

# comisión del codex alimentarius



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES  
UNIDAS PARA LA AGRICULTURA  
Y LA ALIMENTACIÓN

ORGANIZACIÓN  
MUNDIAL  
DE LA SALUD



OFICINA CONJUNTA: Viale delle Terme di Caracalla 00100 ROMA Tel: 39 06 57051 www.codexalimentarius.net Email: codex@fao.org Facsimile: 39 06 5705 4593

**Tema 13 del programa**

**CX/FFP 00/13**

## **PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS**

### **COMITÉ DEL CODEX SOBRE PESCADO Y PRODUCTOS PESQUEROS**

24ª reunión

Alesund, Noruega, 5-9 de junio de 2000

#### **DOCUMENTO DE DEBATE SOBRE LA UTILIZACIÓN DE AGUA CLORADA<sup>1</sup>**

##### **La utilización del cloro en la elaboración del pescado**

##### **RESUMEN**

Se han expresado preocupaciones respecto de la producción de subproductos peligrosos cuando se utiliza cloro para fines de desinfección en la industria de elaboración del pescado. Las principales preocupaciones se refieren a la absorción del cloro procedente del agua de lavado de los productos pesqueros y a la absorción o formación de subproductos de desinfección en el pescado consiguientes a la utilización de agua clorada. Las actuales directrices del Codex Alimentarius permiten una concentración máxima de 10 mg/l de cloro en el agua que entra en contacto con el pescado. En un estudio sobre las normas o directrices de reglamentación en varios países se señaló que en ninguno de ellos se permitía un nivel superior, y que en la mayoría la norma o directriz era inferior. En algunos otros sectores de la industria de elaboración de alimentos se utilizan concentraciones mucho mayores comparadas con las del sector de productos pesqueros. La bibliografía que se ocupa de las posibilidades de formación de subproductos peligrosos a causa de la utilización del cloro para la desinfección en el proceso de elaboración del pescado es escasa y en general se refiere a los sistemas modelo de laboratorio. Existen, no obstante, datos considerables sobre la formación de subproductos peligrosos del cloro cuando esta sustancia se utiliza en el agua potable. Teniendo en cuenta el breve período de contacto que supone el lavado del pescado, se considera que los riesgos de contaminación debidos a la utilización del suministro de agua potable clorada, inclusive después de una posterior cloración en la planta de elaboración, son muy bajos. El cloro se utiliza sobre todo como coadyuvante para una elaboración higiénica del pescado y no como tratamiento de descontaminación. Algunos estudios de sistemas modelo sobre agua clorada utilizada para el lavado del pescado han indicado que inclusive en dosis máximas de 20 mg/l de cloro libre no se encuentran mutágenos. Las pruebas científicas de que se dispone actualmente no justifican una modificación de los niveles recomendados por el Codex de 10 mg/l en el agua que entra en contacto directo con los productos pesqueros. En muchos casos la cloración del agua que se utiliza para la elaboración del pescado y para el mantenimiento de los sistemas de distribución representan un control esencial para prevenir la contaminación por agentes patógenos transmitidos por el agua y para disminuir la incidencia de la contaminación cruzada.

<sup>1</sup> Preparado por el Dr. Alan Reilly.

## 1. Introducción

En la reunión del Comité del Codex sobre Pescado y Productos Pesqueros (CCFFP), celebrada en junio de 1998 en Bergen, Noruega, se examinó el tema de la utilización del cloro como desinfectante para reducir la carga microbiana de los productos pesqueros crudos, como los langostinos y los camarones, y se expresó la opinión de que la utilización del agua clorada era una práctica común en el sector de la elaboración del pescado si bien existían diferencias considerables entre países. Se expresó, asimismo, preocupación con respecto a los residuos tóxicos y sobre los riesgos que podían entrañar para la salud pública los subproductos del cloro debido a la utilización de niveles elevados de cloro en el agua usada para lavar el pescado y los productos pesqueros. También se expresaron inquietudes con relación a las deficiencias en el conocimiento de las prácticas que se utilizan actualmente en las industrias de los diversos países y hubo un amplio consenso sobre el hecho de que se necesitaba información adicional. Las recomendaciones vigentes del Codex prevén un máximo de 10 mg/l de cloro en el agua que entra en contacto con los productos pesqueros, y un máximo de 100 g/l para la limpieza de los equipos en las instalaciones. En vista de que el CCFFP está efectuando una revisión de todos los Códigos de Prácticas para el pescado y los productos pesqueros cabe preguntarse si no debiera revisarse la recomendación relativa a la utilización del cloro.

Estas cuestiones se habían remitido precedentemente al Comité del Codex sobre Higiene de los Alimentos (CCFH), que había estimado que debería elaborarse un documento técnico sobre el nivel de los residuos de cloro en productos como los langostinos y los camarones congelados que se lavaban con agua clorada y sobre los niveles recomendados que se utilizaban en la elaboración. El CCFH había pedido al CCFFP que preparara dicho documento (ALINORM 97/13A). La FAO y la OMS acordaron realizar esta tarea.

## 2. Antecedentes

En los últimos cien años el uso del cloro para desinfectar el agua ha sido una de las medidas de salud pública más importantes adoptadas para la prevención de las enfermedades transmitidas por el agua. En general, la cloración se considera como una medida sanitaria esencial para garantizar que el agua potable sea inocua desde el punto de vista microbiológico. Como resultado de la desinfección las enfermedades infecciosas transmitidas por el agua, como la tifoidea, la disentería y el cólera, están ampliamente controladas en los países industrializados. Lo mismo no sucede, sin embargo, en los países más pobres del mundo donde los abastecimientos de agua inadecuada y malsana figuran entre las principales causas de morbilidad y mortalidad.

Las ventajas de los desinfectantes a base de cloro es que son baratos, fáciles de encontrar en la mayoría de los países, efectivos contra la mayor parte de los agentes patógenos bacterianos y que proporcionan una protección duradera de los suministros de agua dado que los niveles residuales de cloro pueden conservarse a través de todo el sistema de distribución. En los últimos veinte años se han descubierto algunas desventajas con respecto a los subproductos del cloro resultantes de la reacción producida por el cloro y las materias orgánicas e inorgánicas presentes en el agua y también por la aparición de agentes patógenos transmitidos por el agua como el *Cryptosporidium* y la *Giardia*, que son más resistentes a las prácticas tradicionales de desinfección.

En los últimos años se están estudiando las posibilidades de reacción del cloro con las materias orgánicas en el agua potable y de formación de compuestos clorados peligrosos, denominados subproductos de desinfección. Uno de los principales determinantes de los subproductos de la desinfección es el nivel de materia orgánica presente en la fuente de agua. Generalmente, las aguas superficiales (ríos y lagunas) tienen una concentración de materia orgánica mayor que las aguas subterráneas (pozos y manantiales). Los principales subproductos de desinfección son los trihalometanos y los ácidos trihaloacéticos, pero también se han identificado otros (OMS, 1998). En informes presentados recientemente se han determinado posibles asociaciones entre estos subproductos y diversas formas de cáncer, pero la mayor parte de los datos no son decisivos y los beneficios para la salud pública resultantes de la disminución de las enfermedades transmitidas por el agua compensa con creces los riesgos de cáncer (OMS, 1998) La epidemia de cólera que empezó en 1991 en América

Latina estuvo propiciada, por lo menos en parte, por el concepto erróneo de que los subproductos de desinfección representaban para la salud pública un riesgo mayor que los agentes patógenos transmitidos por el agua (Otterstetter y Craun, 1977).

