ELIMINACIÓN DE *Vibrio cholerae* EL TOR, EN FILETES DE JUREL (*Trachurus picturatus murphyi*) CON EL USO DE RADIACIÓN GAMMA Y EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO

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

(1) Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú
(2) Universidad Nacional Agraria de la Selva / Pucallpa, Perú
(3) Universidad Nacional Federico Villareal / Lima, Perú
(4) Universidad Nacional Agraria La Molina / Lima, Perú

RESUMEN

Este estudio fue llevado a cabo para determinar el valor D_{10} del *vibrio cholerae* el Tor en filetes de jurel fresco. Se calculó un valor D igual a 122 Gy, proponiéndose como dosis de eliminación 0,96 kGy (8D), por lo que se evaluó la extensión de la vida útil de la dosis de 1 kGy, propuesta además como dosis óptima [1]. Utilizando el método de los mínimos cuadrados se calculó una extensión de vida útil para la apariencia, el olor y la textura de los filetes crudos irradiados de 20, 15 y 32 días, respectivamente, frente a los 13, 8 y 16 días calculados para las muestras no irradiadas. Para el sabor y la textura de los filetes irradiados cocidos se calculó un tiempo de aceptación de 27 y 22 días, respectivamente, frente a los 10 y 13 días calculados para los filetes no irradiados en las mismas características y por el diseño estadístico parcialmente vacilante se determinaron los límites de confianza durante el almacenamiento a 0-1 °C durante 15 días, considerándose la evaluación del olor en crudo como la evaluación más confiable. El pretratamiento con tripolifosfato de sodio, redujo casi en un 2 % el exudado de los filetes irradiados respecto a los no irradiados al decimoquinto día de almacenamiento.

1. INTRODUCCIÓN

La incidencia de *Vibrio cholerae* en el Perú desde el año 1991, hizo que este microorganismo tomase importancia como patógeno potencial en la región, en especial en alimentos frescos que se consumen crudos. El carácter no esporulado de este microorganismo, permite el uso de bajas dosis de radiación para su eliminación, como en el de otros vibriones [2]. La popularidad del consumo de jurel, determinó que este producto se usase como substrato; no obstante [3] reporta una inexistencia natural de *vibrio cholerae* colérico en especies pelágicas, pero el deficiente sistema sanitario existente coloca al producto en una situación riesgosa, considerando la latencia del patógeno, expuesto a una contaminación cruzada, por lo cual los resultados podrían ser usados cuando el producto no es acondicionado en las factorías o destinado a un uso industrial, sino sólo cuando se trata de consumo humano directo.

El *Vibrio cholerae* es un microorganismo en forma de bastón curvado o recto, gram negativo, oxidasa y catalasa positivo, móvil por flagelo polar, fermenta la glucosa sin producción de gas, aeróbico facultativo y que crece abundantemente en condiciones alcalinas. El serogrupo O1 es el responsable de las epidemias, y se divide en tres serotipos: Ogawa, Inaba e Hikojima. La ingestión de dosis de 10^8 UFC puede provocar la enfermedad en personas de acidez normal [4].

El jurel es un pez osteictio de costumbres gregarias y pelágicas, que pertenece a la familia de los carángidos, dentro del orden de los perciformes, la especie que existe en el mar peruano es el *Trachurus picturatus murphyi*. El jurel tiene un cuerpo alargado, alto y comprimido y puede alcanzar una longitud de unos 40 cm. Es característica por las escamas de la línea lateral, grandes y provistas de un aguijón [5].

El porcentaje de desembarque para consumo humano, entre los años 1978 y 1992, varió de 14 a 20 % entre un total de 20 especies, excepto durante la temporada del El Niño en 1982-1983[6]**.** Estos porcentajes disminuyeron nuevamente durante los años 1996-1997 en los cuales solo representan el 3,9 y 5,2 %, respectivamente [7].

Anteriormente se ha determinado la dosis óptima de 1 kGy [1] para filetes de jurel, pre tratados con tripolifosfato de sodio y empacados al vacío, y no se encontró diferencias con los filetes empacados al aire; el propósito de esta evaluación fue introducir un diseño estadístico que permitiera obtener resultados más exactos, por lo cual tampoco se hicieron estudios de aceptabilidad, sino solo sobre la evaluación y extensión de la vida útil.

