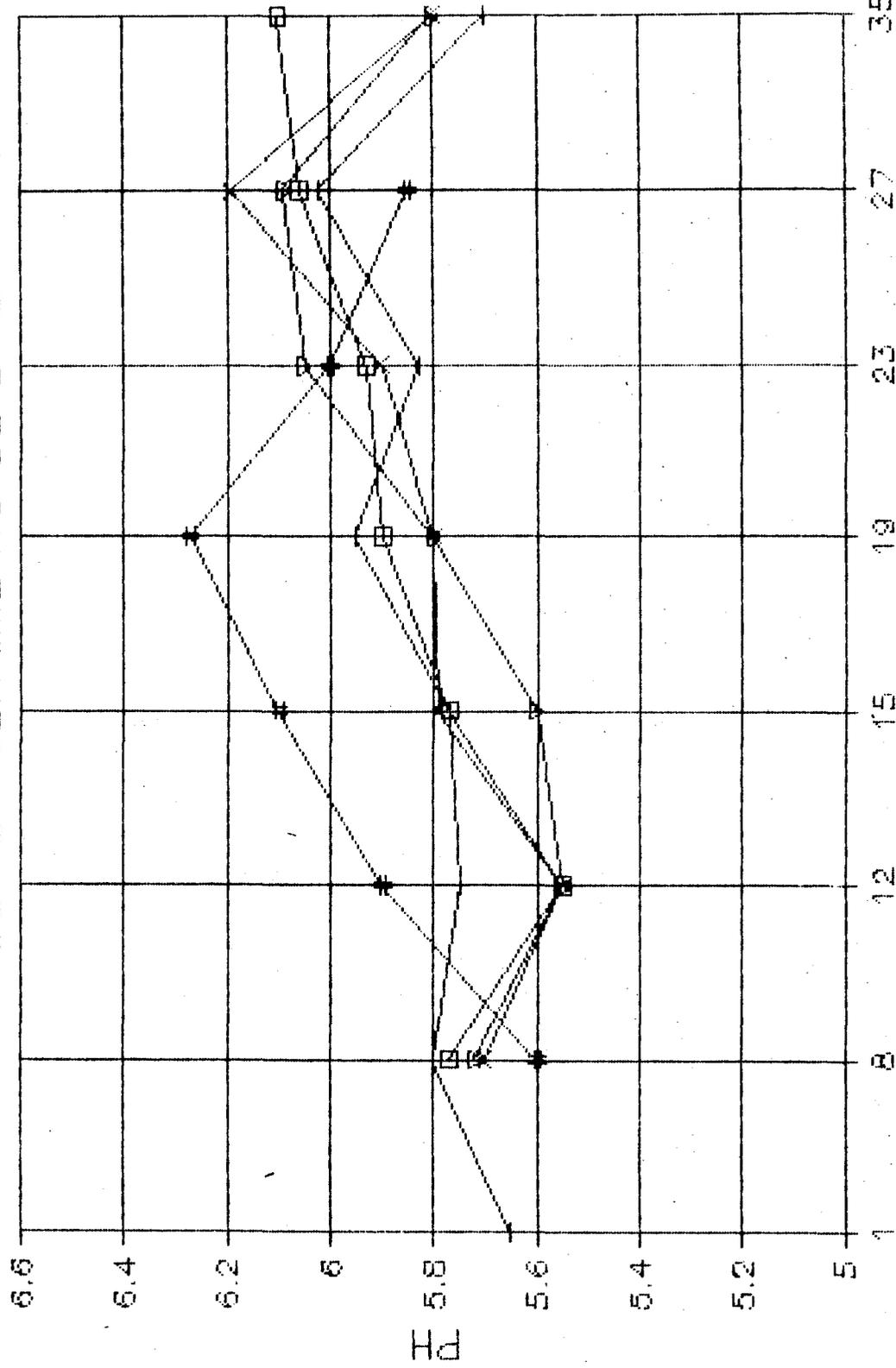
TABLA N° 8

Variación del pH a diferencia Dosis con los días de almacenamiento, de la Etapa II.

N°de días de Almacenamiento	Control	1.0KGy	1.5KGy	2.0KGy	5.5KGy
1	5.65	-	-	-	-
8	5.80	5.77	5.70	5.72	5.60
12	5.75	5.55	5.55	5.55	-
15	5.77	5.77	5.79	5.60	-
19	5.95	5.90	5.80	5.80	6.27
23	5.83	5.93	5.90	6.05	6.0
27	6.02	6.06	6.19	6.09	6.85
35	5.70	6.10	5.80	5.80	

GRAFICO No.2 VARIACION DEL PH. CON LOS DIAS DE ALMACENAMIENTO DE LA ETAPA II

- +— CONTROL
- 1.0 KGy
- *— 1.5 KGy
- ▣— 2.0 KGy
- 5.5 KGy



NUMERO DE DIAS DE ALMACENAMIENTO

TABLA N° 9

Variación del pH con los días de almacenamiento a
Dosis que presentaron mejores resultados en la Etapa III.

N° de días de Almacenamiento	Control	1.5 KGy	2.0 KGy
0	5.71	-	-
8	5.56	6.19	5.73
14	5.70	5.85	5.77
21	5.84	5.96	5.82
28	5.76	5.83	5.98
35	5.81	5.59	5.53

GRAFICO No.3 VARIACION DEL PH. CON LOS DIAS
 ALMACENAMIENTO A DOSIS QUE PRESENTARON MEJORES RESULTADOS EN
 CONTROL

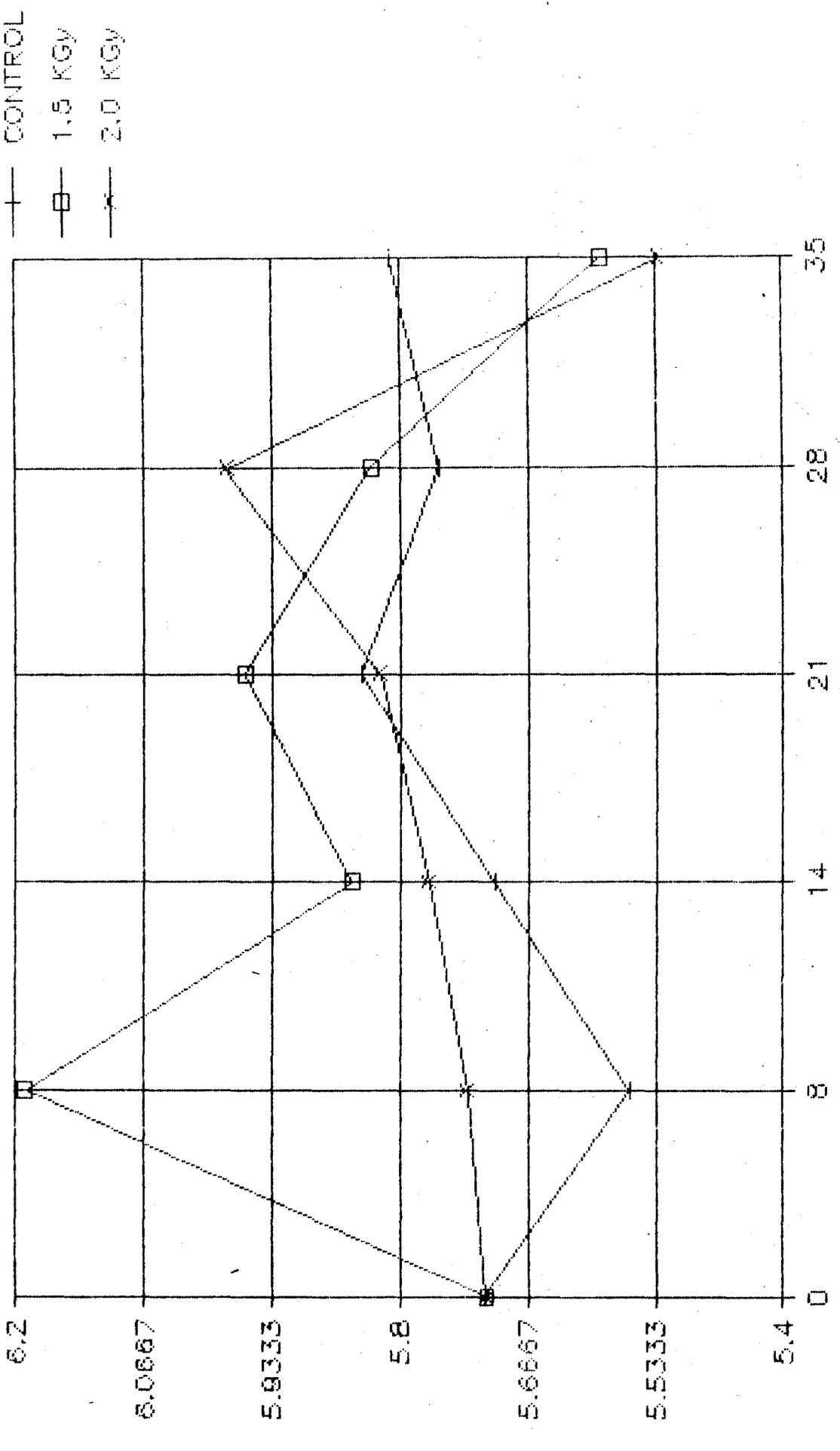


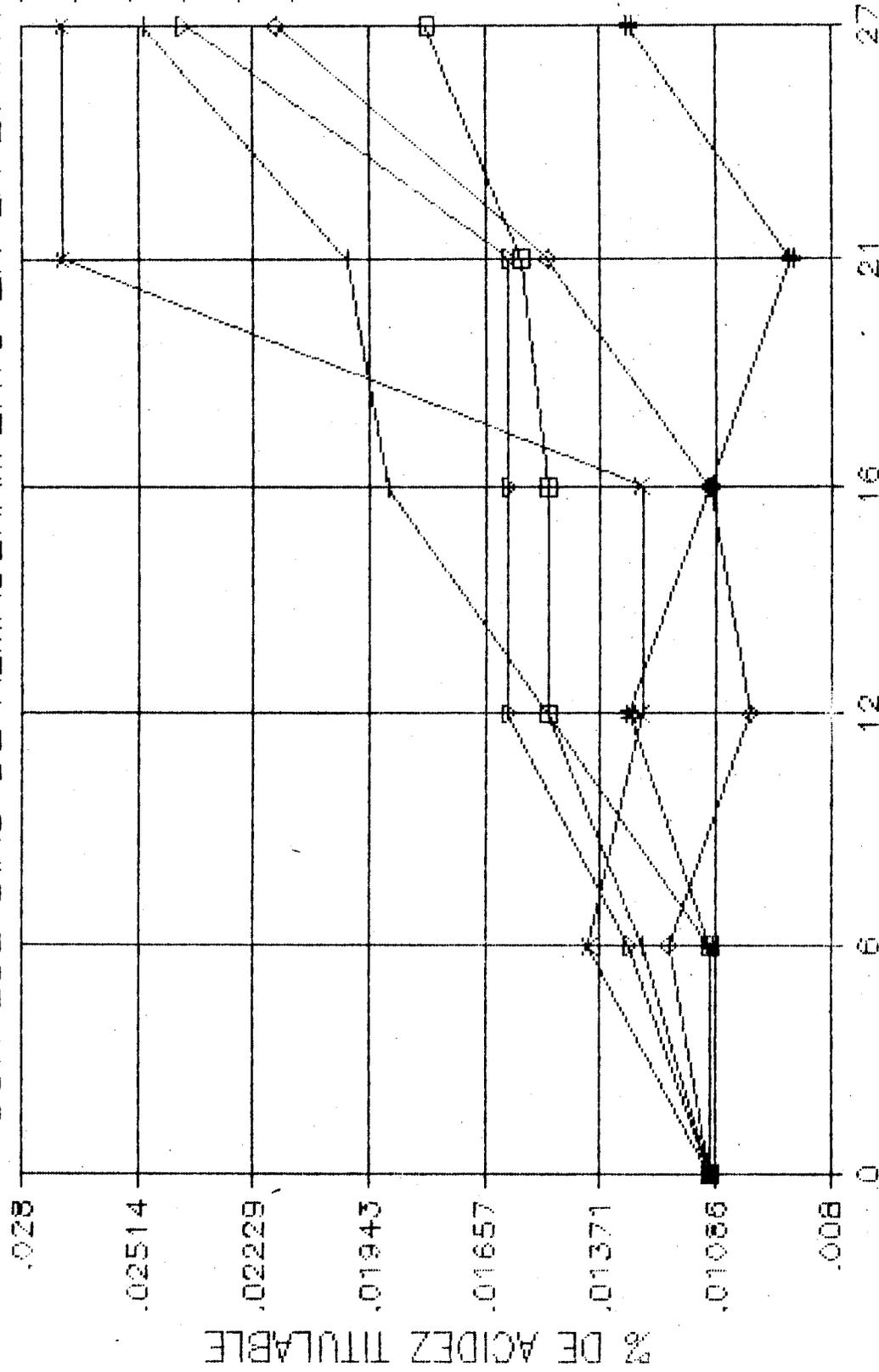
TABLA N° 10

Variación de la acidez Titulable a diferentes Dosis con los días de almacenamiento de la Etapa I.

N°de días de Almacenamiento	Control	0.5KGy	1.0KGy	1.5KGy	2.0KGy	4.17KGy
0	0.011	-	-	-	-	-
6	0.0127	0.011	0.011	0.013	0.011	0.012
12	0.015	0.015	0.014	0.016	0.013	0.010
16	0.019	0.015	0.0127	0.016	0.011	0.011
21	0.020	0.0157	0.0127	0.016	0.009	0.015
27	0.025	0.018	0.027	0.024	0.013	0.0217

GRAFICO No.4 VARIACION DE LA ACIDEZ TITULABLE CON LOS DIAS DE ALMACENAMIENTO EN LA ETAPA I

- +— CONTROL
- 0.5 KGy
- *— 1.0 KGy
- ▽— 1.5 KGy
- 2.0 KGy
- ◇— 4.17 KGy



NUMERO DE DIAS DE ALMACENAMIENTO

TABLA N° 11

Variación de la acidez titulable a diferentes Dosis con los días de almacenamiento, de la Etapa II

N° de días de Almacenamiento	Control	1.0Kgy	1.5Kgy	2.0Kgy	5.5Kgy
1	0.0107	-	-	-	-
8	0.0170	0.0143	0.0143	0.0161	0.0143
12	0.0169	0.0143	0.0143	0.0143	-
15	0.0179	0.0143	0.0161	0.0125	-
19	0.0197	0.0125	0.0143	0.0107	0.0188
23	0.0241	0.0125	0.0152	0.0116	0.0152
27	0.0161	0.0107	0.0188	0.0125	0.0197
35	0.0125	0.0098	0.0179	0.0179	