Existe la posibilidad de que se formen productos peligrosos por el contacto del cloro con alimentos de origen animal, si bien esto no se ha demostrado en lo que respecta a los productos pesqueros. La cloración de aminoácidos presentes en las soluciones pueden dar origen a agentes mutagénicos y en estudios realizados sobre el agua clorada utilizada para lavar carne de aves en condiciones de laboratorio se ha demostrado una actividad mutagénica en el agua de lavado. Las condiciones del lavado de las aves, cuando el agua que circula está demasiado clorada, y con un tiempo mayor de exposición, no son las mismas que las de las prácticas de lavado en la elaboración del pescado, y es posible que los estudios sobre las aves no sean aplicables a la elaboración del pescado.

### **3. Formas de cloro empleadas en la elaboración del pescado**

La química del cloro en solución acuosa ha sido estudiada precedentemente (Fukayama *et al.*, 1986; OMS, 1996; OMS, 1998). En las soluciones de agua con cloro, el ácido hipocloroso (HOCl) es el principal agente bactericida que elimina la mayoría de los microorganismos con dosis y tiempos de contacto adecuados. La actividad inhibitoria o letal depende de la cantidad disponible de cloro libre (como HOCl) que entra en contacto con las células microbianas. La disociación del HOCl depende del pH y de la temperatura, por ejemplo, con un pH 6 el HOCl es la substancia predominante y representa más del 90 por ciento de cloro en solución a 25°C. El cloro se consume rápidamente y pierde su actividad antimicrobiana al contacto con materias orgánicas. Lo mismo sucede si se expone al aire, la luz o a los metales.

El cloro se utiliza en el sector de la elaboración del pescado como desinfectante del agua y probablemente es el desinfectante más utilizado. Entre sus usos se cuenta el lavado de los productos pesqueros, la adición al agua para preparar hielo para refrigerar el pescado, y al agua en que se descongelan los productos congelados. También se usa en el agua con que se enfría el pescado envasado después de esterilizado para evitar el deterioro debido a fugas. El cloro se encuentra en comercio en distintas formas, siendo la más común la forma granular y en polvo, como hipoclorito cálcico, o en forma líquida como hipoclorito sódico (NaOCl) o lejía (Cuadro 1). En cualesquiera de estas formas actúa como potente oxidante y es reactivo a una amplia variedad de compuestos. En condiciones de presión y temperatura normales el cloro es un gas. Puede comprimirse en forma líquida, distribuirse en cilindros y añadirse automáticamente a los suministros de agua en las plantas de elaboración del pescado o a bordo de los buques pesqueros.

En la elaboración del pescado se utiliza con menor frecuencia el dióxido de cloro, tal vez a causa de su inestabilidad y a los riesgos que entrañan su manipulación y transporte. Sin embargo es utilizado, y ha demostrado ser efectivo, para la eliminación de numerosos microorganismos, incluidos algunos resistentes al tratamiento con cloro, y para prolongar el tiempo de almacenamiento de muchos alimentos, incluidos los productos pesqueros (Richardson *et al.*, 1998). Algunas de las ventajas del dióxido de cloro de que se tiene noticia, comparado al cloro en solución acuosa como agente de desinfección, son que es siete veces más potente que el cloro en solución acuosa en la destrucción de las bacterias, que la actividad bactericida del dióxido de cloro no se ve afectada por condiciones de alcalinidad y/o por la presencia de niveles significativos de materia orgánica (Lin *et al.*, 1996). Por estas razones, muchos organismos están efectuando investigaciones en vista de la utilización del dióxido de cloro en el sector de la elaboración del pescado.

### **4. Concentraciones de cloro utilizadas en la elaboración del pescado**

Durante la elaboración del presente examen muchos países proporcionaron datos sobre el uso del cloro en el sector de la elaboración del pescado a nivel nacional. Dichos datos se presentan en forma resumida en el Cuadro 1. En general no existen normas o recomendaciones nacionales específicas sobre niveles residuales de cloro en el agua que entra en contacto con el pescado o con los productos

pesqueros durante su elaboración o preparación. En la mayoría de los casos normalmente se aplican las recomendaciones de las Directrices de la OMS para el Agua Potable - niveles residuales en torno a 0,2 y 0,5 mg/l en el sistema de distribución del agua (OMS, 1996). Los niveles de cloro en el agua que se usa para lavar los equipos y las instalaciones (suelos, paredes, etc.) varían según el nivel de contaminación de las superficies. Cuando se usan niveles altos de cloro la práctica industrial habitual prevé un enjuague final con agua potable. Es muy exigua la posibilidad de que los consumidores de productos pesqueros estén expuestos a cualquier tipo de riesgo debido al empleo del cloro en la limpieza y lavado de los equipos y las instalaciones siempre y cuando se sigan las buenas prácticas de fabricación.

En el actual Código Internacional Recomendado de Prácticas para los Camarones del Codex (CAC/RCP 17-1978, Codex Alimentarius, Volumen B, Segunda Edición, FAO/OMS, 1984) y en el Código Internacional Recomendado de Prácticas para el Pescado Fresco (CAC/RCP 9-1976, FAO/OMS, 1983) figuran las siguientes declaraciones en las secciones que se ocupan de la manipulación del pescado fresco a bordo:

*Se ha demostrado en la industria elaboradora de pescado que inyectar cloro en el agua fría empleada para la limpieza general contribuye a reducir la contaminación microbiana. Mejorarían mucho las condiciones higiénicas de los pesqueros que manipulan o elaboran mucho pescado si inyectaran cloro en los conductos de agua. La proporción de cloro será de cerca 10 ppm en el uso normal y de 100 ppm de concentración residual durante la limpieza.*

Algunas autoridades nacionales han adoptado este valor del Codex y reconocen que hasta un nivel máximo de 10 mg/l de cloro activo en el agua y el hielo que se utilizan en la elaboración del pescado y que entran en contacto con los alimentos de origen marino se trata de un nivel generalmente reconocido como inocuo (GRAS). El empleo del cloro dentro de este límite de concentración se basa en antecedentes de utilización sin riesgos y de prácticas industriales aceptadas en un período de muchos años. Durante la preparación de este examen no se encontraron datos ni pruebas que indicaran la existencia de problemas de salud pública asociados a esta práctica.

