

ELIMINACIÓN DE *Vibrio cholerae*, EL TOR, EN COLAS DE LANGOSTINO (*Penaeus vannamei*) EMPLEANDO RADIACIÓN IONIZANTE

Torres Z.⁽¹⁾ ztorres@ipen.gob.pe, Vivanco M.⁽²⁾, Guzmán E.⁽³⁾, Kahn G.⁽³⁾, Bernuy B.⁽⁴⁾

(1) Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

(2) Universidad Nacional Federico Villarreal / Lima, Perú

(3) Universidad Nacional Agraria de la Selva / Pucallpa, Perú

(4) Universidad Nacional Agraria La Molina / Lima, Perú

RESUMEN

En el presente estudio realizado en el Laboratorio PIMU (Proyecto de Irradiación Multiuso) del Instituto Peruano de Energía Nuclear y en los laboratorios de microbiología de la Universidad Nacional Federico Villarreal, se determina la dosis de reducción decimal (D_{10}) para el *V. cholerae* y la dosis óptima de irradiación para la ampliación de la vida útil de las colas de langostino mantenidas a 2 °C, en base a pruebas microbiológicas, organolépticas y químicas.

Se encontró que el valor D_{10} de *V. cholerae* en las colas de langostino fue de 0,111 kGy y en solución salina peptonada de 0,127 kGy; además la dosis óptima de irradiación fue de 2 kGy, la cual disminuye la concentración microbiana de $1,7 \times 10^6$ a $6,2 \times 10^3$ UFC/g y alarga su vida útil de 9 días, en las muestras control a 20 días. También se encontró que a 3 kGy la concentración microbiana se reduce en 3 ciclos logarítmicos, pero las características organolépticas se ven afectadas en el olor y sabor, y que las pruebas sensoriales predominan sobre las microbiológicas y químicas para la aceptación del producto.

1. INTRODUCCIÓN

Los langostinos blancos (*Penaeus vannamei*) constituyen un recurso hidrobiológico que tiene aceptación en el mercado internacional [1]. El Perú, Ecuador, Panamá y otros países tropicales lo producen por el método de crianza intensiva y lo exportan como producto fresco o congelado. Sin embargo, son muy perecibles y pueden resultar contaminados con microorganismos patógenos, dentro de ellos el *vibrio cholerae*, tanto durante la crianza como durante el procesamiento. La carga microbiana contaminante es alta, desde

su origen y el mercado consumidor exige productos frescos e inocuos, por lo que se hace necesario aplicar una tecnología que reduzca la carga microbiana y garantice su sanidad, manteniendo su frescura. La radiación gamma, a dosis inferiores de 10 kGy, se considera adecuada para descontaminar cualquier tipo de productos alimenticios, sin cambiar sus características organolépticas, no significando un riesgo para la salud.

En el siguiente trabajo se reportan los resultados encaminados a determinar la dosis de radiación a la cual es eliminado el *V. cholerae* 01, biotipo El Tor, serotipo Inaba, y la dosis óptima para prolongar la vida útil, en anaquel, de un producto de buena calidad.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materia prima

Los langostinos son especies bentónicas que viven en el fondo arenoso entre 2 y 50 metros, la talla promedio que alcanza es de 18 cm. con un máximo de 23 cm., está protegido por un exoesqueleto unido mediante articulaciones. La mayor parte de sus órganos se encuentran en el cefalotórax y su músculo concentrado en la región de la cola (abdomen). La parte comercializada de la especie es la cola, y puede ser con o sin caparazón [2]. Los langostinos frescos se obtuvieron de los criaderos de Acquatumbes (Tumbes) y del Terminal Pesquero de Ventanilla (Lima, Perú).

2.2. Determinación del D_{10} de *vibrio cholerae* en solución salina peptonada (SSP)

Para la determinación del valor D se consideraron los siguientes pasos:

2.2.1. Preparación del inóculo

El *vibrio cholerae* es un microorganismo aerobio o anaerobio, gram negativo, crece en concentraciones altas de sales biliares haciéndolo también en medios alcalinos. Se presentan en forma de un bastoncillo de 1,5 a 2,5 μm de largo y 0,2 a 0,4 μm de ancho, ligeramente encorvado; en ocasiones este encorvamiento es mínimo apareciendo como bacilos. Son los más móviles dentro de las especies patógenas valiéndose de la presencia de un único flagelo polar [3]. La cepa de *vibrio cholerae* El Tor, serotipo Inaba obtenida del Ministerio de Salud del Perú, fue estriada en Agar Infusión Cerebro Corazón (BHIA) inclinado, el cual fue incubado por 24 horas a 37 °C [4], luego de lavar la superficie, se suspendió en Solución Salina Peptonada (SSP) y se prepararon múltiples tubos idénticos a partir de la suspensión, tomando un cm^3 de suspensión y 9 cm^3 de SSP.

