



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
Facultad de Ciencias Veterinarias
Instituto de Ciencias y Tecnología de Carnes

Aplicación de la Radiación Gama en carne de mariscos conservada a bajas temperaturas: Radiosensibilidad del **Vibrio cholerae** y de **Listeria monocytogenes**

Tesis de Grado presentada como parte de los requisitos para optar al Grado de LICENCIADO EN MEDICINA VETERINARIA.

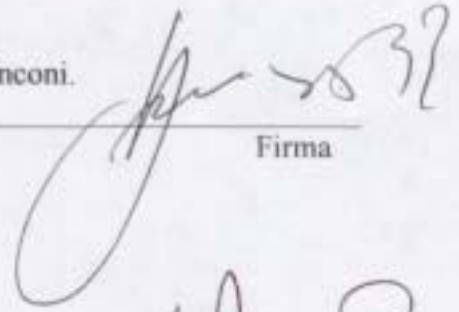
Gabriel Elliot Alarcón Bustos
Valdivia Chile 1999

PROFESOR PATROCINANTE

José Antonio de la Vega Malinconi.

Nombre

Firma

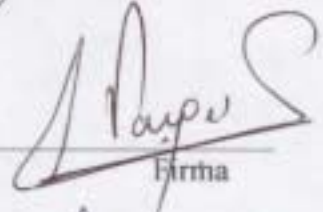


PROFESORES CALIFICADORES

Leonardo Vargas Puente.

Nombre

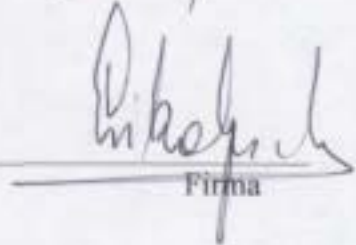
Firma



Erika Gesche Robert.

Nombre

Firma



FECHA DE APROBACION

27 de Abril de 1999

**A mis Padres, Esposa
y a mi hijo Lucas.**

INDICE

	Páginas
1.- RESUMEN	1
2.- SUMMARY	2
3.- INTRODUCCION	3
4.- MATERIAL Y METODOS	9
5.- RESULTADOS	23
6.- DISCUSION	32
7.- CONCLUSIONES	37
8.- BIBLIOGRAFIA	38
ANEXOS	42
AGRADECIMIENTOS	81

1. RESUMEN

En este trabajo se realizaron 2 experiencias, en la primera de ellas se elaboraron y evaluaron muestras de carne de almejas, en tres tratamientos. Para la segunda, se elaboraron y evaluaron muestras de carne de langostinos con dos tratamientos.

En la primera experiencia se midió la efectividad de dos dosis de radiación gama, 0,5 y 1,0 kGy, comparándolas con un tratamiento control sin irradiación, en muestras contaminadas artificialmente con **Vibrio cholerae** en una concentración aproximada de 10^7 ufc/g, durante un período de almacenaje en refrigeración (4 °C) de 10 días. En la segunda experiencia se midió la efectividad de una dosis de radiación gama de 5,0 kGy, comparándola con un tratamiento control sin irradiación, en el producto contaminado artificialmente con **Listeria monocytogenes** en una concentración aproximada de 10^6 ufc/g durante un período de almacenaje a temperatura de congelación (-22 °C) de cinco semanas. En ambas experiencias se evaluaron características organolépticas y aceptabilidad de los productos irradiados.

Los resultados de la primera experiencia demostraron diferencias estadísticas significativas entre los tres tratamientos realizados, para un nivel de significación de $p \leq 0,05$. Una dosis de 1,0 kGy fue suficiente para eliminar por completo la contaminación del producto a partir del primer día del período de almacenaje.

En la segunda experiencia se determinaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, para un nivel de significación de $p \leq 0,05$. Una dosis de 5,0 kGy fue suficiente para eliminar por completo la contaminación del producto en forma inmediata, mientras en el tratamiento control siempre se determinó presencia del microorganismo.

Con respecto a la evaluación sensorial, se determinó que el tratamiento de irradiación no alteró las características organolépticas del producto tratado. En la medición de aceptabilidad, el producto irradiado no se diferenció del producto sin irradiar.

Palabras Claves: Irradiación, Alimentos, Radiosensibilidad, *Vibrio cholerae*, *Listeria monocytogenes*.

2. SUMMARY

Two experiences were carried out for this work, in the first one, some clamb meat samples were produced and evaluated in three treatments. For the second one, prawn meat samples were processed and evaluated within two treatments.

In the first experience, it was measured the effectiveness of two doses of gamma radiation, 0,5 and 1,0 kGy, comparing them with a control treatment without irradiation, in the samples artificially contaminated with **Vibrio cholerae** in an aproximated concentration of 10^7 cfu/g during a period of storage in refrigeration (4 °C) for 10 days. In the second experience, it was measured the effectiveness of a doses of gamma radiation of 5,0 kGy, comparing it with a control treatment without irradiation, in the product artificially contaminated with **Listeria monocytogenes** in an approximated concentration of 10^9 cfu/g during a period of storage at freezing temperatures (-22 °C) for five weeks. In both experiences, the organoleptical characteristics and acceptance of the irradiated products were evaluated.

The results of the first experience showed statistically significant differences among the three treatments carried out, for a significance level of $p \leq 0,05$. A dose of 1,0 kGy was enough to eliminate completly the contamination of the product since the first day of the storage period.

It was determinated statistically significant differences among the treatments in the second experience for a significance level of $p \leq 0,05$. A dose of 5,0 kGy was enough to elimináte completly the contamination of the product inmediatly, while in the control treatment it was always determinated the presence of the microorganism.

In relation to the sensory evaluation, it was determinated the treatment of irradiation did not alter the organoleptical characteristics of the treated product. In the acceptance measurement, the irradiated products were not diferenciated from the product without irradiation.

Key words: Irradiation, Foods, Radiosensibility, Vibrio cholerae, Listeria monocytogenes.

3. INTRODUCCION

Los productos pesqueros suelen ser el origen de enfermedades de transmisión alimentaria (ETA), debido a que frecuentemente presentan contaminación con bacterias patógenas y virus. Entre las bacterias se pueden mencionar al **Vibrio spp.** y **Listeria monocytogenes**.

Desde el año 1991, el **Vibrio cholerae** ha sido una de las mayores preocupaciones para las autoridades de salud pública en la región latinoamericana dado a las condiciones de marginalidad y pobreza de su población y a las deficiencias en infraestructura sanitaria. La notificación de cólera durante el año 1991 en Chancay y Chimbote en el Perú, señalaron el comienzo del alerta epidemiológico en Chile, ya que se consideraba muy probable la propagación de esta enfermedad al país, por la imposibilidad de prevenir su transmisión a través de las fronteras (Rubio, 1995).

Listeria monocytogenes es un problema poco conocido en Chile, sin embargo, se puede afirmar que la contaminación de alimentos con esta bacteria es causa de preocupación creciente en el país, por parte de las autoridades responsables tanto de la salud humana como animal y también de las empresas nacionales exportadoras de alimentos. Estas últimas ya han comenzado a sufrir el embargo o rechazo de algunas partidas de alimentos, especialmente de productos del mar, por contaminación con este microorganismo (FDA, 1996).

Mediante el uso de las radiaciones ionizantes se pueden tratar productos del mar que se hayan contaminado con bacterias, ya que prácticamente no provoca aumentos de temperatura en el producto tratado, pudiendo destruir incluso microorganismos en productos congelados sin alterar su estado de congelación (ICGFI, 1989).

La literatura científica es muy escasa en lo que respecta al conocimiento de la radiosensibilidad de bacterias patógenas en productos del mar. Al respecto es importante evaluar las características organolépticas y la aceptabilidad por parte del consumidor de los alimentos tratados con radiaciones ionizantes. Así sería posible determinar dosis de radiación a utilizar en productos del mar, contaminados con **Vibrio cholerae** y **Listeria monocytogenes**, sin alterar su calidad sensorial (Rubio, 1995).

3.1.- **Vibrio cholerae.**

El género *Vibrio* comprende microorganismos anaerobios facultativos en forma de bastoncillo encorvado, gram negativos y móviles, gracias a un flagelo polar único. Muchas especies de *Vibrio* son patógenas para el ser humano y pueden estar relacionadas con ETA. Con la excepción del ***Vibrio cholerae*** y el *Vibrio mimicus*, las especies de este género crecen en medios con cloruro de sodio y por ello se les denomina halofílicas. Su temperatura óptima de crecimiento está en el rango de 32 a 35° C, pudiendo desarrollarse hasta los 40° C (OPS/OMS, 1991).

Varios alimentos han estado asociados con el cólera, incluyendo alimentos servidos en vuelos internacionales (Sutton, 1974), mejillones, almejas y pescado seco en las Filipinas y el Pacífico Sur (Blake, 1983), ostras, cangrejos de mar y langostinos en los Estados Unidos (Pavia y col, 1987) y ancas de rana congeladas importadas en Estados Unidos (Sang y col., 1987).

Los moluscos bivalvos, que son organismos filtradores, pueden estar expuestos y acumular las bacterias y virus, además de las toxinas naturales y productos químicos contaminantes potencialmente patógenos para el ser humano. Los crustáceos pueden bioacumular ciertos contaminantes químicos en el hepatopáncreas y acumular bacterias patógenas en las superficies de la concha, branquias y estómago (OPS/OMS, 1991).

Causa gran inquietud el consumo de moluscos bivalvos crudos u otros productos pesqueros crudos contaminados con ***Vibrio cholerae***; también es motivo de preocupación la posibilidad de transmisión de enfermedades asociadas con pescados y mariscos congelados o refrigerados. La posibilidad de contaminación con el ***Vibrio cholerae*** puede ser debido a las aguas de donde se extraen los productos pesqueros o por el suministro de agua usada en su procesamiento, por ello el ***Vibrio cholerae*** debe ser destruido tratando los alimentos y evitando una nueva contaminación del producto tratado (Shultz y col., 1984).

El ***Vibrio cholerae*** puede sobrevivir bajo condiciones de congelación, ya que las especies de este género son psicrotrofas, tienen la capacidad de crecer a 0° C y sobrevivir a temperaturas aún más bajas (Miyaki y col., 1967; Reily y Hackney, 1985); por ello, los alimentos congelados plantean un riesgo de transmisión de cólera en los casos en que sean consumidos crudos.

En un trabajo realizado por Wong y col. (1995) se estudió la incidencia de Vibrios en mariscos congelados y la sobrevivencia de **Vibrio cholerae** psicrotróficos en caldo de cultivo y homogenado de camarones a bajas temperaturas, de un total de 114 muestras de mariscos congelados se obtuvo una incidencia de 36,0%, 15,8%, 14,9% y 13,2% para Vibrio alginolyticus, Vibrio parahaemolyticus, **Vibrio cholerae** y Vibrio fluvialis, respectivamente. A una temperatura de - 30° C, estas cepas disminuyeron por 2 a 3 ciclos logarítmicos por mi en el primer día de incubación y disminuyeron lentamente en los siguientes 2 días. El efecto de bajas temperaturas parece ser efectivo en eliminar o reducir la población de Vibrios en la mayoría de las muestras, sin embargo, Vibrio parahaemolyticus y **Vibrio cholerae** estaban aún presentes en alrededor del 15% de las muestras.

La radioresistencia de un microorganismo esta dada por su valor D_{10} , que indica la dosis, expresada en kGy, requerida para inactivar el 90% de la población del microorganismo en un sustrato determinado (Anexo 4). Este valor puede estar marcadamente influenciado por la naturaleza del medio en el cual el microorganismo es irradiado, como por ejemplo, la composición química del alimento y su porcentaje de humedad (Tallentire, 1980; Urbain, 1986).

Sang y col. (1987) investigaron la viabilidad de **Vibrio cholerae** en ancas de rana congeladas a -20° C y refrigeradas a 4° C, sometidas a un tratamiento con dosis bajas de radiaciones ionizantes. La congelación no eliminó el microorganismo pero redujo su número en 28 días de almacenamiento, la refrigeración a 4 °C no afecto a la bacteria. En cuanto al efecto de la irradiación, tratamientos con niveles de 0,5 kGy o alrededor de esa dosis, eliminaron el **Vibrio cholerae** de las ancas de rana tratadas; la irradiación demostró ser efectiva para eliminar el **Vibrio cholerae**, tanto en ancas de rana refrigeradas como congeladas.

Rubio (1995) investigó la radiosensibilidad de **Vibrio cholerae**, en almejas contaminadas artificialmente, utilizando dos dosis de radiación gamma, 1,0 y 2,0 kGy. Sus resultados demostraron que ambas dosis tuvieron un efecto letal inmediato sobre el microorganismo.

Es muy poca la literatura científica existente acerca del efecto de la radiación ionizante en **Vibrio cholerae** en alimentos, sobre todo en lo referido a productos del mar (Rubio, 1995).

3.2.- *Listeria monocytogenes*.

Listeria monocytogenes es una bacteria móvil en 20 a 23 °C de temperatura de incubación, gram positiva, catalasa positiva, cocobacilo psicrotrófico cuya temperatura óptima de crecimiento está entre los 15 a 20° C, pero que puede crecer a bajas temperaturas, pudiendo causar una seria enfermedad, llamada Listeriosis, tanto en humanos como en animales y la cual se caracteriza principalmente por producir signos nerviosos (Marth, 1988).

Desde 1980 *Listeria* ha incrementado su presencia como patógeno transmitido por los alimentos. En 1988, *Listeria* spp. fue detectada en muestras de productos del mar congelados, importados de Corea, Filipinas, Japón, Canadá, **Chile** y Taiwan, respectivamente (Anonymous,1988). Weagant y col. (1988) demostraron una tasa de contaminación de 26% de *Listeria monocytogenes* en mariscos congelados; Caserío y col. (1989) aislaron esta bacteria en pescado en el 25% de las muestras analizadas. En 1990, Jemmi demostró un 24% de contaminación por *Listeria monocytogenes* en salmón ahumado. El mismo año, Fríes y Mueller-Hobe (1990) obtuvieron una tasa de contaminación de un 28 % en pescado crudo. Wong y col. (1990) realizaron un estudio de incidencia en productos del mar recolectados de diversos mercados en Taiwan, determinando que un 10,5% de las muestras estaban contaminadas con esta bacteria. También ha sido aislada de carnes frescas, aves de corral, leche y productos lácteos, alimentos preparados listos para el consumo, etc. (OPS/OMS, 1991).

El primer caso de Listeriosis en humanos relacionada al consumo de productos del mar no fue reportado hasta 1989, cuando una mujer italiana contrajo la enfermedad 4 días después de consumir pescado, del cual fue más tarde aislada la bacteria (Facinelli y col., 1989). Este caso y el riesgo potencial asociado con el consumo de este tipo de alimentos, impulsaron estudios para determinar la incidencia de *Listeria* en productos marinos y las medidas que se pueden tomar para controlar o erradicar a este patógeno de dichos productos.

Huhtanen y col. (1989) utilizaron 7 cepas de ***Listeria monocytogenes***, para determinar su radiosensibilidad, las que fueron inoculadas en un medio de cultivo BNT y en carne de pollo deshuesada. Se observó un incremento de la radioresistencia en productos proteicos, ya que cultivos centrifugados y resuspendidos en agua fueron más sensibles que aquellos resuspendidos en medios con materia orgánica. Este estudio indicó que una dosis de 2,0 kGy fue suficiente para destruir una concentración de 1×10^4 células de ***Listeria monocytogenes***.

La sensibilidad a la irradiación de 4 cepas de **Listeria monocytogenes** en carne de ave y buffer fosfato salino fue investigada por Patterson (1989). Los valores D_{10} que se obtuvieron en carne de ave fueron de 0,417 a 0,553 kGy, dependiendo de la cepa y el medio de cultivo utilizado. Valores más bajos fueron obtenidos en buffer fosfato salino. Los valores D_{10} en carne de ave son similares a los reportados para Salmonellas irradiadas bajo las mismas condiciones (Idziak e Incze, 1968; Patterson, 1988). Así dosis de irradiación de 2,5 a 7,0 kGy sugieren la eliminación de Salmonellas de canales de ave, pudiendo ser suficientes para eliminar **Listeria monocytogenes**.

Estudios radiobiológicos fueron llevados a cabo en 3 cepas de **Listeria monocytogenes** por Diaa el Din y col. (1990). Las características de radioresistencia fueron determinadas bajo una variedad de condiciones. Para una de las cepas (CFPDC), los valores D_{10} fueron 0,18 , 0,21 y 0,44 kGy cuando fueron sometidas a irradiación gamma en buffer fosfato, caldo soya tripticasa más extracto de levadura y alimento en polvo para aves de corral, respectivamente. En las otras dos cepas se observó la misma tendencia en los valores D_{10} obtenidos. La alta radioresistencia observada en el alimento para aves, en comparación con los otros medios utilizados en esta experiencia, se atribuye al bajo contenido de agua de este alimento. Los cálculos de los valores D_{10} obtenidos, son consistentes con los reportados en otros trabajos (Huhtanen y col.,1989; Patterson, 1989), e indican que dosis de 5,0 kGy podrían reducir el nivel de la población viable de esta bacteria en 5 a 10 ciclos logarítmicos en un material de baja humedad, tal como el alimento en polvo para aves de corral.

En Noruega, Rorvik e Yndestad (1991) analizaron 460 muestras de diferentes alimentos para determinar la presencia de **Listeria monocytogenes**. De las muestras investigadas, 78 fueron positivas a esta bacteria; 5 de ellas contenían más de 10^3 ufc/g y 4 más de 10^2 ufc/g. Las fuentes más frecuente de **Listeria monocytogenes** en alimentos fueron, el pollo crudo y los alimentos listos para el consumo, tales como el queso, productos cárnicos procesados, camarones y salmón ahumado.