En algunos estudios realizados recientemente en el Reino Unido se ha indicado que la cloración es el único método factible y efectivo de suministrar agua de mar limpia para la industria de la pesca costera de camarones, en la que los camarones se cuecen a bordo de los barcos pesqueros. Para el tratamiento del agua de mar se recomienda una inyección directa de 20 ppm de hipoclorito. Se ha señalado que este sistema, junto con una mejora de la manipulación y el almacenamiento de los camarones cocidos, duplica la vida en almacén de estos productos, además de mejorar las cualidades comestibles y microbiológicas de los productos (Watson y Prout, 1996). Se han utilizado concentraciones de 20-30 mg/l en el agua corriente para reducir la incidencia de la listeriosis durante el descongelamiento del salmón congelado (Eklund *et al*, 1997). La eliminación de este agente patógeno de la superficie del pescado destinado a ser ahumado en frío representa un importante beneficio para la industria dado que la temperatura del proceso de ahumado en frío es insuficiente para destruir la *L. monocytogenes*. Otros trabajos han mostrado que la exposición del salmón a que se había quitado las agallas y las vísceras a 200 mg/l de cloro libre reducía las concentraciones en placas aerobias hasta en un 99,2% en ensayos a escala industrial (Bremner y Osborne, 1998). En un sistema de modelo pesquero en condiciones de laboratorio se ha demostrado que el cloro en niveles de 20-25 mg/l es efectivo en la destrucción tanto de cepas de *Escherichia coli* como de *L. monocytogenes* (Lin *et al*, 1996).

#### **4.1 Concentraciones de cloro utilizadas en el resto de la industria alimentaria**

En otros sectores de la industria alimentaria también se utiliza extensamente el cloro en solución acuosa como desinfectante y sustancia para la higiene (Wei *et al.*, 1985). Las concentraciones comunicadas sobre la utilización del producto que entra en contacto con los alimentos en algunos casos son mucho mayores que las que se utilizan en el sector de la elaboración del pescado. Para la desinfección de frutas y hortalizas se emplean normalmente dosis de 50-200 mg/l, con un tiempo de

contacto de 1-2 minutos (OMS, 1998a). La concentración máxima autorizada de hipoclorito para el lavado de frutas y hortalizas en el comercio es de 2000 mg/l (Beuchat *et al.*, 1998). El cloro también se utiliza ampliamente como blanqueador en la producción de harinas para mejorar la calidad de la cocción, con dosis máximas de 2500 mg/l.

Durante muchos años en la elaboración intensiva de aves de corral se ha hecho uso del agua clorada para reducir el volumen de deterioro y las bacterias patógenas en los animales limpios. En comparación con el sector de la elaboración del pescado se utilizan cantidades mayores de cloro y los tiempos de contacto son más prolongados. Se han realizado estudios que han demostrado los efectos benéficos de la adición de cloro al agua que se utiliza para la refrigeración de las aves (25-30 mg/l en el agua de refrigeración y 4-9 mg/l de cloro residual en el agua excedente) como medio para reducir en las aves limpias la contaminación cruzada con *Salmonella* (James *et al.*, 1992). Además, la cloración del agua de refrigeración de las aves ha demostrado ser particularmente eficaz para reducir al mínimo los niveles de *Salmonella typhimurium*, *Campylobacter jejunei* y de otras bacterias patógenas (NRC, 1988). Sobre la base de éstos y de otros datos, en los Estados Unidos de América se autoriza una dosis de 30 mg/l para el contacto directo con las aves limpias.

Desde comienzos del decenio de 1970 ha sido muy extendida la práctica de refrigerar las carnes rojas limpias con agua clorada. En años más recientes los tratamientos de pulverización de la carne vacuna limpia con agua clorada han demostrado ser eficaces para reducir el deterioro y las bacterias patógenas (Cutter y Siragusta, 1995). En otros estudios, los tratamientos de pulverización con dióxido de cloro no tuvieron más eficacia que el agua en la reducción de la contaminación fecal en la carne vacuna (Cutter y Dorsa, 1995). Los autores afirman que las disminuciones observadas en la carga microbiana se debían más bien a la eliminación física de las bacterias a que daba lugar el tratamiento de pulverización y no a una acción bactericida del dióxido de cloro.

## **5. Reacciones del cloro en solución acuosa con los productos pesqueros**

Existen muy pocos trabajos sobre la absorción del cloro del agua de lavado por parte de los productos pesqueros, y no se han publicado datos sobre la formación de subproductos de la desinfección en el pescado consiguientes a la utilización de agua clorada. En Johnston *et al.* (1982) se ha estudiado la absorción del cloro radioactivo ( $^{36}\text{Cl}$ ), en camarones con cabeza y caparazón puestos en remojo durante 30 minutos en una solución de 150 mg/l de HOCl, equivalente a 87 mg/l de cloro libre, y los resultados han indicado la incorporación del 2% del cloro en los camarones. De este 2%, el 75% se encontraba en la parte comestible. Cerca del 22% del cloro de la parte comestible estaba presente en la fracción tricloroacética, 73% en la fracción acuosa después de la desproteinización, y 3% en la fracción lípida. No se trató de determinar los subproductos clorados.

Lin *et al.* (1996) en un estudio sobre la actividad bactericida del cloro y del dióxido de cloro remojaron cubos de 2,5 cm de carne de pescado en soluciones de cloro de 40, 100, 200 y 400 mg/l, durante 5 minutos. El estudio demostró que los cubos de pescado contenían cloro libre en cantidades que dependían de la concentración inicial de la solución de remojo, pero los autores no trataron de determinar las cantidades o la naturaleza de cualesquiera subproductos de la cloración.

### **5.1 Reacciones del cloro en el agua potable**

En los estudios científicos se cuenta con una información considerable respecto de la formación de subproductos de la desinfección mediante cloración del agua potable y sobre las cuestiones relacionadas con los riesgos químicos y microbianos para la salud humana (ILSI, 1993; OMS, 1998; Carlson y Hardy, 1998). Uno de los principales determinantes de los subproductos de la desinfección es el nivel y la naturaleza de las materias orgánicas presentes en la fuente del agua. Las principales materias orgánicas de las aguas superficiales son los polisacáridos complejos de ácidos húmicos y fúlvicos procedentes de la degradación de materiales vegetales. Estudios sobre cloración del agua y de modelos de compuestos muestran que la cloración de estos compuestos produce una variedad de compuestos mutágenos, incluidos los halocarbonos, como el cloroformo.

El abastecimiento público de agua a las plantas de elaboración de pescado podría contener estos subproductos de la cloración, y también podrían formarse en las plantas mismas debido a la cloración adicional del abastecimiento público de agua o de agua sin depurar. Si en el agua utilizada en el proceso de elaboración existen estos contaminantes los productos pesqueros estarían expuestos a ellos.

