

comisión del codex alimentarius

S



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 9 del Programa

**CX/FAC 04/36/11
Diciembre de 2003**

PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS

COMITÉ DEL CODEX SOBRE ADITIVOS ALIMENTARIOS Y CONTAMINANTES DE LOS ALIMENTOS

36ª Reunión

Rotterdam, Países Bajos, 22 – 26 de marzo de 2004

ANTEPROYECTO DE CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA EL USO SEGURO DEL CLORO ACTIVO

(En el Trámite 3)

Los gobiernos y organismos internacionales interesados que deseen presentar observaciones sobre el tema que se indica a continuación quedan invitados a hacerlo **antes del 16 de febrero de 2004** a las direcciones siguientes: Punto de Contacto del Codex de los Países Bajos, Ministerio de Agricultura, Gestión de la Naturaleza y Calidad de los Alimentos, P.O. Box 20401, 2500 EK La Haya, Países Bajos (telefax No. + 31.70.378.6141; correo electrónico: info@codexalimentarius.nl, con copia al Secretario de la Comisión del Codex Alimentarius, Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia (Telefax: +39.06.5705.4593; correo electrónico: codex@fao.org).

ANTECEDENTES

La 35ª Reunión (marzo de 2003) del Comité del Codex sobre Aditivos Alimentarios y Contaminantes de los Alimentos acordó que se elaboraría un Código de Prácticas sobre el Uso Seguro del Cloro Activo en la producción de alimentos y que un grupo de redacción bajo la dirección de Dinamarca, con la asistencia de Grecia, Irlanda, Corea, Marruecos, Filipinas, Tailandia, Estados Unidos de América, la Comisión Europea, Tanzania y la OMS, prepararía un Anteproyecto de Código de Prácticas para el Uso Seguro del Cloro Activo y lo distribuiría a fin de recabar observaciones y examinarlo después en la siguiente reunión del Comité.

Se observó que la información sobre la necesidad del uso del cloro activo y las categorías de alimentos afectados debía proporcionarse en observaciones que se pedirían mediante una carta circular adjunta al informe de la 35ª Reunión del Comité. A dicha carta circular no se ha recibido ninguna observación.

ÁMBITO DE APLICACIÓN

El Código de Prácticas regula el uso de los compuestos de cloro activo en contacto directo con alimentos.

El *agua potable* no está regulada por el mandato del Codex Alimentarius y este Código de Prácticas no regula el uso del cloro activo en el tratamiento del sistema de suministro de agua potable.

ESTADO DE LOS COMPUESTOS QUÍMICOS

El cloro activo a que se refiere el Código de Prácticas comprende una serie de compuestos químicos. Los compuestos de cloro que el grupo de "cloro activo" abarca normalmente son el dióxido de cloro, el clorito sódico acidificado y el hipoclorito sódico; consúltese también la información de fondo en el Apéndice de dicho Código de Prácticas. Si no se indica ningún compuesto específico, el nombre de "cloro activo" comprenderá todo el grupo de sustancias químicas.

El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) no ha examinado el empleo de cloro activo en contacto directo con alimentos y los posibles productos de reacción en contacto con productos específicos. Sin embargo, en este Código de Prácticas se hará referencia, cuando proceda, a algunos de los conocimientos y evaluación de riesgos relativos al cloro activo y los productos de reacción en los alimentos por empleo de cloro activo.

USO DE CLORO ACTIVO EN CONTACTO DIRECTO CON ALIMENTOS

En general, el uso de cloro activo en contacto directo con alimentos puede ser aceptable si se sigue este Código de Prácticas, incluida una evaluación de los efectos tecnológicos y eficacia, y evaluación de riesgos de los residuos de los compuestos de cloro activo utilizados y los productos de reacción del mismo.

Una evaluación de los efectos tecnológicos y eficacia, y evaluación de riesgos de los residuos y los productos de reacción de los compuestos del cloro activo es necesaria para determinar si los beneficios de la contaminación microbiológica son mayores que los posibles riesgos por la ingestión de cloro y sus productos de reacción.

El Código de Prácticas para el Uso de Cloro Activo incluye un análisis de riesgos/beneficios de usos individuales y evaluación del efecto del riesgo de infección debido a microbios contra el riesgo de productos de reacción químicos en el alimento final. Si la conclusión es que los beneficios del tratamiento de reducción de microorganismos patógenos son en total mayores que los riesgos de la ingestión de cloro y sus productos de reacción, el uso de cloro activo podría estar justificado.

PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO EN LOS COMITÉS DEL CODEX SOBRE PRODUCTOS Y EL COMITÉ DEL CODEX SOBRE LA HIGIENE DE LOS ALIMENTOS

Los Comités del Codex sobre productos y el Comité del Codex sobre la Higiene de los Alimentos deberán debatir e identificar procesos en los que el uso de cloro activo pueda estar justificado. El Comité deberá presentar la documentación en torno a dicha necesidad, incluyendo documentación sobre la eficacia y sobre los posibles niveles de residuos de cloro activo y sus productos de reacción para someterlo a la aprobación del CCFAC de acuerdo con los procedimientos normales del Codex.

EVALUACIÓN DE RIESGOS POR EL JECFA/JMRA

El objetivo general del Codex Alimentarius es proteger la salud de los consumidores garantizando al mismo tiempo las prácticas leales en el comercio de alimentos. Las sustancias químicas utilizadas en los alimentos o encontradas en los alimentos, debido a la contaminación, deben ser sometidas a una evaluación de riesgos antes de que el CCFAC apruebe los usos. En el caso específico del cloro activo sería necesario hacer un análisis de riesgos/beneficios, ya que los antecedentes para la introducción del cloro en el procesado de alimentos son generalmente controlar los microorganismos patógenos en las sustancias primas, etc.

El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) no ha evaluado los compuestos de cloro activo cuando se utilizan en el agua de procesado en contacto directo con el alimento. Efectuar una evaluación de riesgos del cloro activo y los productos de reacción sería un importante requisito previo para el uso de componentes de cloro activo. Los Expertos Mixtos FAO/OMS para la Evaluación de Riesgos Microbianos (JMRA) tampoco han evaluado el uso.

El CCFAC deberá considerar si este tratamiento solicitado está en línea con las directrices sobre el uso de otras sustancias químicas en los alimentos y de ser así, solicitar una evaluación de riesgos conjunta al JECFA (Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios) y JMRA (Expertos Mixtos FAO/OMS para la Evaluación de Riesgos Microbianos).

La propuesta del grupo de redacción se adjunta al presente documento como anexo. En vista del escaso período de tiempo entre la entrega de las observaciones y la 36ª reunión del Comité, las observaciones recibidas se dejarán en el idioma original.

Se invita a los gobiernos y las organizaciones internacionales interesadas a que presenten observaciones en el **Trámite 3** al *Anteproyecto de Código de Prácticas sobre el Uso Seguro de Cloro Activo* adjunto, tal como se ha indicado anteriormente.

ANTEPROYECTO DE CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA EL USO DE CLORO ACTIVO EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo general del Codex Alimentarius es proteger la salud de los consumidores garantizando al mismo tiempo prácticas leales en el comercio de alimentos.

En el presente documento se define un Código de Prácticas para el Uso de Cloro Activo en la Producción de Alimentos del Comité del Codex sobre Aditivos Alimentarios y Contaminantes de los Alimentos, que incluye una visión equilibrada de los riesgos y beneficios del cloro activo utilizado en contacto directo con los alimentos durante el procesado o que se utiliza para reducir o eliminar los microbios de los alimentos definitivos. Entre los beneficios que se han tenido en cuenta en este documento, se encuentra solamente el potencial para reducir los riesgos para la salud del ser humano de los peligros microbiológicos.

2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El tema de este Código de Prácticas es la adición de cloro al agua potable que se utiliza en contacto directo con alimentos durante el procesado. Los principales usos del cloro activo son esencialmente para el lavado previo a la comercialización y para descontaminar productos frescos, especialmente fruta y hortalizas.

El Código de Prácticas no regula el uso de cloro activo en relación con:

- a. El agua potable en el sistema de suministro de agua potable
- b. La desinfección y limpieza del equipo utilizado en el procesado de alimentos

El agua potable que se suministra a través del sistema de suministro de agua potable no es parte del presente Código de Prácticas, que incluye la clorinación en el sistema de suministro de agua potable y el uso del agua potable clorada suministrada y utilizada en la producción de alimentos.¹

El uso de cloro como un *desinfectante general en la limpieza del equipo utilizado en el procesado de alimentos* tampoco está regulado por este Código de Prácticas. Se supone que después de limpiar los materiales que están en contacto con los alimentos se enjuagan siempre con agua potable para eliminar los residuos de desinfectantes y limpiadores.