Se plantearon como objetivos la determinación del valor D10 para *Vibrio cholerae* el Tor en filetes de jurel, y el cálculo de la dosis adecuada para su eliminación (8D), esta dosis de eliminación, entonces fue aplicada a los filetes y evaluada desde el punto de vista microbiológico, y de las características sensoriales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Determinación de los valores D_{10} para *vibrio cholerae*

Para la determinación de los valores D_{10} se consideraron los siguientes pasos:

2.1.1. Preparación de la suspensión

Se seleccionó la cepa de *vibrio cholerae* El Tor, serotipo Inaba, por ser el responsable de la epidemia a principios de los 90, esta fue obtenida a través del Ministerio de Salud. Para recuperar dicha cepa, se suspendió una alícuota en un tubo de ensayo con Agua Peptonada Alcalina (APA), incubándose por 6 a 8 horas a 42 ºC, para luego ser estriada en Agar Infusión Cerebro Corazón (BHIA) inclinado el cual fue incubado por 24 horas a 37 ºC [8], y nuevamente estriado en dos tubos con BHIA inclinado por otras 24 horas. Dicho crecimiento fue disuelto en 250 ml de APA lográndose una concentración entre 10^8 y 10^9 UFC/ml.

2.1.2. Inoculación de los filetes

Se adquirieron ejemplares de jurel fresco con un promedio de 500 g de peso bruto, los que se filetearon y desde los filetes de prepararon piezas enteras de músculo de 25 g c/u aproximadamente, que fueron irradiados de 10 kGy, con el fin de eliminar la población normal. Estas piezas fueron sumergidas individualmente en la suspensión preparada como se indica anteriormente durante 2,5 minutos, alcanzándose una concentración promedio de 10^7 UFC/g. Los filetes fueron embolsados en polietileno.

2.1.3. Irradiación

Las piezas embolsadas se irradiaron a temperatura de la sala (25-27 °C) utilizando dosis de 0,1; 0,2; 0,3 y 0,4 kGy. Se aplicó un tiempo de recuperación de 1 hora, sumergiendo los filetes en APA.

2.1.4. Recuento bacteriano

Se tomaron 25 g de los filetes y se homogeneizaron con 225 ml de agua peptonada alcalina, desde el cual realizaron diluciones decimales. Se sembró por el método de profundidad utilizando BHIA, porque permitía un crecimiento más rápido que en TSA (apreciación personal), encontrándose los mismos recuentos, y se incubaron por 24 a 48 horas a 37 °C, antes de contar las colonias típicas en las placas. Además, como punto de referencia se determinó el valor D para v*ibrio cholerae* en solución salina peptonada (SSP), siguiendo el método descrito por ref. [9]. El cálculo por mínimos cuadrados para la determinación del valor D fue corrido con un nivel de confianza de 95 %.

La fuente de irradiación usada fue un Gammacell 220 con fuente de Co-60, con una tasa de dosis de 48 Gy/min. Para el cálculo de la tasa de dosis se utilizó la dosimetría Fricke. Se realizaron tres repeticiones en ambos ensayo.

2.2. Evaluación de la dosis óptima

Para la evaluación de la dosis óptima se utilizó el siguiente procedimiento:

Se adquirieron ejemplares con las mismas características que para el primer ensayo en el Terminal Marítimo de Ventanilla (Callao); considerando la distancia desde la zona de pesca y el transporte es probable que tuviesen hasta 3 días de haber sido pescados. Durante este tiempo los filetes son mantenidos en congelación. Estas fueron trasladadas al laboratorio en coolers utilizando hielo en escamas. Fueron fileteadas, sin quitarles la piel y evitando incluir las zonas con alto contenido de grasa (parte posterior). Sabiendo que el rendimiento por ejemplar está cerca al 60% [1], se obtuvo 4 muestras de 75 g cada una, se procedió a un lavado con agua corriente antes de sumergirlas en una solución de tripolifosfato de sodio al 10% durante 90 segundos. Estas piezas fueron colocadas en bolsas de Nylon 6, selladas al aire y luego

enfriadas. La mitad del lote fue expuesto a una dosis mínima de 1 kGy, acompañados con bolsas de hielo, por lo que pudo mantenerse la temperatura a menos de 10 °C durante el tiempo de exposición.