GRAFICO No.5 VARIACION DE LA ACIDEZ TITULABLE
 CON LOS DIAS DE ALMACENAMIENTO EN LA ETAPA II

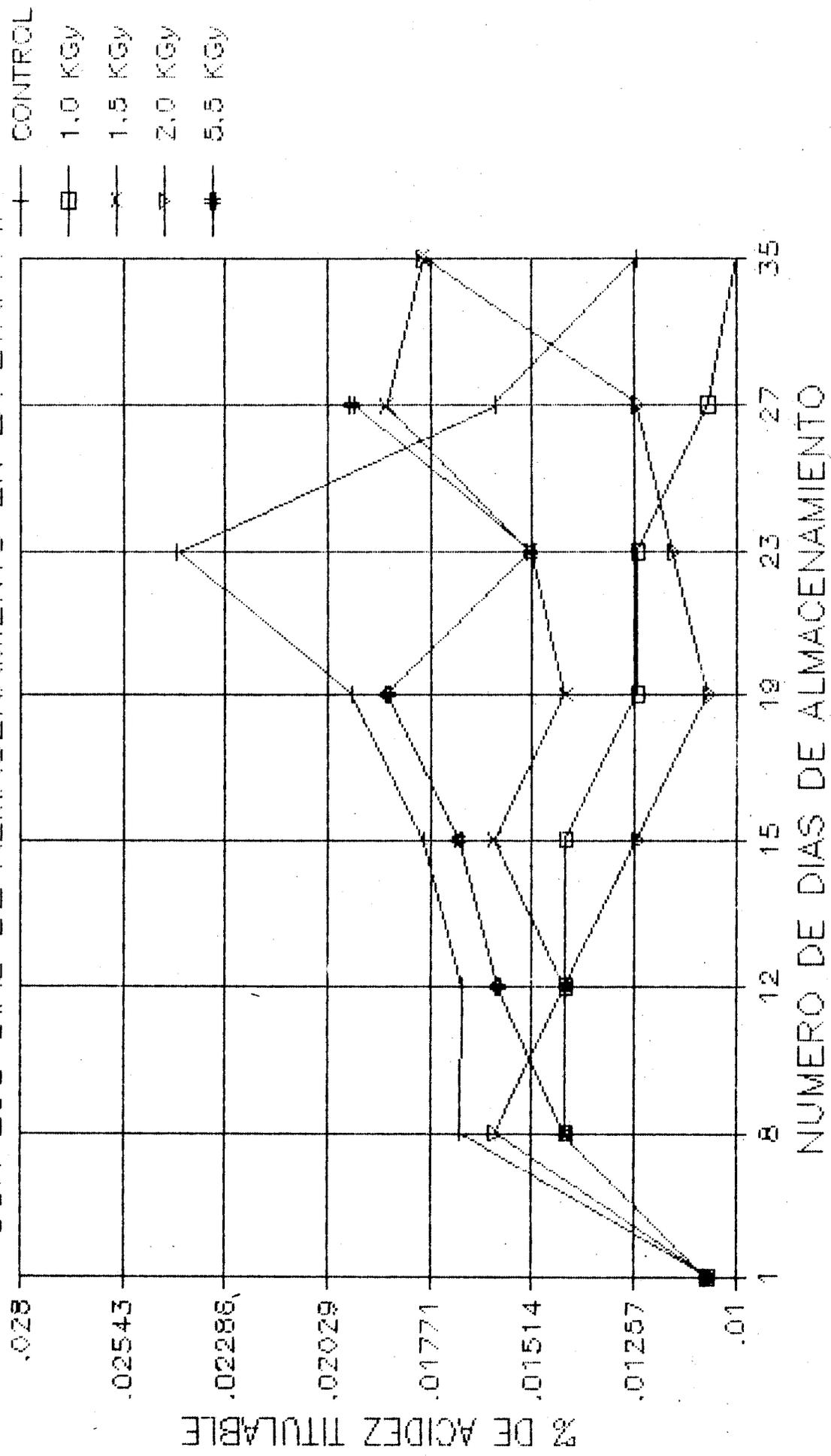


TABLA N° 12

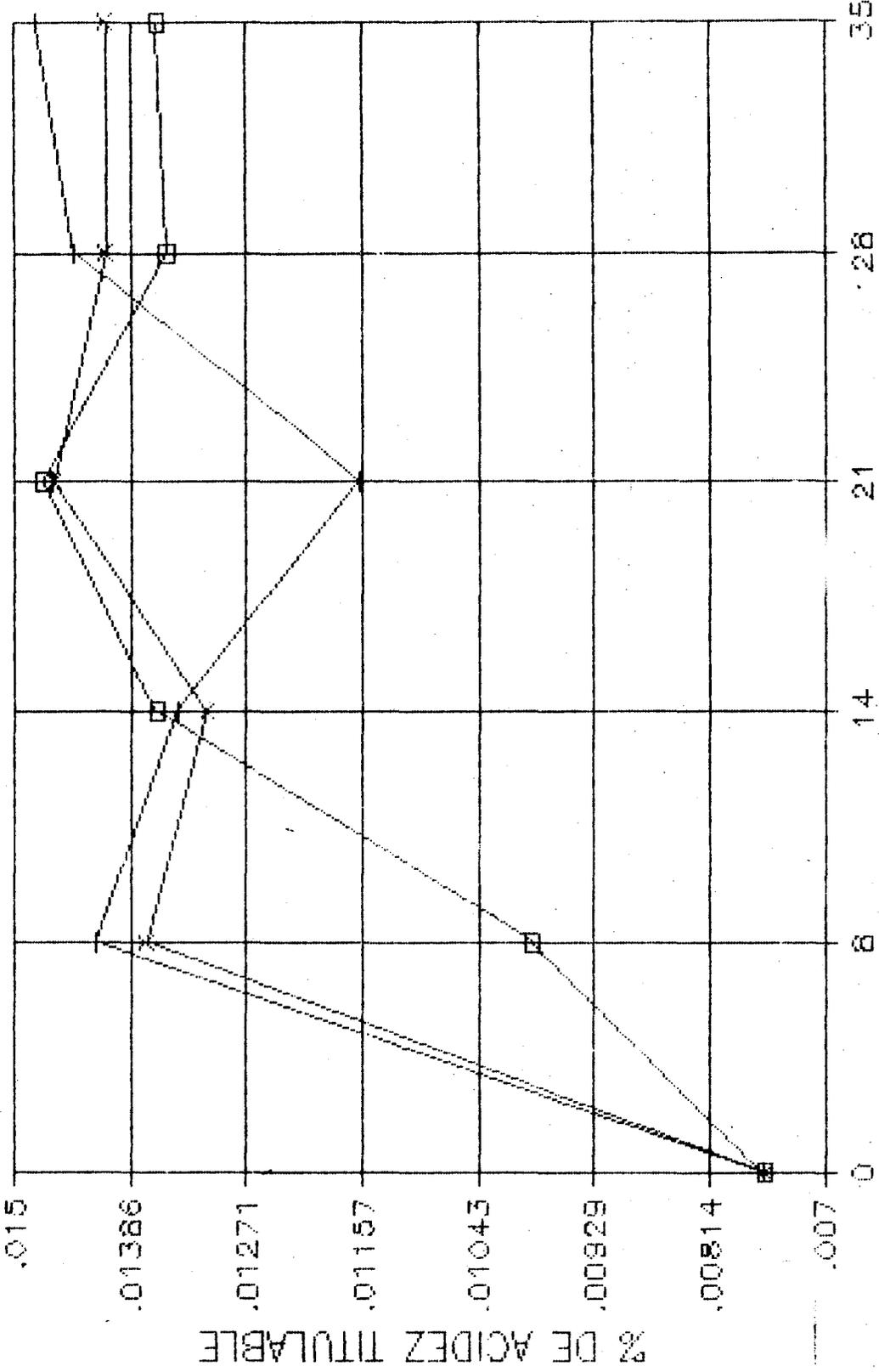
Variación de la acidéz titulable con los días de almacenamiento a Dosis que presentaron mejores resultados en la Etapa III.

N° de días de Almacenamiento	Control	1.5 K Gy	2.0 K Gy
0	0.0076	-	-
8	0.0142	0.0099	0.0137
14	0.0134	0.0136	0.0131
21	0.0116	0.0147	0.0146
28	0.0144	0.0135	0.0141
35	0.0148	0.0136	0.0141

G.6 VARIAC. DE ACIDEZ TITULABLE CON LOS DIAS

ALMACENAMIENTO A DOSIS QUE PRESENTARON MEJORES RESULTADOS

+---+ CONTROL
 -□- 1.5 KGy
 -●- 2.0 KGy



NUMERO DE DIAS DE ALMACENAMIENTO

% DE ACIDEZ TITULABLE

4.2 HUMEDAD

El proceso de pérdida de agua por evaporación determina que en el producto tenga lugar arrugamiento o contracción superficial, produciendo mayor flaccidez del turión, pérdida de peso mayor rapidez en el engrosamiento de este y pérdida de textura.

En el gráfico 7 hasta el 16avo día no se observa una gran diferencia en la pérdida de humedad, manteniéndose las irradiadas con un porcentaje mayor que el control; pero a los 23 días esta diferencia se hace muy apreciable entre las dosis de 1.5, 2.0 y 0.5 Kgy con respecto a las demás. La tendencia en esta diferencia es muy notoria a los 8 y 19 días; la dosis que presentó mejores resultados a los 23 días es el de 1.5 Kgy. Debido a los resultados obtenidos se puede acotar que en la Etapa I los turiones fueron depositados en bandejas de plástico y en las Etapas II y III en cajas de teknopor con un mejor control de la Humedad Relativa. Los resultados tan disímiles obtenidos se podría decir que son debido al muestreo. La pérdida de humedad trae como consecuencia la concentración de ácidos y una apariencia desfavorable que es apreciado en los Análisis Organolépticos.

TABLA N° 13

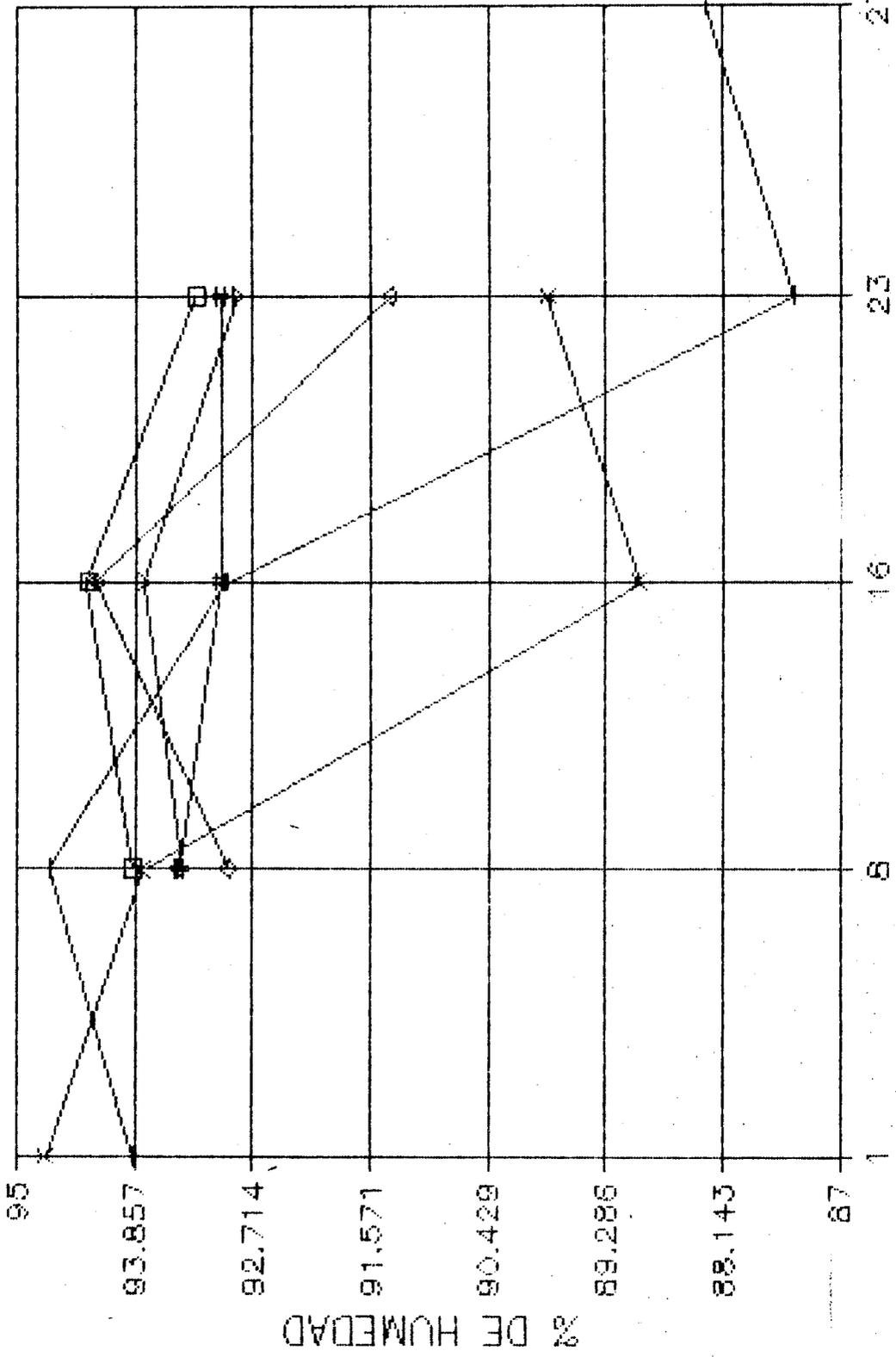
Variación de la Humedad a diferentes Dosis con los días almacenamiento en la Etapa I.

N° de días de Almacenamiento	Control	0.5K Gy	1.0K Gy	1.5K Gy	2.0K Gy	4.17K Gy
1	93.87	-	-	-	-	-
8	94.68	93.87	94.72	93.40	93.42	92.94
16	92.97	94.32	93.78	93.78	93.03	94.22
23	87.46	93.26	88.96	92.86	93.03	91.37
27	88.32	-	89.85	-	-	-

GRAF.7 VARIAC. DE LA HUMEDAD A DIFERENTES

DOSIS CON LOS DIAS DE ALMACENAMIENTO EN LA ETAPA I

- +— CONTROL
- 0.5 KGy
- *— 1.0 KGy
- △— 1.5 KGy
- 2.0 KGy
- ◇— 4.17 KGy



NUMERO DE DIAS DE ALMACENAMIENTO

TABLA N° 14

Variación de la humedad, a diferentes Dosis, con los días de almacenamiento en la Etapa II.

N° de días de Almacenamiento	Control	1.0K Gy	1.5K Gy	2.0K Gy
2	94.32	-	-	-
8	93.64	92.99	-	-
12	92.10	94.68	93.57	93.38
15	91.07	91.85	91.83	-
19	90.99	92.90	92.61	-
23	91.13	91.27	93.40	93.71
27	91.04	93.30	91.29	94.22
35	91.13	93.36	91.44	91.98

GRAF.8 VARIAC. DE LA HUMEDAD CON LOS DIAS D
 DE ALMACENAMIENTO, EN LA ETAPA II.

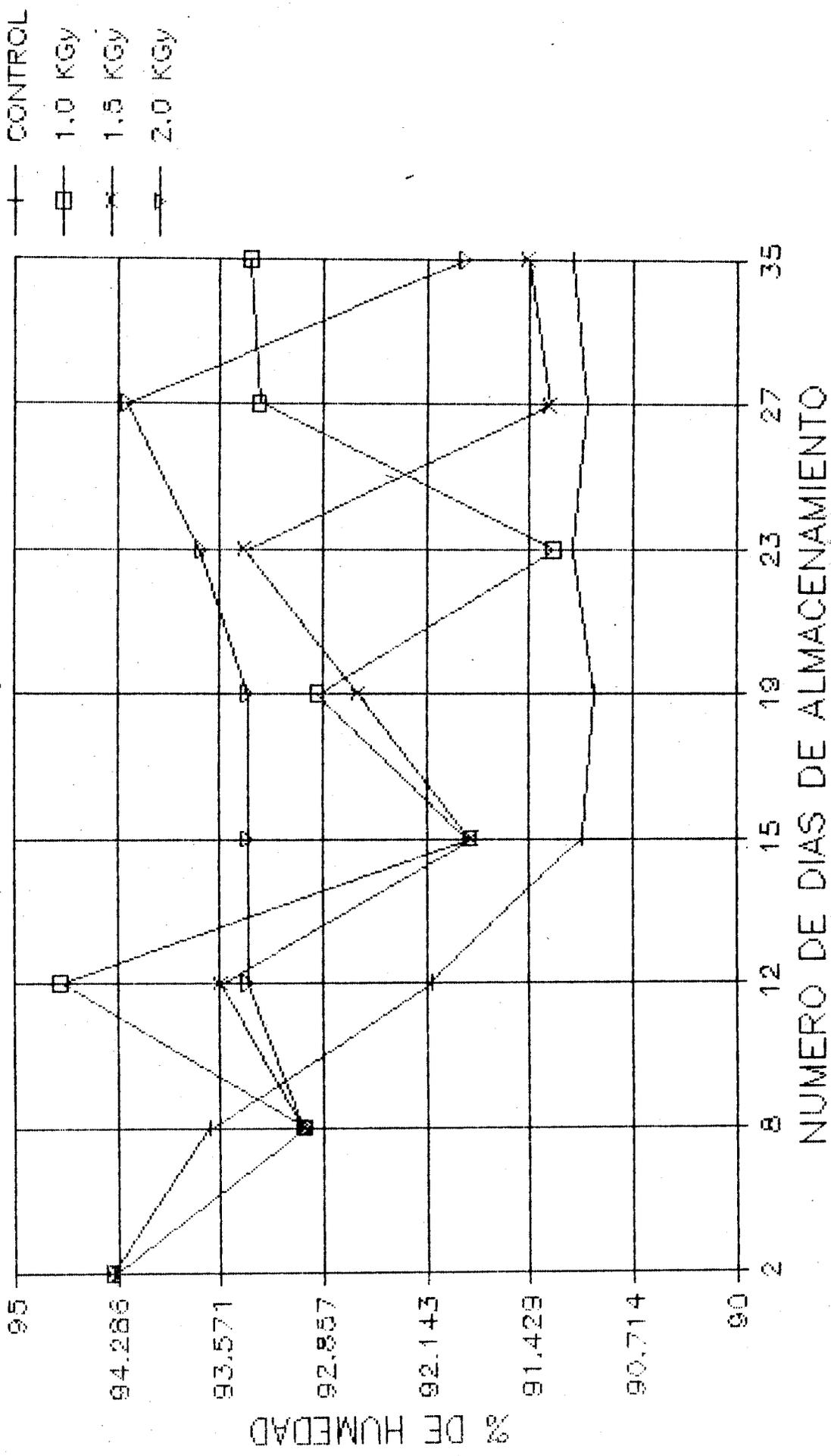


TABLA N° 15

Variación de la humedad con los días de almacenamiento a Dosis que presentaron mejores resultados en la Etapa III.

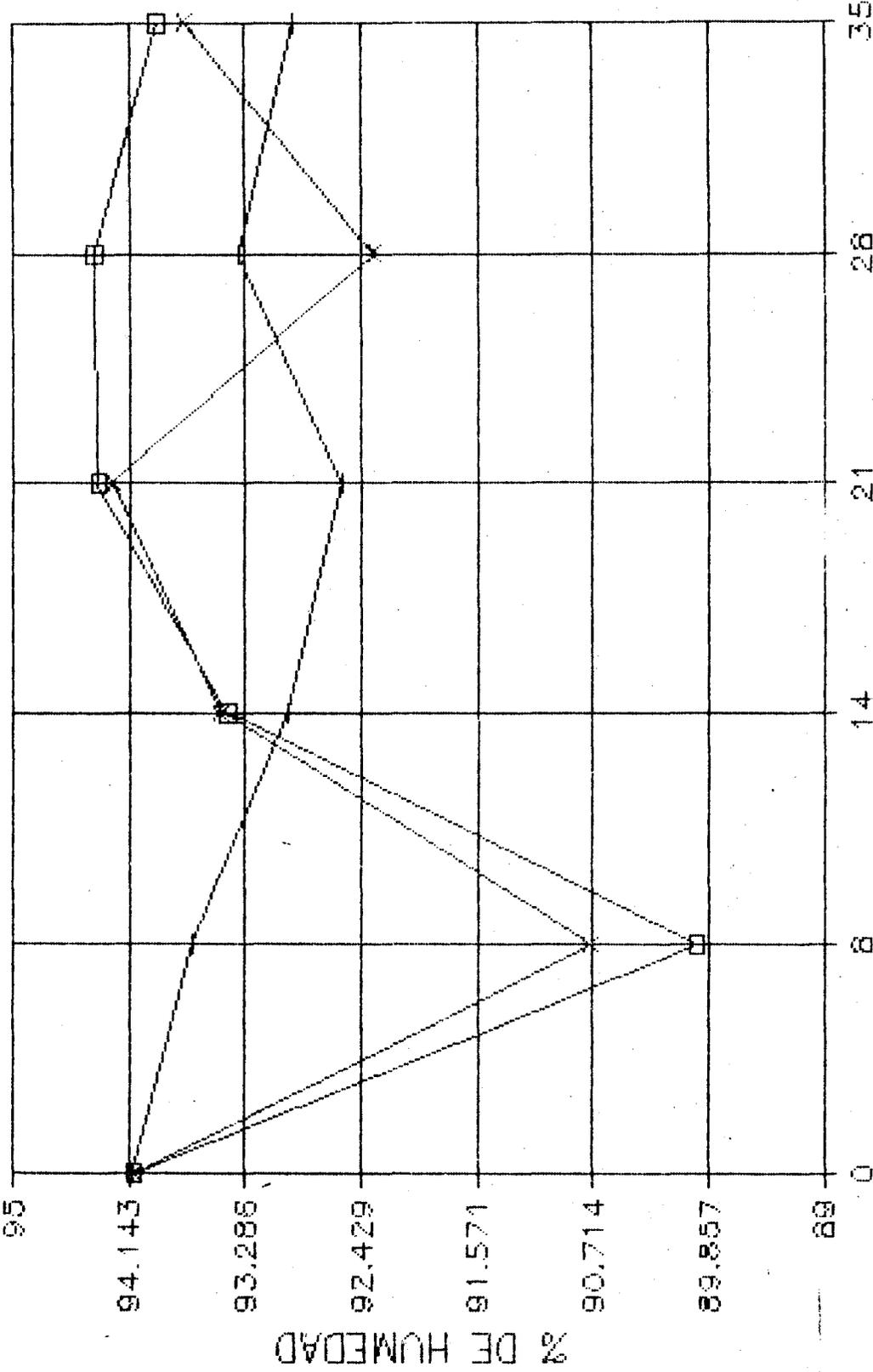
N° de días de Almacenamiento	Control	1.5 KGy	2.0 KGy
0	94.11	-	-
8	93.685	89.951	90.741
14	92.978	93.417	93.461
21	92.580	94.371	94.258
28	93.329	94.400	92.331
35	92.929	93.939	93.725.