## **5.2 Reacción del cloro en el agua utilizada para el lavado de aves**

El cloro se emplea para desinfectar el agua utilizada para la refrigeración, y se han publicado algunos estudios sobre los subproductos de la cloración presentes en estas aguas. Schade *et al.* (1990) hicieron un muestreo de agua de lavado refrigerada reutilizada en la elaboración de las aves, trataron las muestras con diversas dosis de cloro hasta un máximo de 400 mg/l, con un tiempo de contacto de 17-19 horas y una temperatura de 3-4° C, y examinaron la mutagenicidad de los extractos usando la prueba de Ames. Encontraron que los extractos eran mutágenos y que el grado de mutagenicidad era proporcional a las dosis de cloro. Sin embargo las muestras tratadas con 20 mg/l de cloro no presentaban diferencias respecto de las muestras de control. También Tsai *et al.* (1997) trataron con cloro muestras de agua refrigerada reutilizada procedente del lavado de aves con dosis de 400 mg/l, con un tiempo de contacto de 4 horas a 21° C, y encontraron que con la prueba de Ames los extractos eran mutágenos. Haddon *et al.* (1996) trataron carne de pollo en suspensión con dosis elevadas de cloro - igual peso de cloro y de materia sólida de pollo - durante una noche a temperatura ambiente, aislando y determinando diversos agentes mutagénicos. Estos datos indican que el cloro en concentraciones de 20 mg/l, o inferiores, no determina la aparición de compuestos mutágenos.

## **5.3 Reacción del cloro con los compuestos presentes en el pescado**

Se ha demostrado que la cloración de los compuestos que existen en las aguas superficiales causan mutagenicidad, pero estos compuestos, sobre todo polisacáridos complejos, no se encuentran presentes en el pescado. No se han determinado los precursores de los compuestos a que se deben los compuestos mutágenos en el agua refrigerada de lavado de las aves, pero es posible que se trate de los compuestos no proteínicos de bajo peso molecular presentes en los alimentos de origen animal.

Horth *et al.* (1987) trataron soluciones de aminoácidos, purinas y pirimidinas, y nucleósidos y nucleótidos con 1 mg/l durante 24 horas a temperatura ambiente. No encontraron mutagenicidad en las purinas y en las pirimidinas, y tampoco en los nucleósidos y nucleótidos. Encontraron mutagenicidad consiguiente a la cloración de algunos aminoácidos, principalmente los azufrados, la tirosina y los ácidos de anillo heterocíclico, y determinaron algunos de los subproductos de la cloración. Sen *et al.* (1989) indujeron una reacción en 7 mM de solución de triptófano (1482 mg/l) con 7mM de solución de cloro (245 mg/l), durante 4 horas a 25° C y encontraron que con la prueba de Ames los productos de la reacción eran mutágenos. Owusu-Yaw *et al.* (1990) trataron soluciones de 14 mM de triptófano con proporciones incluso mayores de cloro, 3:1 y 7:1, y determinaron algunos de los subproductos mutágenos.

## **6. Evaluación de riesgos de la utilización del cloro en la elaboración del pescado**

La evaluación de los riesgos que entraña para la salud humana el consumo de productos pesqueros que contienen niveles residuales de cloro o de subproductos del cloro comprende la identificación del peligro, la tipificación del peligro, la evaluación de la exposición y la tipificación del riesgo (OMS, 1995). En el Informe de 1991 sobre la Inocuidad de los Alimentos Marinos del Comité de Evaluación de la Inocuidad de los Productos Pesqueros, Instituto de Medicina, Junta de Alimentación y Nutrición, EE.UU., se llega a la conclusión de que “no parece haberse evaluado la magnitud de la contaminación de los alimentos marinos con productos derivados de la utilización de cloro y de otros compuestos halógenos, y en las publicaciones disponibles no existen evaluaciones apropiadas de los riesgos asociados” (Ahmed, 1991). Existen datos sin publicar sobre la formación de subproductos de la desinfección y sobre su absorción por los productos pesqueros en condiciones de elaboración para fines comerciales, y toda evaluación de riesgos del uso del cloro en la elaboración del pescado deberá basarse en información procedente de otros sectores.

En el agua utilizada en las plantas de elaboración del pescado habrá productos de reacción a la cloración si éstos existen en el abastecimiento público de agua. Además estos productos de reacción también pueden producirse debido a la cloración del agua que se utiliza en las plantas de elaboración. Los productos mutágenos se forman en las aguas, especialmente en las aguas superficiales, que contienen materias orgánicas; en general el agua de los pozos de sondeo contiene pocas materias orgánicas y es mucho menor el riesgo de que se encuentren mutágenos después de tratarse con cloro. A nivel nacional no se han elaborado normas para el cloro residual o para los subproductos del cloro en el pescado y los productos pesqueros (Cuadro 1). Estos compuestos se controlan limitando la exposición del producto durante la manipulación y la elaboración. En la legislación vigente en el Reino Unido, por ejemplo, se exige que el agua potable no contenga más de 0,1 mg/l de trihalometanos. La norma establecida por el Organismo de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) para los trihalometanos totales en el agua potable es de 80 µg/l. Es probable que cuando el agua que contiene esa cantidad entra en contacto con los productos éstos absorban sólo trazas. Durante las operaciones típicas de lavado el tiempo de contacto del agua con el pescado es breve, mientras que algunas otras operaciones, como en el caso del deshielo, pueden entrañar tiempos de contacto más prolongados. Aun cuando el tiempo de contacto es más prolongado la cantidad de subproductos de la cloración que se absorben se limitaría a la que puede difundirse en el producto durante dicho período de tiempo.

Algunos de estos subproductos clorados, los halocarbonos, desaparecen después de la cocción. Entz *et al.* (1982) estudiaron los residuos de los halocarbonos en una variedad de alimentos, inclusive en combinaciones de carne, pescado y aves, comunicando que había pérdidas de analitos con la preparación y manipulación de los alimentos, y encontraron que con la cocción se eliminaba la mayoría de los halocarbonos volátiles. En un estudio sobre alimentos listos para el consumo se comprobó que el 53% era positivo al cloroformo, incluidos los camarones empanados fritos (24 µg /kg), el queso cheddar (80 µg/kg), la mantequilla (670 µg/kg) y la mantequilla de maní (29 µg /kg) (Heikes, 1987). Con dosis de 1 a 10 µg/kg se ha detectado cloroformo en los productos de harinas, el aceite de hígado de bacalao, el pescado, los mejillones y la leche, y niveles mucho más altos en el café (hasta 80 µg/kg) y en los embutidos (90 µg/kg) OMS, 1994). Los valores medios del cloroformo en la piel, grasa y carne de pollo, tratados con 5 mg/l de cloro durante 20 minutos, eran de 3, 14 y 3 µg/kg, respectivamente (Robinson, Mead y Barnes, 1981). La exposición humana al cloroformo se debe sobre todo a los alimentos, el agua potable y el aire en locales cerrados, en cantidades aproximadamente equivalentes (OMS, 1994). La media de la ingestión total estimada es aproximadamente de 2 µg/kg de pc/día.