2.2.2. Irradiación y cultivo

Se irradió a diferentes dosis: 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 y 1,0 kGy los tubos del inóculo y se sembró en BHIA por el método de inclusión en placas para determinar el número de microorganismos viables, se incubó a 37 °C por 24 horas.

2.2.3. Obtención del valor D_{10} para *vibrio cholerae* en SSP

Con los datos de los contajes de microorganismos (UFC/g) encontrados en función de las dosis de irradiación se hace una regresión lineal para obtener una curva semilog de letalidad. La inversa de la pendiente es el valor D_{10} .

2.3. Determinación del valor D_{10} de *vibrio cholerae* en colas de langostino

Las colas de langostino enteras fueron previamente irradiadas a 10 kGy para su descontaminación total, luego se sumergieron en la suspensión de *vibrio cholerae* durante 5 minutos [5], se introdujeron en bolsas de Nylon 6 [6], en cantidades de 50 g cada una y se sellaron. Se irradiaron las muestras, a las dosis de 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 y 0,5 kGy; se dejaron reposar por tres horas al cabo de las cuales, se realizaron las siembras microbianas. Con los resultados se obtuvo el valor D_{10} siguiendo la misma metodología que para la SSP.

2.4. Fuente de irradiación

La fuente de irradiación usada fue un

Gammacell 220 con fuente de Co-60 y una tasa de dosis de 48 Gy/min, la temperatura de irradiación fue 25 - 27 °C. Se llevó a cabo la dosimetría Fricke [7] para la determinación de la tasa de dosis en aire y en producto. Se realizaron 3 repeticiones en ambos ensayos.

2.5. Evaluación microbiológica de la materia prima

Para apreciar la calidad de las colas de langostino en la zona de captura, se hicieron determinaciones del Número Total de Microorganismos Aerobios Viables, Coliformes Totales y Vibrones de las muestras de la planta congeladora del criadero de Tumbes, con metabisulfito de sodio y sin metabisulfito de sodio y después de dos meses de congelación.

Se tomaron 10 g de las colas de langostino y se homogeneizaron en 90 ml de SSP; desde la cual se realizaron diluciones decimales, se sembró por el método de inclusión en placas utilizando BHIA y se incubaron a 22 °C por 24 a 48 horas, antes de contar las colonias típicas en las placas.

2.6. Efecto de la irradiación para la extensión de la vida útil

Para evaluar el efecto de la irradiación colas de langostino procedentes del terminal pesquero de Ventanilla, las cuales fueron llevada al laboratorio, donde se lavaron, escurrieron y embolsaron en cantidades de 50 g. por bolsa. Se irradiaron a dosis de 1, 2, y 3 kGy y se hicieron determinaciones microbiológicas y sensoriales en función al tiempo de almacenamiento manteniéndolas a 2 °C por 22 días.

Las determinaciones microbiológicas se hicieron por el método de inclusión en placas en BHIA a 37 °C por 24 a 48 horas para conocer el número total de microorganismos aerobios viables [8].

Las pruebas preliminares consistieron en determinaciones sensoriales realizadas con un panel entrenado de 5 jueces que calificaron a las muestras crudas y cocidas en base a tres parámetros con las pruebas de puntaje que se adjuntan en el anexo. Los valores promedios de tres repeticiones se ordenan en función al tiempo y se aplicó el diseño estadístico parcialmente vacilante para encontrar una ecuación que explique el patrón de alteración con un nivel de confianza del 95% [9]. El límite de aceptabilidad se fija en la calificación 3,0 y

el tiempo que se requiere para alcanzar dicha calificación es el tiempo de vida útil.

Como ensayo final se corrió una prueba con tres repeticiones utilizando la dosis óptima de irradiación (2 kGy) versus muestras control, con el propósito de determinar el tiempo de vida útil y los límites de confianza utilizando, también, el método parcialmente vacilante.