GRAF. 9 VARIAC. DE LA HUMEDAD CON LOS DIAS DE ALMACEN. A DOSIS QUE PRESENTARON MEJORES RESULTADOS

95 CONTROL

—□— 1.5 KGy

—x— 2.0 KGy



NUMERO DE DIAS DE ALMACENAMIENTO

% DE HUMEDAD

4.3 FIBRA

Siendo la textura el principal aspecto de esta hortaliza, la fibrosidad es uno de los factores que más influyen en el consumidor. El incremento de la fibra empieza inmediatamente después de la cosecha por lo tanto el contenido de lignina aumenta con el ya consabido consumo de azúcares reductores. Esta cantidad de fibra presente es una indicación del grado de dureza del tunión.

Los datos experimentales obtenidos en la Etapa I, Etapa II, y Etapa III; nos indican que existe un ligero aumento en el contenido de fibra conforme me pasan los días de almacenamiento siendo notable la diferencia que existe entre las muestras irradiadas y las no irradiadas. Los resultados de la Etapa I (Gráfico 10) se deba posiblemente a los problemas de refrigeración que se presentaron, ya que existe una mayor de formación de fibras a medida que pueda aumentar la temperatura. En las Etapas II y III (Gráficos 11 y 12 respectivamente) la formación de fibras en las muestras irradiadas es menor, lo cual es muy significativo para la dosis de 2.0 KBy.

La lignina y la hemicelulosa ejercen una protección contra la irradiación.

Los resultados de la Tabla siguiente para el % de fibra fueron realizados en el los Laboratorios del Centro

Experimental Tecnológico de la Universidad Nacional del
Callao, para la Etapa I.

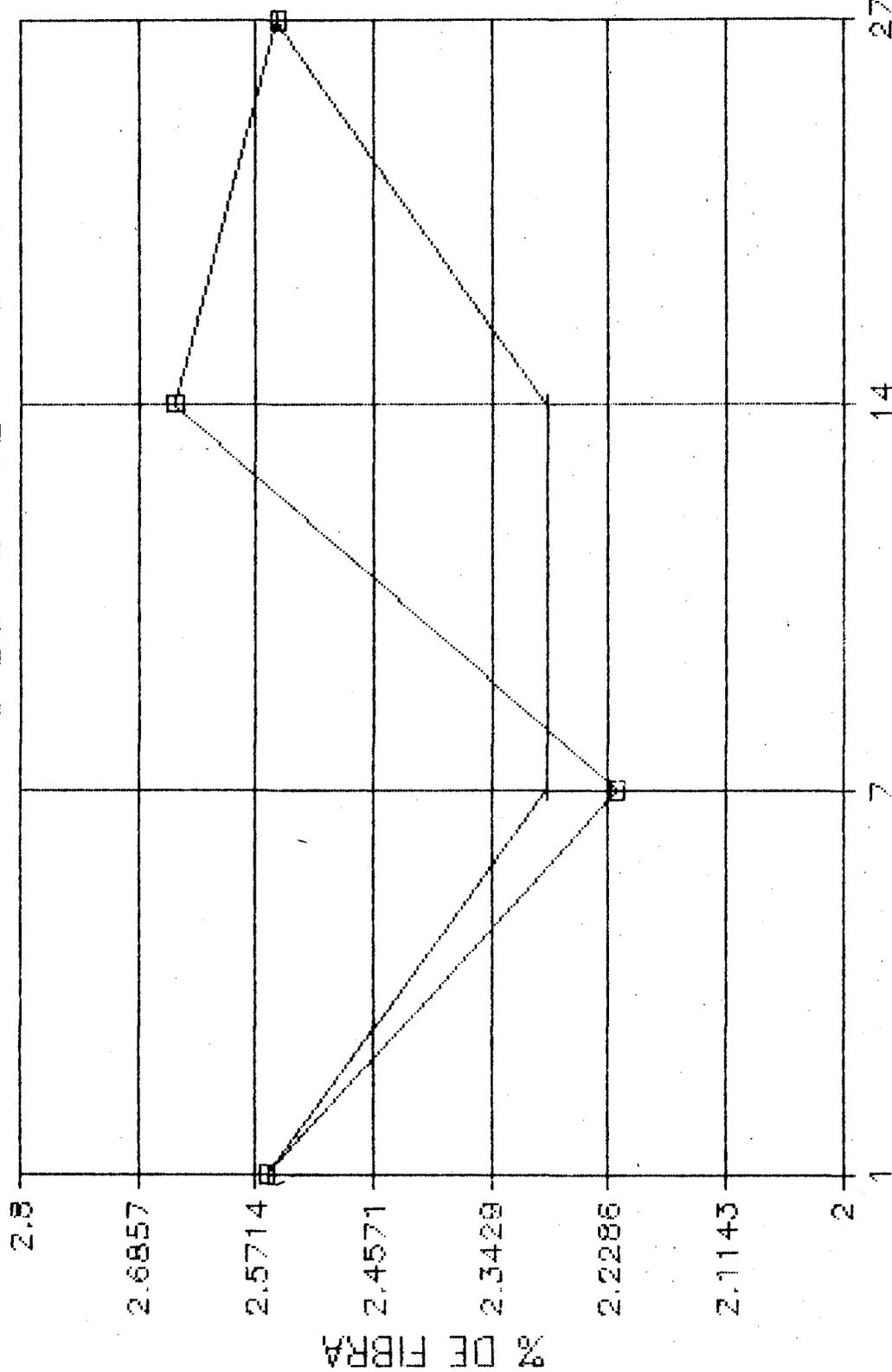
TABLA N° 16

N° de días de Almacenamiento	Control	2.0 Kgy
1	2.56	-
7	2.29	2.22
14	2.29	2.65
27	2.55	2.55

GRAFICO No.10 VARIACION DEL % DE FIBRA CON LOS DIAS DE ALMACENAMIENTO

—+— CONTROL

—□— 2.0 KGy



NUMERO DE DIAS DE ALMACENAMIENTO

TABLA N° 17

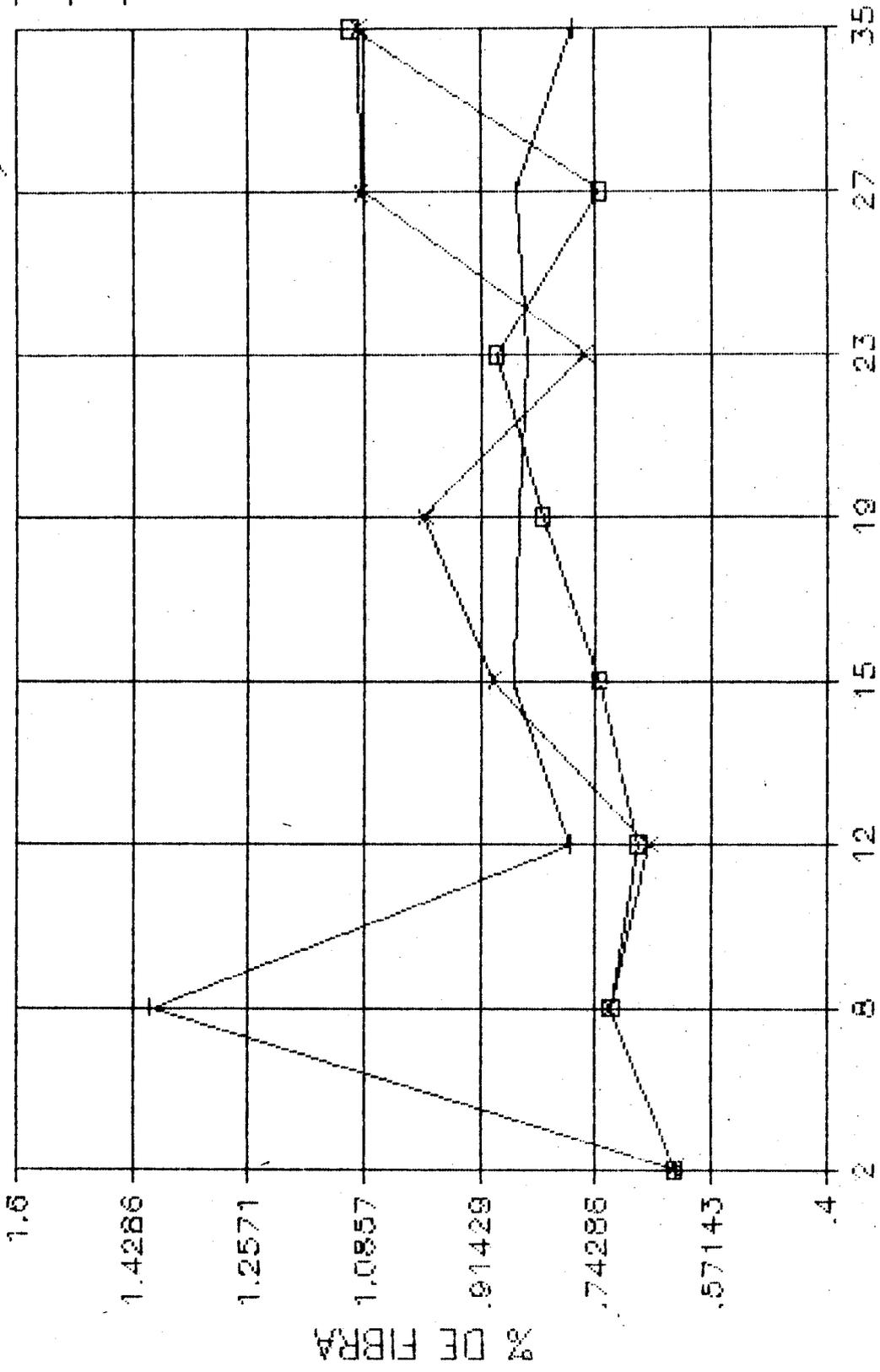
Variación del % de Fibra con los días de almacenamiento a 1.0 K Gy con el control, en la Etapa II.

N° de días de Almacenamiento	Control	1.0 K Gy	1.5 K Gy
2	0.626	-	-
8	1.402	0.721	-
12	0.781	0.681	0.663
15	0.866	0.738	0.893
19	0.859	0.823	0.997
23	0.847	0.891	0.758
27	0.863	0.738	1.090
35	0.776	1.106	1.093

GRAF.11 VARIACION DEL % DE FIBRA CON LOS

DIAS DE ALMACENAMIENTO A DOSIS DE 1.0 KGy Y 1.5 KGy

- +— CONTROL
- 1.0 KGy
- *— 1.5 KGy



NUMERO DE DIAS DE ALMACENAMIENTO

TABLA N° 18

Variación del % de Fibra con los días de almacenamiento a Dosis que presentaron mejores resultados, en la Etapa III.

N° de días de Almacenamiento	Control	1.5 KBy	2.0 KBy
0	0.7064		
8	0.9058	0.9001	0.8649
14	0.9824	0.8327	0.8864
21	1.0915	0.9152	0.8425
28	0.9856	0.8979	0.8561
35	1.2026	1.0453	0.8560

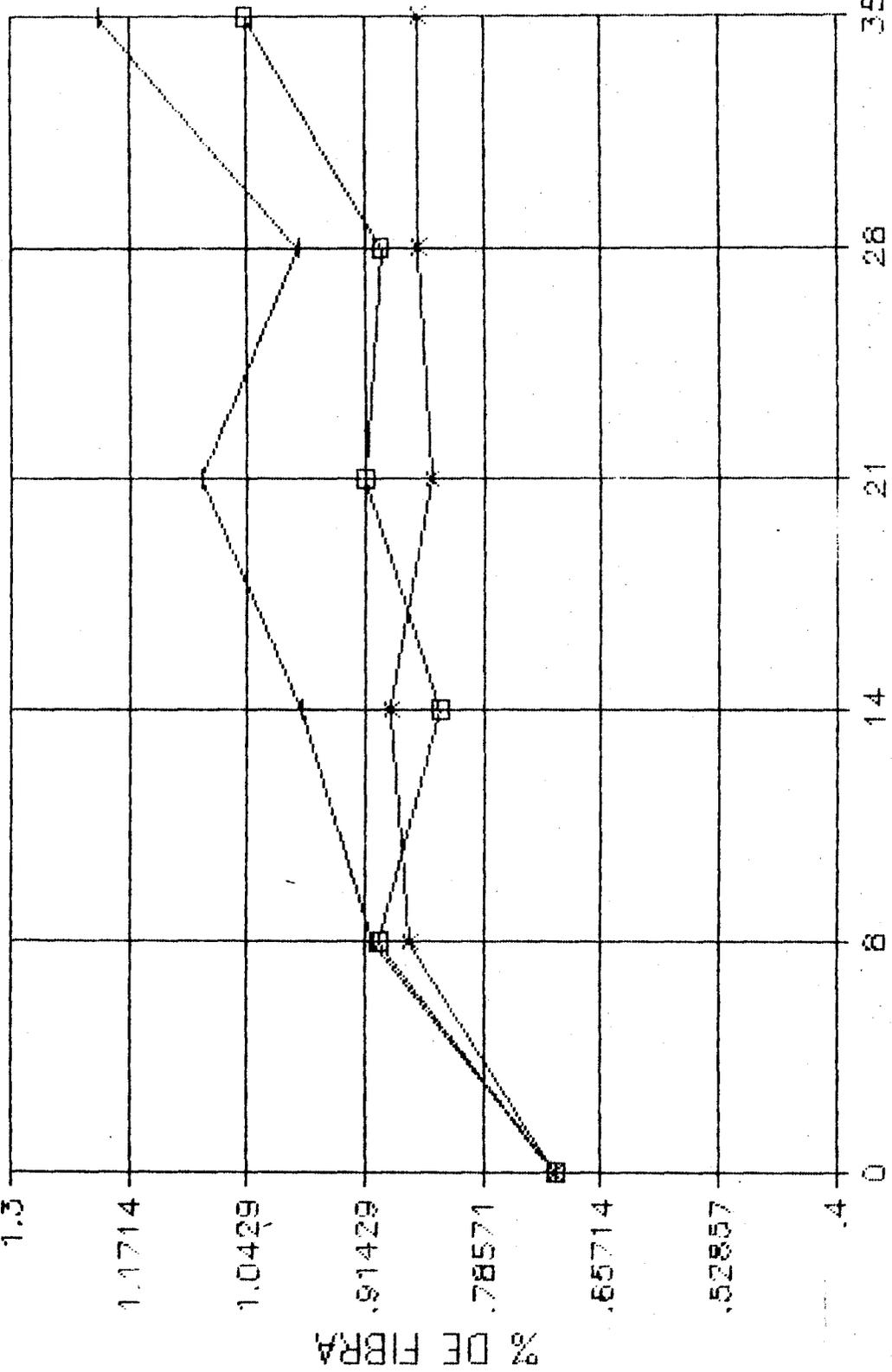
GRAF. 12 VARIAC. DEL % DE FIBRA CON LOS DIAS D

ALMACEN. A DOSIS QUE PRESENTARON MEJORES RESULTADOS

—+— CONTROL

—□— 1.5 KGy

—*— 2.0 KGy



NUMERO DE DIAS DE ALMACENAMIENTO

4.4 GRASAS

Según Elías y Cohen (16) las grasas no se ven afectadas por la irradiación a dosis menores de 10 KGY; razón por la cual se hizo una sola prueba para su determinación tanto en una muestra irradiada (2 KGY) y un control. Cuando los aceites y grasas se irradian a dosis inferiores a 50 KGY se observan muy ligeros cambios en los índices usuales de las grasas (17), también es muy improbable que irradiaciones a 0.5 KGY produzcan algunos compuestos a partir de las grasas de un modelo de alimento que excede a 0.5 ppm (14).

De los datos experimentales obtenidos se observa una pequeña disminución para la muestra irradiada, lo cual sería explicable debido a una posible autooxidación inducida por la radiación, lo cual mayormente ocurre también al medio ambiente, todos estos efectos en algunos casos aceleran el proceso de producción de radicales libres, cuyos tipos y velocidades de descomposición son afectadas por los cambios de temperatura.