El agua de lavado que se utiliza en la elaboración del pescado contiene niveles elevados de materia orgánica, sobre todo el agua que se utiliza para lavar ciertos productos como los langostinos y camarones pelados y limpios, o los filetes de pescado sin piel. Existen datos sin publicar sobre la formación de subproductos de la desinfección y su absorción por los productos pesqueros en condiciones de elaboración para fines comerciales. Además, se ha publicado poca información sobre los tipos de reacciones al cloro con elementos orgánicos de alimentos marinos y sobre los posibles riesgos para la salud pública asociados a los residuos de cloro. En las secciones 6.2 y 6.3, *supra*, se ha examinado brevemente la mutagenicidad en el agua de lavado de aves y en modelos de compuestos. Los resultados de estos estudios pueden aprovecharse en lo que respecta al uso del cloro en la elaboración del pescado pero no se sabe en qué medida puedan extrapolarse a este sector.

En el caso de los estudios sobre el agua utilizada para la refrigeración de las aves, las aguas de lavado se trataron con dosis de cloro mucho más elevadas de las que se usan en la industria de elaboración del pescado o que figuran en las directrices normativas para la utilización del cloro en la elaboración del pescado. También los tiempos de contacto, de varias horas, fueron mucho más prolongados respecto de los que normalmente se registran en la elaboración del pescado. Las muestras para la cloración se tomaron de aguas reutilizadas con altos contenidos de materia sólida o bien se trataba de modelos de preparaciones con altos contenidos de materias sólidas. Estas concentraciones no se deberían alcanzar en la elaboración del pescado sino en circunstancias insólitas como, por ejemplo, en el caso de que se remojaran los camarones o los filetes en agua estancada durante muchas horas.

Una gran variedad de materias orgánicas en los alimentos son susceptibles de oxidación y de reacciones a la cloración en soluciones de agua con cloro (Wei *et al.*, 1985). En un examen realizado sobre las reacciones de las soluciones de agua con cloro con modelos de compuestos de alimentos, Fukayama *et al.* (1986) llegaron a la conclusión de que las reacciones primarias del cloro con los carbohidratos generalmente daban lugar a productos de oxidación, si bien pueden producirse pequeñas cantidades de halocarbonos volátiles. No se conoce la importancia que pueden revestir los carbohidratos modificados por el cloro desde el punto de vista toxicológico. En vista de los elevados niveles de cloro que se utilizan para el tratamiento de las harinas, se ha hecho un trabajo considerable para determinar si la harina clorada es tóxica. Todas las pruebas de que se dispone han indicado que la cloración de la harina con las dosis empleadas en el comercio no entraña un riesgo importante para la salud humana (Fukayama *et al.*, 1986).

El trabajo realizado por Horth *et al.* (1987) podría revestir una importancia mayor por haberse usado concentraciones bajas de cloro con compuestos que contienen nitrógeno, presentes en alimentos cárnicos. Se empleó un período de contacto prolongado, de 24 horas, y los experimentos se hicieron con soluciones homogéneas de reactivos. En el caso de la elaboración del pescado, los períodos de contacto son mucho más cortos, y el cloro podría actuar sólo con compuestos próximos a la superficie del producto en que se difunde el cloro. Algunos trabajos recientes indican que en extractos de agua clorada con 200 mg/l (agua clorada empleada para lavar filetes de mero americano y de salmón) se encontraba una leve mutagenicidad a la *Salmonella typhimurium* TA 100, pero no se determinaron los productos de la reacción mutágena. Sin embargo, en extractos de agua clorada con 20 mg/l y en los extractos de las muestras de pescado controladas no se comprobó esa actividad mutágena (Cheng-I Wei, comunicación personal).

Se ha demostrado la incorporación del cloro en las proteínas de una variedad de alimentos, pero son pocos los conocimientos que se tienen sobre la toxicidad de los derivados clorados (Fukayama *et al.*, 1986). En general se forman a niveles de microgramo por kg (ppb) y requieren una concentración para que se alcancen niveles adecuados para pruebas de mutagenicidad. Estos datos no pueden extrapolarse para hacer una válida evaluación de los riesgos de las condiciones de elaboración del pescado y de los productos pesqueros para fines comerciales.

Johnston *et al.* (1983) llegaron a la conclusión de que la exposición de camarones (con cabeza y caparazón) a 87 mg/l de cloro durante 30 minutos se traduciría en la incorporación de 12,2  $\mu$ /moles de cloro por 25 g de tejido comestible. Por no disponerse de otros datos, se da por supuesto que en los camarones todo el cloro estaba presente en forma de cloroformo; es decir que “la hipótesis más desfavorable” con respecto al nivel de cloroformo ingerido por haberse comido camarones expuestos a esos niveles podría calcularse de la siguiente manera:

*Evaluación de la exposición a subproductos clorados (expresados como cloroformo) en los camarones (como consecuencia del tratamiento de camarones, con cabeza y caparazón, con 150 mg/l de HOCl durante 30 minutos a temperatura ambiente (Ghanbari et al. 1981).*

Consumo total de camarones, en gramos por persona y por día (OMS, 1998c)

	Medio Oriente	Lejano Oriente	África	América Latina	Europa
Media	0,3	2,3	0	1,5	3,0
90° porc.	0,6	4,6	0	3,6	6,0

(90° percentil supuesto = 2 x media)

$$\text{MDDD (Media de duración dosis diaria)} = \frac{\text{P} \times \text{C}}{\text{PC}}$$



P Consumo total de camarones (g/persona/día)

C Concentración de cloroformo (mg/kg)

PC 60 kg (valor por defecto del JECFA)

MDDD calculadas ( $\mu\text{g/kg pc/día}$ ) sobre la base del Consumo total de camarones

	Medio Oriente	Lejano Oriente	África	América Latina	Europa
Media	0,1	0,8	0	0,5	1,0
90° porc.	0,2	1,5	0	1,0	2,0

Sobre la base de estos cálculos e hipótesis el nivel de exposición al cloroformo consiguiente a la ingestión de camarones, expuestos a dosis de cloro aproximadamente 10 veces superiores a la recomendada por el Codex, de 10 mg/l, es sumamente bajo. La dosis de referencia del USEPA para el cloroformo es de 10  $\mu\text{g/kg pc/día}$ . En estos cálculos no se tienen en cuenta los efectos de la cocción que verosímilmente darían lugar a concentraciones mucho menores en el producto final.

En 1994, el Servicio de Inocuidad e Inspección de los Alimentos (FSIS) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, efectuó una evaluación de riesgos para estimar los posibles efectos para la salud humana debidos a la presencia de cloroformo en la grasa y piel de los pollos. El FSIS autoriza el uso de compuestos con concentraciones que aportan 30 mg/l de cloro libre en las aves limpias, en la refrigeración por inmersión en agua clorada durante períodos prolongados. En este estudio se estimó que el riesgo cancerígeno respecto de la duración adicional de la vida en la población consiguiente al consumo de residuos de cloroformo en los pollos oscilaba entre dos en mil millones y cinco en cien millones en lo relativo a la grasa, y entre dos en mil millones y cuatro en cien millones en lo relativo a la piel. La conclusión general fue que, por varios órdenes de magnitud, las estimaciones de los riesgos están por debajo del nivel de uno en un millón en cuanto al riesgo cancerígeno respecto de la duración adicional de la vida, nivel considerado como insignificante por el USEPA y el FDA en sus reglamentos sobre plaguicidas y otras sustancias químicas. Desde el punto de vista de la gestión de los riesgos, el FSIS llegó a la conclusión de que el riesgo mínimo de contraer cáncer debido a la presencia de cloroformo en las aves está compensado con creces por la disminución de la cantidad de bacterias que podría traducirse en decenas de miles de casos de prevención de enfermedades transmitidas por los alimentos. Mast *et al.* (1997) llegaron a la conclusión de que los productos de reacción al cloro en la elaboración de las aves se limitan principalmente a la piel, a menos que el tiempo de contacto se prolongue, y de que probablemente la mayor parte del cloro está presente en forma de sales orgánicas.