Grant y Patterson (1992) investigaron la radiosensibilidad de 5 bacterias patógenas para el ser humano transmitidas por los alimentos cocidos - refrigerados, dentro de las cuales se encontraba **Listeria monocytogenes**. Entre las principales conclusiones de este estudio se destacan:

- La bacteria patógena de mayor importancia en alimentos cocidos - refrigerados es la **Listeria monocytogenes**, ya que es capaz de crecer a temperaturas recomendadas para el almacenamiento de dichos productos (0 a 7° C).
- Dosis bajas de irradiación, en un rango de 2 a 5 kGy, pueden reducir o eliminar niveles altos de la población de **Listeria monocytogenes**, como también de otros patógenos tales como, Salmonella typhimurium, Staphylococcus aureus y Bacillus cereus, en este tipo de alimentos.

- En productos alimenticios con un mayor contenido de agua, el efecto letal de la irradiación se incrementa, ya que se producen mayor cantidad de radicales libres, lo que provoca ionizaciones secundarias en el alimento amplificando el efecto de las radiaciones ionizantes; en alimentos más complejos, con relación a su composición química, algunos componentes como proteínas y polisacáridos competirían con la bacteria en la interacción con los radicales libres producidos por la radiolisis del agua y consecuentemente el efecto letal de la irradiación se reduce y los microorganismos aparecen más radioresistentes.

Ito y col. (1993) analizaron 12 muestras de langostinos congelados importados. *Vibrio* spp. y *Listeria monocytogenes* fueron aislados de la mayoría de las muestras. El total de bacterias aeróbicas fue de 6×10^6 ufc/g. Después de una exposición de 4,0 a 5,0 kGy de rayos gamma, el número total de bacterias aeróbicas se redujo por aproximadamente 2 a 3 ciclos logarítmicos. La dosis necesaria para reducir los *Vibrios* aislados a un nivel menor de 10^{-4} por gramo fue alrededor de 3 kGy, mientras que 3,5 kGy aproximadamente fueron requeridos para el caso de **Listeria monocytogenes**. Al realizar una evaluación sensorial de los productos, se detectó un olor desagradable en langostinos irradiados con 2,5 kGy a 20° C, que llegó a ser muy fuerte cuando se irradiaron con una dosis de 10 kGy. La extensión de la vida útil de langostinos irradiados con 5 kGy llegó a ser de 5 a 6 días comparado con 3 días en langostinos no irradiados.

Con este trabajo de investigación se ha pretendido incrementar el escaso conocimiento de la respuesta de microorganismos patógenos para el ser humano frente a las radiaciones ionizantes y, en general, contribuir al conocimiento de la irradiación para asegurar inocuidad de productos del mar a la población que consume estos productos crudos.

La Tesis tuvo como primer objetivo estudiar el efecto de bajas dosis de radiación gamma en carne de almejas refrigeradas inoculadas con *Vibrio cholerae* y en carne de langostinos congelados inoculada con *Listeria monocytogenes*. El segundo objetivo fue evaluar la calidad organoléptica de carne de almejas y langostinos tratados con radiación gamma.

4. MATERIAL Y METODOS

Esta investigación se desarrolló en los laboratorios del Centro de Investigación de la Comisión Chilena de Energía Nuclear, ubicado en Santiago de Chile.

Se realizaron dos experimentos, organizados en tres etapas cada uno:

Experimento N° 1: Estudio de la radiosensibilidad de *Vibrio cholerae* en carne de almejas almacenada a 4 °C.

Etapa 1: Elaboración del producto (almejas envasadas refrigeradas).

Etapa 2: Observación del efecto de la radiación gama en la calidad microbiológica del producto.

Etapa 3: Observación del efecto de la radiación gama en la calidad organoléptica del producto irradiado.

Experimento N° 2: Estudio de la radiosensibilidad de *Listeria monocytogenes* en carne de langostinos almacenada a - 22 °C.

Etapa 1: Elaboración del producto (langostinos envasados congelados).

Etapa 2: Observación del efecto de la radiación gama en la calidad microbiológica del producto.

Etapa 3: Observación del efecto de la radiación gama en la calidad organoléptica del producto irradiado.

4.1.-Materiales.

La radiosensibilidad fue evaluada empleando las cepas de microorganismos, insumes, instrumentos y equipos que se describen a continuación:

4.1.1.- Cepas de microorganismos.

a) Cepa *Vibrio cholerae*, biotipo El Tor, serotipo Ogawa.

b) Cepa *Listeria monocytogenes*, serotipo 04.

4.1.2.- Insumos.

- a) Almejas frescas, obtenidas de la cadena de supermercados Jumbo de la ciudad de Santiago de Chile.
- b) Carne de langostinos congelados, proveniente de la empresa exportadora nacional Camanchaca S.A.
- c) Bolsas de polietileno estériles.
- d) Vasos metálicos estériles para homogenización de muestras.
- e) Material de laboratorio (placas Petri, pipetas y buretas estériles, etc).
- f) Medios de cultivo: Agar soya tripticasa (Difco), extracto de levadura (Difco), agar T1NI (Difco), agar TCBS (Difco).
- g) Vasos plásticos de polivinilcloruro (PVC) atóxico.
- h) Cajas de cartón para irradiación de langostinos
- i) Tablas de puntajes y fichas para evaluación sensorial (ver anexo 1).

4.1.3.-Instrumentos.

- a) Balanza digital Sartorius 1213 Mp, con capacidad de 10 kg y una sensibilidad de 0,001 g.
- b) Contador de colonias Karl-Kolb D-6072.
- c) Listertest Kit (Listertest lift food).

4.1.4.-Equipos.

- a) Irradiador experimental de Cesio 137.
- b) Campana de flujo laminar Kottermann 8580.

- c) Cámara de frío Eurofrigo, con una capacidad de 500 kg de almacenaje y una temperatura de 0 °C.
- d) Cámara de frío Eurofrigo, con capacidad para 500 kg de almacenaje y una temperatura de 4°C.
- e) Congelador Bosh, con una capacidad de almacenaje de 200 kg y un rango de temperatura de 0 a - 60 °C.
- f) Licuadora Varing.
- g) Mezclador giratorio para vial de captura de método Listertest.
- h) Agitador electrónico Kotterman 2110.
- i) Estufa de incubación Kotterman 2736.

4.2.- Método.

Para medir el efecto de la radiación gamma sobre *Vibrio cholerae* y *Listeria monocytogenes*, se utilizaron cepas aisladas y tipificadas en Chile en los laboratorios de Cólera del Instituto de Salud Pública de Chile y de Microbiología de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Chile, respectivamente.

4.2.1.- Plan Experimental.

Se diseñaron los 2 experimentos descritos a continuación. En la Figura N° 1 se ilustra el Plan Experimental seguido.

Experimento N° 1.

El Cuadro 1 muestra el trabajo desarrollado para evaluar microbiológicamente el efecto de la radiación sobre el *Vibrio cholerae*. En cada ocasión, en los días indicados, se analizaron 2 a 3 muestras (bolsas de almejas) para estudiar la sensibilidad del microorganismo a la radiación gamma.

Este experimento se repitió 3 veces, de modo que en el tratamiento control sin irradiación se contó con 9 repeticiones y 6 en los tratamientos con irradiación.

CUADRO 1.- Condiciones experimentales en las que se realizó el experimento N° 1 en carne de almejas refrigeradas, contaminadas con Vibrio cholerae.

Condiciones Experimentales	Tratamientos		
	Control	Irrad. Con 0,5 kGv.	Irrad. Con 1,0 kGv.
T° de almacenaje.	4°C	4°C	4°C
Tiempo de almacenaje	10 días	10 días	10 días
Días en que se analizó Muestras.	1-3-5-8 y 10	1-3-5-8 y 10	1-3-5-8 y 10
N° de muestras Analizadas por día.	3	2	2

Como se muestra en el Cuadro 2 para la evaluación sensorial se usaron 12 jueces, los que calificaron la calidad organoléptica del producto en tres sesiones diferentes.

CUADRO 2.- Condiciones en que se realizó la evaluación sensorial de carne de almejas frescas irradiadas y sin irradiar

Condiciones de la Evaluación	Tratamientos		
	Control	Irrad. Con 0,5 kGv	Irrad. con 1 .0 kGv
N° de Jueces	12	12	12
N° de Sesiones	3	3	3

Experimento N° 2

El Cuadro 3 muestra el trabajo desarrollado para estudiar microbiológicamente el efecto de la radiación gamma sobre *Listeria monocytogenes*. Cada semana se hicieron análisis a 5 muestras (bolsas de langostinos), constituyendo cada una de ellas una repetición. Este experimento no se repitió.

CUADRO 3.- Condiciones experimentales en que se realizó el experimento N° 2 en carne de langostinos congelados, contaminados con *Listeria monocytogenes*.

Condiciones Experimentales	Tratamientos	
	Control	Irradiación con 5,0 kGy
T° de almacenaje	- 22 °C	-22°C
Tiempo de almacenaje	5 semanas	5 semanas
Días en que se analizó muestras.	Lunes a Viernes de cada semana	Lunes a Viernes de cada semana
N° de muestras analizadas por semana.	5	5

Como se muestra en el Cuadro 4 para la evaluación sensorial se usaron 12 jueces, los que calificaron la calidad organoléptica del producto en tres sesiones diferentes.

CUADRO 4.- Condiciones en que se realizó la evaluación sensorial de carne de langostinos irradiada y sin irradiar.

Condiciones de la Evaluación	Tratamientos	
	Control	Irradiación con 5,0 kGy
N° de Jueces	12	12
N° de Sesiones	3	3

En ambos experimentos se preparó producto irradiado especialmente para efectuar la evaluación sensorial. El propósito era estudiar si la irradiación alteraba las características organolépticas de la carne.

4.2.2.- Plan experimental.

En la Figura N° 1 se puede ver el Plan experimental desarrollado.

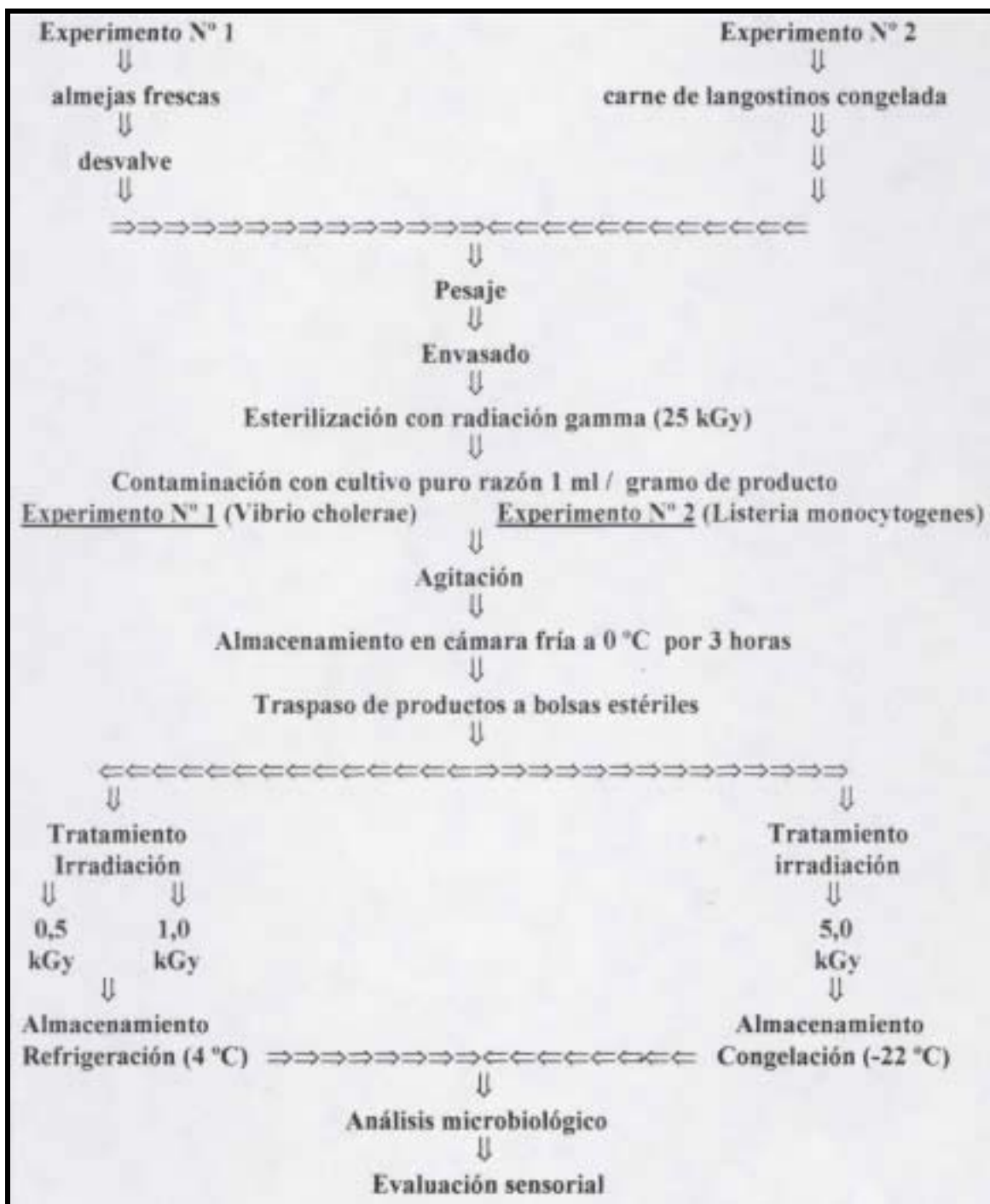
Experimento N° 1.

Las almejas fueron desvalvadas y envasadas en bolsas de polietileno conteniendo alrededor de 50 g de carne cada una. A continuación el producto fue esterilizado con una dosis de 25 kGy de radiación gamma. Luego se contaminó la carne con **Vibrio cholerae** en una concentración de aproximadamente 10^7 ufc/ml, ajustada usando un nefelómetro de Me Farland (Lennette, 1985), y a una razón de 1 mi de cultivo por gramo de producto. Se agitaron las bolsas con el producto contaminado usando el agitador electrónico por 3 minutos, luego se almacenaron en cámara fría a 0 °C por un lapso de tres horas y finalmente se traspasó el producto contaminado, bajo estrictas medidas de asepsia, a bolsas estériles con un contenido aproximado de 25 g de carne cada una, para luego ser tratadas con dosis de 0,5 y 1,0 kGy de radiación gamma, dejando muestras sin irradiar como controles. Una vez irradiadas, las muestras fueron almacenadas por 10 días en la cámara, junto a las muestras controles, a una temperatura de 4 °C.

Experimento N° 2.

La carne de langostinos congelada fue distribuida en porciones de 50 g en bolsas de polietileno. El producto envasado fue esterilizado por irradiación con una dosis de 25 kGy. A continuación, se contaminaron las muestras de langostinos con **Listeria monocytogenes**, con una concentración aproximada de 10^6 ufc/ml, ajustada usando un nefelómetro de Me. Farland (Lennette, 1985), a razón de 1 mi de cultivo por gramo de producto. Posteriormente, las bolsas fueron agitadas usando el agitador electrónico por 3 minutos y se almacenaron durante 3 horas en una cámara fría a 0 °C. Una vez terminado este período, se traspasaron las muestras a bolsas estériles de polietileno que se ubicaron en cajas de cartón para ser tratadas con una dosis promedio de 5,0 kGy, dejando muestras sin irradiar como controles. Antes y después del tratamiento de irradiación, las muestras fueron mantenidas en cámara de congelación a -22 °C.

Figura N° 1.- Secuencia del trabajo experimental para el estudio del efecto de la irradiación en almejas y langostinos.



4.2.3.- Mediciones y Análisis.

Se da una descripción de los procedimientos analíticos para los 2 experimentos realizados. Primero del estudio microbiológico y posteriormente de la evaluación sensorial de los productos.

4.2.3.1.- Análisis Microbiológico.

Experimento N° 1.

Se aplicó la técnica de detección post-irradiación descrita por la FDA (1992). Junto a ello se realizó una técnica de recuento en placa, empleando, para ello, vasos metálicos estériles para homogenizar las muestras, para luego realizar las diluciones y siembra en duplicado, en medio de cultivo para **Vibrio cholerae** T1N1; se efectuó una incubación de 48 horas a 35 °C.

En las Figuras 2 y 3 se pueden ver esquemas de los métodos de aislamiento y recuento microbiológico utilizados en este experimento.

Figura N° 2.- Esquema del método de aislamiento de Vibrio cholerae.