2.7. Evaluaciones químicas y fisicoquímicas de las colas de langostino

2.7.1. Determinación de la composición química proximal

Se determinó el contenido de humedad, proteína, grasa y ceniza [2] de las colas de langostino control y la irradiada a la dosis óptima de 2 kGy.

2.7.2. Determinación del nitrógeno de las bases volátiles totales (N-BVT)

Se determinó el contenido de nitrógeno de bases volátiles totales (N-BVT) por el método de Conway [10], en función del tiempo, en las colas de langostino control y la irradiada a 2 kGy mantenida a 2 °C por 22 días.

2.7.3. Determinación de pH.

Se determinó el pH en las colas de langostino control y la irradiada a 2 kGy mantenida a 2 °C por 22 días, por el método potenciométrico [2].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Determinación del valor D_{10}

Se determinó un valor D_{10} para *V. cholerae* en colas de langostino igual a 0,111 kGy; con un coeficiente de determinación $r^2 = 0,998$; además se determinó el valor D_{10} en SSP igual a 0,127 con $r^2 = 0,97$; como puede apreciarse en la Figura 1.

Teóricamente [11], cuando los microorganismos se irradian en medios sólidos, la resistencia a la irradiación es mayor que en medios acuosos. Se considera que los resultados obtenidos son bastante cercanos entre los dos tipos de medios posiblemente porque la inoculación de la cepa en las colas de langostino sólo fue superficial; por lo tanto, es muy probable que los componentes del langostino no actuaron como un medio protector o amortiguante, frente a la irradiación, para el *V. cholerae* el Tor.

La eliminación del *vibrio cholerae* el Tor en las colas de langostino estaría en función al valor de 12D que significa la aplicación de una dosis mínima de 1,32 kGy.

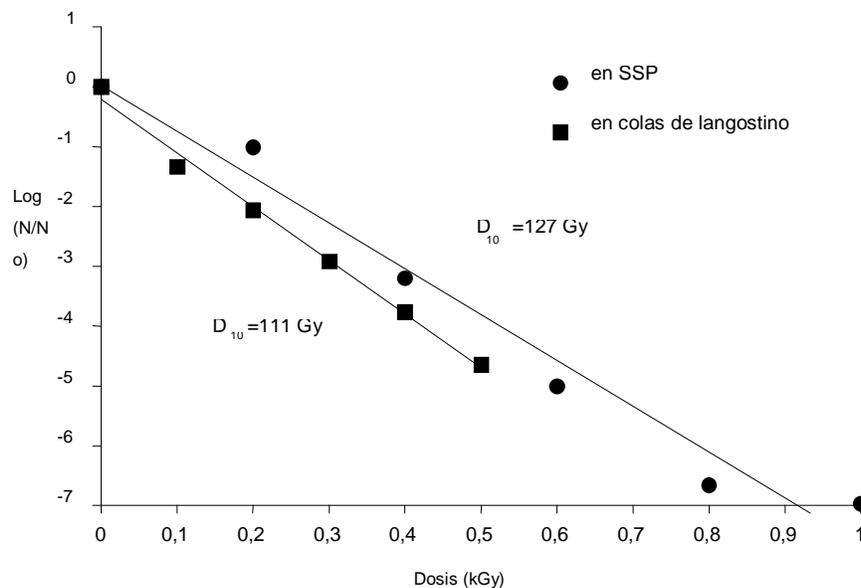


Figura 1. Curva de letalidad del *Vibrio cholerae* utilizando radiación ionizante en colas de langostino y en SSP.

3.2. Evaluación microbiológica de la materia prima

Los contajes obtenidos en el recuento total de microorganismos aerobios viables de los langostinos recién obtenidos son relativamente altos en comparación con otros productos similares que tienen un número comprendido entre 10^4 y 10^5 ufc/g siendo el límite tolerable de 10^6 [2]. El lavado y la adición de metabisulfito incrementan el número de microorganismos en vez de disminuirlo. El agua del criadero es la fuente primaria de contaminación de los langostinos ya que presentó una carga microbiana de $2,0 \times 10^7$ bacterias/cm³.

La Tabla 1 muestra los resultados de la evaluación microbiológica de la materia prima. El número de vibriones en todas las muestras fue significativamente alto, siendo variable el número de coliformes totales. La evaluación del agua y los langostinos, ambos del criadero, presentan la más baja contaminación, a diferencia de los

productos procesados en los que aumenta la cantidad de coliformes totales (tabla 1).