Ambos, los filetes irradiados y no irradiados fueron colocados en almacenamiento a 0-1 °C por 15 días, durante los cuales se evaluó el crecimiento microbiano a 25 - 27 °C, por el método de recuento estándar en placa (REP) utilizando BHIA, la pérdida de exudado, calculado por diferencia de peso, las BVT-N por el método de Conway y la calificación con escala por parámetro de las características sensoriales en filetes crudos y cocidos.

2.2.1. Evaluación sensorial

Se utilizaron 6 panelistas entrenados, a los que se presentaron dos fichas con un test de eva-luación con escala por parámetro. Para los filetes crudos se evaluó la apariencia, olor y textura, estos se presentaron a los panelistas igual como se retiraron de las bolsas. Para la evaluación de filetes cocidos, primero fueron lavados y expuestos a vapor durante 10 minutos antes de presentarlos a los panelistas los que evaluaron el sabor y la textura. Se utilizó una escala de 7 puntos, con un límite de aceptabilidad de 4. Las evaluaciones se realizaron el día 1, 6, 10 y 15 de almacenamiento. Ambos formatos se muestran en el anexo.

Los resultados de la calificación con escala por parámetro fueron evaluados utilizando el Diseño Parcialmente Vacilante [10], con el propósito de determinar los límites de confianza y el tiempo aproximado de vida útil. Los cálculos por mínimos cuadrados para todos los parámetros fueron corridos a un nivel de confianza de 95%. Durante este ensayo se calculó una tasa de dosis de 29 Gy/min. Se realizaron dos repeticiones.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Efectos de la irradiación sobre el *vibrio cholerae* El Tor

El valor D_{10} calculado para *vibrio cholerae*, en los filetes de jurel es 122 Gy (r^2 = 0,97), frente a 127 Gy obtenido en SSP (r^2 = 0,95). La curva ajustada se muestra en la figura 1. Gelli [11] obtuvo un valor D_{10} para El Tor Inaba de 0,13 kGy en caldo nutritivo. Con los resultados obtenidos en soluciones acuosas es esperada una mayor resistencia de la cepa inoculada en los filetes. El método de inoculación (por inmersión) y el de dilución (UFC/g en vez de UFC/cm^2) pueden ser responsables de este resultado, teniendo en cuenta, primero, que los microorganismos quedaron tan expuestos a las radiaciones como en un medio líquido, ya que no existió componente alguno del músculo que actuase como radioprotector [12] y segundo, que la contaminación superficial se contó como contaminación a través de todo el músculo. No obstante, estos bajos valores de reducción microbiana para los vibriones son aceptables ya que estos microorganismos son no esporógenos gramnegativos.

La dosis mínima que puede aplicarse para eliminar la población de *vibrio cholerae* el Tor en los filetes de jurel es de 8D, que es el equivalente para eliminar una población de 10^8 UFC, señalado anteriormente, es 0,96 kGy; que, para fines prácticos equivale a 1 kGy.

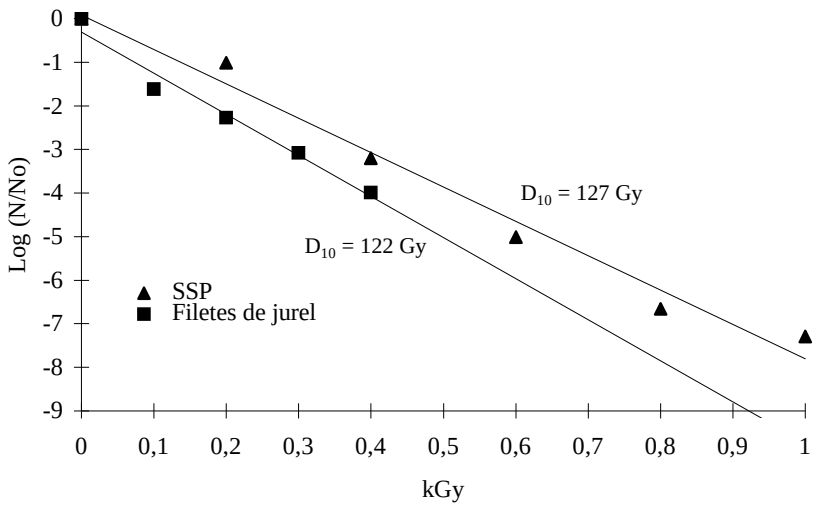

Figura 1. Variación de la población de vibrio cholerae en función a la dosis de radiación en filetes de jurel y en SSP.