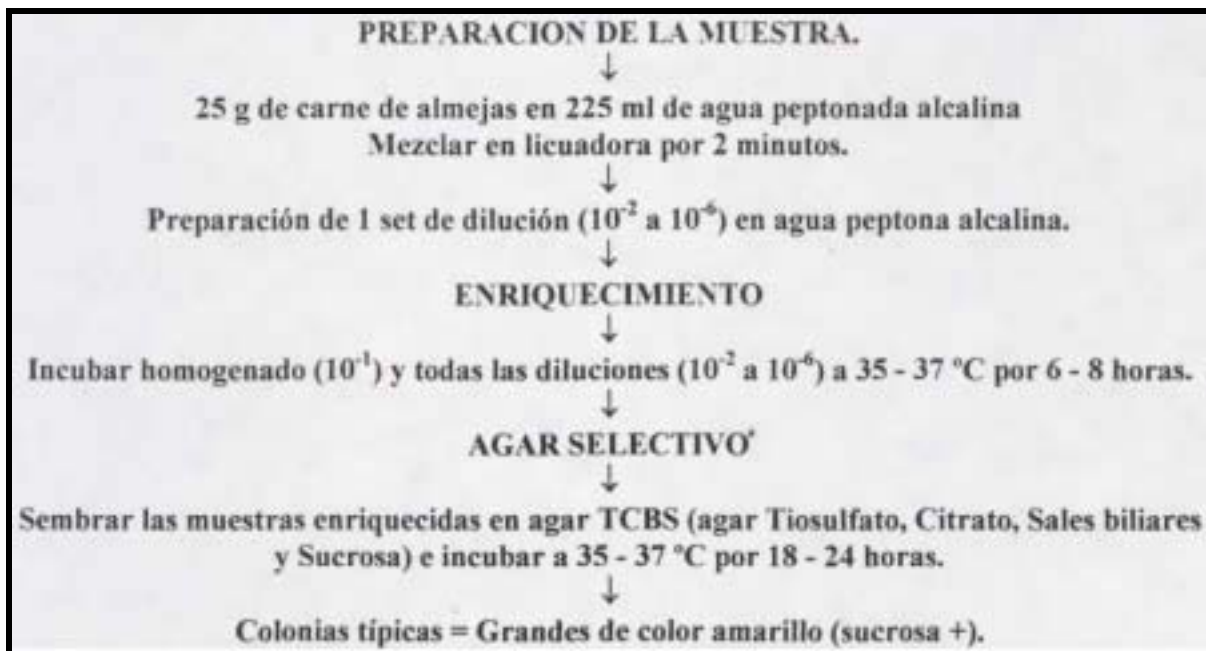
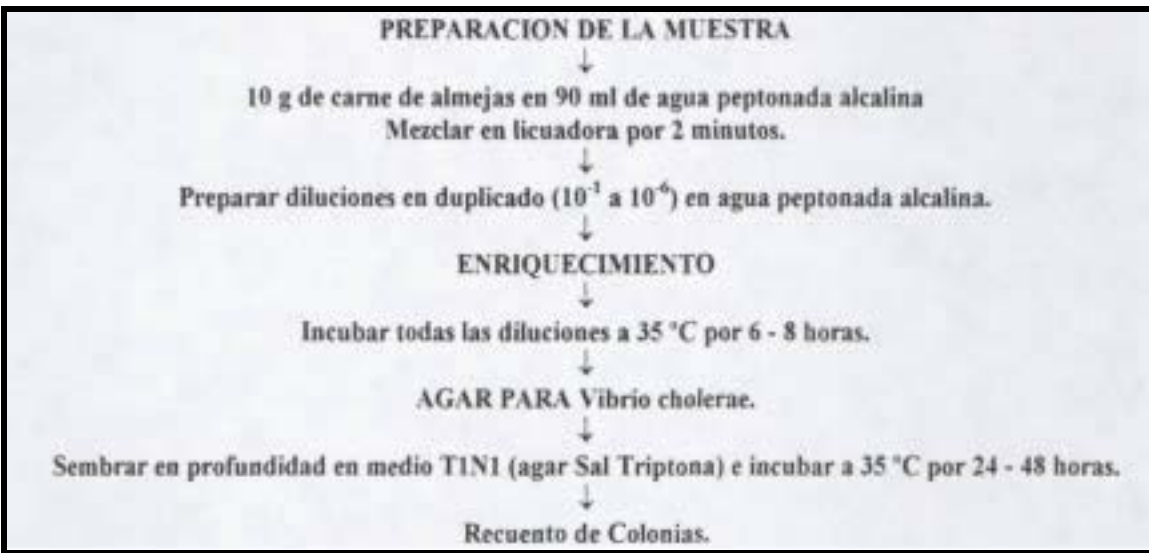


Figura N° 3.- Esquema del método de recuento para *Vibrio cholerae*.



Experimento N° 2.

Se aplicó la técnica de detección post-irradiación denominada Listertest Lift¹, la cual detecta presencia o ausencia de *Listeria* spp. en una gran variedad de muestras de alimentos.

Este método consistió en mezclar la muestra de alimento a analizar con inmunoesferas magnéticas de tamaño microscópico que contienen anticuerpos directos contra *Listeria* spp.

Las inmunoesferas unidas a la bacteria fueron separadas del resto de la muestra y de otros microorganismos que pudiesen existir en ella, en forma magnética, y posteriormente fueron plaqueadas en medio sólido, con una incubación de 24 horas a 37 °C, para obtener la formación de colonias de *Listeria* spp, las cuales fueron caracterizadas inmunológicamente, empleando membranas plásticas para obtener una impresión de las colonias formadas en cada placa. Luego estas membranas fueron fijadas en alcohol para matar las bacterias y disminuir el riesgo del usuario. La placa original se dejó como control para la posterior caracterización del material de las colonias.

La *Listeria* que se encontró en la membrana fijada en alcohol se hizo reaccionar con una solución de anticuerpo monoclonal específico para *Listeria* y luego con una solución de enzima conjugada en un segundo anticuerpo, seguido por un substrato cromogénico. Los puntos coloreados que se formaron en la membrana correspondieron a colonias de *Listeria* en la placa control.

Además se realizó una técnica de recuento en placa con siembra¹ en profundidad en agar soya tripticasa más levadura con una incubación de 48 horas a 35 °C.

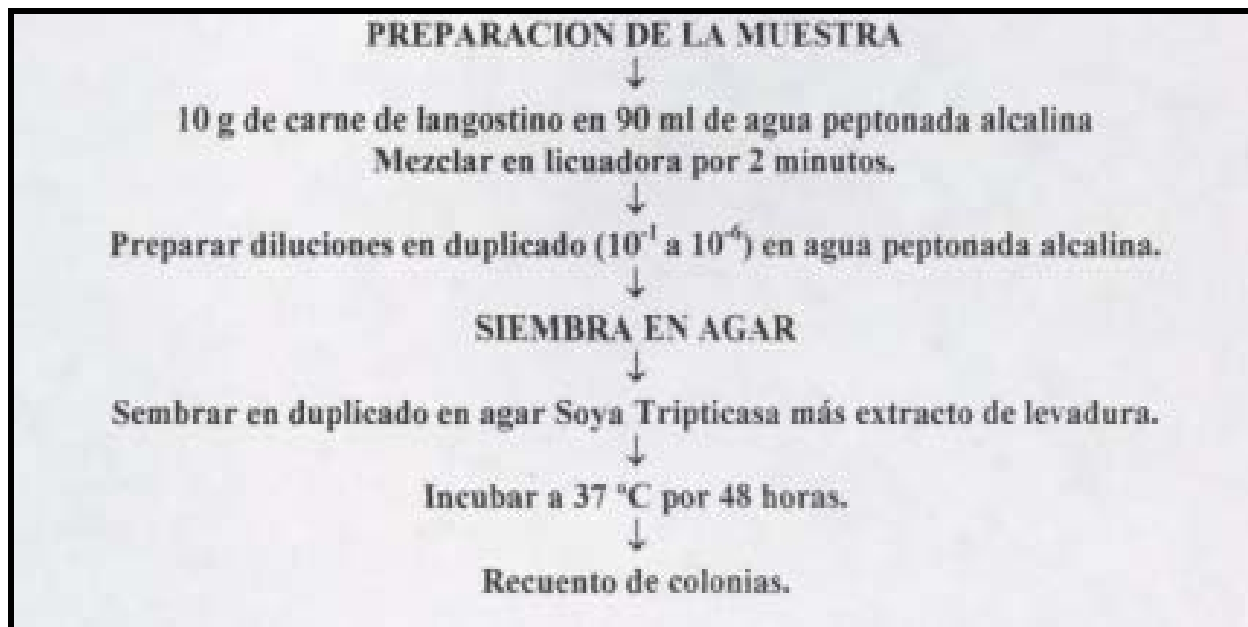
En las Figuras 4 y 5 se pueden ver esquemas de los métodos de aislamiento y recuento microbiológico utilizados en este experimento.

¹ Listertest foodborne pathogen testing system, Laboratorios VICAM (U.S.A.).

Figura N° 4.- Esquema del método de aislamiento de *Listeria monocytogenes*.



Figura N° 5.- Esquema del método de recuento microbiológico para *Listeria monocytogenes*.



4.2.3.2.- Evaluación Sensorial.

A fin de conocer el efecto de la irradiación en las características organolépticas del producto, se irradiaron muestras y se probaron. En ambos experimentos, se evaluó la calidad organoléptica y aceptabilidad de los productos pesqueros utilizados. Para el primer caso, las almejas fueron desvalvadas y envasadas en vasos estériles de polivinilcloruro (PVC) atóxico, con 100 g de carne, aproximadamente. Se irradiaron 12 vasos con una dosis de 0,5 kGy y 12 vasos con 1,0 kGy de radiación gamma y se dejaron muestras controles sin irradiar, realizándose tres sesiones diferentes. Para el caso de la segunda experiencia, la carne de langostinos fue descongelada y envasada en bolsas estériles de polietileno con 100 g de carne, aproximadamente. Se irradiaron 12 bolsas con una dosis de 5,0 kGy de radiación gamma, dejándose muestras sin irradiar como controles, realizándose tres sesiones diferentes.

En la evaluación de las características organolépticas del producto irradiado, se utilizó un panel de 12 evaluadores entrenados, perteneciente a la Comisión Chilena de Energía Nuclear que aplicaron una pauta de valores de 1 a 9 puntos para calificar cada una de las características (ver anexo 1). Para la aceptabilidad se trabajó con el mismo panel de evaluadores utilizando el método de la escala hedónica, con una pauta con valores de 1 a 9 puntos, determinando porcentajes de aceptabilidad (puntajes sobre el valor 5), indiferencia (puntajes iguales a 5) y rechazo (puntajes bajo el valor 5).

4.2.4.- Análisis de Resultados.

Los análisis estadísticos de los resultados fueron realizados con el programa computacional Statgraphics Plus Versión 2.0 para Windows 95, se utilizó el método estadístico de análisis de varianza y test de rango múltiple de Duncan.

Además, se confeccionaron gráficos para observar las tendencias que mostraron los recuentos microbiológicos obtenidos para cada tratamiento, en el período en que se desarrollaron los experimentos.

4.2.4.1.-Microbiológicos.

Experimento N° 1.

Para el análisis de los recuentos microbiológicos se usó un ANDEVA para un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos y con diferente número de repeticiones, teniendo 9 repeticiones para el Control y 6 para cada tratamiento con irradiación (Cuadro 5). El análisis se efectuó para cada día del período de almacenamiento en que se realizó análisis de muestras (Cuadro 1).

Cuadro 5 Análisis de varianza para los datos de recuentos microbiológicos.

Fuente de Variación	Grados de libertad				
	Día 1	Día 3	Día 5	Día 8	Día 10
Tratamientos	2	2	2	2	2
Error	18	18	18	18	18
Total	20	20	20	20	20

Se realizó análisis de varianza y test de rango múltiple de Duncan, para un nivel de significación de 0,05, considerándose $p \leq 0,05$ como significativo, para cada día en que se analizaron las muestras.

Experimento N° 2.

En el análisis de este experimento se usó un ANDEVA para un diseño experimental completamente al azar con dos tratamientos e igual número de repeticiones, 5 para cada tratamiento, para los resultados obtenidos en cada semana (Cuadro 6). El análisis se efectuó para cada semana del período de almacenamiento en que se realizó análisis de muestras (Cuadro 3).

Cuadro 6 Análisis de varianza para los recuentos microbiológicos.

Fuentes de Variación.	Grados de libertad.
Tratamientos	1
Error	8
Total	9

4.2.4.2.- Evaluación Sensorial.

Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial en cada experiencia, fueron analizados estadísticamente por análisis de varianza.

Experimento N° 1.

En los análisis de evaluación para apariencia, color, aroma, sabor, salado, textura y aceptabilidad del producto, se utilizó un diseño experimental cuadrado latino con 3 tratamientos, 12 jueces y 3 sesiones (Cuadro 7).

Cuadro 7 Análisis de varianza para los datos de la evaluación sensorial.

Fuente de Variación	Grados de libertad						
	Apariencia	Color	Aroma	Sabor	Salado	Textura	Aceptabilidad
Tratam.	2	2	2	2	2	2	2
Jueces	11	11	11	11	11	11	11
Sesiones	2	2	2	2	2	2	2
Error	92	92	92	92	92	92	92
Total	107	107	107	107	107	107	107

Se realizó análisis de varianza entre los tratamientos, jueces y sesiones, para un nivel de significancia de 0,05, considerándose $p \leq 0,05$ como significativo.

Experimento N° 2.

En los análisis de evaluación para apariencia, color, aroma, sabor, salado, textura y aceptabilidad del producto, se utilizó un diseño cuadrado latino con 2 tratamientos, 12 jueces y 3 sesiones (Cuadro 8).

Cuadro 8 Análisis de varianza para los datos de la evaluación sensorial.

Fuentes de Variación	Grados de libertad						
	Apariencia	Color	Aroma	Sabor	Salado	Textura	Aceptabilidad
Tratamiento	1	1	1	1	1	1	1
Jueces	11	11	11	11	11	11	11
Sesiones	2	2	2	2	2	2	2
Error	57	57	57	57	57	57	57
Total	71	71	71	71	71	71	71

5. RESULTADOS

Los resultados se encuentran ordenados y presentados en forma secuencial, es decir, en primer lugar los resultados del análisis microbiológico obtenido en ambos experimentos, con **Vibrio cholerae** y **Listeria monocytogenes**. Finalmente se presenta lo correspondiente a evaluación sensorial.

5.1.- Resultados del efecto de la irradiación en la calidad microbiológica.

En los dos experimentos realizados, tanto con **Vibrio cholerae** como con **Listeria monocytogenes**, los recuentos microbiológicos obtenidos fueron expresados en ufc/g y en el logaritmo de éstas.

Para el análisis estadístico de los recuentos obtenidos se utilizaron los valores expresados en el logaritmo de las ufc/g, ya que con ello se facilita el procesamiento de los datos y no se alteran los resultados, pues siguen la misma tendencia que los valores expresados en ufc/g.

Las letras presentes en los cuadros que agrupan los resultados de los recuentos microbiológicos obtenidos para cada experimento, permiten conocer las diferencias estadísticas existentes entre los tratamientos realizados, que para el caso del efecto de la irradiación sobre **Vibrio cholerae** se refieren a cada día del período de almacenaje en que se analizaron muestras y para **Listeria monocytogenes** se refieren a las diferencias existentes para cada semana del período de almacenaje. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

5.1.1.- Resultados del efecto de la irradiación sobre **Vibrio cholerae** en carne de almejas refrigeradas (Experimento N° 1).

Los datos o valores contenidos en el Cuadro 9 proceden de datos parciales descritos en la sección de anexos (anexo 2).

Las diferencias existentes entre los valores de los recuentos microbiológicos dentro de cada tratamiento, para los días del período de almacenaje en que se analizaron muestras, están representadas gráficamente en la Figura N° 6.

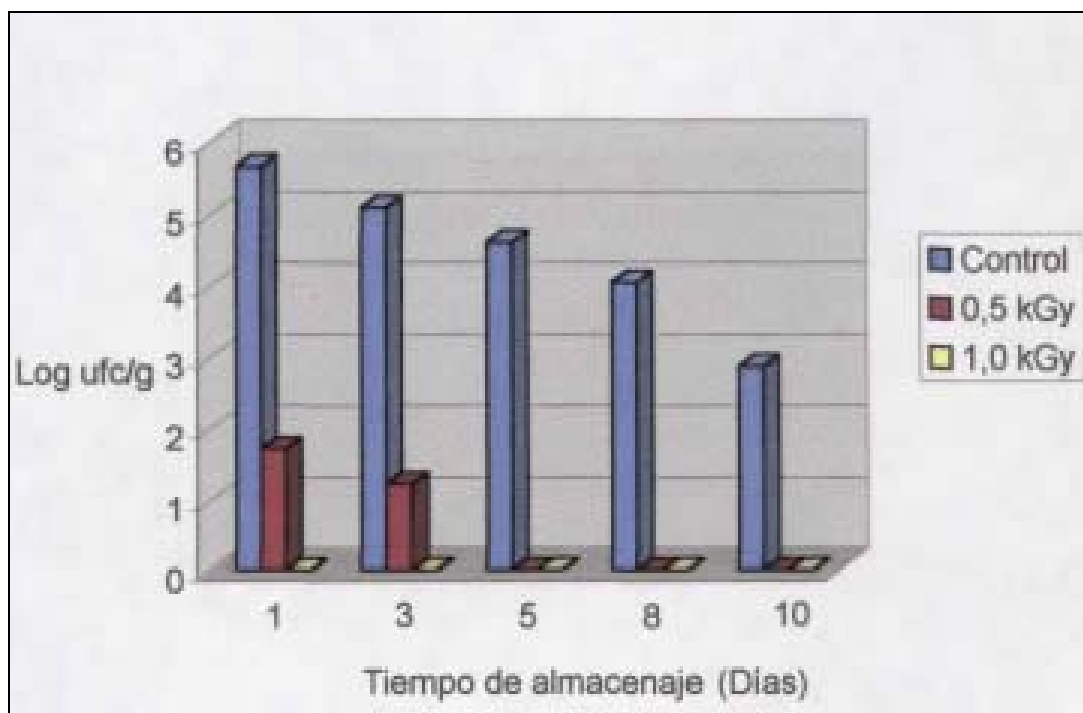
CUADRO 9.- Recuentos microbiológicos en muestras de carne de almejas inoculadas con *Vibrio cholerae* durante un período de almacenamiento a temperatura de refrigeración, expresados en promedios, recuentos mínimos y máximos y desviación standard.

D I A S	M E D. D.	Tratamientos					
		Control		Irrad. con 0,5 kGy.		Irrad. con 1,0 kGy.	
		Prom. ufc/g	Log ufc/g	Prom. ufc/g	Log ufc/g	Prom. ufc/g	Log ufc/g
1*	Prom	4,69 x 10 ⁵	5,66 a	6,34 x10	1,70 b	0	0 c
	D.S.	(1,10 x 10 ⁵)	(0,07)	(3,69 x 10)	(0,38)	0	0
	Mín.	3,10 x 10 ⁵	5,49	1,75 x 10	1,24	0	0
	Máx.	6,60 x 10 ⁵	5,81	9,90 x 10	1,99	0	0
3*	Prom	1,57 x 10 ⁵	5,09 a	2,35 x 10	1,22 b	0	0 c
	D.S.	(10,5 x 10 ⁵)	(0,34)	(2,93 x 10)	(0,45)	0	0
	Mín.	4,55 x 10 ⁴	4,65	0,55 x 10	0,81	0	0
	Máx.	3,40 x 10 ⁵	5,53	8,25 x 10	1,91	0	0
5*	Prom	4,02 x 10 ⁴	4,49 a	0	0 b	0	0 b
	D.S.	(3,17 x 10 ⁴)	(0,36)	0	0	0	0
	Mín.	1,41 x 10 ⁴	4,14	0	0	0	0
	Máx.	8,85 x 10 ⁴	4,94	0	0	0	0
8*	Prom	1,12 x 10 ⁴	4,01 a	0	0 b	0	0 b
	D.S.	(3,19 x 10 ⁴)	(0,21)	0	0	0	0
	Mín.	6,10 x 10 ³	3,78	0	0	0	0
	Máx.	1,86 x 10 ⁴	4,26	0	0	0	0
10*	Prom	9,35 x 10 ²	2,86 a	0	0 b	0	0 b
	D.S.	(7,24 x 10 ²)	(0,35)	0	0	0	0
	Mín.	4,15 x 10 ²	2,61	0	0	0	0
	Máx.	2,05 x 10 ³	3,31	0	0	0	0

* Diferencia significativa al 5% (p≤0,05) MED = Mediciones

Los recuentos que aparecen en el Cuadro 9 con valor "cero", se produjeron debido a limitaciones en la sensibilidad del método de recuento utilizado, por lo tanto, no indican necesariamente ausencia total del microorganismo.