## 7. Cambios organolépticos debidos al uso del cloro

En el Reino Unido se han realizado estudios sobre los defectos causados por el cloro en los camarones, evaluando diversos baños de inmersión con cloro y los cambios organolépticos detectables (Watson y Prout, 1996). Se cocieron camarones descongelados y se sumergieron en agua con NaOCl en dosis de 500, 100, 50 y 20 ppm de cloro durante cinco minutos. Los resultados mostraron que los camarones que se habían remojado en la solución con 500 ppm presentaban defectos significativos tanto en cuanto al olor como al sabor, mientras que los que se habían remojado en la solución con 100 ppm presentaban solamente algún defecto con respecto al olor, y los de las soluciones con 50 ppm o con dosis inferiores no mostraban efectos evidentes. La mayoría de las personas pueden sentir el sabor del cloro o de sus subproductos en el agua potable en concentraciones inferiores a 5 mg/l, mientras que para algunas es suficiente un nivel con concentraciones muy bajas, incluso de 0,3 mg/l (OMS, 1996).

## 8. El cloro y el control microbiológico

Si bien el cloro se utiliza ampliamente en la industria alimentaria para reducir la contaminación microbiana, un aspecto sumamente importante es la falta de seguridad en lo que respecta a una eliminación eficaz de los agentes patógenos bacterianos presentes en la superficie del pescado o de los productos pesqueros. En general, se reconoce que se utiliza principalmente como coadyuvante de la higiene en la elaboración y no como tratamiento de decontaminación. Normalmente el número de

bacterias disminuye cuando los productos pesqueros, como los langostinos y los camarones, se remojan/lavan en agua clorada. Sin embargo, si el lavado se efectúa sólo con agua potable la carga bacteriana puede reducirse hasta en un 90%. Cuando se usa agua clorada no se sabe en qué medida la consiguiente reducción del número de bacterias se debe al efecto físico de la eliminación mediante el lavado o al efecto desinfectante del cloro. Una cierta protección contra las bacterias que están adheridas a la superficie del pescado y de los productos pesqueros se deberá al cloro pero la imposibilidad, por ejemplo, de que el HOCl pueda penetrar en las células microbianas de las resquebraduras que se encuentran debajo de los caparazones de los camarones o de las escamas de los pescados, y en las cavidades de la piel, indudablemente contribuye a la falta general de eficacia del cloro.

Se han publicado muchos ejemplos sobre los efectos beneficiosos de la utilización del agua clorada para reducir la carga microbiana de los alimentos. Se han recomendado dosis de cloro de 100-200 mg/l para controlar la *L. monocytogenes* (El-Kest y Marth, 1988), pero los resultados de los experimentos han demostrado que estas dosis no son eficaces para eliminar este agente patógeno cuando está adherido al exoesqueleto de los camarones (McCarthy, 1992).

Los niveles muy altos de materias orgánicas en el agua resultantes del lavado de pescado y de camarones, especialmente de camarones sin cabeza ni caparazón y de filetes de pescado, pueden neutralizar los efectos del cloro antes de que su letalidad pueda manifestarse. McCarthy (1996) demostró la limitada eficacia del cloro para impedir la actividad de la *Listeria monocytogenes* adherida a los guantes de látex en presencia de nutrientes orgánicos en el agua usada para hervir cangrejos. Para poder incorporar factores de seguridad que permitan superar el efecto protector de las partículas de materia orgánica pueden usarse dosis más elevadas de desinfección con tiempos de contacto más prolongados

Se ha determinado ampliamente la capacidad de los microorganismos de adherirse a las superficies de los equipos de elaboración del pescado en forma de película biológica siendo así más resistentes a los agentes antimicrobianos. Los agentes patógenos, como la *L. monocytogenes*, presentes en forma de película biológica en las superficies de trabajo son más resistentes al cloro (Krysinski *et al.*, 1992; Frank y Koffi, 1990).

## **Conclusiones**

No se ha evaluado el alcance de la contaminación de los alimentos marinos con productos resultantes de la utilización de compuestos de cloro y no se cuenta con datos publicados de evaluaciones pertinentes sobre los riesgos asociados a dicha utilización. Los riesgos pueden deberse tanto a la contaminación de los productos pesqueros por subproductos del cloro presentes en el agua que se utiliza en la elaboración, o a productos de reacción al cloro que pueden formarse cuando en los tejidos comestibles del pescado se produce una reacción al cloro.

Es muy poco probable que los consumidores de productos pesqueros estén expuestos a cualesquiera riesgos consiguientes al empleo de cloro en los equipos e instalaciones de lavado a condición de que se observen las buenas prácticas de fabricación (como, por ejemplo, el enjuague a fondo de las superficies de contacto después de haberse aplicado soluciones cloradas).

La exposición de los consumidores a subproductos del cloro a través del consumo de pescado expuesto a tratamientos con agua con dosis de 10 mg/l de cloro es muy baja. Esta conclusión se basa en la hipótesis más desfavorable de la evaluación de riesgos de la exposición al cloroformo en las aves tratadas con 30 mg/l de cloro que indica que, de haberlo, el riesgo carcinógeno adicional procedente de esta fuente sería mínimo, y en los cálculos de evaluación de la exposición basados en los resultados de la exposición de camarones a 150 mg/l de cloro durante 30 minutos y en la absorción del cloro. La exposición de los consumidores a los subproductos del cloro se debe principalmente al agua clorada que se utiliza en el proceso de elaboración y aun cuando se encuentren niveles bajos en los productos pesqueros crudos la mayoría está destinado a desaparecer con la cocción.

Las materias orgánicas presentes en los tejidos comestibles del pescado y de los productos pesqueros son propensos a la oxidación y a las reacciones a la cloración cuando entran en contacto con

soluciones de agua clorada. Se dispone de datos limitados sobre la toxicidad de este tipo de compuestos cloroorgánicos. Algunos resultados de experimentos que se publicarán próximamente muestran que no hay actividad mutagénica en extractos de filetes de pescado tratados con agua con 20 mg/l de cloro.

Si bien es recomendable que se hagan nuevos trabajos en este sector, las pruebas científicas de que se dispone actualmente no justifican una modificación de los niveles recomendados por el Codex de 10 mg/l en el agua que entra en contacto directo con los productos pesqueros. La cloración del agua en la elaboración del pescado y en el mantenimiento de los sistemas de distribución son dos aspectos decisivos para prevenir la contaminación por agentes patógenos transmitidos por el agua y para reducir la incidencia de la contaminación cruzada.