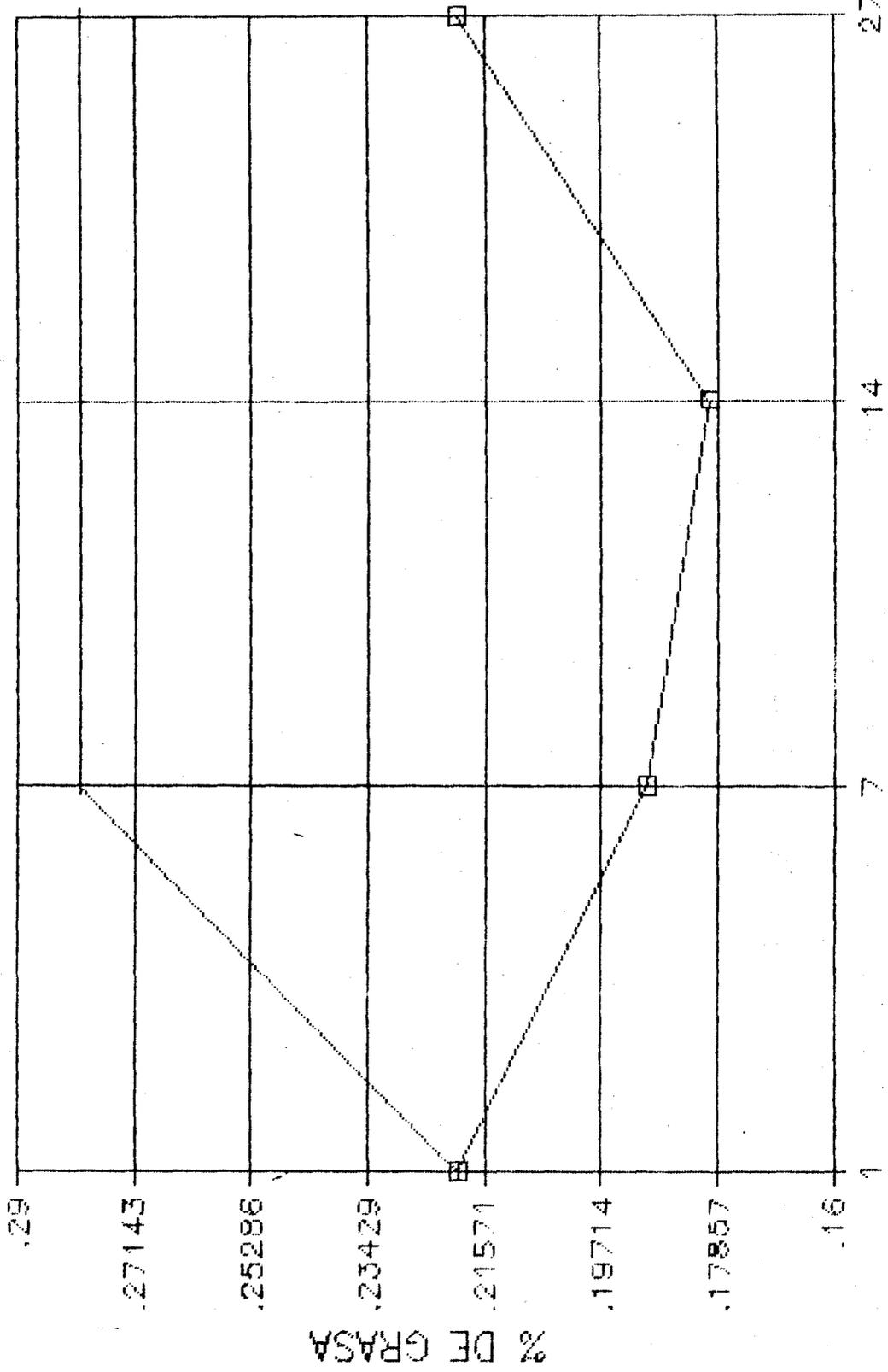
TABLA N° 19

Variación del % de Grasa con los días de almacenamiento.

N° de días Almacenamiento	Control	2.0 KGy
1	0.22	-
7	0.28	0.19
14	0.28	0.18
27	0.28	0.22

GRAFICO No.13 VARIACION DEL % DE GRASA CON LOS DIAS DE ALMACENAMIENTO

—+— CONTROL
—□— 2.0 KGy



NUMERO DE DIAS DE ALMACENAMIENTO

5.5 PROTEINAS

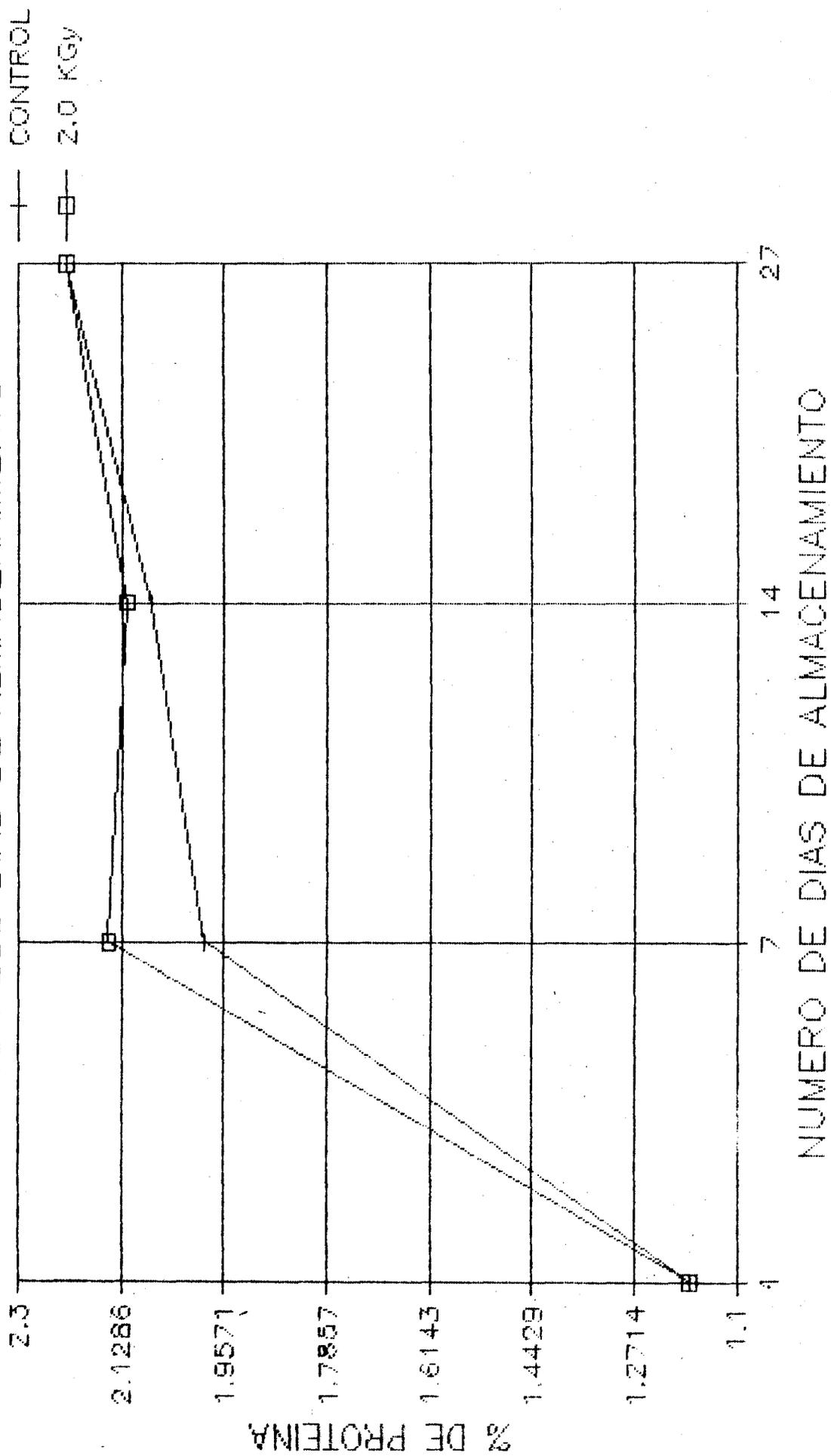
Siendo las proteínas, aminoácidos, glucosidasas, esterases, grupos determinantes del sabor; así como los azúcares, Elias y Cohen (14 , 16) indican que existe una disminución en el contenido de las proteínas de un alimento irradiado solo si las dosis recibidas son mayores de 10 KGy, es por esto también que las normas para irradiar alimentos toman este límite (18). El efecto que puede producir en las proteínas la irradiación es la de su desnaturalización debido a las reacciones radiolíticas que se producen transformando las proteínas en olores y sabores indeseables, estos efectos se deben de tener en cuenta cuando se trabajan con dosis altas, para lo cual se debe tener información de las propiedades funcionales de ciertas proteínas. A todo esto se debería agregar que la razón para un estudio mas detallado es la de poseer información acerca de los aminoácidos que conforman estas proteínas. Lo cual nos daría la posibilidad de informar acerca de un posible mecanismo de reacción que podría ocurrir bajo la irradiación gamma.

TABLA N° 20

Variación del % de Proteínas con los días de almacenamiento.

N° de días de Almacenamiento	Control	2.0KGY
1	1.18	-
7	1.99	2.15
14	2.08	2.12
27	2.22	2.22

GRAFICO No.14 VARIACION DEL % DE PROTEINA CON LOS DIAS DE ALMACENAMIENTO



4.6 AZUCARES REDUCTORES

La respiración y la formación del material componente de la pared celular consume azúcares reductores y totales. Esto podría explicar por que en la primera semana existe una disminución en el % de azúcares reductores. Por Yokomizo y Bleinroth (19) se sabe que existe una predominación de Glucosa y fructuosa con trazas de sacarosa. Según trabajos realizados en Chile (6) se pierde el 25% en promedio. La irradiación tiende a formar ácidos derivados de los azúcares y de los ceto-azúcares. Esto se debe a la formación de radicales peroxi-glucósicos. Un aumento en los azúcares reductores, como se observa a partir de la segunda semana, podría ser debido a que se presenta el mismo efecto tanto en los disacáridos como los polisacáridos, pero en forma mas lenta, por que primero existe el rompimiento de los enlaces glicosídicos, lo cual trae como consecuencia la formación de grupos reductores (17), formandose en algunos casos glucosa, maltosa, fructuosa.

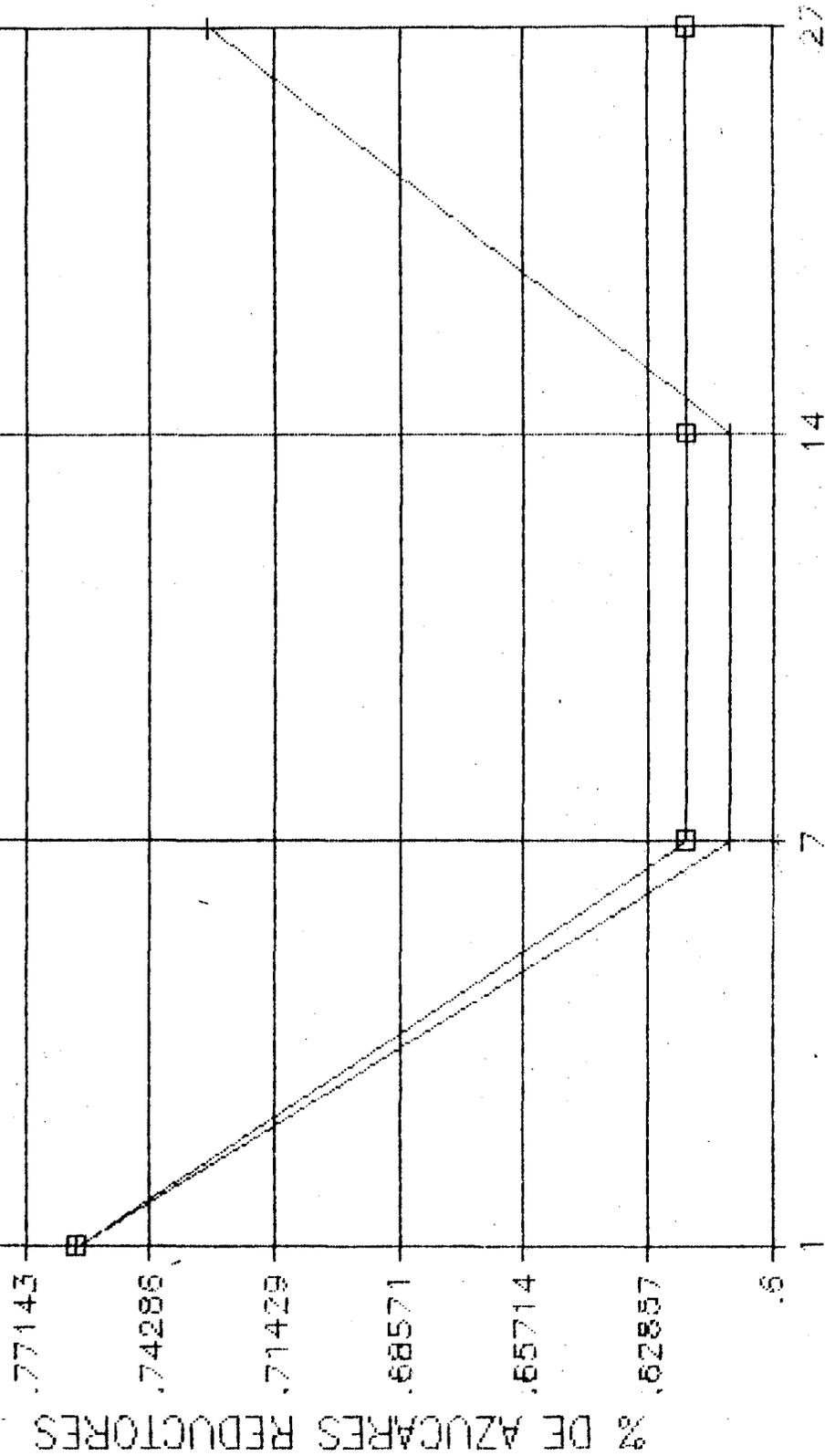
TABLA N° 21

Variación del % de azúcares reductores con los días de almacenamiento. Análisis realizado en el C.E.T. de la U.N.A.C. en la Etapa I.

N° de días de Almacenamiento	Control	2.0 KGy
1	0.76	-
7	0.61	0.62
14	0.61	0.62
21	0.79	0.62

GRAFICO No.15 VARIACION DEL % DE AZUCARES REDUCTORES CON LOS DIAS DE ALMACENAMIENTO

—+— CONTROL
—■— 2.0 KGy



NUMERO DE DIAS DE ALMACENAMIENTO

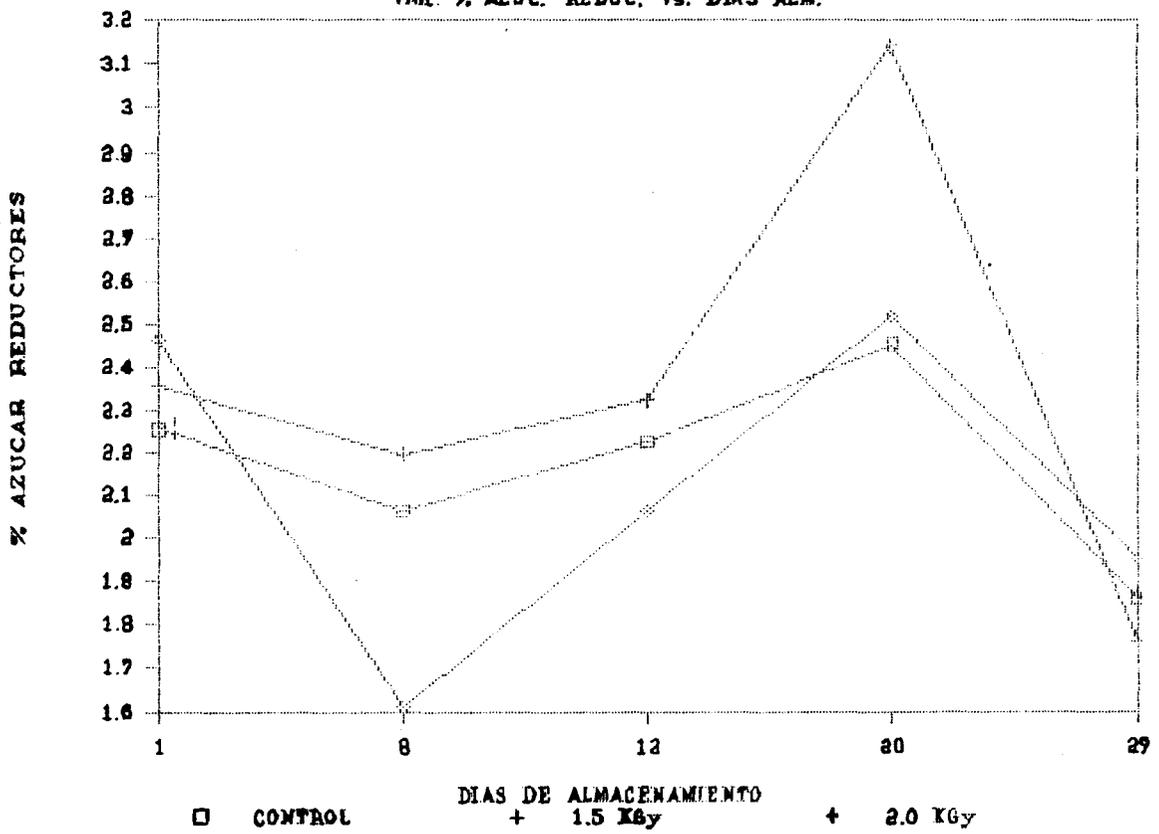
TABLA N° 22

Variación del % de Azúcares Reductores con los días de almacenamiento. Análisis realizado en los Laboratorios del I.F.E.N. (Desarrollo Tecnológico), en la Etapa III.

N° de días de Almacenamiento	Control mg % A.R.	1.5 Kgy mg % A.R.	2.0 Kgy mg % A.R.
1	0.90 2.254	0.94 2.357	0.98 2.465
8	0.82 2.064	0.88 2.198	0.64 1.608
13	0.89 2.227	0.92 2.323	0.82 2.064
20	0.98 2.452	1.26 3.143	1.00 2.518
27	0.74 1.857	0.70 1.756	0.78 1.954

GRAFICO # 16

VAR. % AZUC. REDUC. Vs. DIAS ALM.



4.7 % DE PERDIDA DE PESO Y % DE DISMINUCION DEL TAMAÑO DEL TURION.