Figura N° 6.- Representación gráfica de los resultados del efecto de la irradiación en la calidad microbiológica de carne de almejas contaminadas artificialmente con *Vibrio cholerae*, durante un período de almacenamiento a temperatura de refrigeración.



5.1.2.- Resultados del efecto de la irradiación sobre **Listeria monocytogenes** en carne de langostinos congelados.

Los datos o valores promedios contenidos en el Cuadro 10 proceden de datos parciales correspondientes a los recuentos obtenidos los primeros 5 días (Lunes a Viernes) de cada semana en que se analizaron muestras. Tanto para el tratamiento control como para el irradiado sólo se analizó una muestra de cada uno al día (anexo 2).

La tendencia que siguieron los valores de los recuentos dentro de cada tratamiento en particular, para cada semana en que se analizaron muestras, está representada gráficamente en la Figura N° 7.

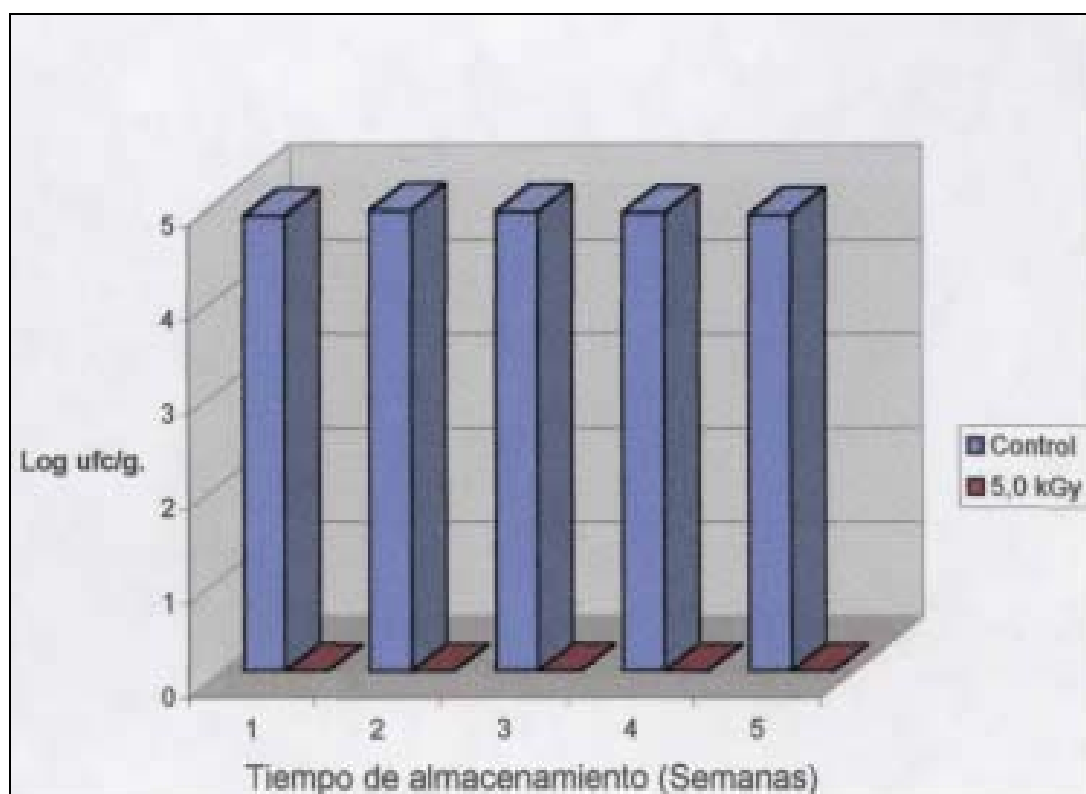
CUADRO 10.- Recuentos microbiológicos obtenidos de muestras de carne de langostino inoculada con *Listeria monocytogenes* durante un período de almacenamiento a temperatura de congelación, expresados en promedios y desviación standard.

Semanas	Tratamientos			
	Controles		Irradiado con 5,0 kGy.	
	Promedio ufc/g	Log ufc/g	Promedio ufc/g	Log ufc/g
1*	6,9x10 ⁴	4,82a	0	0b
	(1,49 x10 ⁴)	(0,10)	0	0
2*	7.6x10 ⁴	4,88a	0	0b
	(0,44x10 ⁴)	(0,03)	0	0
3*	7,5 x 10 ⁴	4,87a	0	0b
	(0,52 x 10 ⁴)	(0,03)	0	0
4*	7,1 x10 ⁴	4,85a	0	0b
	(0,26x10 ⁴)	(0,01)	0	0
5*	6,9x10 ⁴	4,84a	0	0b
	(0,27x10 ⁴)	(0,02)	0	0

Diferencia significativa al 5% ($p \leq 0,05$)

Los recuentos que aparecen con valor "cero" en este experimento se consideraron verdaderos ya que el método de recuento utilizado fue acompañado por un método de determinación de presencia o ausencia del microorganismo.

Figura N° 7.- Representación gráfica de los resultados del efecto de la irradiación en la calidad microbiológica de carne de langostino contaminada artificialmente con *Listeria monocytogenes*, durante un período de almacenamiento en congelación de 5 semanas.



5.2.- Resultados del efecto de la irradiación sobre la calidad organoléptica.

Los resultados de la evaluación sensorial y aceptabilidad de los productos del mar analizados fueron organizados en el siguiente orden: primero el efecto de la irradiación sobre la calidad organoléptica en carne de almejas frescas y posteriormente en carne de langostinos descongelada.

Los datos de los Cuadros 11 y 13 corresponden a los promedios de las calificaciones otorgadas por un panel de 12 jueces, en 3 sesiones diferentes (anexo 3) a partir de una pauta de valores de 1 a 9 puntos para cada característica en particular (anexo 1).

Las letras presentes en los cuadros que agrupan los resultados de la evaluación sensorial, en ambos experimentos, permiten conocer si existen o no diferencias estadísticas entre tratamientos para algún atributo o característica en particular. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

Se realizó la evaluación de la característica de salado o intensidad de sabor a sal en los productos, a pesar que no se agregó sal a éstos, ya que en estudios preliminares se detectó diferencias para esta característica.

Los puntajes promedios de los Cuadros 12 y 14 sobre aceptabilidad proceden de las calificaciones otorgadas por un panel de 12 jueces, en 3 sesiones (anexo 3), utilizando una pauta de valores de 1 a 9 puntos. Los puntajes superiores al valor 5 indican que el producto es aceptable, iguales al valor 5 indiferencia y bajo el valor 5 indican rechazo. Se presentan los porcentajes correspondientes de aceptabilidad, indiferencia y rechazo.

5.2.1.- Evaluación sensorial de carne de almejas frescas.

Las almejas frescas fueron adquiridas el mismo día en que se realizó la evaluación sensorial, posteriormente desvalvadas y sometidas a los tratamientos de irradiación correspondientes, dejando carne de almejas sin irradiar como control.

Los antecedentes estadísticos para sesiones y/o jueces se pueden obtener de los datos registrados en los anexos (anexo 3).

CUADRO 11.- Resultados obtenidos para la evaluación sensorial en carne de almejas frescas irradiadas y sin irradiar, expresados en promedios y desviación standard de las calificaciones otorgadas para cada característica evaluada por un panel de 12 jueces, en 3 sesiones realizadas.

Atributo	Tratamientos		
	Control	Irrad. con 0,5 kGy.	Irrad. con 1,0 kGy.
Apariencia*	6,50a	6,94 b	6,53a
D.S	(0,81)	(0,63)	(0,77)
Color*	5,70a	5,86a	5,22 b
D.S	(0,86)	(0,76)	(0,59)
Aroma	4,92	4,97	4,95
D.S	(0,73)	(0,51)	(0,71)
Sabor	5,14	5,40	5,28
D.S	(0,59)	(0,93)	(0,57)
Salado	4,83	4,75	4,92
D.S	(0,65)	(0,77)	(0,46)
Textura*	6,67a	6,89 a	6,25 b
D.S	(0,67)	(0,75)	(0,65)

* Diferencia significativa al 5% ($p \leq 0,05$)

Los datos del Cuadro 11 proceden de paneles efectuados en triplicado, es decir, en 3 sesiones. Los datos parciales son muy similares para las tres sesiones (anexo 3).

CUADRO 12.- Resultados obtenidos para aceptabilidad del producto (carne de almejas), expresados en promedio y desviación standard de las calificaciones otorgadas para este atributo por un panel de 12 jueces, en 3 sesiones realizadas.

Puntajes	Muestras Controles	Muestras Irradiadas con 0.5	Muestras Irradiadas con 1.0
Promedio total	6,78	6,75	6,53
Desviación standard	(0,89)	(0,81)	(0,91)
% de Rechazo	16,70	8,30	13,90
% de Indiferencia	0	8,30	5,60
% de Aceptabilidad	83,30	83,40	80,05

No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para la aceptabilidad del producto, para un nivel de significación $p \leq 0,05$

5.2.2.- Evaluación sensorial de carne de langostinos descongelada.

La carne de langostinos congelada, envasada de fábrica en bolsas plásticas selladas con 15 kg de producto, fue descongelada a temperatura ambiente para su posterior evaluación.

Los antecedentes estadísticos para sesiones y/o jueces se pueden obtener de los datos registrados en los anexos (anexo 3).

CUADRO 13.- Resultados obtenidos para la evaluación sensorial de carne de langostinos irradiada y sin irradiar, expresados en el promedio y desviación standard de las calificaciones otorgadas para cada característica evaluada, por un panel de 12 jueces, en 3 sesiones.

Características	Tratamientos.	
	Control	Irradiado con 5.0 kGy.
Apariencia*	7,09 ^a	6,39 ^b
D.S	(0,22)	(0,12)
Color*	5,48 ^a	4,81 ^b
D.S	(0,27)	(0,12)
Aroma	5,50	5,31
D.S	(0,17)	(0,09)
Sabor	5,16	5,08
D.S	(0,08)	(0,14)
Salado*	3,83 ^a	3,36 ^b
D.S	(0,16)	(0,31)
Textura	6,67	6,56
D.S	(0,08)	(0,10)

* **Diferencia significativa al 5% ($p \leq 0,05$)**

Los datos del Cuadro 13 proceden de un panel de evaluación en triplicado, es decir, en 3 sesiones. Los puntajes parciales son similares para las tres sesiones (anexo 3).

CUADRO 14.- Resultados obtenidos para aceptabilidad del producto (carne de langostino) expresados en el promedio, desviación standard, porcentaje de rechazo, porcentaje de indiferencia y porcentaje de aceptabilidad de las calificaciones otorgadas por un panel de 12 jueces, en 3 sesiones.

Puntajes	Muestras Controles	Muestras Irradiadas con 5.0 kGy.
Puntaje promedio total	6,88	7,00
Desviación standard	0,10	0,08
% de Rechazo	8,30	0
% de Indiferencia	8,30	8,30
% de Aceptabilidad	83,40	91,70

No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para la aceptabilidad del producto, para un nivel de significación de 0,05.

6. DISCUSION

La discusión se realiza de acuerdo al orden seguido en la presentación de resultados.

Se evaluó la característica de salado (intensidad de sabor a sal), ya que en trabajos preliminares (Rubio, 1995) observó una disminución de la intensidad de sabor a sal en muestras de mariscos irradiados con 6,0 kGy.

6.1.- Radiosensibilidad de **Vibrio cholerae** en carne de almejas refrigeradas.

En el método de recuento microbiológico utilizado en este trabajo se usó un proceso de enriquecimiento para minimizar las limitaciones en la sensibilidad del método.

En el Cuadro 9 se observa que en el tratamiento control se produjo una leve disminución del nivel de contaminación con Vibrio cholerae durante el almacenaje (10 días). Con respecto al tratamiento de irradiación con 0,5 kGy, el efecto letal de la irradiación sobre el microorganismo se observó después del tercer día del período de almacenaje en las 3 oportunidades en que se repitió el experimento, es decir, se observó presencia de la bacteria sólo hasta el día 3. En el tratamiento de irradiación con 1,0 kGy, el efecto letal de la irradiación sobre el microorganismo fue inmediato.

Es interesante destacar el probable efecto combinado de bajas temperaturas (frío) e irradiación sobre los microorganismos. Al parecer existiría un efecto sinérgico entre ambos procesos, la irradiación es capaz de eliminar prácticamente cualquier microorganismo pero se deben respetar ciertos límites en las dosis a utilizar. Al usar una combinación de bajas temperaturas con irradiación se podrían encontrar las dosis mínimas de radiación a utilizar para un determinado objetivo. La literatura indica al respecto que se requieren dosis de radiación mayores en alimentos conservados a bajas temperaturas (congelación), sin embargo, en el rango de temperaturas entre -10 y 10 °C se producen los mejores resultados en lo referente a eliminación de microorganismos, manteniendo las características organolépticas y valor nutritivo de los alimentos (Ito y col., 1993; Wong y col., 1995).

Como lo muestra la Figura N° 6, los recuentos obtenidos para los tratamientos control e irradiación con 0,5 kGy indican una tendencia a la disminución en los niveles de contaminación con la bacteria a través de todo el período de almacenaje en refrigeración. Con el tratamiento de irradiación con 1,0 kGy, se observa una reducción total del nivel de contaminación con el microorganismo.

Los resultados en el tratamiento control (Cuadro 9) muestran una supervivencia de la bacteria durante todo el período de almacenaje en refrigeración (10 días). Esto concuerda con los obtenidos por Barua (1970) que observó una supervivencia por 14 días de Vibrio cholerae en productos del mar a temperatura de refrigeración (4 °C).

Rubio (1995) en carne de almejas contaminadas con Vibrio cholerae, observó que una irradiación con 1,0 kGy y 2,0 kGy, tenían un efecto letal inmediato sobre el microorganismo, mientras que en el tratamiento control sólo se produjo una leve disminución del nivel de contaminación inicial del producto (10 ufc/g). Esto concuerda con los resultados de esta tesis, donde se observó que una dosis de 1,0 kGy fue suficiente para asegurar un producto (almejas) libre de Vibrio cholerae, considerando una contaminación inicial de 10^6 a 10^7 ufc/g.

A diferencia de lo ocurrido en este trabajo con almejas (Cuadro 9), Sang y col. (1987) eliminaron Vibrio cholerae de ancas de rana refrigeradas a una temperatura de 4 °C, con un nivel de contaminación de $3,8 \times 10^6$ ufc/g, aplicando un tratamiento de irradiación en dosis de 0,5 kGy. Al respecto, la OMS (1989) y la International Commission on Microbiological Specification for Foods (1980), señalan que el efecto letal de la irradiación depende, entre otros factores, del tipo de alimento en el cual se encuentra el microorganismo a irradiar.

6.2.- Radiosensibilidad de **Listeria monocytogenes** en carne de langostinos congelada.

En el Cuadro 10 se observa que en el tratamiento control se produjo una disminución leve del nivel de contaminación inicial del producto, manteniéndose los recuentos más o menos constantes a través de todo el período de almacenaje en congelación. Con respecto al tratamiento de irradiación con 5,0 kGy, el efecto letal de éste sobre el microorganismo fue inmediato, es decir, no se detectó presencia de la bacteria en ninguna de las muestras analizadas.

La tendencia de los valores microbiológicos del Cuadro 10, para cada tratamiento, se puede observar en la Figura N° 7, donde se muestra la mantención en el nivel de contaminación con Listeria monocytogenes en todo el período de almacenaje en el tratamiento control, con un promedio de $7,2 \times 10^4$ ufc/g (anexo 2) y la total ausencia del microorganismo durante el mismo período en el tratamiento con irradiación. Una dosis de 5,0 kGy es suficiente para eliminar el microorganismo de las muestras contaminadas con un cultivo puro de 10^6 ufc/ml.

Rubio (1995) realizó un estudio similar de radiosensibilidad con 4,0 y 6,0 kGy en Listeria monocytogenes en carne de langostinos congelados. En las muestras irradiadas con menor dosis, sobrevivió el microorganismo en algunas muestras, lo que indica que esta dosis no era suficiente para eliminar la bacteria a un nivel de contaminación de 10^7 ufc/g; en cambio, con la dosis mayor no se detectó presencia de la bacteria en ninguna de las muestras analizadas. Esto concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo, ya que el nivel de contaminación desaparece con una dosis de radiación de 5,0 kGy, que es intermedia a la usada por Rubio (1995).

Dosis de radiación en un rango de 2,0 a 5,0 kGy pueden reducir significativamente los niveles de otros patógenos tales como, Salmonella spp, Staphylococcus aureus y Bacillus cereus en alimentos refrigerados (Kampelmacher, 1983; Patterson, 1989). Esto es importante de considerar, ya que con la dosis aplicada de 5,0 kGy se estaría eliminando también otras bacterias potencialmente patógenas para el ser humano, al ser menos radioresistentes que Listeria monocytogenes.

6.3.- Evaluación sensorial en carne de almejas frescas.