Para poder llegar a una conclusión respecto de los riesgos asociados a la utilización del cloro en la elaboración del pescado se necesitan mayores informaciones sobre los niveles y la reactividad del cloro que se utiliza en la industria de los alimentos marinos, sobre la identidad y la toxicidad de los productos de reacción y sobre el nivel de la exposición de los consumidores a estos compuestos.

### **Bibliografía**

Ahmed, F.E. (1991) Seafood Safety - Committee on the Evaluation of the Safety of Fishery Products, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academy of Sciences. 432 págs. Publ: National Academic Press Washington D.C., EE.UU.

ALINORM 97/13A. Informe de la 29ª Reunión del Comité del Codex sobre Higiene de los Alimentos, Washington D.C., 23-28 de junio de 1996. FAO, Roma.

Beuchat, L.R., Nail, B.V., Adler, B.B. y Clavero, R.S. (1998). Efficacy of spray application of chlorinated water in killing pathogenic bacteria on raw apples, tomatoes and lettuce. *Journal of Food Protection* 61 (10) 1305-1311.

Bremner, P.J. y Osborne, C.M. (1998). Reducing total aerobic counts and *Listeria monocytogenes* on the surface of king salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Journal of Food Protection* 61(7), 849-854.

Carlson, M. y Hardy, D. (1998). Controlling DBPs with monochloramine. *Journal of the American Water Works Association* 90(2), 95-103.

Cutter, C.N y Dorsa, W.J. (1995). Chlorine dioxide spray washes for reducing fecal contamination on beef. *Journal of Food Protection* 58(12), 1294-1296.

Cutter, C.N. y Siragusa, G.R. (1995). Application of chlorine to reduce populations of *Escherichia coli* on beef. *Journal of Food Safety* 15, 67-75.

Eklund, M., Pelroy, G., Poysky, F., Paranjpye, R., y Peterson, M. (1997). Control of *Clostridium botulinum* and *Listeria monocytogenes* in smoked fishery products. págs. 290-301. En R.E. Martin, R.L. Collette y J.W. Slavin (eds). Fish Inspection, Quality Control and HACCP - A Global Focus, pág. 802. Technomic Publishing Company, Inc, Lancaster, EE.UU.

El-Kest, S.E. y Marth, E.H. (1988). *Listeria monocytogenes* and its inactivation by chlorine: A review. *Lebensm. Wiss. Technol.* 21, 346-351.

Entz, R.C., Thomas, K.W. y Diachenko, G.W. (1982). Residues of volatile halocarbons in foods using headspace gas chromatography. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 30(5), 846-849.

Frank, J.F y Koffi, R.A. (1990). Surface-adherent growth of *Listeria monocytogenes* is associated with increased resistance to surface sanitizers and heat. *Journal of Food Protection* 53(7), 550-554.

Fukayama, M.Y., Tan, H., Wheeler, W.B. y Wei, C. (1986). Reactions of aqueous chlorine and chlorine dioxide with model food compounds. *Environmental Health Perspectives* 69: 267-274.

Ghanbari, H.A., Wheeler W.B. y Kirk J.R. (1981). The fate of hypochlorous acid during shrimp processing: a model system. *Journal of Food Science*, 47, 185-187, 197.

Haddon W.F., Binder, R.G., Wong, R.Y., Harden, L.A., Wilson, R.E., Benson, M. & Stevens, K.L. (1996). Potent bacterial mutagens produced by chlorination of simulated poultry chiller water. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 256-263.

Heikes, D.L. (1987). Pesticide and industrial chemical residues. *Journal of the Association of the Official Analytical Chemists* 70(2), 215-226.

Horth, H., Crathorne, B., Gwilliam, R.D., Palmer, C.P., Stanley, J.A. & Thomas, M.J. (1987). Techniques for the fractionation and identification of mutagens produced by water treatment chlorination. *En: Organic Pollutants in Water. Advances in Chemistry Series 214*. I.H. Suffet & M. Malaiyandi, (eds). Filadelfia, EE.UU., American Chemical Society, págs. 659-675.

ILSI. (1993). Safety of Water Disinfection: Balancing Chemical and Microbial Risks. Edited G.F Craun. Publ. International Life Sciences Institute, Washington D.C., EE.UU. 690 págs.

James, W.O *et al* (1992). Effects of chlorination of chill water on the bacteriologic profile of raw chicken carcasses and giblets. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 22(1), 60-63.

Johnston, J.J., Ghanbari, H.A., Wheeler, W.B. y Kirk, J.R. (1983). Chlorine incorporation into shrimp. *Journal of Food Science* 48, 668-670.

Krysinski, E.P., Brown, L.J. y Marchisello, T.J. (1992). Effect of cleaners and sanitizers on *Listeria monocytogenes* attached to product surfaces. *Journal of Food Protection* 55(4), 246-251.

Lin, W.F., Huang, T.S., Cornell, J.A., Lin, C.M. y Wei, C. (1996). Bactericidal activity of aqueous chlorine and chlorine dioxide solutions in a fish model system. *Journal of Food Science* 61(5), 1030-1034.

McCarthy, S.A. (1992). Attachment of *Listeria monocytogenes* to chitin and resistance to biocides. *Food Technology* 46(12): 84-86, 87.

McCarthy, S.A. (1996). Effect of sanitizers on *Listeria monocytogenes* attached to latex gloves. *J. Food Safety*. 16(3), 231-237.

Mast, M.G., McCarty, R.D., y Phillippy, B.Q. (1997). Use of radioactive Cl to determine distribution of chloride in poultry meat exposed to chillwater. *Poultry Science* 56, 2022-2025.

NRC. (1988). National Research Council: *Poultry Inspection: The basis for a risk assessment approach*. National Academy Press: Washington D.C.

OMS (1994). Criterios de Salud Ambiental 163; Cloroformo. Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas. Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

OMS (1995). Application of Risk Analysis to Foods Standards issues. Informe de una Consulta Mixta de Expertos, 13-17 de marzo de 1995. OMS/FNU/FOS/95.3. Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

OMS (1996). Guidelines for drinking-water quality. Second Edition, Volume 2. Health Criteria and other supporting information. Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

OMS (1998). Disinfectants and disinfectant by-products. Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas, Criterios de Salud Ambiental, Proyecto de Informe del Grupo de Tarea. PCS/EHC/98.11. Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

OMS (1998a). Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: a review. OMS/FSF/FOS/98.2. Inocuidad de los Alimentos, Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

OMS (1998c). SIMUVIMA/Food Regional Diets. Regional per capita consumption of raw and semi-processed agricultural commodities. OMS/FSF/FOS/98.3. Inocuidad de los Alimentos, Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