3.2. Efectos de la irradiación sobre la calidad de los filetes de jurel

Fueron evaluadas dosis mayores de 1 kGy para confirmar los niveles de reducción microbiana y los cambios esperados en las características sensoriales de estos. Puede observarse en la tabla 1, que la aplicación de 1,5 y 2 kGy reducen la carga microbiana hasta 3,93 y 3,30 log/g, respectivamente frente a los 5,98 log/g iniciales. Sin embargo, las evaluaciones sensoriales indican modificaciones notorias para un producto fresco, sobretodo en los cambios de color y de la presencia de un ligero olor rancio. Este último, probablemente consecuencia del alto contenido de grasa en el músculo, durante la época de evaluaciones.

3.2.1. Evaluación sensorial

Cuando se evaluaron los filetes irradiados a 1 kGy, se determinaron las diferencias frente a filetes no irradiados. En la tabla 2 se detallan los valores de las calificaciones obtenidas y los límites de confianza de cada una de los parámetros evaluados.

En la evaluación de cada uno de los parámetros es esperada una disminución de la calificación con tendencia lineal, las hojas de evaluación fueron diseñadas a partir de las tablas de Ref. [13]. Para la apariencia de los filetes crudos, el primer día de almacenamiento, hay una calificación promedio mayor de 6, esta disminuye con una pendiente mayor en los filetes no irradiados desde la segunda fecha, hasta alcanzar el límite de aceptabilidad antes del día 15; mientras que los filetes irradiados no llegan al límite sino hasta después del último día de evaluación. El tiempo de vida útil calculado, por mínimos cuadrados, para estas últimas alcanza a 20 días, en tanto que para las muestras no irradiadas se calcula en 13 días. La apariencia de los filetes va a estar ligada directamente con la presencia del exudado, que, en la mayor de las ocasiones, tiene un aspecto rojizo y viscoso, mucho más en los filetes no irradiados, hacemos notar además los amplios límites de confianza obtenidos para los filetes irradiados, influenciados aparentemente por el cambio de color del músculo.

Desde el principio del almacenamiento, las calificaciones para el olor son menores para ambas muestras respecto a las otras características, siendo descartadas las muestras no irradiadas antes del décimo día, esto es esperado por el alto nivel de crecimiento microbiano que ya alcanza hasta 8 log/g. Los filetes irradiados conservan las calificaciones por encima de 4 hasta poco después del decimoquinto día y se calcula un tiempo de vida útil hasta de 15 días contra los 8 días calculados para los testigos. Los límites de confianza más ajustados obtenidos en la evaluación de ambas muestras, indican que la evaluación de estas características será más confiable que las otras, si no estuviese implicado el uso de aditivos coadyuvantes, como el tripolifosfato de sodio, el cual mejoró la textura de los filetes en especial.

Tabla 1. Resultados en la evaluación microbiológica y de las modificaciones sensoriales para filetes de jurel irradiados a 1,5 y 2,0 kGy (25-27 ºC).

Dosis (kGy)	Log UFC/g	Modificaciones sensoriales
0,0	5,98	Color: Rojo a rojo pardusco
1,5	3,93	Olor: Neutro a ligeramente rancio
2,0	3,30	Color: Rojo a pardusco. Con manchas obscurecidas Olor: Neutro a moderadamente rancio

Tabla 2. Calificaciones y límites de confianza de los parámetros organolépticos evaluados en filetes de jurel no irradiados e irradiados a 1 kGy.