Sólo se observaron diferencias entre tratamientos en las características de apariencia, color y textura (Cuadro 11) En relación a estas características, la diferencia se determinó en las muestras irradiadas con 0,5 kGy, las cuales fueron mejor calificadas que las muestras controles y las irradiadas con 1,0 kGy. En realidad la técnica de irradiación no mejora las características organolépticas de un alimento determinado (OMS, 1989), por lo que estas diferencias se deberían a imprecisiones propias del panel de jueces que realizó la evaluación (anexo 3); Rubio (1995) utilizó una metodología similar para la evaluación de carne de almejas con dosis de radiación de 1,0 y 2,0 kGy, no encontrando diferencias significativas entre tratamientos en ninguna de las características evaluadas.

Con respecto a la aceptabilidad de las muestras analizadas (Cuadro 12), no se encontraron diferencias entre tratamientos, obteniendo todos los tratamientos puntajes promedios cercanos a 7,0, que según pauta significa "Me gusta medianamente" (anexo 1). Rubio (1995), utilizando el mismo método aplicado en este trabajo, tampoco encontró diferencias significativas entre tratamientos.

En relación a los porcentajes de rechazo, indiferencia y aceptabilidad, se observa que no existen mayores diferencias entre productos irradiados y productos sin irradiar (Cuadro 12).

6.4.- Evaluación sensorial en carne de langostinos descongelada.

Se observaron diferencias significativas entre tratamientos para las características de **apariencia, color y salado**, resultando las muestras controles con una mejor calificación en todas las características. Esto concuerda con el trabajo de Rubio (1995), quien al comparar carne de langostinos sin irradiar e irradiado con 4,0 y 6,0 kGy, encontró que las muestras controles fueron evaluadas mejor en apariencia e intensidad de color que las muestras irradiadas.

Lo anterior se explicaría por que la irradiación ocasiona cambios químicos (formación de radicales libres) que pueden dar lugar a alteraciones organolépticas inaceptables en ciertos alimentos sensibles o en alimentos que se han sometido a dosis altas. Algunos alimentos reaccionan desfavorablemente, incluso a dosis bajas de radiación. La leche y algunos productos lácteos figuran entre los alimentos más sensibles; con dosis tan bajas como 0,1 kGy., la leche adquiere un sabor que la mayoría de los consumidores encuentran inaceptable. En carnes se necesitan dosis elevadas para su esterilización, lo que va relacionado con cambios de sabor desagradables en ella; dosis superiores a 1,5 kGy pueden ocasionar un oscurecimiento de la carne expuesta al aire (OMS, 1989).

En el Cuadro 13 se observa que para la característica de salado o intensidad de sabor a sal, hay un valor cercano a 4 en las muestras controles y un valor cercano a 3 en las muestras irradiadas, siendo considerado el valor 5 como una intensidad de sal normal o moderada (anexo 1), es decir, la irradiación produciría alteración del sabor a salado en las muestras tratadas. Esto motiva a realizar una investigación con diferentes dosis de radiación para determinar si el efecto en esta característica se debe realmente al tratamiento de irradiación.

Con respecto a la aceptabilidad (Cuadro 14) en el presente estudio, no se observaron diferencias en los puntajes de calificación obtenidos entre tratamientos. Esto concuerda con lo obtenido por Rubio (1995) para tratamientos control, irradiación con dosis de 4,0 y 6,0 kGy. En relación a los porcentajes de rechazo, indiferencia y aceptabilidad determinados en el presente trabajo, llama la atención el alto porcentaje de aceptabilidad logrado por las muestras irradiadas, en comparación con las controles que no fueron irradiadas. Esto concuerda con lo obtenido por Rubio (1995) en relación a las muestras irradiadas con dosis de 4,0 kGy, obteniendo un porcentaje de aceptabilidad de 87 % en comparación a un 83 % en las muestras controles. La aceptabilidad para las muestras irradiadas con 6,0 kGy fue menor, ya que se comenzaron a producir cambios indeseados en las características organolépticas del producto tratado.

En relación a las diferencias encontradas en la característica de salado (intensidad de sabor a sal) en el experimento realizado (Cuadro 13), llama la atención que ésta se observó sólo en carne de langostinos congelados, ocurriendo lo mismo en el trabajo de Rubio (1995). Esto vendría a corroborar lo referente al efecto de la irradiación sobre un determinado alimento, ya que al irradiar alimentos diferentes con dosis iguales los efectos que se producen son generalmente diferentes. Por ejemplo, González (1979) comparó las características sensoriales de pescado irradiado con la misma dosis utilizada en la carne de langostinos en esta tesis (5,0 kGy), sin encontrar diferencias significativas con respecto a pescado sin irradiar.

Finalmente, se debe dejar claro que el efecto de la radiación en los alimentos, depende de muchos factores, tales como, la cantidad de radiación absorbida por ellos, expresada como dosis; la temperatura a la que se realiza el proceso de irradiación; el tipo y composición química del alimento a irradiar (lípidos, hidratos de carbono, proteínas, agua) y la presencia o ausencia de oxígeno durante el proceso de irradiación (Tallentire, 1980; Urbain, 1986; OMS, 1989).

La irradiación de alimentos es un proceso físico de tratamiento y como tal es semejante al calentamiento, refrigeración o la congelación, pero las técnicas y el equipo empleados para irradiar, los requisitos en materia de salud y de seguridad que se deben tomar en cuenta, sitúan a esta técnica en una categoría propia. Esta innovadora tecnología puede llegar a tener grandes implicancias en lo que se refiere a disminuir pérdidas alimenticias y reducir los riesgos potenciales de adquirir una enfermedad transmitida por los alimentos, por lo que se requieren más estudios al respecto, para comenzar a aplicar en forma más masiva esta interesante alternativa de tratamiento para los alimentos.

7. CONCLUSIONES

Los objetivos principales de esta investigación fueron determinar dosis de radiación gamma capaces de eliminar un nivel de contaminación específico de *Vibrio cholerae* en carne de almejas refrigeradas a 4 °C y *Listeria monocytogenes* en carne de langostinos congelada a -22 °C y evaluar las características organolépticas de los productos irradiados versus productos sin irradiar. En relación a ello los resultados obtenidos permiten concluir que:

- Un tratamiento de irradiación con una dosis de 1.0 kGy fue suficiente para eliminar un nivel de contaminación de *Vibrio cholerae* de 10 ufc en 50 g de carne de almejas refrigerada.

- Un tratamiento de irradiación con una dosis de 5,0 kGy fue suficiente para eliminar un nivel de contaminación de *Listeria monocytogenes* de 10⁶ ufc en 50 g de carne de langostinos congelada.

- La evaluación sensorial demostró, que en general la irradiación de alimentos no altera las características organolépticas de los alimentos tratados con esta técnica.

- Finalmente, con respecto a la aceptabilidad de los productos evaluados en esta investigación no se determinaron diferencias entre los tratamientos efectuados. Por lo tanto los productos irradiados son bien aceptados por parte del consumidor potencial.

8. BIBLIOGRAFIA

ANONYMOUS. 1988. Shrimp undergo class I recall because of *Listeria monocytogenes*. Food Chem. News 30 (34): 20 - 21.

BARUA, D. 1970. Supervivencia del vibrión colérico en los alimentos, el agua y los fomites. Capítulo 4. Principios y práctica de la lucha contra el cólera. Organización Mundial de la Salud. Ginebra.

BLAKE, P. A. 1983. Vibrios on the half shell: what the walrus and the carpenter didn't know. Ann. International Medicine 99: 558.

CASERIO, G.,C.GRONCHI and C.VILLA. 1989. *Listeria* in meat, fish, poultry, stuffed pastries and vegetables. Industrie Alimentari. 28: 250-253.

DIAA EL-DIN,M.H.,K.SHAMSUZZAMAN and J. BORSA. 1990 Radiation sensitivity of *Listeria monocytogenes* in phosphate buffer, trypticase soy broth, and poultry feed. Journal of Food Protection. 53 (8): 648 - 651.

FACINELLI, B., P.E. VARALDO, M. TONI, C. CASOLARI and U. FABIO. 1989 Ignorance about *Listeria*. British Medicine Journal. 299: 738.

FDA, FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. 1996 Monthly Detentions for Chile 1:1-4.

FDA, FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. 1992 Bacteriological Analytical Manual..7th Edition. Chapter 9.

FRIES, R. and MUELLER-HOBE. 1990. Differentiation of *Listeria* specimens. Lebensmittel Hyg. 41: 146-149.

GONZALEZ, O. N. 1979. Report N^o R-1737-F AIEA, Vienna.

GRANT, I and M. PATTERSON. 1992. Sensitivity of foodborne pathogens to irradiation in the components of a chilled ready meal. Food Microbiology. 9 : 95-103.

HUHTANEN, C.N., R.K. JENKINS and D.W. THAYERS. 1989 Gamma radiation sensitivity of *Listeria monocytogenes*. Journal of Food Protection. 52 (9): 610-613.

IDZIAK, E. and K. INCZE. 1968. Radiation treatment of foods. Radurization of fresh eviscerated poultry. Applied Microbiology. 16:1061-1066.

INTERNATIONAL COMMISSIONS ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS. 1980. Microbial Ecology. Chapter 3 : 48 - 73.

ICGFI, INTERNATIONAL CONSULTATIVE GROUP OF FOOD IRRADIATION. 1989. Consultation on microbiological criteria for foods to be further processed including by irradiation, Genova.

ITO, H, H. RASHID, N. SANGTHONG, P. ADLXYATHAM, P. RATTAGOOL and I. ISHIGAKI. 1993. Effect of gamma irradiation on frozen shrimps for decontamination of pathogenic bacteria. Radiat. Phys. Chem. 42 (1 - 3): 655 - 658.

JEMMI, T. 1990. Actual knowledge of *Listeria* in meat and fish products. Mitt. Geb. Lebensmittelunters. Hyg. 81 : 144 -157.

KAMPELMACHER, E.H. 1983. Prospects of eliminating pathogens by process of food irradiation. IAEA-SM-250/29: 265-289.

LENNETTE, E.H. 1985. Manual of Clinical Microbiology. Fourth Edition.

MARTH, E.1988.Disease characteristics of *Listeria monocytogenes*. Food Technology 42(4): 165-168.

MIYAKI, K., S. IWAHARA, K. SATO, S. FUJIMOTO and K. ALBARA. 1967 Basic studies on the viability of El Tor vibrios. Bulletin World Health Organization. 37 : 773.

OMS, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 1989 Irradiación de Alimentos Ginebra. Págs: 7 - 46.

OPS/OMS, ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD/ ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. 1991. Health Programs development. Veterinary public Health Program. Risk of transmission of cholerae by food. Washintong D.C. Págs: 1 - 22.

PATTERSON, M. 1988. Sensitivity of bacteria to irradiation on poultry meat under various atmospheres. Letters in Applied Microbiology. 7:55- 58.

PATTERSON, M. 1989. Sensitivity of *Listeria monocytogenes* to irradiation on poultry meat and in phosphate-buffered saline. Letters in Applied Microbiology. 8 : 181-184.

PAVIA, A.T., J.F. CAMPBELL, P.A. BLAKE, J.D. SMITH, T.W. McKTNLEY and D.L. MARTIN. 1987. Cholera from raw oysters shipped interstate. Journal Amer. Med. Association. 258 : 2374.

RELLY, L.A. and C.R. HACKNEY. 1985. Survival of *Vibrio cholerae* During Cold Storage in Artificially Contaminated Seafood's. Journal of Food Science. 50 : 838 - 839.

RORVIK, L.M. and M. YNDESTAD. 1991. *Listeria monocytogenes* in foods in Norway. International Journal of Food Microbiology. 13: 97-104.

RUBIO, T. 1995. Uso de la irradiación como medida de intervención de salud pública para el control de enfermedades transmitidas por los alimentos. Primera reunión Proyecto coordinado IAEA/FAO/OPS/OMS. Louisiana. USA. 14-16 Septiembre 1995.

SANG, F.C., M.E. HUGH-JONES and H.V. HAGSTAD. 1987 Viability of *Vibrio cholerae* 01 on frog leg under frozen and refrigerated conditions and low dose radiation treatment. Journal of Food Protection. 50 (8): 662 - 664.

SHULTZ, L.,J. RUTLEDGE, R. GRODNER and S. BIEDE. 1984 Determination of the thermal death time of vibrio cholerae in blue crabs (*Callinectes sapidus*). Journal of Food Protection. 47 : 4.

SUTTON, R.G. 1974. An outbreak of cholera in Australia due to food served in flight on an international air craft. Journal Hyg. Camb. 72 : 441.

TALLENTIRE, A. 1980. The spectrum of microbial radiation sensitivity. Rad. Phys. Chemicals. 15 : 83-89.

URBAIN, W. 1986. Biological effects of ionizing radiation. In Food Irradiation. Academic Press, Inc. Orlando, Florida. Págs.: 83 - 117.

WEAGANT, . D.,P.N. SADO, K.G. COLBURN, J.D. TORKELSON, F.A. STAXLEY, M.H. KRANE, S.C. SHEILDS and C.F. THAYER. 1988. The incidence of Listeria species in frozen seafood. Journal Food Protection. 51 : 250 - 253.

WONG, H.CH., W-L. CHAO and S-J. LEE. 1990. Incidence and characterization of Listeria monocytogenes in food available in Taiwan. Appl. Environ. Microbiology. 56 : 3101-3104.

WONG, H.CH., L. CHEN and CH.M. YU. 1995. Occurrence of vibrios in frozen seafood's and survival of psychrotrophic vibrio cholerae in broth and shrimp homogenate at low temperatures. Journal of Food Protection. 58 (3): 263 - 267.

ANEXOS

ANEXO 1.- Fichas utilizadas en la evaluación sensorial.

1.1.- Pautas de valores y fichas utilizadas en la evaluación sensorial y determinación de aceptabilidad de los productos analizados.

PAUTA DE VALORES UTILIZADOS EN EVALUACIÓN SENSORIAL.

APARIENCIA	INTENSIDAD DE COLOR
Me gusta extremadamente..... 9	Extremadamente alto, oscuro..... 9
Me gusta mucho..... 8	Muy oscuro..... 8
Me gusta medianamente..... 7	Alto..... 7
Me gusta algo..... 6	Levemente oscuro..... 6
No me gusta ni me disgusta..... 5	Normal..... 5
Me disgusta algo..... 4	Levemente bajo..... 4
Me diseusta poco..... 3	Bajo, claro, pálido..... 3
Me disgusta mucho..... 2	Muy pálido..... 2
Me disgusta extremadamente..... 1	Sin color..... 1
INTENSIDAD DE AROMA	SABOR
Extremadamente aromático..... 9	Extremadamente alto..... 9
Muy aromático..... 8	Muy alto..... 8
Aromático..... 7	Alto..... 7
Levemente alto..... 6	Levemente alto..... 6
Normal, moderado..... 5	Normal, moderado..... 5
Levemente bajo..... 4	Levemente bajo..... 4
Bajo..... 3	Bajo..... 3
Muy bajo..... 2	Muy bajo..... 2
Sin aroma..... 1	Insípido, sin sabor..... 1
INTENSIDAD DE SAL	TEXTURA
Extremadamente salado..... 9	Excelente..... 9
Muy salado..... 8	Muy buena..... 8
Salado..... 7	Buena..... 7
Levemente salado..... 6	Más que regular..... 6
Normal, moderado..... 5	Regular..... 5
Levemente sin sal..... 4	Menos que regular..... 4
Levemente suave..... 3	Deficiente..... 3
Muy débil..... 2	Mala..... 2
Sin sal..... 1	Muy mala..... 1

FICHA PARA EVALUACIÓN SENSORIAL

Comisión Chilena de Energía Nuclear
Departamento de Aplicaciones Nucleares
Sección Irradiaciones

EVALUACION DE CALIDAD DE:
SET:
NOMBRE:
FECHA:

Observe y deguste las muestras en el orden presentado, calificándolas con nota 1 a 9 según pauta, en cuanto apariencia, color, aroma, sabor, salado y textura.

Nº Muestra	Apariencia	Color	Aroma	Sabor	Salado	Textura
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Comentarios:
.....
.....
.....

PAUTA DE VALORES UTILIZADOS PARA MEDIR ACEPTABILIDAD.

ACEPTABILIDAD	
Me gusta extremadamente.....	9
Me gusta mucho.....	8
Me gusta medianamente.....	7
Me gusta algo.....	6
No me gusta ni me disgusta.....	5
Me disgusta algo.....	4
Me disgusta poco.....	3
Me disgusta mucho.....	2
Me disgusta extremadamente.....	1

FICHA PARA EVALUACION DE ACEPTABILIDAD

Comisión Chilena de Energía Nuclear
 Departamento de Aplicaciones Nucleares
 Sección Irradiaciones.

NOMBRE:

FECHA:

PRODUCTO:

Observe y deguste las muestras en el orden presentado, calificándolas con nota 1 a 9, según pauta, en cuanto aceptabilidad.

N° de Muestra	Aceptabilidad
.....
.....
.....
.....
.....

Comentarios:

.....

.....

ANEXO 2.- Resultados parciales de los análisis microbiológicos en los experimentos realizados.

2.1.- Experimento N° 1.

2.1.1.- Recuentos durante un período de almacenamiento a temperatura de refrigeración por 10 días, en las tres repeticiones realizadas.

1ª Repetición.