- Otterstetter, H. y Craun, G. (1997). Disinfection in the Americas: A necessity. *Journal of the American Water Works Association* 89(9), 8-9.
- Owusu-Yaw, J., Toth, J.P., Wheeler, W.B. & Wei, C.I. (1990). Mutagenicity and identification of the reaction products of aqueous chlorine or chlorine dioxide with L-tryptophan. *Journal of Food Science*, 55, 1714-1719, 1724.
- Richardson, S.D., Thruston, A.D, Caughran, T.V., Collette, T.W., Patterson, K.S., y Lykins, B.W. (1998). Chemical by-products of chlorine and alternative disinfectants. *Food Technology* 52(4), 58-61.
- Robinson, D., Mead, G.C. and Barnes, K.A. (1981). Detection of chloroform in the tissues of freshly eviscerated poultry carcasses exposed to water containing added chlorine or chlorine dioxide. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.* 27, 145-150.
- Schade, J.E. Tsai, L-S., Tong, L., Wilson, R. & MacGregor, J.T. (1990). Extraction of mutagens from chlorinated poultry chiller water. *Journal of Food Science*, 55, 635-639, 657.
- Sen, A.C., Owusu-Yaw, J., Wheeler, W.B. y Wei, C.I. (1989). Reactions of aqueous chlorine and chlorine dioxide with tryptophan, N-methyltryptophan, and 3-indolelactic acid: kinetic and mutagenicity studies. *Journal of Food Science* 54(4), 1057-1060.
- Tsai, L-S., Wilson, R. & Randall, V. (1997). Mutagenicity of poultry chiller water treated with either chlorine dioxide or chlorine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 2267-2272.
- Watson, P. y Prout, P. (1996). Technical development to improve hygiene in the inshore shrimp industry. Seafish Report No. SR 466, The Sea Fish Industry Authority, Reino Unido.
- Watson, R. (1996). A review of water disinfection technology to determine suitable equipment for use at sea for the disinfection of seawater. Seafish Report Number 497, The Sea Fish Industry Authority, Reino Unido.
- Wei, C.I., Cook, D.L. y Kirk, J.R. (1985). Use of chlorine compounds in the food industry. *Food Technology* 39(1), 107-115.

**CUADRO 1 RECOMENDACIONES PARA EL CLORO USADO EN LA ELABORACIÓN DEL PESCADO**

<b>PAÍS</b>	<b>Recomendaciones nacionales para la concentración del cloro en el agua que entra en contacto con el pescado y los productos pesqueros (mg/l de cloro residual)</b>	<b>Dosis usadas para las operaciones de limpieza de los equipos e instalaciones (mg/l)</b>	<b>Tipos de compuestos de cloro usados, recomendados o permitidos</b>	<b>Normas nacionales para el cloro o para residuos de subproductos del cloro en pescados/productos pesqueros</b>
Bélgica	Como directrices del Codex	Como directrices del Codex	Gas clórico, hipoclorito	Ninguna
Canadá	Máximo 7,0	Sin límites para la limpieza pero enjuague cuidadoso después de la aplicación	Gas clórico, hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio y dióxido de cloro	Ninguna
China	0,05 a 0,3	No especificadas	Hipoclorito de sodio	Ninguna
Dinamarca	Lo más baja posible	Aproximadamente 200	Hipoclorito para desinfección; en el agua gas clórico	Ninguna
Finlandia	0,1	No especificadas	Muchos compuestos diversos	Normas para el agua potable
Francia	0,1	Normas para el agua potable	Cloro, cloro en gas e hipoclorito de sodio	Ninguna
Islandia	1,0	No especificadas - necesario enjuague con agua potable después de la aplicación	No especificados	Ninguna
Japón	1,0	No especificadas	Hipoclorito de sodio, hipoclorito concentrado	Ninguna
Lituania	0,3	Normas para el agua potable	Hipoclorito de sodio, cloramina, productos comerciales	Ninguna
Marruecos	0,25 a 0,5	100 a 200	No especificados	

<b>PAÍS</b>	<b>Recomendaciones nacionales para la concentración del cloro en el agua que entra en contacto con el pescado y los productos pesqueros (mg/l de cloro residual)</b>	<b>Dosis usadas para las operaciones de limpieza de los equipos e instalaciones (mg/l)</b>	<b>Tipos de compuestos de cloro usados, recomendados o permitidos</b>	<b>Normas nacionales para el cloro o para residuos de subproductos del cloro en pescados/productos pesqueros</b>
Nueva Zelanda	0,3	Hasta 200; equipo difícil de limpiar hasta 400; operaciones de enlatado 5,0	Dióxido de cloro; hipoclorito concentrado; compuestos a base de hipoclorito	Ninguna
Sudáfrica	0,5 o menos	100-200	Gas clórico, hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio, gas de bromuro de cloro y dióxido de cloro	Ninguna
Suiza	0,1	Normas para el agua potable	Gas clórico, hipoclorito de sodio, dióxido de cloro	Ninguna
Tailandia	2-10	Baño con guantes 50-100 Utensilios 50-300 Equipos 300-500 Suelos y paredes 1000-5000	Hipoclorito de sodio y calcio, gas clórico	Ninguna
EE.UU.	Hasta 10	Según el compuesto de cloro que se use	Gas clórico, hipoclorito de sodio y potasio, dióxido de cloro	Ninguna
Codex	Hasta 10	Hasta 100	No especificados	Ninguna

<b>PAÍS</b>	<b>Recomendaciones nacionales para la concentración del cloro en el agua que entra en contacto con el pescado y los productos pesqueros (mg/l de cloro residual)</b>	<b>Dosis usadas para las operaciones de limpieza de los equipos e instalaciones (mg/l)</b>	<b>Tipos de compuestos de cloro usados, recomendados o permitidos</b>	<b>Normas nacionales para el cloro o para residuos de subproductos del cloro en pescados/productos pesqueros</b>
ASEAN <sup>1</sup>	2 o dosis equivalente de los otros agentes permitidos			

<sup>1</sup> ASEAN-Canada Fisheries Post-Harvest Technology Project, 1977.



**CUADRO 2. CONSUMO DE ALIMENTOS POR HABITANTE, POR REGIONES  
(BASADO EN DATOS DE SIMUVIMA/ALIMENTOS, OMS, 1998)  
(en gramos por persona y por día)**

PRODUCTO	Régimen alimentario regional				
	Medio Oriente	Extremo Oriente	África	América Latina	Europa
<b>Carne de pollo</b>	<b>30,5</b>	<b>11,5</b>	<b>5,5</b>	<b>25,3</b>	<b>44,0</b>
Pescado marino pelágico fresco	4,3	5,8	12,9	7,0	3,8
Crustáceos frescos/congelados	0,3	2,3	0,0	1,5	3,0
Diádromos frescos	1,3	5,3	4,7	1,3	1,5
Pescado marino demersal fresco	2,0	3,0	2,4	0,0	9,0
Pescado marino fresco/congelado*	2,8	5,2	5,1	18,3	2,8
<b>Total Hortalizas</b>	<b>233,0</b>	<b>178,9</b>	<b>77,0</b>	<b>150,4</b>	<b>371,6</b>
<b>Total Frutas</b>	<b>204,4</b>	<b>85,4</b>	<b>94,7</b>	<b>271,3</b>	<b>212,4</b>

\*n.e.p. = no especificado en otra parte.