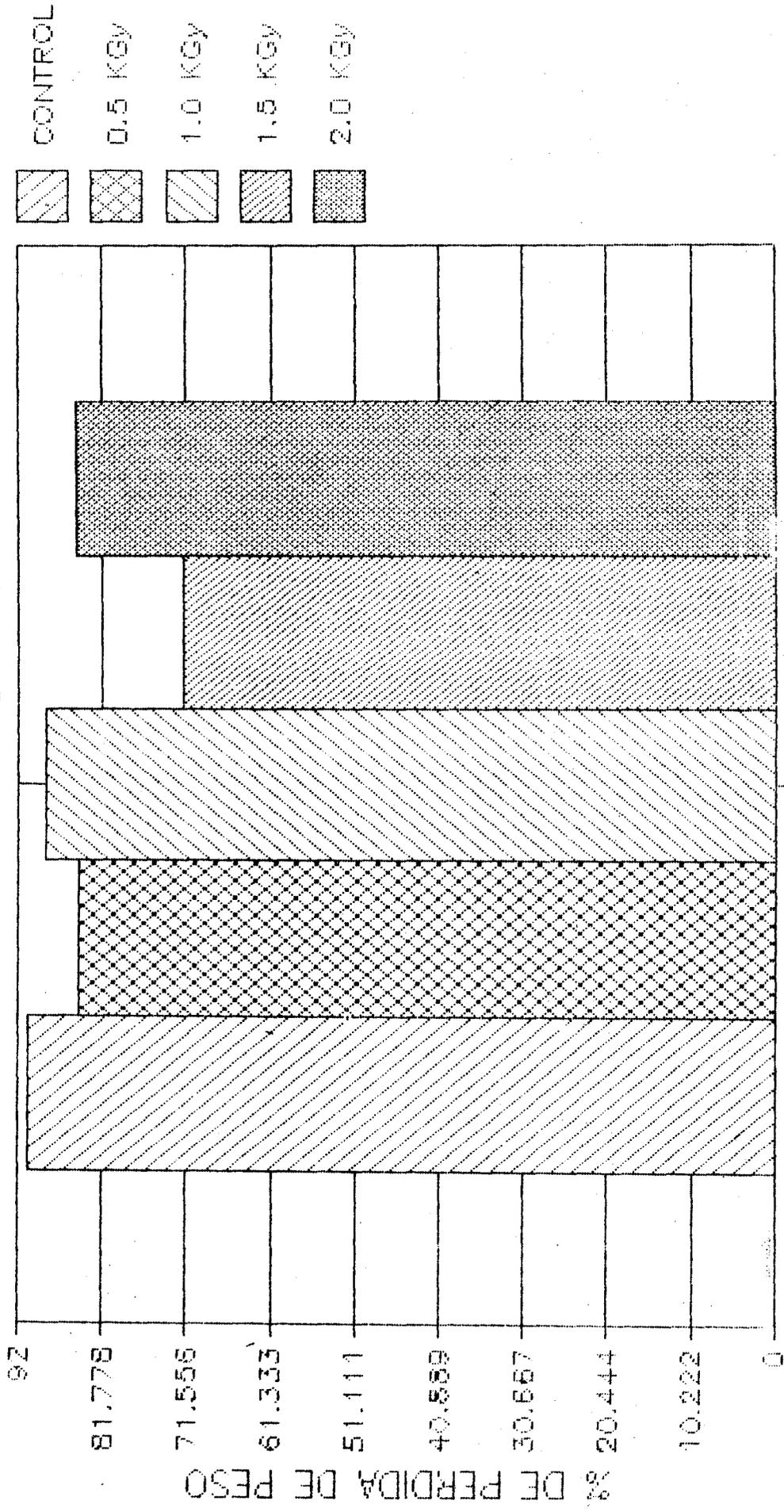
Los resultados obtenidos de la variación del % de pérdida de peso nos indican una gran diferencia en los valores obtenidos, tal como nos muestran las Tablas N° 23 y 24; esta diferencia se debe principalmente a las condiciones a las cuales fueron almacenadas en refrigeración. Las muestras de la Tabla N° 23, estuvieron colocadas horizontalmente en bandejas de plástico, el control de la Humedad Relativa no fué tan bueno lo que trajo consigo una gran pérdida de peso, debido a la pérdida de humedad, se tuvo la mayor pérdida de peso en el control (90.77%) y la menor, a la dosis de 1.5 Kgy (72.105 %), ambas a los 32 días. Las condiciones fueron mejoradas en las etapas subsiguientes y es así que en la Etapa III (Tabla N°24), los turiones fueron colocados verticalmente en cajas de tekpor con un buen control de Humedad Relativa y una pequeña capa de agua (0.5-1.0 cm.), bajo ellos; esto trajo como consecuencia que el % de pérdida disminuyera tremendamente, 14.86 para el control y 11.06 para 1.5 Kgy. Una variación similar se observa con respecto al % de disminución de tamaño.

TABLA N° 23

% de Pérdida de Peso con los días de almacenamiento con turiones depositados en una bandeja de plástico los turiones fueron colocados horizontalmente. Los valores de la tabla son un promedio de tres muestras.

N° de días de Almacenamiento	Control	0.5KGy	1.0KGy	1.5KGy	2.0KGy
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	29.83	19.015	21.22	25.31	19.76
11	54.73	40.57	39.92	27.28	22.77
15	63.75	50.48	49.36	36.56	32.30
20	79.33	64.06	60.16	45.66	47.70
26	82.20	76.16	75.92	60.15	63.46
32	90.77	84.45	88.62	72.105	85.00

GRAFICO No.17 VARIACION DEL % DE PERDIDA DE
CON LOS DIAS DE ALMACENAMIENTO



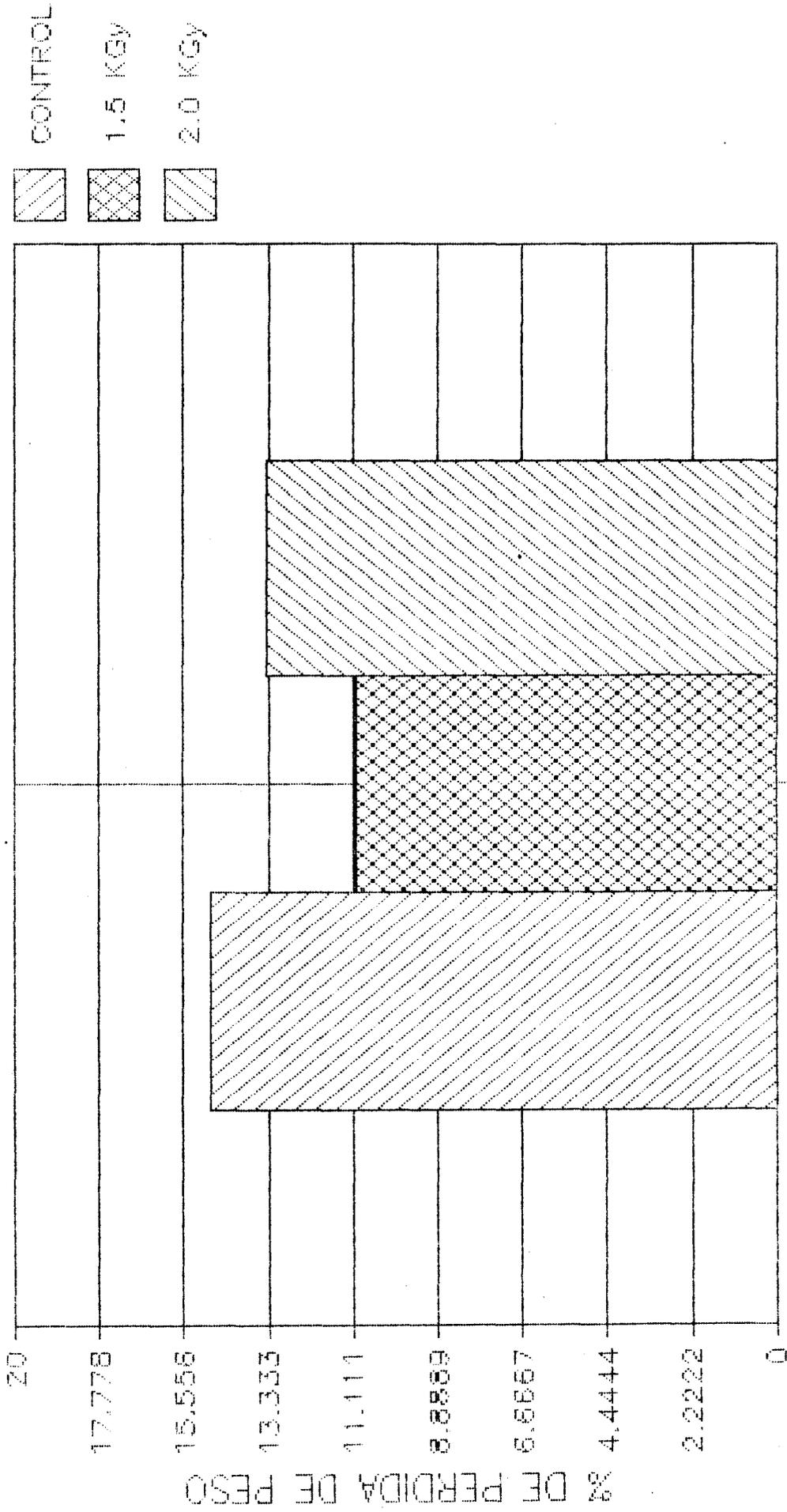
VARIACION DE 1 - 32 DIAS

TABLA N° 24

% de Pérdida de Peso con los días de almacenamiento con turiones depositados en cajas de teknopor con humedad controlada y colocados verticalmente. Los valores de la tabla son un promedio de tres muestras. Los valores de esta tabla son para aquellas dosis que presentaron mejores resultados, en la Etapa III.

N° de días de Almacenamiento	Control	1.5 KBy	2.0 KBy
0	0.0	0.0	0.0
9	4.05	3.27	3.27
20	11.35	6.878	7.61
27	14.86	11.06	13.37

GRAFICO No.18 VARIACION DEL % DE PERDIDA DE CON LOS DIAS DE ALMACENAMIENTO



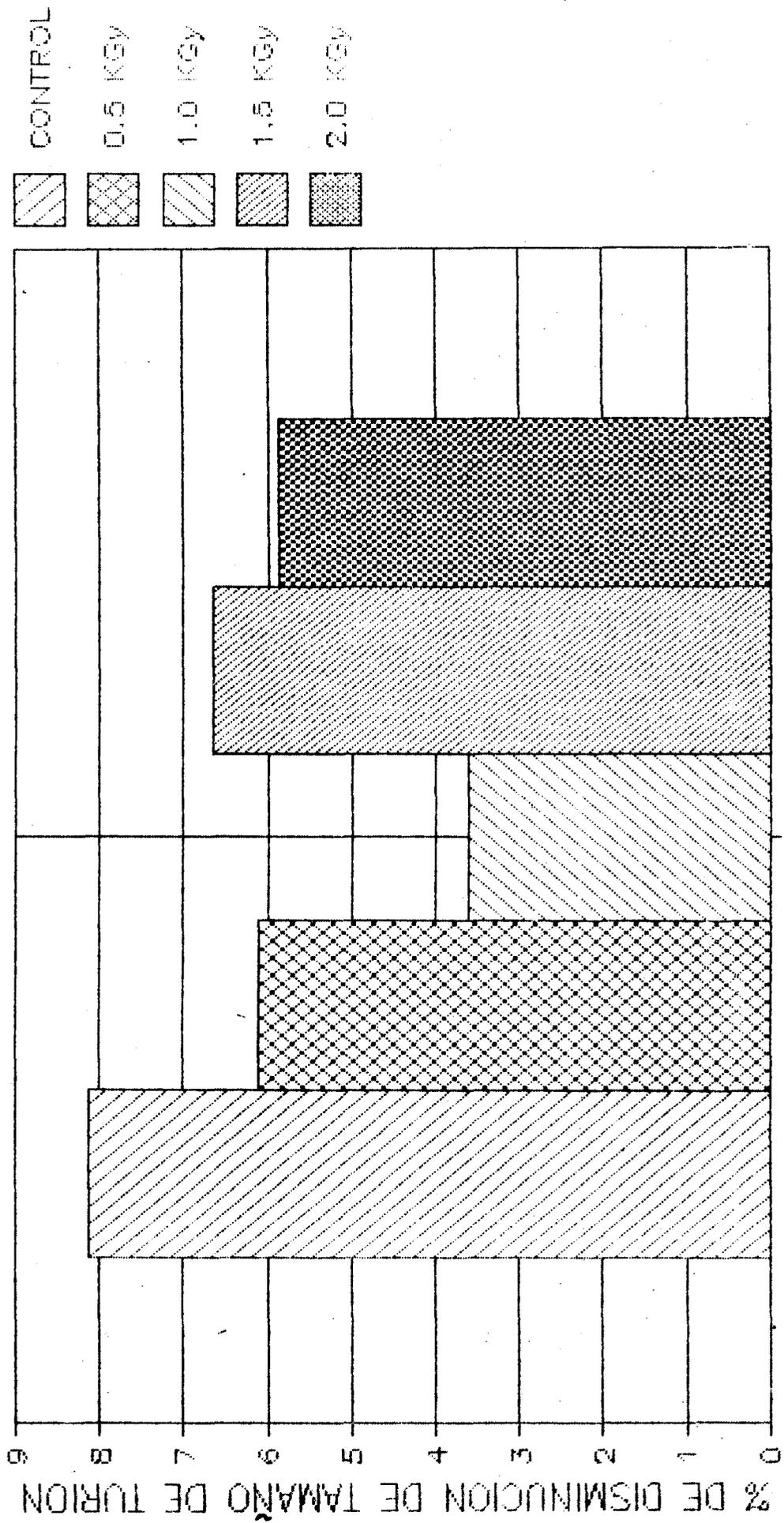
VARIACION DE 1 - 27 DIAS

TABLA N° 25

% Disminución del Tamaño con los días de almacenamiento. Con turiones depositados en una bandeja de plástico y ordenados horizontalmente, Etapa I.

N° de días Almacenamiento	Control	0.5KBy	1.0KBy	1.5KBy	2.0KBy
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	2.805	1.590	0.830	0.835	1.125
11	4.490	2.655	0.830	1.940	1.945
15	4.770	2.925	0.830	2.490	2.790
20	6.735	3.985	1.950	3.865	3.345
26	7.29	4.785	2.500	4.970	4.465
32	8.13	6.115	3.620	6.640	5.860

GRAFICO No.19 VARIACION DEL % DE DISMINUCION
 CON LOS DIAS DE ALMACENAMIENTO



VARIACION DE 1 - 32 DIAS

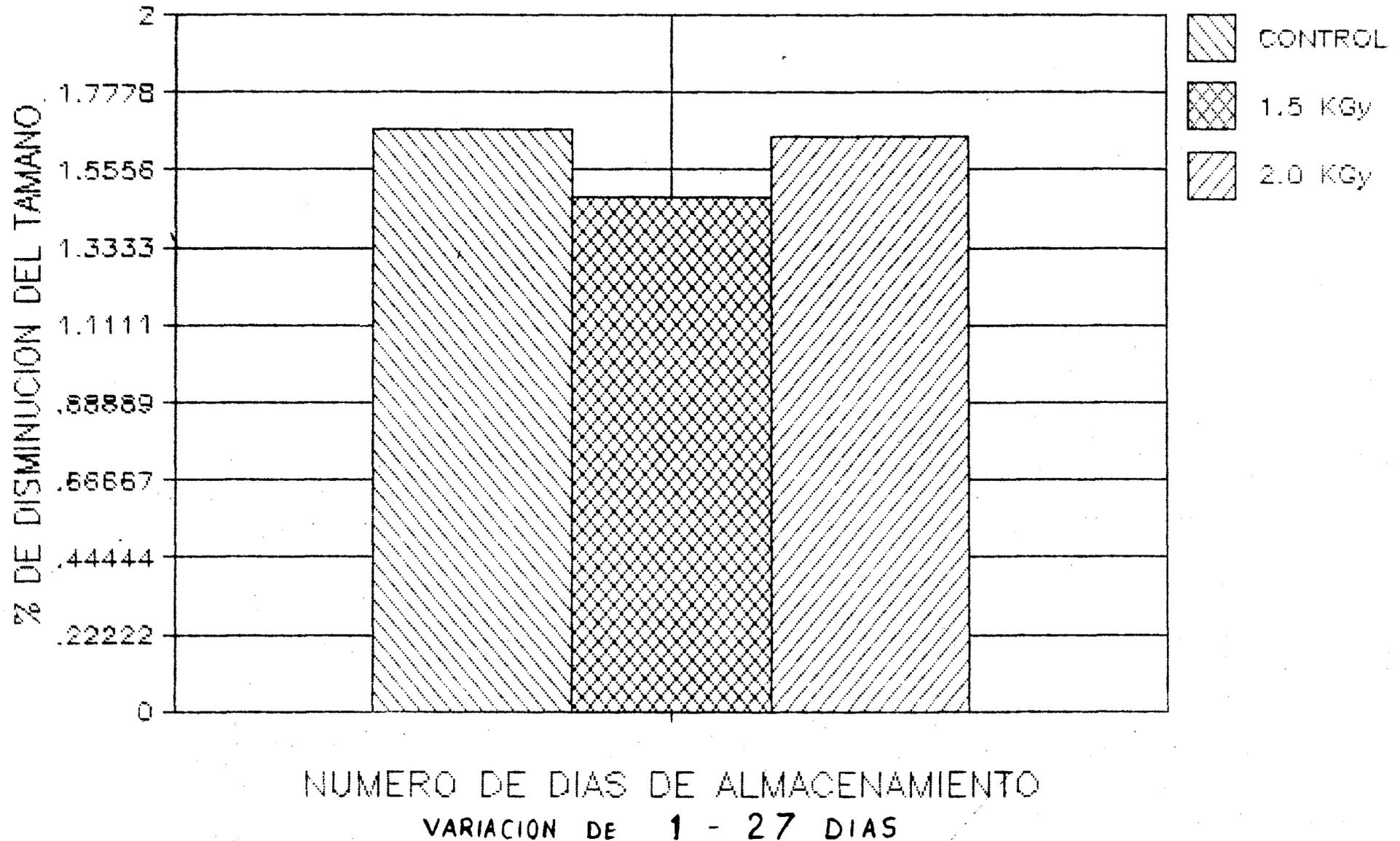
TABLA N° 26

% Disminución del tamaño con los días de almacenamiento con turiones depositados en una caja de tekpor con humedad controlada y colocada verticalmente. Los valores de la tabla son un promedio de 7 muestras.