Días de almacenamiento	0 kGy			1 kGy		
Crudo apariencia	Puntaje	Límite inferior	Límite superior	Puntaje	Límite inferior	Límite superior
1	6,50	5,00	7,66*	6,33	3,47	8,64*
6	5,17	4,20	6,50	5,33	3,28	7,77*
10	4,42	3,41	5,72	4,67	2,86	7,34*
15	3,75	2,26	4,92	4,92	1,98	7,16*
Olor						
1	5,67	4,72	6,39	5,75	4,38	6,79
6	4,25	3,65	5,09	4,83	3,99	6,08
10	3,33	2,70	4,15	4,50	3,55	5,64
15	2,33	1,40	3,07	4,17	2,83	5,24
Textura						
1	6,08	4,79	7,19*	6,08	5,10	6,84
6	5,33	4,30	6,39	5,50	4,89	6,40
10	4,58	3,78	5,87	5,33	4,64	6,15
15	4,33	2,97	5,38	5,17	4,21	5,94
Cocido sabor						
1	6,83	4,50	9,07*	6,08	3,94	8,29*
6	5,42	3,25	7,21*	5,50	3,82	7,59*
10	3,50	2,00	5,96	5,83	3,49	7,26*
15	2,67	0,14	4,71	4,75	2,79	7,14*
Textura						
1	6,50	4,00	9,07*	6,75	6,06	7,57*
6	5,83	3,30	7,70*	6,17	5,49	6,80
10	4,17	2,47	6,87	5,75	4,95	6,26
15	3,83	1,09	6,17	4,83	4,18	5,69

* Estos valores van a tomarse como equivalentes a la puntuación máxima (7).

Cuando se evaluó la textura, si bien la calificación inicial es menor que para la apariencia los filetes no irradiados obtuvieron calificaciones de aceptabilidad hasta después del día 15, lo mismo que los filetes irradiados, los que obtuvieron calificaciones mayores de 5 inclusive al decimoquinto día. Esta conservación de la textura, en ambas muestras, es resultado del tratamiento con la solución de tripolifosfato de sodio, el cual impidió la rápida deshidratación de los filetes. La pérdida de textura en los testigos, a pesar del pretratamiento, indica la elevada actividad de microorganismos de descomposición, mejor reflejada en el olor. Respecto a esta característica el tiempo de vida útil calculada, para las muestras control alcanza sólo 16 días, mientras que en las muestras irradiadas

se calcula en 32 días. Se encuentra un comportamiento muy parecido en la textura de las filetes cocidos, donde los tiempos de vida útil calculados son de 13 y 22 días para los filetes testigos e irradiados, respectivamente. Para estos dos parámetros también pudo calcularse límites de confianza bastante ajustados, excepto para la textura de los filetes cocidos no irradiados.

En la evaluación del sabor de las muestras cocidas, se encuentra una relación parecida al olor de los filetes crudos; entre los días 6 y 10 se encuentra ya un sabor inaceptable en los filetes del control. La calificación menor en los filetes irradiados al primer día de almacenamiento es resultado directo de los gustos extraños provocados por la irradiación, dado el poco tiempo transcurrido entre esta y la degustación. La calificación para las muestras irradiadas aún se mantiene por encima del límite de aceptabilidad hasta el día 15. El tiempo de vida útil calculado, para las muestras testigo alcanza sólo 10 días, frente a 27 días de los filetes irradiados; sin embargo los límites de confianza son los más amplios obtenidos respectos a todos los demás parámetros. La falta de entrenamiento en la evaluación de pescado fresco, puede ser causa de esto.
Puede observarse, por lo general que, el tiempo de vida útil calculado para cada parámetro es el doble o cerca al doble entre las muestras testigos e irradiadas. No obstante, teniendo en cuenta los límites de confianza más ajustados obtenidos para el olor de filetes crudos, proponemos que esta represente la extensión de vida útil del jurel.

3.2.2. Evaluación microbiológica

Desde la figura 2 se observan los recuentos del primer día de almacenamiento que indican una reducción microbiana de 1,86 log/g con una dosis de 1 kGy a 25-27 °C, desde una población inicial de 5,8 log/g. Este nivel de población demuestra el deficiente nivel sanitario de nuestros terminales pesqueros. Los recuentos al sexto día colocan a los filetes testigos como no aptos para el consumo, pues superan 7 log/g; mientras los filetes irradiados muestran una disminución de la población, estos sólo alcanzan 6 log/g poco antes del decimoquinto día; sin embargo esta carga microbiana no parece influir en ciertos parámetros como el olor de los filetes crudos o el sabor de los filetes cocidos. Esto permite apoyar la propuesta de [14], sobre un límite de aceptabilidad para conteos bacteriológicos de pescado irradiado mayor de $1x10^6$ UFC/g.