Día N° 1				
		ufc/g	Promedio ufc/g	Promedio Log ufc/g
Muestras	1	$4,10 \times 10^5$	$3,40 \times 10^5$	5,59
Controles	2	$4,25 \times 10^5$		
	3	$3,35 \times 10^5$		
Muestras	1	$2,00 \times 10^1$	$1,86 \times 10^1$	U6
Irradiadas con 0,5 kGv	2	$1,75 \times 10^1$		
Muestras	1	0	0	0
Irradiadas con 1,0 kGv	2	0		
Día N° 3				
		ufc/g	Promedio ufc/g	Log ufc/g
Muestras	1	$3,40 \times 10^5$	$3,1 \times 10^5$	5,49
Controles	2	$2,67 \times 10^5$		
	3	$3,24 \times 10^5$		
Muestras	1	$0,65 \times 10^1$	$0,6 \times 10^1$	0,77
Irradiadas con 0,5 kGv	2	$0,55 \times 10^1$		
Muestras	1	0	0	0
Irradiadas con 1,0 kGv	2	0		
Día 5				
		ufc/g	Promedio ufc/g	Log ufc/g
Muestras	1	$7,15 \times 10^4$	$8,15 \times 10^4$	4,91
Controles	2	$8,45 \times 10^4$		
	3	$8,85 \times 10^4$		
Muestras	1	0	0	0
Irradiadas con 0,5 kGv	2	0		
Muestras	1	0	0	0
Irradiadas con 1,0 kGv	2	0		
Día 8				
		ufc/g	Promedio ufc/g	Log ufc/g
Muestras	1	$1,76 \times 10^4$	$1,80 \times 10^4$	4,25
Controles	2	$1,86 \times 10^4$		
	3	$1,78 \times 10^4$		
Muestras	1	0	0	0
Irradiadas con 0,5 kGv	2	0		
Muestras	1	0	0	0
Irradiadas con 1,0 kGv	2	0		
Día 10				
		ufc/g	Promedio ufc/g	Log ufc/g
Muestras	1	$1,98 \times 10^3$	$1,89 \times 10^3$	3,27
Controles	2	$2,05 \times 10^3$		
	3	$1,64 \times 10^3$		
Muestras	1	0	0	0
Irradiadas con 0,5 kGv	2	0		
Muestras	1	0	0	0
Irradiadas con 1,0 kGv	2	0		

2ª Repetición

Día N° 1				
		ufc/g	Promedio ufc/g	Promedio Log ufc/g
Muestras	1	$4,85 \times 10^5$		
Controles	2	$6,60 \times 10^5$	$5,58 \times 10^5$	5,74
	3	$5,30 \times 10^5$		
Muestras	1	$9,15 \times 10^4$		
Irradiadas con 0,5 kGv	2	$9,90 \times 10^4$		
Muestras	1	0	0	0
Irradiadas con 1,0 kGv	2	0		
Día N° 3				
		ufc/g	Promedio ufc/g	Log ufc/g
Muestras	1	$9,70 \times 10^4$		
Controles	2	$8,85 \times 10^4$	$8,68 \times 10^4$	4,93
	3	$7,50 \times 10^4$		
Muestras	1	$8,25 \times 10^1$		
Irradiadas con 0,5 kGv	2	$1,30 \times 10^1$		
Muestras	1	0	0	0
Irradiadas con 1,0 kGv	2	0		
Día 5				
		ufc/g	Promedio ufc/g	Log ufc/g
Muestras	1	$3,29 \times 10^4$		
Controles	2	$1,79 \times 10^4$	$2,24 \times 10^4$	4,35
	3	$1,66 \times 10^4$		
Muestras	1	0		
Irradiadas con 0,5 kGv	2	0		
Muestras	1	0	0	0
Irradiadas con 1,0 kGv	2	0		
Día 8				
		ufc/g	Promedio ufc/g	Log ufc/g
Muestras	1	$8,70 \times 10^3$		
Controles	2	$8,75 \times 10^3$	$8,13 \times 10^3$	3,91
	3	$6,95 \times 10^3$		
Muestras	1	0		
Irradiadas con 0,5 kGv	2	0		
Muestras	1	0	0	0
Irradiadas con 1,0 kGv	2	0		
Día 10				
		ufc/g	Promedio ufc/g	Log ufc/g
Muestras	1	$4,60 \times 10^2$		
Controles	2	$4,85 \times 10^2$	$4,76 \times 10^2$	2,67
	3	$4,85 \times 10^2$		
Muestras	1	0		
Irradiadas con 0,5 kGv	2	0		
Muestras	1	0	0	0
Irradiadas con 1,0 kGv	2	0		

2.1.3.- Análisis de Varianza

Día 1 del período de almacenamiento.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	2	127,36	63,68	1675,78	3,55
Error	18	0,68	0,038		
Total	20	128,04			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	9	5,66	X
Irrad. con 0,5 kGy	6	1,70	X
Irrad. con 1,0 kGy	6	0	X

Día 3 del período de almacenamiento.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	2	108,38	54,19	576,48	3,55
Error	18	1,692	0,094		
Total	20	110,08			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	9	5,09	X
Irrad. con 0,5 kGy	6	1,22 0	X
Irrad. con 1,0 kGy	6		X

Día 5 del período de almacenamiento.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	2	103,27	51,63	1053,67	3,55
Error	18	0,882	0,049		
Total	20	104,16			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	9	4,49	X
Irrad. con 0,5 kGy	6	0	X
Irrad. con 1,0 kGy	6	0	X

3ª Repetición.

Día N° 1				
		ufc/g	Promedio ufc/g	Promedio Log ufc/g
Muestras	1	$5,25 \times 10^5$		
Controles	2	$3,10 \times 10^5$	$4,58 \times 10^5$	5,66
	3	$5,40 \times 10^5$		
Muestras	1	$9,15 \times 10^4$		
Irradiadas con 0,5 kGv	2	$6,15 \times 10^4$		
Muestras	1	0	0	0
Irradiadas con 1,0 kGv	2	0		
Día N° 3				
		ufc/g	Promedio ufc/g	Log ufc/g
Muestras	1	$4,55 \times 10^4$		
Controles	2	$9,15 \times 10^4$	$7,28 \times 10^4$	4,86
	3	$8,15 \times 10^4$		
Muestras	1	$1,80 \times 10^1$		
Irradiadas con 0,5 kGv	2	$1,55 \times 10^1$		
Muestras	1	0	0	0
Irradiadas con 1,0 kGv	2	0		
Día 5				
		ufc/g	Promedio ufc/g	Log ufc/g
Muestras	1	$2,16 \times 10^4$		
Controles	2	$1,41 \times 10^4$	$1,68 \times 10^4$	4,22
	3	$1,49 \times 10^4$		
Muestras	1	0		
Irradiadas con 0,5 kGv	2	0		
Muestras	1	0	0	0
Irradiadas con 1,0 kGv	2	0		
Día 8				
		ufc/g	Promedio ufc/g	Log ufc/g
Muestras	1	$6,10 \times 10^3$		
Controles	2	$6,90 \times 10^3$	$7,50 \times 10^3$	3,87
	3	$9,50 \times 10^3$		
Muestras	1	0		
Irradiadas con 0,5 kGv	2	0		
Muestras	1	0	0	0
Irradiadas con 1,0 kGv	2	0		
Día 10				
		ufc/g	Promedio ufc/g	Log ufc/g
Muestras	1	$4,75 \times 10^2$		
Controles	2	$4,15 \times 10^2$	$4,38 \times 10^2$	2,64
	3	$4,26 \times 10^2$		
Muestras	1	0		
Irradiadas con 0,5 kGv	2	0		
Muestras	1	0	0	0
Irradiadas con 1,0 kGv	2	0		

2.1.2.- Recuentos microbiológicos promedios del experimento N° 1.

1ª Repetición.					
Días de Almac. Refrigeración.	1 Log ufc/g	3 Log ufc/g	5 Log ufc/g	8 Log ufc/g	10 Log ufc/g
Muestras Controles	5,59	5,49	4,91	4,25	3,27
Muestras Irrad. 0.5 kGv.	1,26	0,77	0	0	0
Muestras Irrad.. 1.0 kGv.	0	0	0	0	0
2ª Repetición.					
Días de Almac. Refrigeración.	1 Log ufc/g	3 Log ufc/g	5 Log ufc/g	8 Log ufc/g	10 Log ufc/g
Muestras Controles	5,74	4,93	4,35	3,91	2,67
Muestras Irrad. 0.5 kGv.	1,97	1,67	0	0	0
Muestras Irrad. 1.0 kGv.	0	0	0	0	0
3ª Repetición.					
Días de Almac. Refrigeración.	1 Log ufc/g	3 Log ufc/g	5 Log ufc/g	8 Log ufc/g	10 Log ufc/g
Muestras Controles	5,66	4,86	4,22	3,87	2,64
Muestras Irrad. 0,5 kGy.	1,88	1,22	0	0	0
Muestras Irrad. 1.0 kGv.	0	0	0	0	0
Promedios totales de las tres repeticiones					
Días de Almac.	1	3	5	8	10
M. Controles	5,66	5,09	4,49	4,01	2,86
Irrad. 0,5 kGy	1,70	1,22	0	0	0
Irrad. 1,0 kGy	0	0	0	0	0

Día 8 del período de almacenamiento.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	2	82,46	41,23	2576,87	3,55
Error	18	0,288	0,016		
Total	20	82,77			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	9	4,01	X
Irrad. con 0,5 kGy	6	0	X
Irrad. con 1,0 kGy	6	0	X

Día 10 del período de almacenamiento.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	2	42,04	21,02	500,47	3,55
Error	18	0,756	0,042		
Total	20	62,89			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	9	2,86	X
Irrad. con 0,5 kGy	6	0	X
Irrad. con 1,0 kGy	6	0	X

2.2.- Experimento N° 2.

2.2.1.- Determinación de Presencia o Ausencia de **Listeria monocytogenes**, por medio del método de aislamiento Lisierstest lift y recuento (ufc/g) en muestras de carne de langostinos congelados sin irradiar y en muestras tratadas con una dosis de radiación gamma de 5,0 kGy, inoculadas artificialmente con la bacteria.

Muestras controles			Muestras irradiadas con 5,0 kGy		
Sem.	Presencia/ Ausencia	ufc/g	Sem.	Presencia/Ausencia	ufc/g
1	Presencia	4,5 x 10 ⁴	1	Ausencia	0
	Presencia	7,2 x 10 ⁴		Ausencia	0
	Presencia	7,3 x 10 ⁴		Ausencia	0
	Presencia	6,8 x 10 ⁴		Ausencia	0
	Presencia	8,6 x 10 ⁴		Ausencia	0
Promedio		6,9 x 10⁴	Promedio		0
2	Presencia	7,1 x 10 ⁴	2	Ausencia	0
	Presencia	7,5 x 10 ⁴		Ausencia	0
	Presencia	7,7 x 10 ⁴		Ausencia	0
	Presencia	8,3 x 10 ⁴		Ausencia	0
	Presencia	7,4 x 10 ⁴		Ausencia	0
Promedio		7,6 x 10⁴	Promedio		0
3	Presencia	6,9 x 10 ⁴	3	Ausencia	0
	Presencia	7,8 x 10 ⁴		Ausencia	0
	Presencia	8,2 x 10 ⁴		Ausencia	0
	Presencia	7,1 x 10 ⁴		Ausencia	0
	Presencia	7,5 x 10 ⁴		Ausencia	0
Promedio		7,5 x 10⁴	Promedio		0
4	Presencia	7,3 x 10 ⁴	4	Ausencia	0
	Presencia	6,8 x 10 ⁴		Ausencia	0
	Presencia	7,0 x 10 ⁴		Ausencia	0
	Presencia	6,9 x 10 ⁴		Ausencia	0
	Presencia	7,4 x 10 ⁴		Ausencia	0
Promedio		7,1 x 10⁴	Promedio		0
5	Presencia	6,8 x 10 ⁴	5	Ausencia	0
	Presencia	6,6 x 10 ⁴		Ausencia	0
	Presencia	7,1 x 10 ⁴		Ausencia	0
	Presencia	7,3 x 10 ⁴		Ausencia	0
	Presencia	6,8 x 10 ⁴		Ausencia	0
Promedio		6,9 x 10⁴	Promedio		0
Promedio Total		7,2 x 10⁴	Promedio Total		0

2.2.2.- Recuentos microbiológicos promedio obtenidos en la experiencia realizada en carne de langostinos congelados, inoculados con *Listeria monocytogenes*, según recuentos expresados en el logaritmo de las ufc/g. en muestras controles, almacenadas a -22°C, sin irradiar y en muestras irradiadas con una dosis de radiación gamma de 5,0 kGy y almacenadas en congelación.

Muestras Controles		Muestras Irradiadas con 5,0 kGy	
Semana	Log ufc/g	Semana	Log ufc/g
1	4,65	1	0
	4,85		0
	4,86		0
	4,83		0
	4,93		0
Promedio	4,82	Promedio	0
2	4,85	2	0
	4,87		0
	4,88		0
	4,92		0
	4,86		0
Promedio	4,88	Promedio	0
3	4,84	3	0
	4,89		0
	4,91		0
	4,85		0
	4,87		0
Promedio	4,87	Promedio	0
4	4,86	4	0
	4,83		0
	4,84		0
	4,84		0
	4,86		0
Promedio	4,85	Promedio	0
5	4,83	5	0
	4,81		0
	4,85		0
	4,86		0
	4,83		0
Promedio	4,84	Promedio	0
Promedio Total	4,85	Promedio Total	0

2.2.3.- Análisis de Varianza.

Semana 1.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	1	58,18	58,18	10774,07	5,32
Error	8	0,0432	0,0054		
Total	9	58,2232			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	5	4,82	X
Irrad. con 5,0 kGy	5	0	X

Semana 2.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	1	59,44	59,44	165111,1	5,32
Error	8	0,00288	0,00036		
Total	9	59,44288			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	5	4,88	X
Irrad. con 5,0 kGy	5	0	X

Semana 3.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	1	59,34	59,34	144731,7	5,32
Error	8	0,00328	0,00041		
Total	9	59,34328			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	5	4,87	X
Irrad. con 5,0 kGy	5	0	X

Semana 4.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	1	58,71	58,71	652333,3	5,32
Error	8	0.00072	0.00009		
Total	9	64,44			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	5	4,85	X
Irrad. con 5,0 kGy	5	0	X

Semana 5.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	1	58,47	58,47	307736,8	5,32
Error	8	0.00152	0.00019		
Total	9	64,22			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	5	4,84	X
Irrad. con 5,0 kGy	5	0	X

ANEXO 3.- Resultados parciales de la Evaluación sensorial en los experimentos.

3.1.- Evaluación sensorial y aceptabilidad experimento N° 1.

Tabla 1.- Resultados evaluación de apariencia en almejas.

Juez	Sesión	Tratamientos		
		Control	Irrad. 0,5 kGy	Irrad. 1,0 kGy
1	1	6	7	8
1	2	7	8	7
1	3	4	7	7
2	1	8	8	7
2	2	7	7	7
2	3	6	7	7
3	1	6	7	7
3	2	7	7	7
3	3	6	6	7
4	1	7	7	6
4	2	6	7	6
4	3	7	7	5
5	1	6	7	8
5	2	7	7	7
5	3	6	6	7
6	1	6	6	6
6	2	8	7	6
6	3	6	7	6
7	1	8	8	7
7	2	6	7	7
7	3	6	7	6
8	1	6	6	8
8	2	6	8	7
8	3	7	7	7
9	1	7	7	7
9	2	7	7	6
9	3	6	8	6
10	1	7	8	6
10	2	8	6	6
10	3	6	7	6
11	1	6	6	6
11	2	6	7	5
11	3	6	7	5
12	1	7	7	7
12	2	7	7	6
12	3	6	6	6
Promedio		6,50	6,94	6,53
D.S.		(0,81)	(0,63)	(0,77)

F.V.	G.L.	S.C	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	2	4,463	2,231	4,61	3,121
Juez	11	8,324	0,756	1,56	1,91
Sesión	2	4,963	2,481	5,12	3,121
Error	92	44,57	0,484		
Total	107	64,969			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	36	6,50	X
Irrad. Con 0,5 kGy	36	6,94	X
Irrad. Con 1,0 kGy	36	6,53	X

Tabla 2.- Resultados evaluación de color en almejas.

Juez	Sesión	Tratamientos		
		Control	Irrad. 0,5 kGy	Irrad. 1,0 kGy
1	1	5	5	6
1	2	6	7	6
1	3	7	7	7
2	1	6	6	6
2	2	6	6	5
2	3	5	7	6
3	1	5	5	5
3	2	5	7	5
3	3	6	6	5
4	1	4	5	5
4	2	6	5	5
4	3	7	5	5
5	1	6	6	6
5	2	7	6	5
5	3	6	6	6
6	1	5	6	5
6	2	5	5	4
6	3	5	6	5
7	1	6	6	5
7	2	5	7	5
7	3	7	7	5
8	1	7	6	6
8	2	7	6	5
8	3	5	6	6
9	1	6	6	5
9	2	5	6	5
9	3	6	7	5
10	1	7	5	5
10	2	5	5	5
10	3	5	5	5
11	1	6	5	5
11	2	6	5	4
11	3	5	5	5
12	1	5	5	5
12	2	4	7	5
12	3	5	6	5
Promedio		5,70	5,86	5,22
D.S.		(0,86)	(0,76)	(0,59)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	2	7,72	3,86	8,71	3,121
Juez	11	16,25	1,48	3,33	1,91
Sesión	2	1,50	0,75	1,69	3,121
Error	92	40,77	0,44		
Total	107	66,24			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	36	5,70	X
Irrad. con 0,5 kGy	36	5,86	X
Irrad. con 1,0 kGy	36	5,22	X

Tabla 3.- Resultados evaluación de aroma en almejas.

Juez	Sesión	Tratamientos		
		Control	Irrad. 0,5 kGy	Irrad. 1,0 kGy
1	1	5	5	6
1	2	5	5	5
1	3	6	6	6
2	1	5	5	6
2	2	6	5	5
2	3	5	6	6
3	1	4	5	5
3	2	5	5	5
3	3	5	6	5
4	1	5	5	4
4	2	6	5	4
4	3	5	5	5
5	1	5	5	6
5	2	6	5	5
5	3	5	5	6
6	1	5	5	5
6	2	6	5	5
6	3	4	5	5
7	1	5	5	4
7	2	6	5	4
7	3	5	6	4
8	1	4	4	6
8	2	5	4	5
8	3	5	5	6
9	1	5	5	5
9	2	5	5	5
9	3	5	5	5
10	1	3	5	4
10	2	5	5	4
10	3	4	5	5
11	1	4	4	4
11	2	5	5	4
11	3	5	5	4
12	1	5	4	5
12	2	5	4	5
12	3	3	5	5
Promedio		4,92	4,97	4,95
D.S.		(0,73)	(0,51)	(0,71)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	2	0,055	0,027	0,08	3,121
Juez	11	11,89	1,08	3,11	1,91
Sesión	2	1,72	0,86	2,48	3,121
Error	92	32,0	035		
Total	107	45,655			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	36	4,92	X
Irrad. con 0,5 kGy	36	4,97	X
Irrad. con 1,0 kGy	36	4,95	X

Tabla 4.- Resultados evaluación de sabor en almejas.