3.3. Resultados del efecto de la irradiación para la ampliación de la vida útil desde el punto de vista microbiológico

Se aplicaron dosis de 1, 2 y 3 kGy y se evaluó el crecimiento microbiano a 22 °C, en función del tiempo de almacenamiento a 2 °C, comparándolo con muestras no irradiadas. Los resultados se presentan en la Tabla 2.

La correlación entre las pruebas microbiológicas y las organolépticas permite sugerir que las colas de langostino no son aptas para el consumo, cuando superan el valor de $1,0 \times 10^7$ UFC/g [2]; esto se alcanza a los 6 días en las muestras no irradiadas y a los 16, 21 y 30 días en las muestras irradiadas a 1, 2 y 3 kGy, respectivamente.

Tabla 1. Análisis microbiológico de la materia prima.

Indicadores microbiológicos	Sin metabisulfito	Sin metabisulfito y lavadas	Con metabisulfito	Con metabisulfito y almacenado por 2 meses
Recuento total	$7,0 \times 10^5$	$1,3 \times 10^7$	$3,5 \times 10^6$	$4,2 \times 10^6$
Vibriones	$2,8 \times 10^5$	$3,0 \times 10^5$	$9,6 \times 10^5$	$3,2 \times 10^5$
Coliformes totales	$4,0 \times 10^1$	$1,1 \times 10^4$	$1,1 \times 10^4$	$7,5 \times 10^2$

Tabla 2. Resultado de la variación microbiana de las colas de langostino irradiadas en función del tiempo.

Días de almacenamiento	0 kGy	1 kGy	2 kGy	3 Kgy
1	$1,70 \times 10^6$	$1,36 \times 10^5$	$6,20 \times 10^3$	$1,64 \times 10^3$
8	$2,67 \times 10^7$	$1,94 \times 10^6$	$4,58 \times 10^6$	$2,50 \times 10^4$
15	$4,37 \times 10^7$	$1,06 \times 10^7$	$1,60 \times 10^6$	$6,95 \times 10^4$
22	$2,31 \times 10^8$	$2,00 \times 10^7$	$7,40 \times 10^6$	$9,03 \times 10^5$

3.4. Resultados del efecto de la irradiación para la extensión de la vida útil desde el punto de vista sensorial

Para determinar la dosis óptima de irradiación se procedió a un análisis sensorial de tres parámetros en cada dosis, manteniéndose la correlación con las evaluaciones microbiológicas, tanto en muestras crudas como cocidas. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

Considerando la tendencia lineal de las calificaciones para cada parámetro, se determinaron los tiempos de vida útil por mínimos cuadrados a un nivel de confianza de 95%, los cuales se resumen a continuación.

Teniendo en cuenta el menor tiempo de vida útil calculado dentro de los parámetros para cada dosis, se consideró a éste como el tiempo de vida útil general. La vida útil

de las muestras no irradiadas es inferior a 13 días en las colas de langostino crudas y 9 días en las cocidas. El tiempo de vida útil a 1 kGy es 18 y 19 días en las muestras crudas y cocidas respectivamente, a 2 kGy, 22 y 20 días en las muestras crudas y cocidas respectivamente y a 3 kGy 19 y 20 días en las muestras crudas y cocidas respectivamente. Lo que permite observar que en las muestras irradiadas a 3 kGy, el tiempo de vida útil disminuyó, por la presencia de un olor extraño que detectaron los panelistas y que fue objetable para su aceptación[7].

Como las características organolépticas son las que determinan la aceptación del producto se puede concluir que la dosis más adecuada para irradiar las colas de langostino sin detectar olores y sabores extraños es 2 kGy, aunque los mayores beneficios microbiológicos se obtienen a 3 kGy, [12] también determinó una dosis óptima comprendida entre 1,5 y 2,5 kGy. Se escogió 2 kGy para hacer las determinaciones químicas.

De la tabla 3, se puede mencionar que, en el caso de langostino, la textura no es buen parámetro para las determinaciones sensoriales, por la pequeña variación que

tiene durante el almacenamiento y que el análisis de los productos cocidos es más conveniente que el de los productos crudos para determinar los olores y sabores que indican alteración.

3.5. Resultados de la evaluación química y fisicoquímica de las colas de langostino

3.5.1. Composición química proximal

Los resultados de los análisis de la composición química de las colas de langostino no irradiados e irradiados a 2 kGy se presentan en el Tabla 5, en donde se puede apreciar que no existe diferencia significativa entre los valores y por lo tanto, se puede concluir que la irradiación a 2 kGy no afecta a las colas de langostino desde el punto de vista de su composición química.