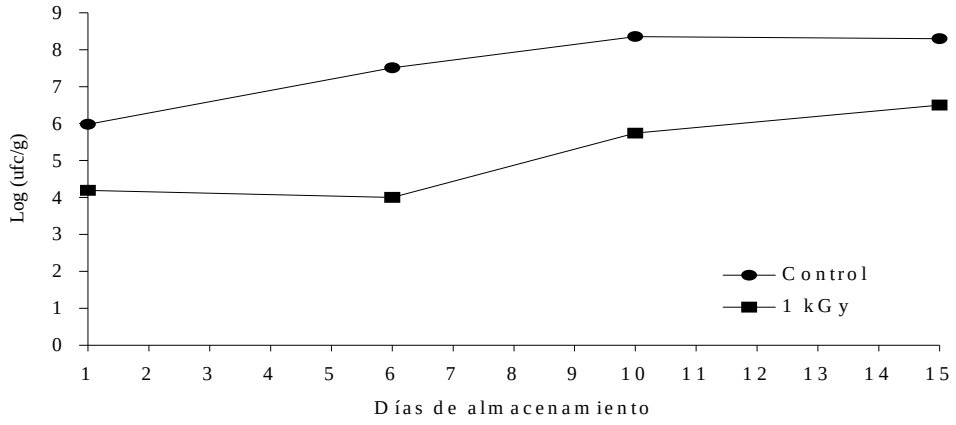

Figura 2. Evaluación microbiológica de los filetes de jurel, durante el almacenamiento a 0 - 1 ºC, después de la irradiación (log UFC/g a 25-27 ºC).

3.2.3. Determinación de la formación de exudado

En esta evaluación, solo fue de interés averiguar cuanto puede evitar el tripolifosfato de sodio las pérdidas de peso por goteo en los filetes irradiados, frente a las pérdidas de un filete no irradiado, pero no si tiene un efecto bacteriostático. Al primer día de almacenamiento, como se observa en al figura 3, el exudado formado es mayor en las muestras irradiadas, lo que es esperado, por el efecto directo de la irradiación (radiólisis), dado el alto contenido de agua en los filetes [12]. Inclusive, al sexto día, la pérdida de peso por exudado en la muestra irradiada aún es mayor que en el control. En los análisis del décimo y del decimoquinto día, sin embargo, el exudado

es mayor en la muestra no irradiada hasta con una diferencia de 0,62 y 1,64% respecto al de las muestras irradiadas, en las cuales el porcentaje es 3,8% para ambos días y donde la tendencia de la pendiente parece mantenerse.

Ref. [13], señalan que los porcentajes en w/w de exudado en filetes de merluza (*Merluccius merluccius*) tratados con solución de tripolifosfato de sodio al 10% y 2% de NaCl, e irradiados a 2 kGy y filetes no irradiados, a la tercera semana de almacenamiento en refrigeración fue 3% y 6%, respectivamente.

3.2.4. Nitrógeno de las bases volátiles totales (N-BVT)

De los resultados mostrados en la figura 3 se observa que, sólo a partir del décimo día hay una diferencia significativa en el valor de N-BVT entre muestras. Desde los análisis del día 10 en los filetes no irradiados, es notoria una elevación bastante señalada respecto al análisis del día 15, el cual ya sobrepasó el límite recomendado que es de 30 mg/100 g [15]; mientras que los valores de N-BVT de los días 10 y 15 en los filetes irradiados a 1 kGy son cercanos a los valores de los días iniciales, inclusive cuando al día 15 la población microbiana está cerca a los 6 log/g.