Las dosis son aquellas que presentaron mejores resultados, en la Etapa III.

N° de días de Almacenamiento	Control	1.5 Kgy	2.0 Kgy
0	0.00	0.00	0.00
9	- 0.01	0.00	- 0.22
20	0.89	1.01	1.049
27	1.67	1.48	1.65

GRAF.20 VARIACION DEL % DE DISMINUCION DEL TAMAÑO CON LOS DIAS DE ALMACENAMIENTO



4.8 ACIDO ASCORBICO O VITAMINA C

El efecto de la irradiación sobre la vitamina C varía de alimento y al estado en que se encuentra éste al momento de la irradiación. La vitamina C es susceptible de oxidoxílicas en cetónicas, dando lugar al ácido deshidroascórbico (17), debido a que esta reacción es fácilmente reversible, debe influir en los valores de la titulación del ácido ascórbico dando lugar a valores altos, tal como se aprecia por los resultados obtenidos. Otro de los factores limitantes, sería la presencia de sustancias reductoras, como sales ferrosas, sulfitos, compuestos sulfihídricos, algunos azúcares, etc. Debido a un prolongado almacenamiento, hay una disminución de aproximadamente 57% en el control, comparado con los 21.71 % y 37.68 de 2.0 y 1.5 Kgy respectivamente.

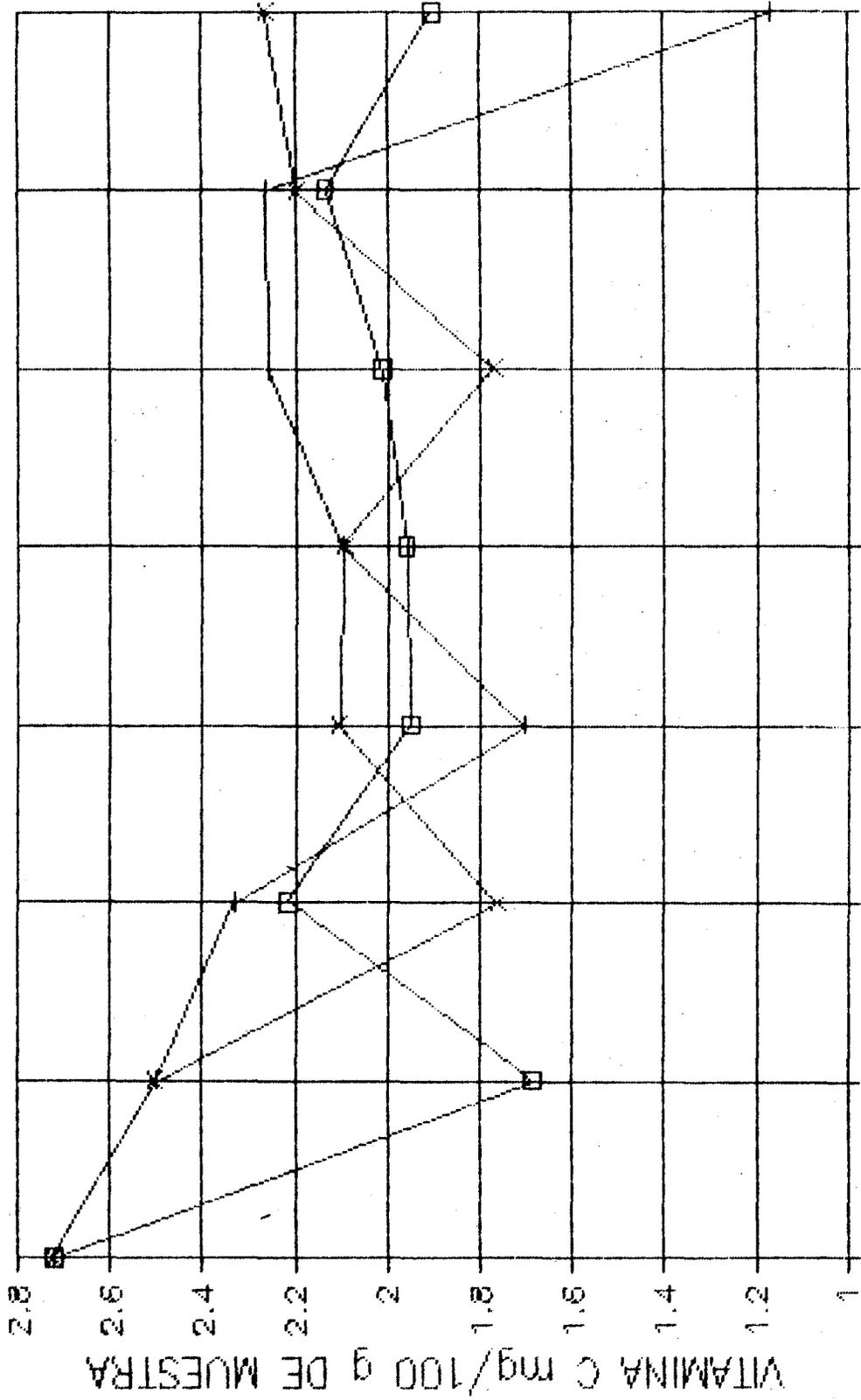
TABLA N° 27

Variación de Acido Ascórbico ó Vitamina C con los días de almacenamiento. Los valores son dados en mg/100 g de muestra, datos obtenidos en la Etapa III.

N° de días de Almacenamiento	Control	1.5 KBy	2.0 KBy
0	2.722	-	-
2	2.500	1.684	2.500
4	2.329	2.216	1.761
9	1.704	1.931	2.102
10	2.094	1.959	2.094
15	2.256	2.012	1.768
22	2.266	2.134	2.195
29	1.166	1.904	2.261

GRAFICO No.21 VARIACION DE LA VITAMINA C
CON LOS DIAS DE ALMACENAMIENTO

—+— CONTROL
—□— 1.5 KGy
—x— 2.0 KGy



NUMERO DE DIAS DE ALMACENAMIENTO

4.9 CENIZAS

La variabilidad encontrada en el contenido de cenizas puede ser debido quizás a un aumento en la absorción y almacenamiento de sales minerales.

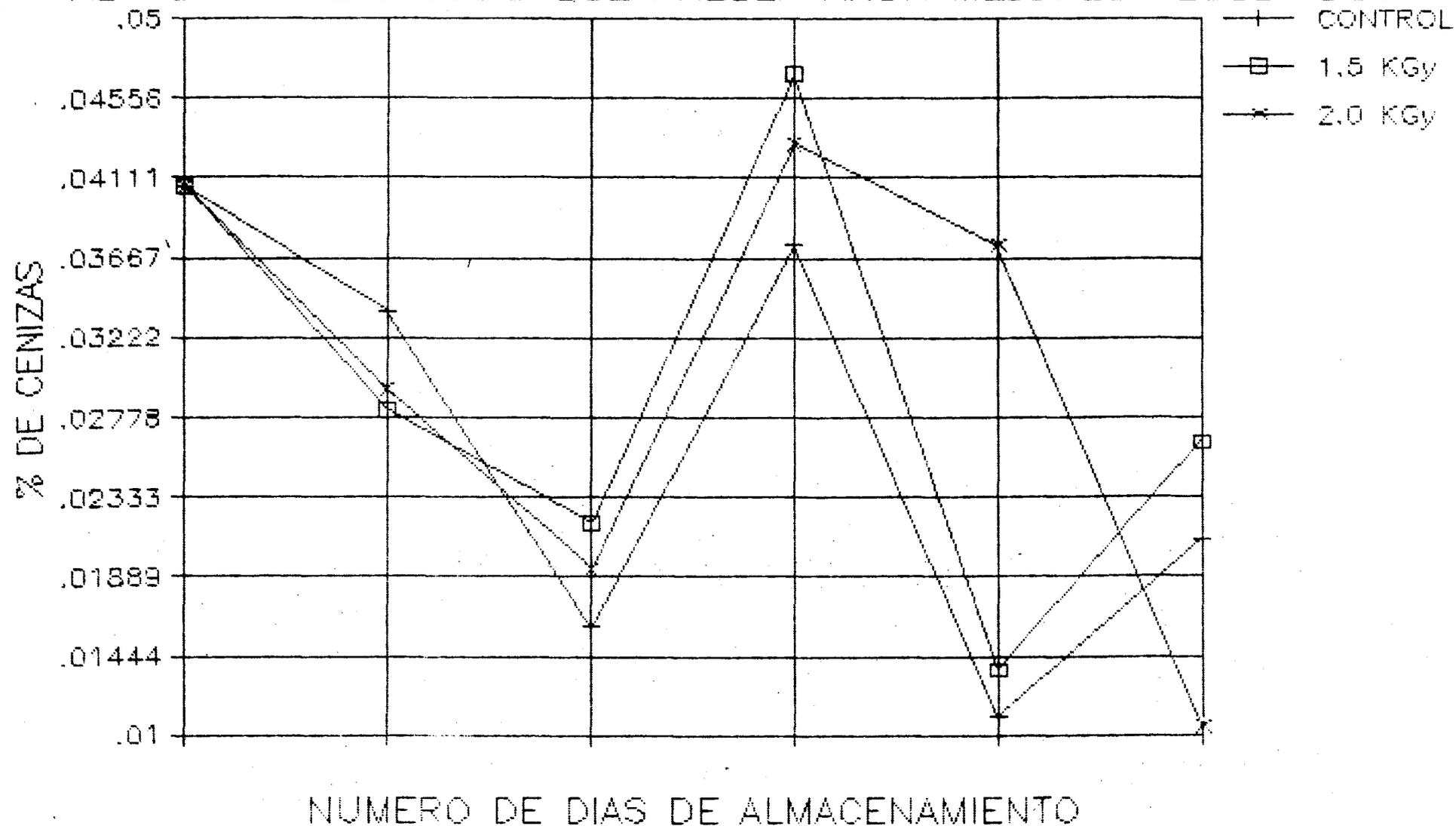
Valores muy altos de cenizas pueden ser causados a la imposibilidad de remover completamente partículas del suelo de los turiones al momento de que estas fueron lavados antes de su almacenamiento posterior.

En general la técnica empleada hacen que la variación sea homogénea en cada uno de los casos, este efecto se observa en el gráfico N° 23 , excepto a los 28 días; pudiendose explicar que puede ser debido también al muestreo que se realizó.

TABLA N° 28

N° de días de Almacenamiento	Control	1.5 KGy	2.0 KGy
0	0.0406	-	-
8	0.0337	0.0282	0.0293
14	0.0162	0.0219	0.0193
21	0.0374	0.0469	0.0430
28	0.0111	0.01367	0.0373
35	0.0209	0.02640	0.0104

G.23 VARIAC.DEL % DE CENIZAS CON LOS DIAS D
 ALMAC.PARA LAS DOSIS QUE PRESENTARON MEJORES RESULTADOS



4.10 • BRIX O SÓLIDOS SOLUBLES

De los datos obtenidos, los sólidos solubles varían a medida que pasan los días, a los 12 días este valor se incrementa lo cual podría ser posible debido a la formación de azúcares tales como glucosa y fructuosa debido al efecto de la irradiación, principalmente en las pequeñas trazas de sacarosa que posee el espárrago. El aumento en el contenido de sólidos en el control podría ser debido a una pequeña presencia de clorofila, produciéndose fotosíntesis y la elaboración de sustancias orgánicas, esto se manifiesta debido a un cambio de coloración en el producto tornándose de blanco o morado y verdoso en la punta del ápice.

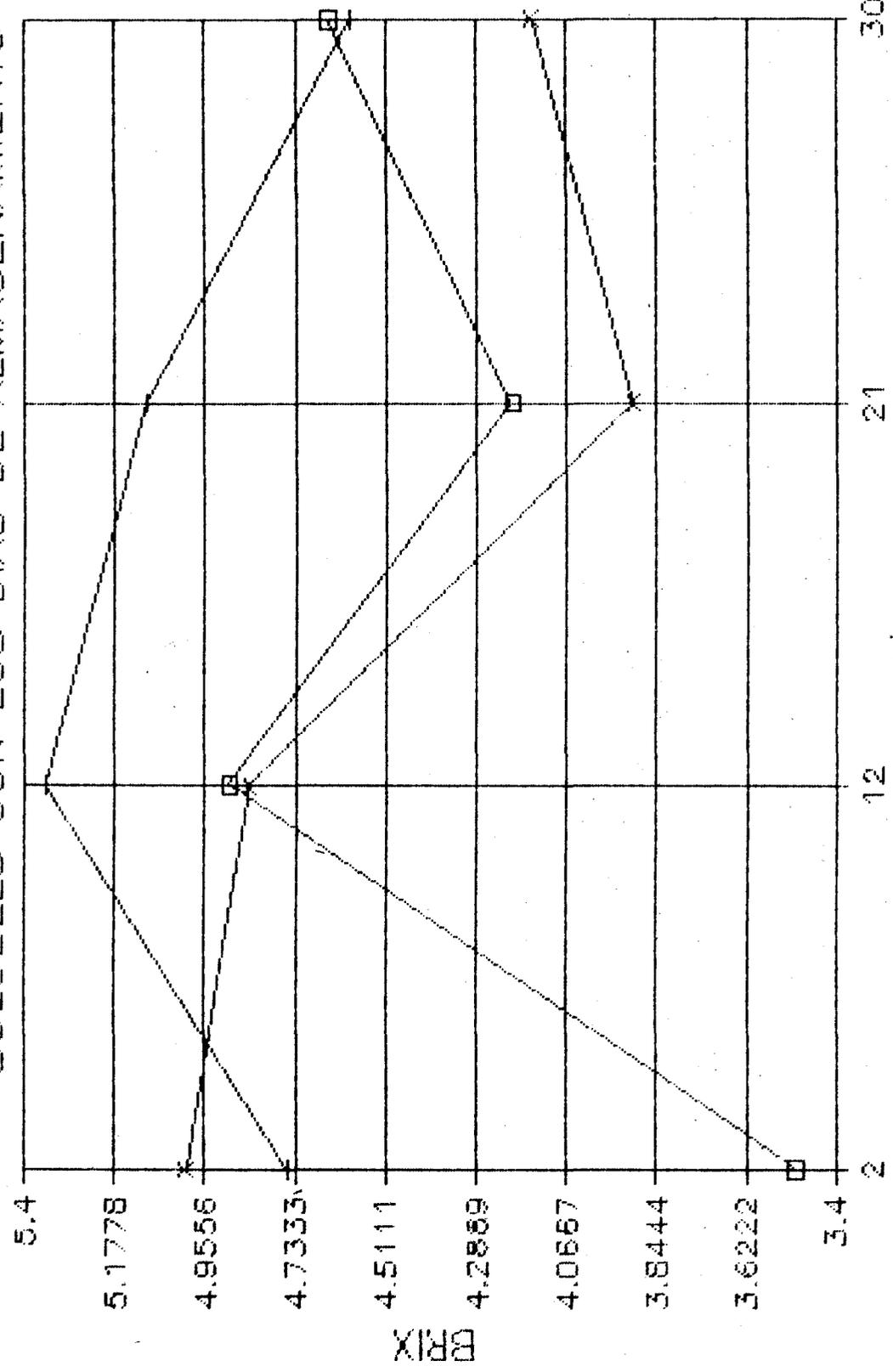
TABLA N° 29

N° de días de Almacenamiento	Control	1.5 KGy	2.0 KGy
2	4.75	3.5	5.0
12	5.345	4.895	4.845
21	5.10	4.20	3.90
30	4.60	4.65	4.15

GRÁFICO No.22 VARIACION DEL °BRIX O SOLIDOS

SOLUBLES CON LOS DIAS DE ALMACENAMIENTO

- +— CONTROL
- 1.5 KGy
- x— 2.0 KGy



NUMERO DE DIAS DE ALMACENAMIENTO

BRIX

4.11 ANALISIS MICROBIOLOGICO

La flora de microorganismos es mesófila, los cuales requieren una alta humedad para multiplicarse el daño causado por estos, se manifiesta por pudriciones blandas en la base de los turiones y en el exterior superior. La acción de las bacterias es acentuada por las condiciones de humedad y de temperaturas altas. Se sabe que el gusto y el olor de este producto son perdidos, probablemente debido a la producción de ácido por "Lactobacillus"

La carga microbiana propia del espárrago varía en el orden de 10^5 - 10^6 , los sucesivos lavados hacen bajarla hasta $4.5 \times 10^*$, como se comprueba en los datos de las Tablas .25 y .27, luego de la irradiación se baja esta carga en un orden. En todas las pruebas realizadas se observa que hasta la segunda semana de almacenamiento, se mantiene una diferencia entre el control y la muestra irradiada ya que el primero mantiene su carga microbiana casi constante en el tiempo y el segundo disminuye por efecto de la irradiación; pasado este tiempo se observa la carga empieza a crecer en la muestra irradiada para casi llegar a igualar a la muestra de control, esto se podría explicar debido a la pérdida de agua que ocurre en mayor porcentaje en esta muestra. Debido a lo bajo de la temperatura conservación se inhiben much carga mesófila.