3.5.2. Nitrógeno de bases volátiles totales (N-BVT)

La variación del contenido de N-BVT en colas de langostino, mantenidas a 2 °C en función al tiempo se presenta en la Figura 2.

Tabla 4. Vida útil calculada para los parámetros de evaluación de las colas de langostino crudas y cocidas irradiadas.

Dosis (kGy)	Crudo			Cocido		
	Apariencia	Olor	Textura	Olor	Sabor	Textura
0	13	14	16	10	9	28
1	19	18	30	19	19	34
2	23	22	41	22	20	34
3	19	24	44	20	21	31

Tabla 5. Composición químico proximal de las colas de langostinos irradiadas a 0 y 2 kGy.

Determinaciones	0 kGy	2 kGy
Humedad	82,55	82,74
Proteína	15,68	15,40
Grasa	0,22	0,27
Ceniza	0,80	0,76
Carbohidratos	0,75	0,83

Según lo recomendado por [2] los valores de las N-BVT que están entre 20 y 23 mg N/100g corresponden a los langostinos frescos y los valores comprendidos entre 30 y 45 mg N/100g a langostino de baja frescura. En las pruebas control con las muestras no irradiadas los valores límites

alcanzaron entre 8 y 12 días y con las muestras irradiadas a 2 kGy alcanzaron entre 20 y 33 días.

3.5.3 pH

La variación de pH en colas de langostino a

0 y 2 kGy, mantenidas a 20°C en función al tiempo se presenta en la Figura 3.

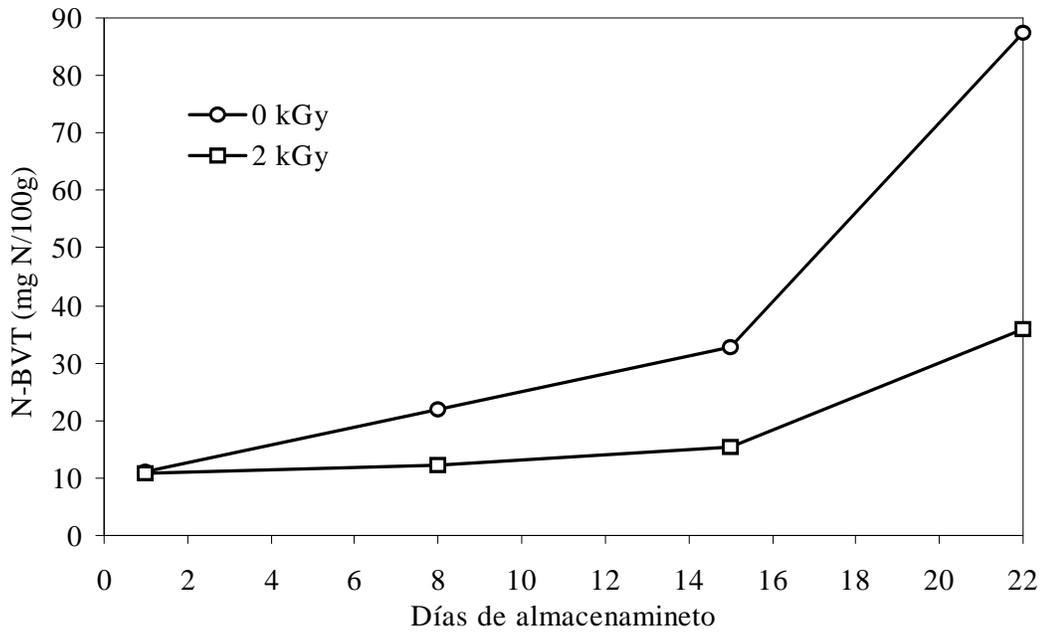


Figura 2. Variación del contenido de bases volátiles nitrogenadas de colas de langostino irradiadas en función al tiempo.