Juez	Sesión	Tratamientos		
		Control	Irrad. 0,5 kGy	Irrad. 1,0 kGy
1	1	5	5	5
1	2	6	4	6
1	3	5	4	6
2	1	5	5	6
2	2	6	5	6
2	3	5	6	6
3	1	6	6	5
3	2	5	6	5
3	3	6	6	5
4	1	5	5	5
4	2	6	4	5
4	3	5	6	5
5	1	5	5	6
5	2	6	5	6
5	3	5	6	6
6	1	5	6	5
6	2	5	5	5
6	3	4	7	5
7	1	5	6	5
7	2	5	6	5
7	3	5	7	5
8	1	4	6	6
8	2	6	6	6
8	3	5	7	6
9	1	5	5	5
9	2	6	6	6
9	3	5	7	5
10	1	5	5	4
10	2	5	4	5
10	3	4	5	5
11	1	5	4	4
11	2	5	5	5
11	3	6	6	5
12	1	4	4	5
12	2	5	4	5
12	3	5	5	5
Promedio		5,14	5,40	5,28
D.S.		(0,59)	(0,93)	(0,57)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	2	1,13	0,56	1,36	3,121
Juez	11	13,21	1,20	2,90	1,91
Sesión	2	2,79	1,40	3,38	3,121
Error	92	38,10	0,41		
Total	107	55,23			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	36	5,14	X
Irrad. con 0,5 kGy	36	5,40	X
Irrad. con 1,0 kGy	36	5,28	X

Tabla 5.- Resultados evaluación de salado en almejas.

Juez	Sesión	Tratamientos		
		Control	Irrad. 0,5 kGy	Irrad. 1,0 kGy
1	1	4	5	5
1	2	6	5	5
1	3	5	5	4
2	1	4	6	5
2	2	5	5	5
2	3	4	6	5
3	1	5	5	6
3	2	5	4	5
3	3	5	5	5
4	1	5	6	5
4	2	5	5	5
4	3	5	5	5
5	1	5	5	5
5	2	6	4	5
5	3	4	5	5
6	1	4	4	5
6	2	5	5	5
6	3	5	5	5
7	1	5	6	4
7	2	4	5	4
7	3	5	5	4
8	1	5	5	5
8	2	6	5	5
8	3	5	5	5
9	1	4	4	5
9	2	5	3	5
9	3	6	5	5
10	1	5	4	4
10	2	3	3	5
10	3	4	4	4
11	1	5	5	6
11	2	5	5	5
11	3	5	5	5
12	1	5	5	5
12	2	5	3	5
12	3	5	4	5
Promedio		4,83	4,75	4,92
D.S.		(0,65)	(0,77)	(0,46)

F.V.	G.L.	S.C.	CM.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	2	0,35	0,18	0,49	3,121
Juez	11	9,66	0,88	2,43	1,91
Sesión	2	0,35	0,18	0,49	3,121
Error	92	33,29	0,36		
Total	107	43,65			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	36	4,83	X
Irrad. con 0,5 kGy	36	4,75	X
Irrad. con 1,0 kGy	36	4,92	X

Tabla 6.- Resultados evaluación de textura en almejas.

Juez	Sesión	Tratamientos		
		Control	Irrad. 0,5 kGy	Irrad. 1,0 kGy
1	1	7	7	5
1	2	5	7	6
1	3	7	7	6
2	1	7	6	7
2	2	7	7	7
2	3	7	6	7
3	1	7	7	6
3	2	6	7	6
3	3	7	7	6
4	1	8	7	7
4	2	7	7	7
4	3	7	7	7
5	1	6	8	6
5	2	7	8	6
5	3	6	7	6
6	1	6	6	6
6	2	7	7	7
6	3	6	6	7
7	1	8	8	6
7	2	6	8	7
7	3	7	7	7
8	1	6	6	6
8	2	6	7	6
8	3	7	6	7
9	1	8	7	6
9	2	6	8	6
9	3	7	6	6
10	1	7	8	5
10	2	6	8	5
10	3	6	7	6
11	1	6	6	6
11	2	7	7	5
11	3	7	8	6
12	1	7	7	6
12	2	7	7	7
12	3	6	6	7
Promedio		6,67	6,89	6,25
D.S.		(0,67)	(0,75)	(0,65)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	2	7,57	3,79	8,51	3,121
Juez	11	8,99	0,81	1,84	1,91
Sesión	2	0,35	0,18	0,40	3,121
Error	92	40,96	0,44		
Total	107	57,87			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	36	6,67	X
Irrad. con 0,5 kGy	36	6,89	X
Irrad. con 1,0 kGy	36	6,25	X

Tabla 7.- Resultados evaluación de aceptabilidad en almejas.

Juez	Sesión	Tratamientos		
		Control	Irrad. 0,5 kGy	Irrad. 1,0 kGy
1	1	7	8	8
1	2	7	7	7
1	3	7	8	8
2	1	8	7	7
2	2	7	7	8
2	3	8	7	8
3	1	7	7	7
3	2	8	6	7
3	3	7	7	7
4	1	4	7	7
4	2	8	7	6
4	3	7	7	5
5	1	8	4	7
5	2	7	7	4
5	3	7	7	4
6	1	8	8	7
6	2	8	7	7
6	3	8	8	7
7	1	7	8	7
7	2	4	5	7
7	3	7	7	7
8	1	4	8	7
8	2	4	7	5
8	3	7	8	7
9	1	7	4	4
9	2	8	5	7
9	3	7	6	7
10	1	4	7	4
10	2	7	4	6
10	3	7	8	7
11	1	4	8	4
11	2	6	7	7
11	3	7	6	7
12	1	8	7	7
12	2	7	5	6
12	3	8	7	7
Promedio		6,78	6,75	6,53
D.S.		(0,67)	(0,75)	(0,65)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	2	1,35	0,67	1,06	3,121
Juez	11	15,07	1,37	2,16	1,91
Sesión	2	6,46	3,23	5,09	3,121
Error	92	58,40	0,63		
Total	107	81,28			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	36	6,78	X
Irrad. con 0,5 kGy	36	6,75	X
Irrad. con 1,0 kGy	36	6,53	X

3.2.- Evaluación sensorial y aceptabilidad experimento N° 2.

Tabla 1.- Resultados evaluación de apariencia en langostinos.

Juez	Sesión	Tratamientos	
		Control	Irrad. 5,0 kGy
1	1	8	7
1	2	8	7
1	3	8	7
2	1	7	7
2	2	7	7
2	3	8	6
3	1	7	6
3	2	7	6
3	3	7	6
4	1	7	7
4	2	7	7
4	3	7	7
5	1	6	6
5	2	7	6
5	3	7	6
6	1	6	6
6	2	7	6
6	3	7	6
7	1	8	7
7	2	8	7
7	3	8	6
8	1	7	7
8	2	7	7
8	3	7	7
9	1	6	6
9	2	7	6
9	3	7	6
10	1	7	6
10	2	7	6
10	3	7	6
11	1	6	5
11	2	7	6
11	3	7	5
12	1	7	7
12	2	7	7
12	3	7	7
Promedio		7,09	6,39
D.S.		(0,22)	(0,12)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	1	8,68	8,68	57,37	4,043
Juez	11	14,15	149	8,50	2,020
Sesión	2	0,53	0,26	1,74	3,191
Error	57	8,62	0,15		
Total	71	31,98		*	

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	36	7,09	X
Irrad. con 5,0 kGy	36	6,39	X

Tabla 2.- Resultados evaluación de color en langostinos.

Juez	Sesión	Tratamientos	
		Control	Irrad. 5,0 kGy
1	1	6	5
1	2	6	5
1	3	6	5
2	1	5	5
2	2	6	5
2	3	6	5
3	1	5	5
3	2	6	4
3	3	6	5
4	1	6	5
4	2	6	5
4	3	6	5
5	1	5	4
5	2	5	4
5	3	6	5
6	1	5	5
6	2	5	5
6	3	6	5
7	1	5	5
7	2	6	5
7	3	6	5
8	1	5	5
8	2	5	4
8	3	5	5
9	1	5	5
9	2	6	5
9	3	6	5
10	1	5	5
10	2	5	5
10	3	5	5
11	1	5	4
11	2	5	4
11	3	6	4
12	1	5	5
12	2	5	5
12	3	5	5
Promedio		5,48	4,81
D.S.		(0,27)	(0,12)

F.V.	G.L.	S.C	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	1	8,0	8,0	55,46	4,043
Juez	11	4,94	0,45	342	2,020
Sesión	2	1,44	0,72	5,01	3,191
Error	57	8,22	0,14		
Total	71	22,60			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	36	5,48	X
Irrad. con 5,0 kGy	36	4,81	X

Tabla 3.- Resultados evaluación de aroma en langostinos.

Juez	Sesión	Tratamientos	
		Control	Irrad. 5,0 kGy
1	1	6	6
1	2	6	6
1	3	6	5
2	1	6	6
2	2	6	5
2	3	6	6
3	1	6	5
3	2	6	5
3	3	6	5
4	1	5	6
4	2	5	6
4	3	5	5
5	1	6	5
5	2	6	5
5	3	5	5
6	1	5	5
6	2	6	6
6	3	5	5
7	1	5	6
7	2	5	5
7	3	5	5
8	1	6	6
8	2	6	5
8	3	6	5
9	1	6	5
9	2	6	5
9	3	5	5
10	1	5	5
10	2	5	5
10	3	5	5
11	1	5	5
11	2	6	5
11	3	5	5
12	1	5	6
12	2	5	6
12	3	5	5
Promedio		5,50	5,31
D.S.		(0,17)	(0,09)

F.V.	G.L.	S.C.	CM.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	1	0,68	0,68	3,22	4,043
Juez	11	4,15	0,38	1,79	2,020
Sesión	2	0,44	0,22	1,05	3,191
Error	57	12,04	0,21		
Total	71	17,31			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	36	5,50	X
Irrad. con 5,0 kGy	36	5,31	X

Tabla 4.- Resultados evaluación de sabor en langostinos.

Juez	Sesión	Tratamientos	
		Control	Irrad. 5,0 kGy
1	1	5	6
1	2	5	6
1	3	5	5
2	1	5	6
2	2	5	5
2	3	5	6
3	1	5	5
3	2	5	5
3	3	5	5
4	1	5	5
4	2	5	5
4	3	5	5
5	1	5	5
5	2	5	4
5	3	5	4
6	1	5	5
6	2	5	5
6	3	5	4
7	1	6	6
7	2	5	5
7	3	6	5
8	1	5	5
8	2	6	5
8	3	6	5
9	1	5	5
9	2	5	5
9	3	5	5
10	1	5	5
10	2	5	5
10	3	5	5
11	1	5	5
11	2	6	5
11	3	6	5
12	1	5	5
12	2	5	5
12	3	5	5
Promedio D.S.		5,16 (0,08)	5,08 (0,14)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	1	0,125	0,125	0,83	4,043
Juez	11	5,041	0,458	3,03	2,020
Sesión	2	0,083	0,041	0,28	3,191
Error	57	8,625	0,151		
Total	71	13,875			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	36	5,16	X
Irrad. con 5,0 kGy	36	5,08	X

Tabla 5.- Resultados evaluación de salado en langostinos.

Juez	Sesión	Tratamientos	
		Control	Irrad. 5,0 kGy
1	1	5	4
1	2	4	3
1	3	4	4
2	1	4	4
2	2	4	3
2	3	4	4
3	1	4	4
3	2	4	4
3	3	4	4
4	1	4	4
4	2	4	3
4	3	3	3
5	1	4	4
5	2	4	4
5	3	4	4
6	1	5	4
6	2	3	2
6	3	3	3
7	1	3	4
7	2	3	3
7	3	3	4
8	1	3	3
8	2	3	2
8	3	3	3
9	1	5	4
9	2	4	4
9	3	4	4
10	1	4	3
10	2	4	2
10	3	4	3
11	1	4	3
11	2	4	2
11	3	4	3
12	1	5	4
12	2	5	4
12	3	4	4
Promedio D.S.		3,83 (0,22)	3,36 (0,31)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	1	3,125	3,125	16,25	4,043
Juez	11	16,71	1,2	7,90	2,020
Sesión	2	2,08	1,04	5,42	3,191
Error	57	10,96	0,19		
Total	71	32,875			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	36	3,83	X
Irrad. con 5,0 kGy	36	3,36	X

Tabla 6.- Resultados evaluación de textura en langostinos.

Juez	Sesión	Tratamientos	
		Control	Irrad. 5,0 kGy
1	1	8	7
1	2	8	7
1	3	7	7
2	1	7	7
2	2	7	7
2	3	7	6
3	1	7	7
3	2	7	6
3	3	7	7
4	1	7	6
4	2	7	6
4	3	7	6
5	1	6	7
5	2	6	7
5	3	6	6
6	1	6	7
6	2	7	7
6	3	6	6
7	1	6	6
7	2	6	6
7	3	6	7
8	1	7	7
8	2	7	7
8	3	7	6
9	1	7	6
9	2	7	6
9	3	7	7
10	1	6	6
10	2	6	6
10	3	6	7
11	1	6	7
11	2	6	6
11	3	6	6
12	1	7	7
12	2	7	7
12	3	7	7
Promedio D.S.		6,67 (0,08)	6,56 (0,08)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	F _{tab5%}
Tratamientos	1	0,22	0,22	1,09	4,043
Juez	11	9,11	0,82	4,08	2,020
Sesión	2	0,19	0,09	0,48	3,191
Error	57	11,58	0,20		
Total	71	21,10			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	36	6,67	X
Irrad, con 5,0 kGy	36	6,56	X

Tabla 7.- Resultados evaluación de aceptabilidad en langostinos.

Juez	Sesión	Tratamientos	
		Control	Irrad. 5,0 kGy
1	1	8	7
1	2	8	8
1	3	8	8
2	1	8	7
2	2	7	7
2	3	8	8
3	1	7	7
3	2	8	7
3	3	8	6
4	1	8	7
4	2	7	7
4	3	8	7
5	1	4	7
5	2	7	7
5	3	7	7
6	1	7	8
6	2	4	7
6	3	7	7
7	1	7	5
7	2	7	7
7	3	5	7
8	1	5	7
8	2	7	8
8	3	7	8
9	1	7	7
9	2	5	7
9	3	7	5
10	1	4	7
10	2	7	5
10	3	7	7
11	1	7	7
11	2	7	7
11	3	7	7
12	1	8	7
12	2	7	7
12	3	8	8
Promedio		6,88	7,0
D.S.		(0,10)	(0,08)

F,V,	G.L,	S.C.	C.M.	Fcale	Ftab5%
Tratamientos	1	0,22	0,22	0,71	4,043
Juez	11	9,44	0,86	2,76	2,020
Sesión	2	0,36	0,18	0,58	3,191
Error	57	17,75	031		
Total	71	22,60			

Tratamientos	N	Promedio	Grupos homogéneos
Control	36	6,88	X
Irrad. con 5,0 kGy	36	7,0	X

ANEXO 4.- CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE IRRADIACION DE ALIMENTOS BASADO EN EL LIBRO "LA IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS" PUBLICADO POR LA ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD, GINEBRA 1989.

Las tentativas por limitar las devastadoras consecuencias de la pérdida de productos alimenticios y las enfermedades transmitidas por los alimentos, han preocupado al hombre por décadas. No hay datos exactos sobre la cantidad de productos alimenticios que se pierden en el mundo, pero las pérdidas son enormes. Se calcula que la pérdida en almacén de grano y legumbres no baja del 10%. En cuanto a otros alimentos básicos y a las verduras y frutas, las pérdidas por contaminación microbiana y putrefacción llegan al 50%.

Debido a esto, es que el hombre ha buscado diversas formas para conservar en óptimas condiciones los alimentos, tales como, la salazón, cocción, ahumado, enlatado, la congelación, tratamientos térmicos y la conservación química. La última incorporación a este listado ha sido la irradiación de alimentos, es decir, la exposición de diversos tipos de alimentos a cantidades cuidadosamente medidas de radiaciones ionizantes.

La preservación de alimentos por irradiación es considerada un proceso " frío ", ya que sólo se produce un pequeño aumento de temperatura en el producto durante el proceso de preservación. Con esto, se reducen las pérdidas de nutrientes, se minimizan cambios adversos en las características organolépticas de los alimentos y en su calidad nutricional.

ASPECTOS FISICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES.

Constitución del átomo.

Los átomos son las partículas que componen las moléculas. Se puede definir a un átomo como la última parte en que se puede dividir la materia sin que ésta pierda sus propiedades originales. Existen aproximadamente 103 elementos que tienen cada uno estructura atómica diferente (sistema periódico) . A su vez, los átomos están formados por otras partículas, subatómicas, que se denominan electrones, protones y neutrones. Los protones y neutrones se encuentran en la parte central o núcleo del átomo, mientras los electrones giran alrededor (órbitas) . Los protones tienen carga eléctrica de signo positivo, en cambio los electrones poseen carga eléctrica de signo negativo y los neutrones carecen de carga eléctrica, son neutros. Las cantidades de protones y de electrones presentes en cada átomo son iguales entre sí y sus cargas eléctricas se neutralizan mutuamente. Por lo tanto, el átomo de un elemento es eléctricamente neutro.

Radiaciones ionizantes.

A la energía que emite o irradia un cuerpo se le denomina radiación o energía radiante. Cuando un electrón se extrae de un átomo o molécula los componentes resultantes quedan con carga eléctrica positiva o negativa. La parte que queda con carga positiva se denomina Ion positivo y la parte que queda con carga negativa se denomina Ion negativo. Este fenómeno se conoce como ionización y a las emisiones que provocan este comportamiento en los átomos y/o moléculas que inciden se les denomina radiaciones ionizantes.