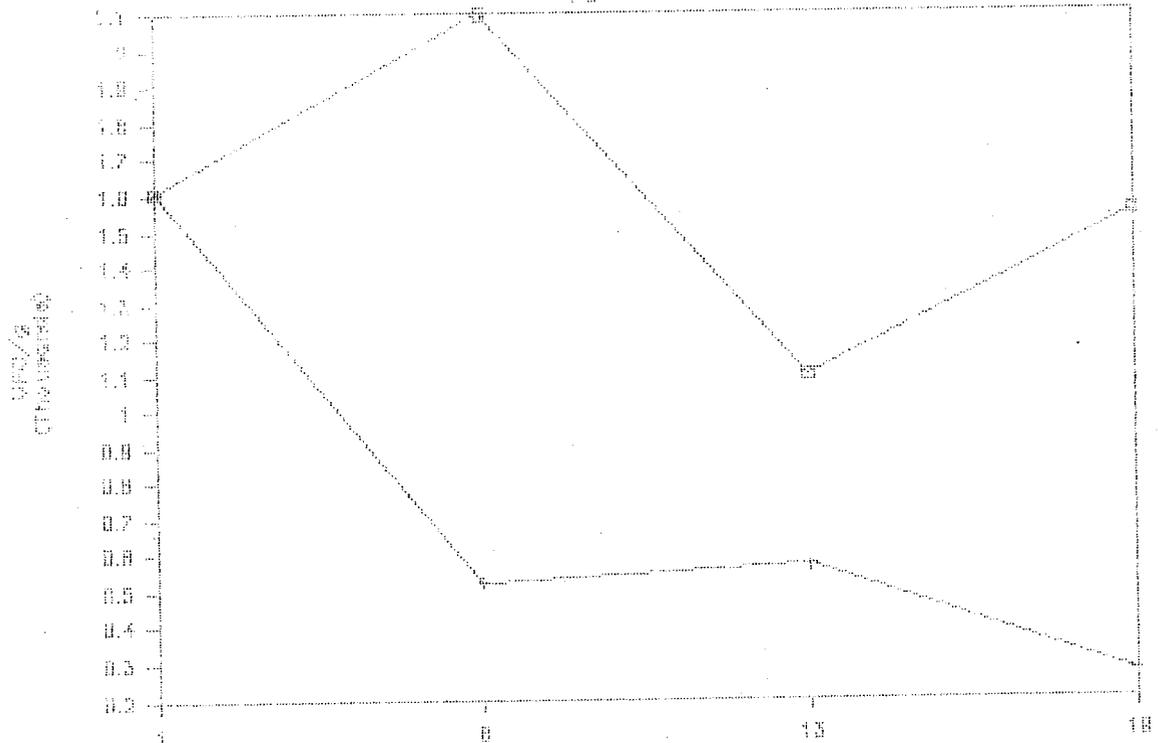
TABLA N° 30

Variación de las Unidades Formadoras de Colonias/g con los días de almacenamiento, con solo un lavado en el centro de acopio y en todo el proceso, datos de 1ª primera experiencia.

N° de días de Almacenamiento	Control	1.0 K Gy
1	1.61×10^5	-
8	2.10×10^5	5.2×10^2
13	1.1×10^5	2.7×10^2
19	1.55×10^5	2.7×10^2

GRAFICO # 24

VARIACION WFL/S DE TABLA No. 30



DÍAS DE MUESTREO
0 CONTROL (0) + 1.0 KIP

TABLA N° 31

Variación de las Unidades Formadoras de Colonias/g con los días de almacenamiento, con Dos lavados simples en el centro de acopio y uno en el lugar de recepción (IPEN). Análisis realizados en los Laboratorios del IPEN. Datos de la Etapa I.

N° de días de Almacenamiento	Control	1.0 KBy	1.5 KBy
1	4.5×10^3	-	-
7	2.51×10^3	9.00×10^2	3.60×10^2
16	4.48×10^3	6.00×10^2	5.85×10^2
22	3.00×10^3	1.25×10^3	1.47×10^3
29	1.60×10^3	1.15×10^3	-

GRAFICO # 25
VARIACION UFD/2 DE WBLA No. 31

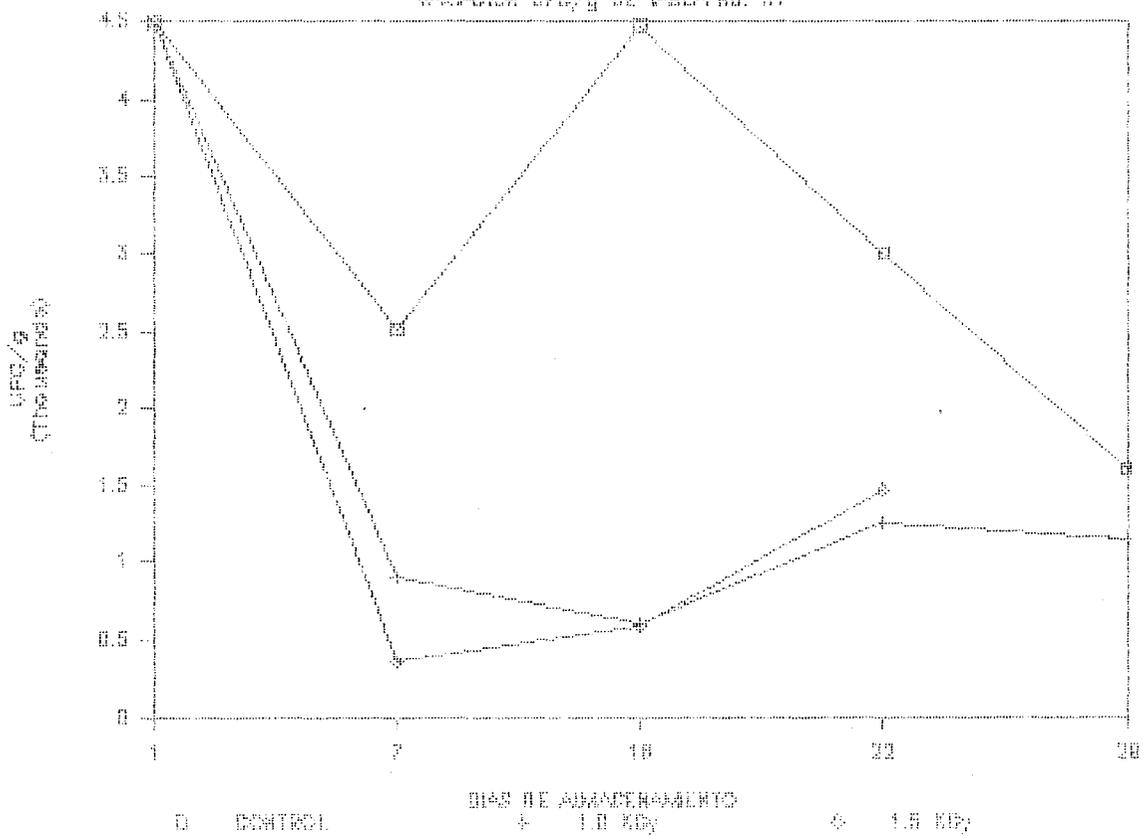


TABLA N° 32

Variación de las Unidades Formadoras de Colonias/g con los días de almacenamiento, con dos lavados simples en el centro de acopio y uno en el lugar de recepción (IPEN). Análisis realizados en los laboratorios del C.E.. de la U.N.A.C. Datos de la Etapa II.

N° de días de Almacenamiento	Control	2.0 KGy
1	3.0×10^5	-
7	2.8×10^5	4.0×10^3
14	2.3×10^5	2.7×10^3
27	5.7×10^4	5.0×10^3

GRAFICO # 26

VARIACION UFD/q DE TABLA No. 33

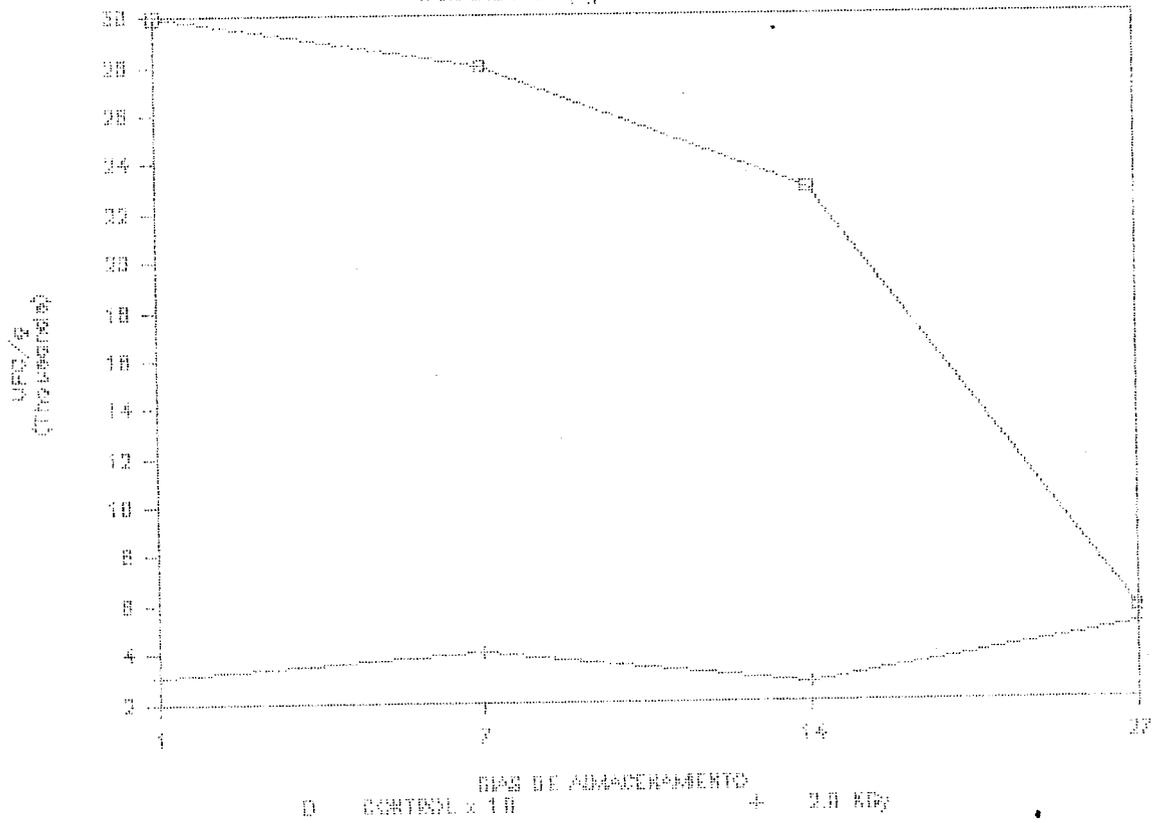
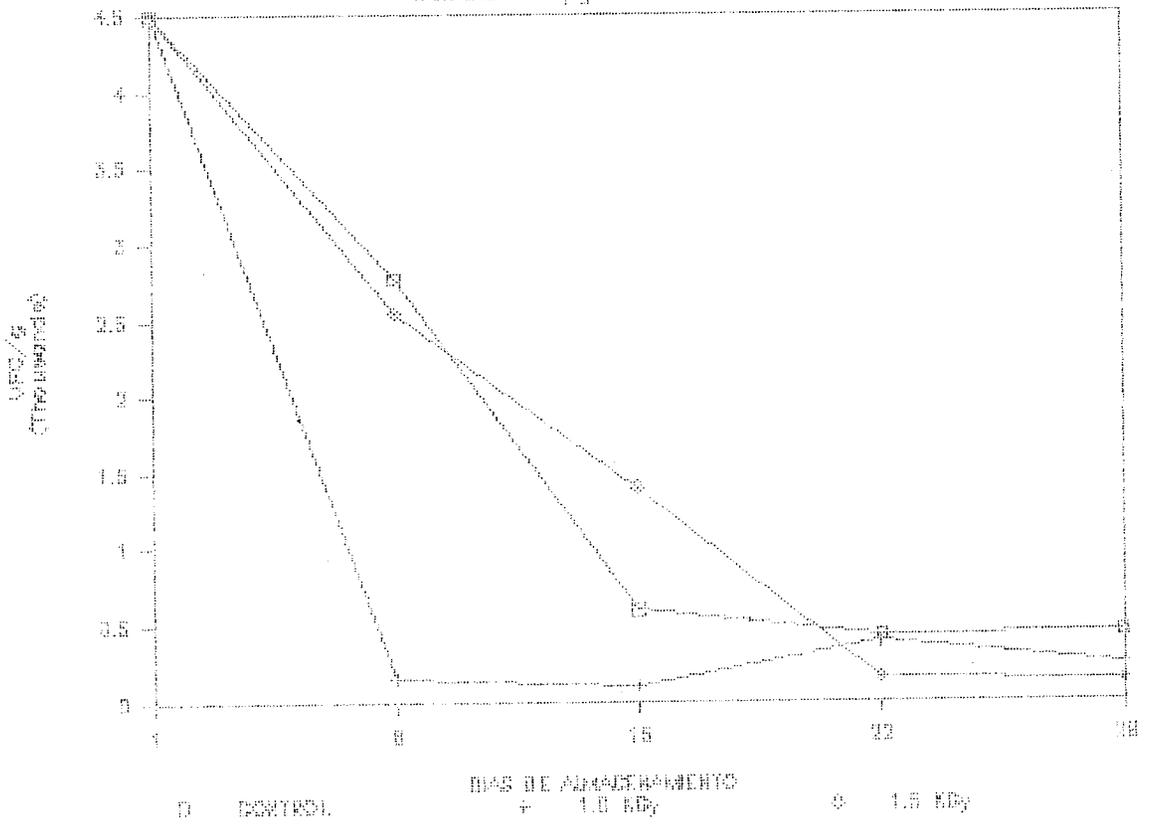


TABLA N° 33

Variación de las Unidades Formadoras de Colonias/g con días de almacenamiento, con dos lavados simples en el centro de acopio y uno en el lugar de recepción (IPEN). Análisis realizados en los Laboratorios del IPEN, Última prueba realizada. Etapa II.

N° de días de Almacenamiento	Control	1.0 KGy	1.5 Gy
1	4.5×10^3	-	-
8	2.77×10^3	1.5×10^2	-
15	6.0×10^2	1.0×10^2	-
22	4.3×10^2	3.9×10^2	1.5×10^2
29	4.5×10^2	2.45×10^2	1.4×10^2

GRAFICO # 27
 VARIACION UFD/g DE TABLA No. 33



4.12 ANALISIS ORGANOLEPTICO

Los análisis realizados se llevaron a cabo en los laboratorios del IFEN el cual no brindaba las facilidades de un Laboratorio especializado en este tipo de pruebas.

El análisis de Varianza hecho, puede ser considerado como un cuerpo de técnicas destinadas al estudio de la variación en una muestra llegando a obtener la prueba de la diferencia entre dos ó mas medias muestrales. Este análisis tiene que ver con varianza en lugar de desviaciones típicas o errores típicos.

Los valores del F calculado, a los 10 días de almacenamiento en espárrago fresco, comparados con el F teórico o tabulado, nos indica inicialmente que las muestras de 1.5, 2.0 KGy y el control, todos provienen de una misma población normal. A los 24 días de almacenamiento se observa que los F calculado en la Apariencia y Olor son mayores que el F teórico o tabulado, esto nos indica que las medias muestrales son significativamente diferentes, mostrando una gran variación que la que era dable esperar normalmente de la fluctuación aleatoria o error de muestreo a partir de una población, esto es debido a que no se mantuvieron las condiciones iniciales organolépticas con respecto a la apariencia, olor y textura en el Control. Destacandose en todos los casos aquella muestra de 1.5 KGy como se comprueba por las medias muestrales obtenidas.

Con respecto al espárrago cocido no se observaron

diferencias significativas en la variación y por entre de una fluctuación aleatoria que nos permitiría decir que nuestro producto no se encontraba en óptimas condiciones con respecto al fresco.

RESUMEN DE LAS TABLAS DE ANALISIS DE VARIANZA

DE LOS CONTROLES ORGANOLEPTICOS EN ESPARRAGO

FRESCO

CARACTERISTICAS	ALMACENAMIENTO		G. I. Num=2
	10 DIAS	24 DIAS	G. I. Den=21
	F. CALCULADO	F. CALCULADO	F. TABULADO
AFARIENCIA	0.7	4.0	3.47
OLOR	2.127	4.018	3.47
TEXTURA	0.286	0.803	3.47

RESUMEN DE LAS TABLAS DE ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS CONTROLES ORGANOLEPTICOS EN ESPARRAGO

COCIDO

CARACTERISTICAS	ALMACENAMIENTO		G. I. Num=2
	10 DIAS	24 DIAS	G. I. Den=21
	F. CALCULADO	F. CALCULADO	F. TABULADO
APARIENCIA	0,2530	-	3.47
OLOR	0.4803	0.70	3.47
TEXTURA	0.2693	0.4152	3.47
SABOR	0.3473	0.5	3.47

**ANALISIS DE VARIANZA DE LOS CONTROLES ORGANOLEPTICOS
EN ESPARRAGOS FRESCOS**

1. APARIENCIA

0.0 Kgy	1.5 Kgy	2.0 Kgy
4	3	2
2	3	2
5	4	3
3	4	3
2	2	2
2	3	4
3	4	5
4	5	2
4	3	2

$\sum_{i=1}^n X_{ji}$	25	28	23	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji} = 76$
n	8	8	8	nk = 24
\bar{X}_j	3.125	3.5	2.875	$\bar{X}_j = 3.166$
$\sum_{i=1}^n X_{ji}^2$	67	104	75	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji}^2 = 266$

1.1 DETERMINACION DE LA SUMA TOTAL DE CUADRADOS (S.C.T.)

$$S.C.T. = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji}^2 - \frac{\left(\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji} \right)^2}{nk}$$

Donde : k : 1,2,3
 n : 1,2,...8

Siendo : nk Factor de Corrección (FC).

$$S.C.T. = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji}^2 - F.C.$$

$$S.C.T. = 266 - \frac{76^2}{24} = 25.3333$$

S.C.T. = 25.3333

1.2 Determinación de la suma de cuadrados dentro de las muestras (S.C.E.)

$$S.C.E. = \sum_{j=1}^k \left[\sum_{i=1}^n X_{ji}^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n X_{ji})^2}{n} \right]$$

$$S.C.E. = 87 - \frac{(25)^2}{8} + 104 - \frac{(28)^2}{8} + 75 - \frac{(23)^2}{8}$$

$$S.C.E. = 23.75$$

1.3 Determinación de la suma de cuadrados entre las muestras (S.C.M.)

$$S.C.M. = \sum_{j=1}^k n_j (\bar{X}_j - \bar{X})^2$$

$$S.C.M. = \frac{\sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^n X_{ji} \right)^2}{n} - F.C.$$

$$S.C.M. = 8(3.125 - 3.1666)^2 + 8(3.5 - 3.1666)^2 +$$

$$8(2.875 - 3.1666)^2$$

$$S.C.M. = 1.58332$$

También se tiene que :

$$S.C.E. = S.C.T. - S.C.M.$$

1.4 Determinación de los grados de libertad (G.L.) los cuales son los desvios independientes que tiene una serie:

$$G.L. (S.C.T.) = nk - 1$$

$$G.L. (S.C.E.) = nk - k = k (n-1)$$

$$G.L. (S.C.M.) = k - 1$$

Propiedad aditiva de los grados de libertad

$$nk - 1 = k - 1 + nk - k$$

$$G.L. (S.C.T.) = 23$$

$$G.L. (S.C.E.) = 21$$

$$G.L. (S.C.M.) = 2$$

OBTENCION DE LAS ESTIMACIONES DE LOS CUADRADOS MEDIOS

$$K = \text{No. Muestra (0.0, 1.5, 2.0 KGy)}$$

$$n_j = \text{Observaciones de cada uno}$$

HIPOTESIS : La no existencia de diferencias entre las de esta K muestra (H_0)

Entonces, se expresa esta variable bajo la forma de varianza (S^2), con el objeto de

compararla con alguna estimación de la varianza poblacional.