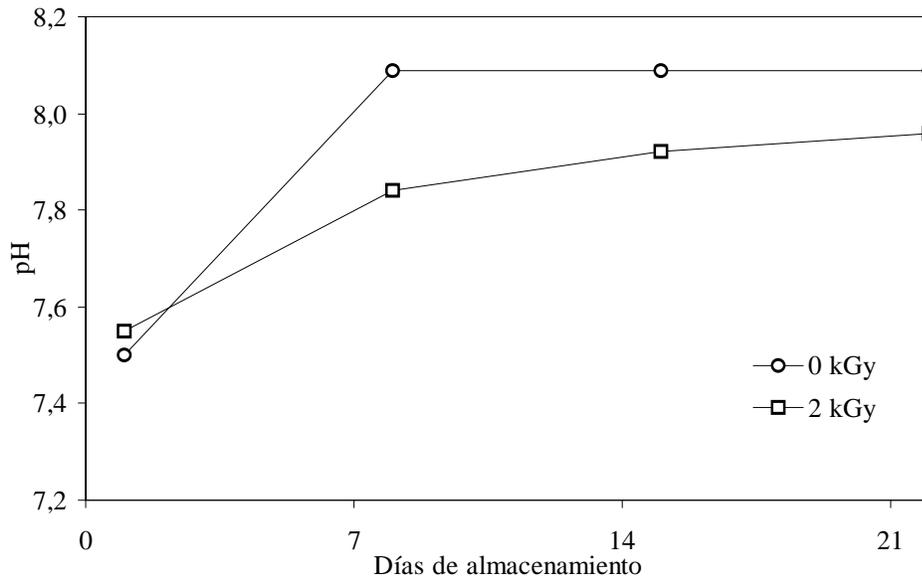


Figura 3. Variación del pH de las cola de langostino irradiadas en función al tiempo.

Los valores de pH de un langostino fresco

está comprendido entre 6,8 y 7,9. Los valores

superiores a 8,0 indican una baja frescura[2]. Por otro lado [13], consideraron bueno a un langostino cuando su pH esta entre 6,7 y 7,3; aceptable entre 7,31 a 8,0 e inaceptable a pH mayores a 8,0. En el presente trabajo, los langostinos no irradiados alcanzan un pH mayor a 8,0 en 7 días y los irradiados a 2 kGy en más de 22 días.

La degradación se evidencia por la aparición de compuestos nitrogenados debido a la acción de enzimas microbianas, quienes aumentan marcadamente la degradación de los aminoácidos o aminas propias del músculo, las cuales por reacción de descarboxilación y deaminación forman

amoníaco o aminas incrementando así el pH [14].

3.6. Análisis de costos

3.6.1. Características de la planta de irradiación

La planta de irradiación comercial que funciona en Perú es de tipo plurifuncional y está ubicada en el distrito de Santa Anita. El irradiador es de fabricación rusa, y albergó inicialmente una carga de 100 kCi. La planta comenzó a funcionar en abril de 1996.

Tabla 6. Características principales de la planta de irradiación.

Conceptos	Especificaciones
Fuente de radiación ionizante	Cobalto 60
Tipo de fuente (lápices)	INK-7-4-(URSS)
Actividad nominal inicial	100 kCi
Forma del irradiador	plano
Número de fuentes (lápices) para actividad nominal inicial	50
Número de fuentes (lápices) para actividad real inicial	56
Capacidad máxima de fuentes	850
Actividad potencialmente máxima cargable inicialmente	630 kCi
Recargas previstas	cada año
Vida útil prevista	15 años
Energía de la radiación ionizante	1,2 Me V
Rango de absorción de dosis promedio	0,1 a 50 kGy
Ratio de absorción de dosis	1,3 máximo
Dimensiones de empaque de "container"	0,4 x 0,4 x 0,4 m
Factor de utilización	25 % mínimo
Número de días de operación al año	350
Número de turnos por día	3
Modos de operación	lote y continuo
Tasa de dosis equivalente:	
a) En la cámara de irradiación con el irradiador en posición de almacenamiento	2,5 Mrem/h
b) Sobre el techo de la cámara de irradiación con el irradiador en posición de trabajo	2,5 Mrem/h

La instalación de la Planta significó una inversión de US\$ 2 400 000, incluyendo los

costos de construcción civil, el de maquinarias y equipos:

COSTOS DE OPERACIÓN POR AÑO	COSTO
COSTO ANUAL DIRECTO DE OPERACIÓN	
<u>Costos de personal</u>	
Jefe de planta	12 960
Jefe de operación	12 600
Asistente de planta	10 800
Control de calidad	8 400
Gerencia	36 000
Administrativo	54 000
Personal obrero	25 200
<u>Servicios</u>	
Mantenimiento (5% valor eq.)	55 000
Utilitarios (Gastos administrativos)	10 000
Recargo de Co-60 (12,5%)	22 500
Servicios (Agua, luz y tel.)	5 600
	US \$ 253 060
COSTO ANUAL INDIRECTO DE OPERACIÓN	
<u>Depreciación, interés y seguros</u>	
Depreciación de la inversión total (10%)	240 000
Interés basado en 6% del capital total	72 000
Seguros	24 000
	US \$ 336 000
COSTO ANUAL TOTAL	US \$ 589 060

El costo de tratamiento sería US\$ 80,7/h, si se consideran 365 días de operación al año con dos turnos diarios de 10 horas.