Los isótopos son átomos que tienen el mismo número atómico (N° de protones), pero diferente masa atómica (suma de protones y neutrones). Algunos de estos isótopos son inestables y tienden de manera espontánea a un estado de mayor estabilidad, desde el punto de vista energético, mediante la emisión de partículas y/o radiaciones electromagnéticas. Este proceso recibe el nombre de " desintegración radiactiva ", y los isótopos que lo experimentan se denominan radioisótopos.

La energía que emiten las partículas y/o radiaciones electromagnéticas se mide en Megaelectronvoltios (MeV; 1 Mev equivale a 1.6×10^{-6} Erg.).¹

Un núcleo que sufre desintegración radiactiva puede cambiar a una forma más estable emitiendo partículas alfa (α), beta (β) y/o radiación gamma (γ). Cuando el radioisótopo emite 2 protones y 2 neutrones juntos, se dice que el elemento ha emitido una partícula alfa. Al detenerse, estas partículas pueden captar dos electrones y convertirse en un átomo de Helio. Luego de la emisión alfa, la masa atómica del núcleo es reducida en cuatro unidades y su número atómico en dos unidades.

Las partículas alfa, prácticamente son sólo emitidas por radioelementos naturales de alto peso atómico. La energía de estas partículas, cargadas positivamente, está comprendida entre 4 y 9 MeV, lo cual da marcadas propiedades ionizantes en la materia que atraviesan. Debido a su alta carga, producen una gran cantidad de ionizaciones en el material absorbente, perdiendo rápidamente su energía, lo que se traduce una penetración muy escasa, por lo cual no se aplican en conservación de alimentos, pues para esto se requiere una penetración mayor.

Las partículas beta, están constituidas por electrones. Sus energías cubren una gama bastante amplia, que va desde 1.8 hasta 4.18 MeV. Debido a su escasa masa, pero mayor carga, su penetración es mayor que las partículas alfa, produciendo ionizaciones y excitaciones en la materia que atraviesan.

¹ Electrón Voltio (eV) : Energía necesaria para llevar un electrón de potencial 0 a 1 volt.

Las emisiones gamma, son ondas electromagnéticas de longitud de onda corta, en el rango de 10 a 100 Å. Se generan dentro del núcleo y se producen cuando un núcleo inestable genera energía para alcanzar estabilidad. Las emisiones gamma carecen de masa y carga eléctrica, desplazándose a la velocidad de la luz. Los rayos gamma son las radiaciones ionizantes más penetrantes y las más utilizadas en la irradiación de alimentos.

INTERACCION DE LAS RADIACIONES CON LA MATERIA.

En su interacción con la materia, las radiaciones ionizantes pueden ser absorbidas o dispersadas. La magnitud del efecto que provocan no sólo dependerá del tipo de radiación sino también de la energía absorbida por el sistema, entre otros factores.

La interacción de la radiación con la materia se basa en dos procesos fundamentales a saber : a) Proceso primario (efecto directo) b) Proceso secundario (efecto indirecto).

El proceso primario implica el impacto directo de la radiación sobre las moléculas, formándose, como resultado de esto, fragmentos moleculares, iones y moléculas excitadas. El proceso secundario involucra la interacción del proceso primario, pudiendo ocurrir, entre otras cosas, la formación de compuestos diferentes a los originales.

El efecto biológico principal de las partículas ionizantes y/o radiaciones electromagnéticas en los tejidos vivos, es el de la ionización. Este término designa el fenómeno por el cual un átomo estable, eléctricamente neutro, al recibir un aporte energético exterior, pierde uno o varios electrones y se convierte en un ion positivo. En ciertas circunstancias, puede también captar un electrón libre, lo que lo transforma en un ion negativo. También pueden ocurrir excitaciones, siendo la energía de las partículas alfa o beta insuficientes como para permitir la salida de un electrón, y en este caso el átomo se encuentra en estado de excitación.

El efecto biológico de las radiaciones, se debe a los cambios químicos que ocurren en el organismo, los que, como en otros materiales, pueden ser también divididos en efectos directos e indirectos. La presencia de cantidades substanciales de agua en los tejidos vivos, incluyendo frutas, vegetales, etc., hace por lo tanto explicable el hecho de que parte importante de la acción total de la radiación sobre los alimentos se deba al efecto indirecto. Si bien es cierto, la radiolisis del agua es un tema muy importante en la irradiación de alimentos, también lo es el efecto de la radiación sobre otras moléculas como las del ADN, la cual puede experimentar múltiples cambios que serán los responsables de alteraciones celulares, muerte de bacterias y hongos, etc.

La interacción de los rayos gamma con la materia se produce principalmente por tres mecanismos a saber .

a) Efecto fotoeléctrico.

El efecto fotoeléctrico se produce si un fotón de baja energía impacta un átomo, siendo transferida su energía a un electrón, el cual sale posteriormente de la órbita con cierta energía cinética, produciéndose una ionización. A este electrón se le conoce como **fotoelectrón**, el cual produce posteriormente ionizaciones secundarias.

b) Efecto compton.

El efecto compton ocurre cuando un fotón gamma, al impactar a un átomo, cede sólo parte de su energía, en este caso el electrón es capaz de provocar ionizaciones secundarias. La energía residual aparece nuevamente como un fotón gamma, continuando el proceso hasta que toda la energía haya sido transferida a los electrones.

c) Producción de pares iónicos.

Este tercer proceso es el menos frecuente, y ocurre cuando un rayo gamma incide sobre un electrón orbital, en tal caso desaparece el fotón gamma dando lugar a un par de electrones de diferente carga. Ambos electrones producen ionizaciones secundarias, disipando de esta forma su energía. Finalmente, el electrón positivo puede encontrar un electrón de diferente carga y ambos al atraerse se aniquilan al contacto, obteniéndose por este mecanismo dos fotones gamma. Para que esto ocurra, es necesario que el fotón gamma inicial posea una energía de 1,02 MeV.

En resumen, la interacción de la radiación gamma con la materia, en el caso de los alimentos, se produce fundamentalmente a través de estos tres mecanismos ya mencionados, dando lugar a ionizaciones y excitaciones en los átomos y moléculas que los componen.

UNIDADES.

La unidad utilizada en irradiación de alimentos se denomina Gray (Gy) y se define como la energía media comunicada por la radiación ionizante a la materia por unidad de masa. Un gray equivale a un julio por kilogramo de materia irradiada. Hasta hace un tiempo atrás se utilizaba la unidad denominada rad, equivalente a 100 ergs/gramo de material irradiado y a 0,01 gray.

La cantidad de energía absorbida en los alimentos, dosis, determina el tipo y la extensión de los cambios que se producirán en el material irradiado. La dosis de radiación es el factor más importante en la irradiación de alimentos.

FUENTES DE RADIACION IONIZANTE

Hoy en día existen dos fuentes de radiaciones ionizantes que se utilizan generalmente en la irradiación de alimentos: **aparatos y materiales naturales o artificiales denominados radioisótopos.**

Un tipo de aparato, denominado acelerador de electrones, produce radiación electrónica, que es una forma de radiación ionizante con una energía no superior a 10 MeV. Los electrones son partículas subatómicas de masa muy reducida y carga eléctrica negativa, la penetración de los haces de electrones puede alcanzar en los alimentos hasta 8 centímetros, por lo que son especialmente útiles para tratar granos o alimentos que puedan procesarse en capas finas.

Otro tipo de aparato, son los generadores de rayos X que es una forma de energía ondulatoria similar a la luz, con una energía no superior a 5 MeV. Los rayos X tienen un gran poder de penetración en algunos materiales, pero la conversión de electricidad en rayos X es un proceso de escaso rendimiento y por lo tanto muy caro.

Los materiales artificiales o radioisótopos, constituyen la otra importante fuente de radiación ionizante. Los radioisótopos son materiales radioactivos que, a medida que se desintegran, desprenden rayos gamma que pueden utilizarse para tratar alimentos. Los más utilizados son el Cobalto 60 (Co^{60}) y el Cesio 137 (Cs^{137}), con una energía no superior a 5 MeV. Las radiaciones gamma emitidas por estos radioisótopos penetran hasta una profundidad suficiente para satisfacer prácticamente todas las necesidades de la irradiación de alimentos.

EL PROCESO DE LA IRRADIACION DE ALIMENTOS

Durante el proceso de irradiación se expone el alimento a la fuente de energía radiante de manera que absorba una dosis precisa y específica. Para esto, es necesario conocer la producción de energía de la fuente por unidad de tiempo, disponer de una relación espacial definida entre la fuente y el material irradiado, y exponer éste durante un período de tiempo determinado a la fuente de irradiación. La dosis de radiación ordinariamente utilizada en el tratamiento de alimentos va desde 0 a 10 kGy y depende del tipo de alimento tratado y del efecto que se desea conseguir.

ASPECTOS DE LA QUIMICA DE LA IRRADIACION

La naturaleza de los compuestos inducidos por la irradiación depende primordialmente de la dosis de radiación absorbida y de la composición química del alimento tratado. La concentración de compuestos inducidos producto del tratamiento de irradiación aumenta al hacerlo la dosis utilizada, pero durante el proceso de irradiación influyen además otros factores, tales como la temperatura, presencia o ausencia de oxígeno, cantidad de agua en el alimento tratado, etc.

Con relación a la radioquímica, las investigaciones han demostrado que los productos radiolíticos encontrados en los alimentos tratados, son, en la mayoría de los casos, iguales o similares a los encontrados luego de aplicar cualquier método tradicional de conservación de alimentos. Reacciones radiolíticas similares ocurren en los mismos constituyentes de alimentos diferentes, proteínas, lípidos, carbohidratos, etc., por lo tanto los productos radiolíticos comunes se forman en cantidades aproximadamente predecibles cuando se irradian estos alimentos.

CALIDAD NUTRICIONAL DE LOS ALIMENTOS IRRADIADOS

Los métodos de tratamiento y preparación de alimentos suelen originar cierta pérdida de nutrientes. Al igual que en otras reacciones químicas producidas por la irradiación, los cambios nutricionales dependen principalmente de la dosis utilizada, así como también, de la composición del alimento, temperatura durante el proceso, presencia o ausencia de oxígeno, etc.

A pequeñas dosis, hasta 1 kGy., la pérdida de nutrientes de los alimentos tratados es insignificante. A dosis medias, 1 a 10 kGy., puede producirse cierta pérdida de vitaminas en los alimentos expuestos al aire durante la irradiación o el almacenamiento posterior. A dosis elevadas, 10 a 50 kGy., la pérdida de vitaminas es mayor pero puede disminuirse considerablemente con ciertas medidas de protección, como la irradiación a bajas temperaturas y exclusión de oxígeno durante el tratamiento y almacenamiento del producto determinado.

En análisis químicos y estudios de alimentación en animales se ha demostrado que el valor nutricional de las proteínas apenas se ve afectado por la irradiación, ni siquiera a dosis elevadas. Los estudios animales realizados en varias especies han demostrado también que son mínimos los cambios en otros nutrientes.

La importancia de que haya o no pérdida de nutrientes en un alimento irradiado, dependerá de ciertas circunstancias como la contribución que el alimento represente a la dieta total de la población en cuestión. Otros factores importantes incluyen, el estado nutricional y requerimientos de la población a la cual se destinará el alimento.

ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS

La seguridad microbiológica que ofrece el proceso de irradiación es perfectamente comparable con la de otros tratamientos aplicables a los alimentos que son aceptados en la actualidad.

La microbiología de los alimentos irradiados sólo puede enfocarse considerando la irradiación como un proceso. Los cambios microbiológicos resultantes dependerán de la naturaleza del producto, su microflora, la dosis de radiación utilizada y las condiciones de almacenamiento posteriores. Por lo tanto cada alimento debe ser considerado por separado.

El modo de acción de las radiaciones ionizantes sobre los microorganismos se da por la penetración de éstas en las células del microorganismo, causando cambios estructurales y funcionales en biomoléculas importantes y con ello la muerte celular. A este tipo de acción se le conoce como efecto directo. La energía de las radiaciones puede ser absorbida por otras moléculas tales como el agua, resultando en la generación de diversos tipos de radicales libres, los que provocan reacciones químicas con los constituyentes celulares, causando cambios físicos, químicos o fisiológicos que afectarán la vida del microorganismo. A este tipo de acción de las radiaciones ionizantes se le conoce como efecto indirecto.

La sensibilidad de los microorganismos a las radiaciones ionizantes depende de factores intrínsecos, tales como el contenido de ADN, la presencia y eficiencia de sistemas de reparación de ADN, contenido de agua en las células y la multiplicidad del material genético. Además la radiosensibilidad depende también de factores externos, tales como las condiciones durante la irradiación, incluyendo temperatura, fase gaseosa, actividad de agua, presencia o ausencia de radioprotectores como es la edad del cultivo, las condiciones de crecimiento durante el almacenamiento previo y posterior a la irradiación, etc.

En las condiciones prácticas de irradiación de alimentos no se han observado cambios relevantes en las características taxonómicas de los microorganismos, por lo que esto no plantea ningún problema específico. Tampoco se han observado casos de aumento en la patogenicidad de los microorganismos transmitidos por los alimentos que hayan sido tratados por irradiación, ni tampoco un aumento de toxinas o de inducción de resistencia en los microorganismos irradiados, así como de patogenicidad de levaduras y virus.

En general, un proceso de irradiación llevado a cabo en condiciones adecuadas, ha demostrado ser capaz de cumplir los objetivos microbiológicos previstos, esterilización comercial, destrucción de gérmenes patógenos, disminución ostensible de la carga microbiana en los alimentos, etc. Sin embargo, en el proceso de irradiación como en cualquier otro método de procesamiento de alimentos, las ganancias en calidad microbiológica deben salvaguardarse con un cuidado adecuado del producto antes y después del tratamiento.

APLICACIONES PRACTICAS DE LA IRRADIACION DE ALIMENTOS

La irradiación de alimentos tiene variadas e interesantes aplicaciones, las que pueden ser clasificadas de acuerdo a la cantidad de energía absorbida por unidad de masa. Esto es según el rango de dosis a utilizar.

a) Dosis bajas (< 1 kGy.)

- Inhibición de brotación en bulbos y tubérculos.
- Desparasitación de carnes.
- Retardo de procesos fisiológicos (ej. Maduración de frutas).
- Desinsectación.

b) Dosis medias (1-10 kGy.)

- Prolongar tiempo de conservación.
- Destrucción de microorganismos (reducción de contaminación).
- Mejoramiento de las propiedades tecnológicas de los alimentos.

c) Dosis altas (> 10 kGy.)

- Esterilización industrial.
- Descontaminación de ciertos aditivos e ingredientes alimenticios.
- Eliminación de virus.

Como se puede apreciar, la radiación ionizante se puede utilizar en una amplia gama de alimentos, lo cual dependerá, en último término, de que la radiación no afecte la comestibilidad de éstos.

COMESTIBILIDAD DE LOS ALIMENTOS IRRADIADOS

La irradiación de alimentos y su aceptación están estrechamente ligadas a la comestibilidad de los productos tratados, es decir, aptos para el consumo humano, para lo cual se deben cumplir algunos requisitos.

- 1.- Ausencia de microorganismos y toxinas nocivas para el hombre.
- 2.- Que el valor nutritivo del alimento irradiado no sea alterado por el proceso de irradiación.
- 3.- Ausencia de toda cantidad significativa de residuos o productos tóxicos formados en el alimento como resultado del proceso de irradiación.
- 4.- Que no altere las características organolépticas propias del producto.

Se reconoce la preocupación de la opinión pública por los riesgos inherentes a las radiaciones, y que generalmente se asocian a los usos no pacíficos de la energía nuclear, lo que puede traducirse en desconfianza ante los alimentos irradiados. Por esto, ha sido necesario educar y tranquilizar a los consumidores acerca de la inocuidad de la irradiación como proceso de tratamiento de alimentos en aquellos países en que esta tecnología ya ha sido introducida.

Con el objeto de analizar la comestibilidad de los alimentos irradiados, se formó un comité mixto de expertos FAO/OIEA/OMS, en 1964 en Roma, el cual desde entonces revisa periódicamente los avances alcanzados en las investigaciones realizadas en todo el mundo sobre radioquímica, toxicología, microbiología, alimentación animal con productos irradiados, etc. Este mismo comité recomendó la irradiación de alimentos con dosis de hasta 10 kGy, considerando que ::

- a) Todos los estudios toxicológicos llevados a cabo en un gran número de alimentos distintos, no han demostrado la existencia de efectos adversos como resultado de la irradiación de éstos.

b) Se han realizado numerosas investigaciones para identificar y evaluar los productos radiolíticos en los alimentos irradiados. Nadie puede afirmar categóricamente que ya se han encontrado todos esos productos, pero la conclusión importante es que todos los que han identificado hasta la fecha son similares o los mismos que aparecen normalmente en los alimentos tratados con los métodos convencionales de conservación de éstos. De estos productos radiolíticos, ninguno de ellos puede decirse que aparezcan solamente como consecuencia de la irradiación de alimentos. Además, no existe prueba alguna de que estas sustancias supongan un peligro para la salud humana.

c) Ausencia de todo efecto adverso resultante de alimentar con piensos irradiadas a los animales de laboratorio, el uso de alimentos irradiados en la producción de ganado y la práctica de mantener a pacientes inmunológicamente deprimidos con dietas irradiadas.

Agradecimientos

- Al profesor José A. De la Vega Mallinconi, patrocinante de esta Tesis de grado, por su abnegada y constante colaboración en el desarrollo de este trabajo.
- A la Comisión Chilena de Energía Nuclear, por acceder a realizar esta investigación en las dependencias del Centro de Energía Nuclear La Reina en Santiago de Chile.
- A la Dra. Wilma Tatiana Rubio Cabello, encargada del Laboratorio de Irradiaciones del Centro Nuclear La Reina, por su permanente colaboración e interés en el desarrollo de esta investigación.
- A los alumnos de la carrera de Medicina Veterinaria, Jorge Aguilar López y Antonio Celis y al Dr. Derek Price, por su constante apoyo, sobre todo en lo referente a la presentación final o defensa de esta Tesis de grado.
- A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron para que esta investigación se llevara a cabo y así me permitieron obtener el Grado de Licenciado en Ciencias Veterinarias.