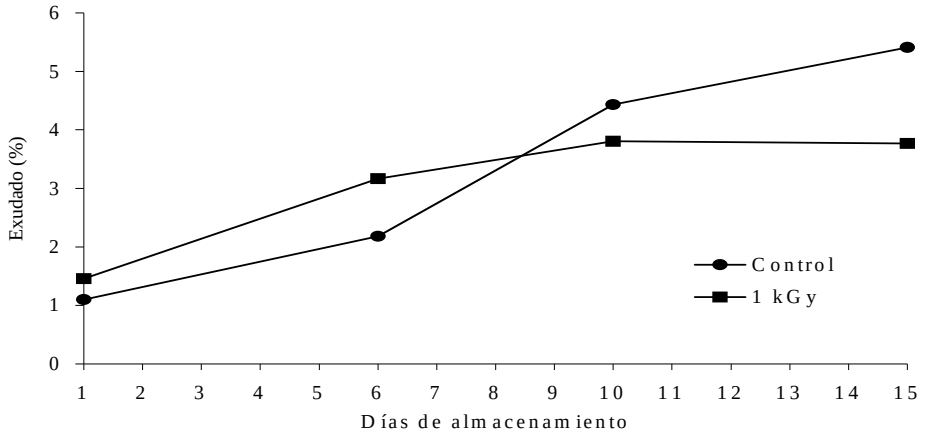

Figura 3. Evaluación de la pérdida de peso por goteo de los filetes de jurel control e irradiado a 1 kGy, durante el almacenamiento a 0 - 1 ºC.

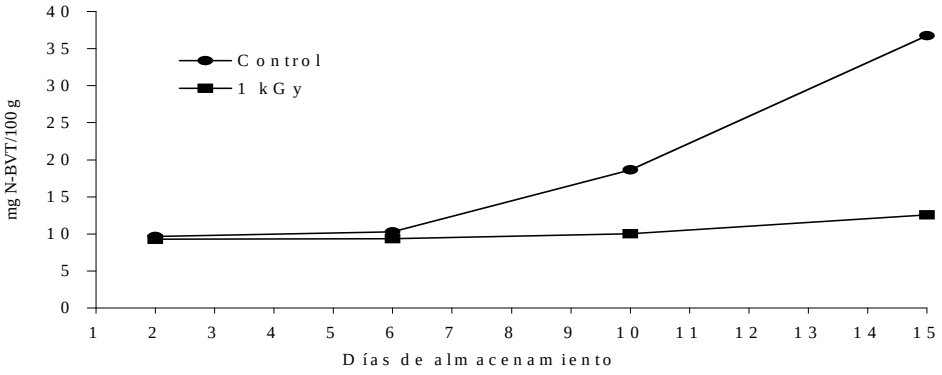

Figura 4. Evaluación del nitrógeno de las bases volátiles totales en los filetes de jurel, no irradiados e irradiados a 1 kGy, durante el almacenamiento (mg N-BVT/100 g).

3.3. Análisis de costos

La Planta de Irradiación Multiuso, ubicada en Santa Anita, Lima, comenzó a funcionar con carácter comercial en abril de 1996. Tiene un diseño ruso y está incluida en la categoría 4 de irradiadores. La carga nominal inicial fue de 100 kCi habiendo sido cargada con una fuente de cobalto-60 de fabricación argentina. La construcción de esta planta significó una inversión inicial de 2 400 000 dólares. Los costos de operación por año, calculados, alcanzan a cerca de US$ 590 000 por año, incluyendo los costos de personal, de servicios y de depreciación, intereses y seguros.

A partir de los costos anuales, 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.

3.3.1. Características del producto

El porcentaje de desembarque de jurel para consumo humano directo durante las ultimas dos décadas en el Perú, se ha mantenido entre 14 y 20% para un total de 20 especies comerciales, representando en los últimos dos años un promedio de 60 000 toneladas anuales. Debe saberse que toda esta producción está dirigida al consumo interno. En el mar peruano su distribución está dada a través de toda su extensión, ubicándose las principales pesquerías en la costa norte.

Para los cálculos de la cantidad de producto que podría irradiarse diariamente se tuvo en cuenta el acondicionamiento de las muestras como filetes (con un rendimiento de 40%), pudiendo ser empacados individualmente o en pares en bolsas de polietileno, dado que la dosis de radiación es bastante baja y no afecta a este tipo de plástico.

El sistema de transporte del irradiador consta de 45 jaulas con capacidad de 5 cajas de 80 litros cada uno. Para la aplicación de 1 kGy con un promedio de exposición por cada caja de 11 minutos, es posible cargar hasta 109 jaulas por día, teniendo en cuenta que puede operarse durante 20 horas diarias. A partir de una densidad aparente para los filetes de 0,46, sería posible irradiar a 1 kGy hasta 20 Ton de filetes/día, a un costo neto de US$ 0,08 por kg.