3.6.2. Características del producto

En el Perú, en 1997, la extracción de langostinos dentro de volumen de crustáceos representa más de 97%, siendo, sin embargo la mayor parte destinada a su venta como producto congelado (14 781 TMB). Sólo 867 Ton son destinadas al consumo directo como producto fresco.

La presentación comercial destinada para la exportación de colas de langostino consiste en empaques de cartón parafinado de 28,7 × 16 × 6,8 cm con una capacidad de 5 libras por empaque.

El sistema de transporte del irradiador consta de 45 jaulas con capacidad de 5 cajas de 80 litros cada uno.

Para la aplicación de la dosis óptima de 2 kGy, el tiempo promedio de irradiación por jaula es de 17,5 min, por tanto es posible cargar 69 jaulas/20 h día. De acuerdo a la densidad aparente que es de 0,256 se puede irradiar 7,94 Tn de colas de langostino al día; teniendo en cuenta el costo de tratamiento de US\$ 80,7/h, se calcula un costo de US\$ 0,20 por Kg.

4. CONCLUSIONES

El *vibrio cholerae* en colas de langostino tiene un D₁₀ de 0,111 kGy y un D₁₀ de 0,127 kGy en SSP y con una irradiación a dosis de 2 kGy esta garantizada su completa destrucción.

Los recuentos microbiológicos de los langostinos recientemente extraídos son superiores a 7,0 × 10⁵ UFC/g dentro de los cuales se encuentra una gran cantidad de vibrios y coliformes.

La dosis óptima para la irradiación de las colas de langostino es de 2 kGy, que con un almacenamiento a 2 °C prolonga la vida útil de 9 días a 20 días.

Las pruebas sensoriales predominan sobre las microbiológicas y químicas para determinar la vida útil.

La irradiación a 2 y 3 kGy disminuye la contaminación microbiana total en cerca de 2 y 3 ciclos logarítmicos, respectivamente. Sólo los parámetros de olor y sabor son los más indicados para las determinaciones sensoriales ya que la textura no cambia significativamente durante la alteración.

Considerándose una dosis óptima de 2 kGy para irradiación de colas de langostino, el costo de tratamiento es de US \$ 0,20 por Kg.

5. REFERENCIAS

- [1]. GONZALES, T. J., Pesca responsable, Revista Institucional de la Sociedad Nacional de Pesquería, Año II N°2, (1998) 12-17.
- [2]. MAZA, R. S., Manual de procesamiento y control de calidad del Langostino congelado, ITP, (1986) 1-30.
- [3]. VARGAS DEL MAYO, C., Aislamiento, identificación y cuantificación del *V. cholerae* en agua potable, aguas superficiales y residuales, OPS/OMS (1991).
- [4]. CARVAJAL, C., et al. Microbiología de alimentos marinos, CONCYTEC, Lima (1991) 55-57.
- [5]. ALCANTARA, N., Eliminación de *vibrio cholerae* en filetes de lisa (*Mugil cephalus*), mediante radiación gamma, Tesis Ing. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (1993).
- [6]. KILLORAN, J.J., Adv. chem. ser 135 (chem. Food packag.), (1974), 87.
- [7]. MUÑOZ, B.R., SANCHEZ, V.M., UZCATEGUI, A.E, VACA, F.C., Preservación de alimentos por irradiación, Instituto de Ciencias Nucleares, Quito (1985), p 89-93, 160.
- [8]. ALINA, R. M., VEGA, L. C., GARRIDO, A. T., Control microbiológico de leche y productos lácteos, Métodos recomendados, CLEIBA, Lima (1983), 67.
- [9]. GACULA, MC., Jr., The design of experiments for shelflife study, Food Science, (1976), 40(2), 399-403.
- [10]. CONWAY, BYRNE, Métodos de microdifusión en bioquímica, 27:41, (1933).
- [11]. JAY, J.M., Microbiología moderna de los alimentos, 3 ed., Trad. Por Manuel Ramis Vergés, Acribia, Zaragoza (1994), 345-371.
- [12]. KUMTA, U. S., SREENIVASAN. Preservation by gamma radiation of Bombay duck, shrimps and white pomfrets. IAEA, Vienna, STI/PUB/196 p 75-104. 1979.
- [13]. BARÓN, A., VILLANUEVA, J. Estudio de un método sencillo para la determinación de la frescura del camarón refrigerado por medio del pH del exudado. Ministerio de Pesquería: Documenta N° 26 Año III, Lima (1973) 30-31.
- [14]. WAKAO, A., PALMA, J. Evaluación de la frescura en sardina y jurel empleando valor K y las Bases Volátiles Nitrogenadas, Boletín de información #1. Instituto Tecnológico Pesquero, Lima (1983), p 35-37.