VARIANZA POBLACIONAL (σ^2)

FORMAS DE CALCULO :

- a) En función de un grupo o agrupamiento con todos los cuadrados de los desvios instrumentales de las K muestras y calculando a partir de la suma de cuadrados dentro de las muestras.

La estimación independiente de la variación entre las muestras es la llamada : "Cuadrado Medio del error (C.M.E.)"

$$S^2_E = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (X_{ji} - \bar{X}_j)^2}{n - k} = \frac{\text{S.C.E.}}{n - k}$$

$$S^2_E = \text{C.M.E.} = \frac{\text{S.C.E.}}{nk - k}$$

- b) Otra estimación de σ^2 se hace dividiendo la suma de cuadrados entre grupos por sus grados de libertad, con la que se ha obtenido una segunda estimación de la varianza poblacional independiente de la variación dentro de los grupos. Es la llamada "cuadrado medio entre las muestras" ($S^2_H = \text{C.M.M.}$)

$$S^2_H = \text{C.M.M.} = \frac{\text{S.C.M.}}{K - 1}$$

COMPARACION DE LAS VARIANZAS: Prueba de significación

$$\text{RAZON DE LA VARIANZA} = F = \frac{\text{C.M.M.}}{\text{C.M.E.}}$$

F, es una constante estadística que tiene una distribución teórica, la cual se encuentra tabulada con varios niveles de probabilidad de α (0.05, 0.01, 0.1 ... etc.)

F teórico; es un valor crítico para el nivel de significación y los grados de libertad correspondientes y es al mismo tiempo el límite o valor inferior de la zona de rechazo.

Forma de hallarlo en tablas, se busca con 3 datos:

1. El nivel de significación o probabilidad de un error tipo
2. Los G.L. del numerador de F, es decir los G.L. (C.M.M).
3. Los G.L. del denominador de f, es decir los G.L. (C.M.E.).

TABLA : ANALISIS DE VARIANZA

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	F
TOTAL	S.C.T.	NK-1		
ENTRE MUESTRAS C. TRATAMIENTO	S.C.M.	K-1	C.M.M.	$F = \frac{\text{CMM}}{\text{CME}}$
DENTRO DE MUESTRAS O ERROR	S.C.E	NK-K	C.M.E.	

1. APARIENCIA

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	F
TOTAL	25.3333	23		
ENTRE MUESTRAS C. TRATAMIENTO	1.58332	2	0.79166	0.7
DENTRO DE MUESTRAS O ERROR	23.75	21	1.1309	

II. OLOR

0.0 KGy	1.5 KGy	2.0 KGy
4	4	4
3	4	2
4	4	3
5	4	3
4	3	4
4	4	4
5	5	5
4	4	2

$\sum_{i=1}^n X_{ji}$	33	32	27	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji} = 92$
n	8	8	8	nk = 24
\bar{X}_j	4.125	4	3.375	$\bar{X}_j = 3.833$
$\sum_{i=1}^n X_{ji}^2$	139	130	99	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji}^2 = 368$

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	F
TOTAL	15.3333	23		
ENTRE MUESTRAS C. TRATAMIENTO	2.58332	2	1.29165	2.127
DENTRO DE MUESTRAS O ERROR	12.75	21	0.60714	

III. TEXTURA

0.0 KGy	1.5 KGy	2.0 KGy
3	3	4
3	4	2
5	4	3
4	2	2
3	4	3
2	3	5
5	5	4
3	4	3

$\sum_{i=1}^n X_{ji}$	28	29	26	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji} = 83$
n	8	8	8	nk = 24
\bar{X}_j	3.5	3.625	3.25	$\bar{X}_j = 3.4583$
$\sum_{i=1}^n X_{ji}^2$	106	111	92	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji}^2 = 309$

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	F
TOTAL	21.5963	23		
ENTRE MUESTRAS C. TRATAMIENTO	0.5833	2	0.29166	0.2865
DENTRO DE MUESTRAS O ERROR	21.375	21	1.01785	

24 DIAS DE ALMACENAMIENTO

I. APARIENCIA

0.0 KGy	1.5 KGy	2.0 KGy
3	4	2
3	3	3
3	5	3
2	5	4
1	3	2
2	4	3
3	2	4
2	3	2

$\sum_{i=1}^n X_{ji}$	19	29	23	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji} = 71$
n	8	8	8	nk = 24
\bar{X}_j	2.375	3.625	2.875	$\bar{X}_j = 2.9563$
$\sum_{i=1}^n X_{ji}^2$	49	113	71	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji}^2 = 233$

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	F
TOTAL	22.9583	23		
ENTRE MUESTRAS C. TRATAMIENTO	6.3333	2	3.16665	4.0
DENTRO DE MUESTRAS O ERROR	16.625	21	0.79166	

II. OLOR

0.0 KGy	1.5 KGy	2.0 KGy
3	4	2
3	3	4
4	4	3
1	5	2
1	3	2
2	4	3
3	4	5
2	3	2

$\sum_{i=1}^n X_{ji}$	19	30	23	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji} = 72$
n	6	6	6	nk = 24
\bar{X}_j	2.375	3.75	2.875	$\bar{X}_j = 3$
$\sum_{i=1}^n X_{ji}^2$	53	116	75	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji}^2 = 244$

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	F
TOTAL	28	23		
ENTRE MUESTRAS C. TRATAMIENTO	7.75	2	3.875	4.0185
DENTRO DE MUESTRAS O ERROR	20.25	21	0.9642	

III. TEXTURA

0.0 KGy	1.5 KGy	2.0 KGy
3	4	2
4	2	3
4	2	3
1	5	4
1	4	3
3	4	3
4	3	2
3	4	4

$\sum_{i=1}^n X_{ji}$	23	28	24	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji} = 75$
n	8	8	8	nk = 24
\bar{X}_j	2.875	3.5	3.0	$\bar{X}_j = 3.125$
$\sum_{i=1}^n X_{ji}^2$	75	106	76	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji}^2 = 259$

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	F
TOTAL	24.625	23		
ENTRE MUESTRAS C. TRATAMIENTO	1.75	2	0.875	0.8032
DENTRO DE MUES- TRAS O ERROR	28.875	21	0.9642	

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS CONTROLES ORGANOLEPTICOS
EN ESPARRAGO COCIDO

10 DIAS DE ALMACENAMIENTO

I. APARIENCIA

0.0 KGy	1.5 KGy	2.0 KGy
4	3	3
4	2	4
3	5	5
4	4	4
4	3	4
5	4	3
4	4	4
3	3	5

$\sum_{i=1}^n X_{ji}$	31	30	32	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji} = 93$
n	8	8	8	nk = 24
\bar{X}_j	3.875	3.75	4	$\bar{X}_j = 3.875$
$\sum_{i=1}^n X_{ji}^2$	123	116	132	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji}^2 = 371$

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	F
TOTAL	10.625	23		
ENTRE MUESTRAS C. TRATAMIENTO	0.25	2	0.125	0.2530
DENTRO DE MUESTRAS O ERROR	10.375	21	0.4940	

II. TEXTURA

0.0 KGy	1.5 KGy	2.0 KGy
5	3	4
3	5	5
4	4	4
4	5	5
3	3	4
4	4	3
4	4	4
4	4	4

$\sum_{i=1}^n X_{ji}$	31	32	33	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji} = 96$
n	8	8	8	$nk = 24$
\bar{X}_j	3.875	4	4.125	$\bar{X}_j = 4.0$
$\sum_{i=1}^n X_{ji}^2$	123	132	139	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji}^2 = 394$

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	F
TOTAL	10	23		
ENTRE MUESTRAS C. TRATAMIENTO	0.25	2	0.125	0.260
DENTRO DE MUESTRAS O ERROR	9.75	21	0.4646	

III. SABOR

0.0 KGy	1.5 KGy	2.0 KGy
4	4	2
3	1	1
3	3	1
2	4	3
3	3	4
4	5	5
3	4	5
2	3	2

$\sum_{i=1}^n X_{ji}$	24	27	23	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji} = 74$
n	8	8	8	nk = 24
\bar{X}_j	3	3.375	2.875	$\bar{X}_j = 3.083$
$\sum_{i=1}^n X_{ji}^2$	76	101	86	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji}^2 = 282$

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	F
TOTAL	33.8333	23		
ENTRE MUESTRAS C. TRATAMIENTO	1.0833	2	0.54165	0.3473
DENTRO DE MUESTRAS O ERROR	32.75	21	1.5595	

IV. OLOR

0.0 KGy	1.5 KGy	2.0 KGy
3	4	4
4	4	3
5	4	3
3	4	3
3	3	5
5	4	4
3	4	4
3	4	2

$\sum_{i=1}^n X_{ji}$	29	31	28	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji} = 88$
n	8	8	8	nk = 24
\bar{X}_j	3.625	3.875	3.5	$\bar{X}_j = 3.666$
$\sum_{i=1}^n X_{ji}^2$	111	121	104	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji}^2 = 306$

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	F
TOTAL	13.3333	23		
ENTRE MUESTRAS C. TRATAMIENTO	0.5833	2	0.29165	0.4803
DENTRO DE MUESTRAS O ERROR	12.75	21	0.60714	

24 DIAS DE ALMACENAMIENTO

I. TEXTURA

0.0 KGy	1.5 KGy	2.0 KGy
4	4	3
3	2	2
4	3	3
2	4	4
2	3	3
3	4	4
3	4	5
4	4	3

$\sum_{i=1}^n X_{ji}$	25	28	27	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji} = 80$
n	8	8	8	nk = 24
\bar{X}_j	3.125	3.5	3.375	$\bar{X}_j = 3.333$
$\sum_{i=1}^n X_{ji}^2$	83	102	97	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji}^2 = 282$

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	F
TOTAL	15.3333	23		
ENTRE MUESTRAS C. TRATAMIENTO	0.5833	2	0.29165	0.4152
DENTRO DE MUESTRAS O ERROR	14.75	21	0.70238	

II. SABOR

0.0 KGy	1.5 KGy	2.0 KGy
5	3	4
4	5	4
2	4	4
3	4	5
3	4	4
5	4	3
4	4	4
2	3	3

$\sum_{i=1}^n X_{ji}$	28	31	31	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji} = \epsilon_0$
n	8	8	8	nk = 24
\bar{X}_j	3.5	3.875	3.875	$\bar{X}_j = 3.75$
$\sum_{i=1}^n X_{ji}^2$	108	123	123	$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n X_{ji}^2 = 54$

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	F
TOTAL	16.5	23		
ENTRE MUESTRAS C. TRATAMIENTO	0.75	2	0.375	0.5
DENTRO DE MUESTRAS O ERROR	15.75	21	0.75	

CONCLUSIONES

- * Es posible conservar los turiones de espárrago fresco por medio de la irradiación gamma.
- * El tiempo de conservación útil de los turiones es de 32 días al cabo del cual se puede considerar que se encuentra en iguales condiciones que un espárrago fresco. Esta aseveración se hace en función de una cantidad de muestra almacenada que estuvo bajo las evaluaciones organolépticas en estado fresco más no cocido.
- * Los trabajos experimentales realizados nos permiten señalar que la dosis mas apropiada para la conservación del espárrago es de 1.5 KGy.
- * Las condiciones de almacenamiento después de la irradiación son de 90 - 95 % de Humedad Relativa y una temperatura de 1 - 2 °C.

* Las evaluaciones organolépticas nos indican que el producto irradiado a 1.5 KBy , tiene calificación de "bueno", irradiaciones mayores o menores a este alcanzan la calificación de regular.

La irradiación permite inhibir la acción de los microorganismos contaminantes hasta un período de 15 días, después del cual hay tendencia a reactivar su desarrollo.

* La irradiación del espárrago no provoca en este, cambios físico - químicos apreciables, favoreciendo por otro lado la menor pérdida de humedad y también una limitada formación de fibra.

RECOMENDACIONES

- 1.- Se deben irradiar los espárragos lo mas pronto posible, después de la cosecha.
- 2.- El transporte de los espárragos debe ser hecho en camiones refrigerados.
- 3.- Los turiones a irradiar se deben encontrar en optimas condiciones de calidad, antes de la irradiación de estos, deben ser lavados con agua muy fría y por lo minimo deben poseer 2 lavados en total.
- 4.- Los turiones deben ser colocados verticalmente en cajas de tekopor, con una pequeña capa de agua de 0.5 -1.0 cm, bajo la base de estos.
- 5.- Queda como trabajo de investigación, probar un tipo de dosímetro que nós permita trabajar en el rando de 1-10 KGy, aparentemente el dosímetro Sulfato Ferroso-Cúprico presenta mejor linealidad en su respuesta en el rango

mencionado anteriormente pero se necesita mayor confirmación.

6.- Lo óptimo para irradiar los espárragos sería el de trabajar con un equipo de irradiación de mayor actividad que el Gammacell 220, debido a que una menor actividad trae como consecuencia un mayor tiempo de irradiación.

BIBLIOGRAFIA

1. Actas de un Seminario sobre Irradiación de Alimentos para países de América Latina; "La irradiación de Alimentos en Latino América", Lima, Edit. OIEA, 1983.
2. BRAVO A. M.
"El Campesino", Producción de espárrago verde para la Exportación , Santiago de Chile, 1ra y 2da parte, 1986 y 1987, 22, 51.
3. Catálogo del Irradiador Gsmmacell 220, IPEN - Lima, 1965.
4. CODEX STAN 106.
"Norma General del Codex para Alimentos Irradiados (Norma Universal), 1983.
5. DELGADO DEL LA FLOR F.
"Costos de Producción en el cultivo del Esparrago", Lima, FOPEX, 1985.
6. DELGADO DE LA FLOR F., MONTAUBAN R. , HURTADO F.
"Manual de Cultivo del Esparrago"
Lima, NOMA SRL. Editores e Impresores - JCE, 1987.

7. ELIAS P. S. and A.J. Cohen;
"Radiation Chemistry of Major food Components",
Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company
Amsterdam - Oxford - New York, 1977.
8. ELIAS P.S. and A.J.Cohen;
"Recent Advances in food Irradiation",
Published by: Elsevier Biomedical Press, 1983.
9. ELIAS P.S.;
"The Wholesomeness of irradiated food Internatioanl"
Project in the Field of Food Irradiation News Leter,
Vol 1: N° 82,
1977.
10. Fondo de Promoción de Exportaciones no Tradicionales
(FOPEX), Lima.

"Informe sobre el Comercio Mundial de los Espárragos",
Informe GT-DIM/061, 1984.
11. Fundación para el Desarrollo Nacional.

"I Seminario Taller Internacional de Productores,
Procesadores y Exportadores de Espárrago".
Lima, 1987.
12. HOLM N.W. and R.J. Berry.

"Manual of Radiation Dosimetry",
New York, Ed. Marcel Dekk Inc., 1970
13. Instituto de comercio Exterior (ICE).

"Reporte de Estadísticas de Polizas de Exportación"
Partida: 20.02.04.00, Lima.
14. Intercambio - Revista de Comercio Internacional; Año 1,
N°21. 1987,8,11.
15. Internacional - Standard; Asparagus -

"Guide de Refrigerated", ISO - 6882, 1981
16. International - Standard; Asparagus -

"Guide to Storage", ISO - 4186, 1980.

17. Irradiation of Fruits and Vegetables.

Contract N° AT (II -I), 1592.

18. Revista JAEA.

"Irradiation of Vegetables", L91-7, Netherlands
1969.

19. Ministerio de Agricultura.

Oficina Sectorial de Estadística.

20. MUÑOZ B.I., M SANCHEZ, VACA F.,

"Preservación de alimentos por irradiación", Quito,
Escuela; Politécnica Nacional - Ecuador, 1985.

21. Norma Técnica Nacional, Hortalizas: Espárragos, ITINTEC
011.109 Lima-Perú, 1974.

22. PASCHOALINO J.E. y BUNHARDT L.W.,

Efecto de Branqueamiento sobre os teores de Solidos
o Acido Ascórbico em Asparago Congelado"
Brasil, Coletanea Do instituto de Tecnologia de
Alimentos Projeto ITAL, 1975, 1976.

23. RODRIGUEZ NAVARRO H.;

"Estudio de Prefactibilidad Técnico-Económico de la
deshidratación de Espárragos en Trujillo"
Lima, Tesis UNA - Facultad de industrias Alimen-
tarias, 1971.

24. TRUITT G.A.,

"Comercialización del Espárrago de Exportación Perua-
no, Lima, Fundación para el Desarrollo Nacional en la
Promoción de Exportación de Productos Agrícolas no
Tradicionales, 1983, 19, 23.

25. SUDARSAM P.;

"Economic Feasibility of an onion irradiator in
Caslgaon", Bombay - India, Departamet of Atomic
Energy - India, 1972.

26. VASK. V.;

"Food Preservation by Irradiation", Budapest, Hungary,
Central Food Research Institut Budapest. Food Irradia-
tion News Letter, Vol II N° 3.

27. YOKOMIZO Y., BLEINROTH E.W., COUTINHO Y.CC., .

"Caracterizado de Asparago Verde e Branco de Variedades
Mary Washington", Brasil, Boletín do Institute de
Tecnología de Alimentos, N° 55, JAM.FEV, 1978.

28. Informe Técnico del Instituto de Agroquímica de Valencia,
España 1984.