4. CONCLUSIONES

El carácter no esporulado del *vibrio cholerae* permite el uso de bajas dosis para su eliminación, a un nivel de radurización, habiéndose determinado que con 0,96 kGy puede reducirse hasta 8 log, suponiendo que la contaminación sucediese en un filete fresco en forma superficial. Sin embargo, se encuentran discrepancias en el método de inoculación experimental y su evaluación, debido al desconocimiento de una técnica estandarizada. Debe observarse además que todo el experimento fue llevado *in vitro*, no evaluándose específicamente la presencia natural de *vibrio cholerae* en los filetes.

El valor de 8D fue evaluado en los filetes frescos, determinándose un tiempo de vida útil hasta el doble de los filetes no irradiados, cuando estos se almacenan a 0 - 1°C. Teniendo en cuenta los límites de confianza y el uso de tripolifosfato de sodio, se considera como el parámetro de evaluación más confiable el del olor de los filetes crudos. Sin embargo, los cambios en el color de músculo, el que se mantiene a través del almacenamiento, podrían hacer inaceptable el producto desde el punto de vista comercial.

Se recomienda la modificación del método de determinación del valor D_{10}, teniendo en cuenta el modo de inoculación y su evaluación, hasta simular mejor los resultados a una contaminación cruzada real.

A partir de los cálculos realizados con los datos obtenidos de la Planta de Irradiación comercial es posible irradiar, a 1 kGy, hasta 20 Ton de filetes de jurel por día a un costo neto de US$ 0,08/kg.

5. REFERENCIAS

[1]. TORRES R., Z., Conservación de filetes de jurel fresco irradiado, almacenado en refrigeración, IPEN - ITP, Lima (1988).

[2]. ICMSF, Ecología microbiana de los alimentos 1: factores que afectan a la supervivencia de los microorganismos en los alimentos. varios trad., Vol I, Acribia, Zaragoza (1983) 48-73.

[3]. CARVAJAL, G., ET AL. Características diferenciales de *vibrio cholerae* marino y clínico durante la epidemia peruana. ITP, Boletín de Investigación, Lima, pag 49-60.

[4]. OPS/OMS, Contaminación microbiana de los alimentos vendidos en la vía pública. Ed. por Claudio Almeida et al. (1996) 3-4.

[5]. INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ/ INSTITUTO TECNOLÓGICO PESQUERO DEL PERU. Composición biológica tecnológica. STELLA, Callao, Perú, 143 p.

[6]. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. Perú: compendio estadístico 92-93. Tomo II, Dirección Técnica de Indices Económicos, Lima (1993) 662 p.

[7]. http://www.imarpe.gob.pe/ IMARPE. Pesquería de recursos pelágicos en la costa peruana durante 1997. Lima (1998)

[8]. CARVAJAL C., ET AL., Microbiología de alimentos marinos. CONCYTEC, Lima, (1991) 55-57.

[9]. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/INTERNATIONAL OF ATOMIC ENERGY AGENCY, Training manual on food irradiation technology and techniques, 2nd Edition, Vienna, (1982), 205 p.

[10]. GACULA M. C. Jr.. The design of experiments for shelf life study. Food Science (1976); 40 (2) 399-403.

[11]. IAEA/FAO/PAHO/WHO. Second meeting of the IAEA/FAO/PAHO/WHO coordinated research project on use of irradiation as a public health intervention a leasure to control foodborne disease in Latin America and the Caribbean, Tampa, 1997.

[12]. JAY, J. M.. MICROBIOLOGÍA MODERNA DE LOS ALIMENTOS. 3 ED. TRAD. POR MANUEL RAMIS VERGÉS, ACRIBIA. ZARAGOZA (1994) 345 – 371.

[13]. FIGUEROA, C., ET AL.. Efecto del pretratamiento con soluciones de tripolifosfato en filetes de merluza radurizados. Comisión Chilena de Energía Nuclear Santiago de Chile (1979) 48 p.

[14]. HANNESSON, G.; DAGBJARTSSON, B.. Radurization of scampi, shrimp and cod. STI/DOC/10/124 IAEA, Vienna (1971) 61 – 91.

[15]. EGAN, H., ET AL. Análisis químico de alimentos de Pearson, 1 ed, 5 reimp. CECSA, México D.F, (1993) 424-426.

398