Tabla 3. Calificaciones promedio y límites de confianza de parámetros organolépticos evaluados en colas de langostino crudas y cocidas.

Días		Control		1 kGy			2 kGy			3 kGy		
Crudo	Puntaje	Límite inferior	Límite superior									
Apariencia												
1	4,80	1,98	6,94*	4,73	4,31	5,17*	4,80	3,52	5,99*	4,80	4,34	5,23*
8	3,13	1,45	5,79*	4,13	3,70	4,46	4,27	3,13	5,29*	4,13	3,72	4,49
15	2,73	0,61**	4,95	3,33	3,04	3,80	3,40	2,58	4,74	3,33	3,04	3,81
22	2,13	-0,54**	4,42	2,80	2,33	3,19	3,27	1,88	4,35	2,80	2,30	3,19
Olor												
1	4,67	3,68	5,42*	4,47	3,10	5,51*	4,53	4,18	4,82	4,47	3,10	5,75*
8	3,53	2,93	4,45	3,60	2,73	4,83	3,93	3,72	4,28	4,07	2,83	5,15*
15	2,80	2,08	3,60	3,13	2,20	4,31	3,53	3,22	3,78	3,27	2,39	4,71
22	2,07	1,12	2,86	2,87	1,52	3,93	3,00	2,68	3,32	3,27	1,78	4,43
Textura												
1	4,80	0,99**	7,69*	4,80	3,68	5,80*	4,87	4,12	5,45*	4,87	3,57	5,87*
8	3,13	0,79**	6,64*	4,13	3,38	5,24*	4,33	3,89	5,05*	4,20	3,44	5,44*
15	2,87	0,16**	6,01*	4,07	2,96	4,82	4,20	3,58	4,74	4,20	3,16	5,16*
22	2,80	-0,89**	5,81*	3,40	2,40	4,52	3,87	3,18	4,51	3,93	2,73	5,03*
Cocido												
Olor												
1	4,67	1,97	6,71*	4,40	3,48	5,59*	4,47	3,39	5,61*	4,47	3,62	5,46*
8	2,80	1,18	5,32*	4,07	3,01	4,86	3,93	3,03	4,97	4,00	3,17	4,79
15	2,07	0,08**	4,22	3,47	2,41	4,26	3,73	2,53	4,47	3,60	2,61	4,23
22	1,27	-1,31**	3,43	2,60	1,68	3,79	2,87	1,89	4,11	2,73	1,94	3,78
Sabor												
1	4,67	1,09	7,37*	4,47	3,92	5,19*	4,40	3,57	5,45*	4,67	4,22	5,02*
8	2,53	0,35**	5,85*	4,07	3,38	4,50	4,20	3,29	4,93	4,00	3,69	4,39
15	1,80	-0,78**	4,71	3,33	2,77	3,88	3,93	2,97	4,61	3,40	3,11	3,81
22	1,13	-2,31**	3,97	2,67	2,08	3,35	3,27	2,45	4,33	2,93	2,48	3,28
Textura												
1	4,67	2,99	6,02*	4,87	4,49	5,36	4,87	4,87	4,87	4,93	4,60	5,18
8	4,00	2,79	5,44*	4,60	4,14	4,90	4,47	4,47	4,47	4,40	4,20	4,71
15	3,47	2,40	5,04*	4,13	3,73	4,49	4,07	4,07	4,07	4,00	3,76	4,27
22	3,53	1,81	4,84	3,67	3,27	4,14	3,67	3,67	3,67	3,60	3,28	3,86

* La calificación se toma como igual al puntaje máximo (5) ** La calificación se toma como igual al puntaje mínimo (1).