3. DEFINICIONES²

El tratamiento con cloro podría estar regulado por una de las definiciones siguientes

- a. Por *contaminante* se entiende “cualquier sustancia no añadida intencionalmente al alimento, que está presente en dicho alimento como resultado de la producción (incluidas las operaciones realizadas en agricultura, zootecnia y medicina veterinaria), fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento de dicho alimento o como resultado de contaminación ambiental. Este término no abarca fragmentos de insectos, pelos de roedores y otras materias extrañas.
- b. Por *aditivo alimentario* se entiende "cualquier sustancia que en cuanto tal no se consume normalmente como alimento, ni tampoco se usa como ingrediente básico en alimentos, tenga o no valor nutritivo, y cuya adición intencional al alimento con fines tecnológicos (incluidos los organolépticos) en sus fases de producción, fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento, resulte o pueda preverse razonablemente que resulte (directa o indirectamente) por sí o sus subproductos, en un componente del alimento o un elemento que afecte a sus características. Esta definición no incluye ‘contaminantes’ o sustancias añadidas al alimento para mantener o mejorar las cualidades nutricionales.

¹ Como para el productor de alimentos puede ser importante conocer los posibles compuestos de cloro, los límites de referencia de la OMS para el agua potable se hallan resumidos en el Anexo I.

² Manual de Procedimiento del Codex, decimoprimer edición, FAO y OMS 2000.

- c. Por *coadyuvantes de elaboración* se entiende "toda sustancia o materia, excluidos aparatos o utensilios, que en cuanto tal no se utiliza como ingrediente alimentario y que se emplea intencionalmente en la elaboración de materias primas, alimentos o sus ingredientes, para lograr alguna finalidad tecnológica durante el tratamiento o la elaboración, pudiendo dar lugar a la presencia no intencional, pero inevitable, de residuos o derivados en el producto final."
- d. Los *desinfectantes* no están definidos en el Codex. No obstante, en este Código el término *desinfección* se define como sigue: Destrucción de microorganismos patógenos y de otro tipo por medios térmicos o químicos con el fin de eliminar un determinado conjunto de microorganismos, pero no necesariamente todos. Normalmente este término se emplea para el tratamiento antimicrobiano de superficies de materiales, herramientas, etc., que entran en contacto con los alimentos. El requisito normal sería que, tras su desinfección, la superficie, etc., se limpie con agua potable; en algunas regiones se recomienda sólo un "drenaje" (sin enjuague) cuando la concentración de compuestos de cloro no supera un determinado nivel. Este requisito se aplica también a otros desinfectantes, en diversas concentraciones.
- e. Por *Agua potable* se entiende el agua que reúne las condiciones de calidad del agua potable que se describen en las Directrices de la OMS para la calidad del Agua Potable.

4. CONDICIONES GENERALES EN EL PROCESADO DE ALIMENTOS

- 4.1 En principio, el agua que se utiliza en contacto directo con los alimentos durante el procesado de alimentos y tratada con cloro activo en los planes de alimentación, tiene que ser de calidad de agua potable de acuerdo con las directrices de la OMS.
- 4.2 Debe efectuarse un análisis de riesgos del procesado individual de alimentos o grupos de alimentos antes de tratarlos con cloro activo, tal como se describe en la sección 6.
- 4.3 El tratamiento de descontaminación sólo debe utilizarse como un tratamiento adjunto a las buenas prácticas de higiene y principios de HACCP, y no como sustitución de los mismos. El uso será siempre complementario al procesado higiénico existente y las medidas preventivas llevadas a cabo en el ámbito de la producción.

5. EVALUACIÓN DE CONFORMIDAD CON LA LEGISLACIÓN RELEVANTE

- 5.1 El uso pretendido del cloro debe especificarse de acuerdo con la legislación y normas nacionales o internacionales. El uso pretendido del cloro activo podría ser lograr funciones diferentes, como por ejemplo desinfectante, coadyuvante de elaboración, contaminante de los alimentos o aditivo alimentario.

6. ANÁLISIS DE RIESGOS ANTES DEL TRATAMIENTO CON CLORO ACTIVO

Los productores de alimentos tendrían que llevar a cabo un análisis de riesgos sobre el uso pretendido del cloro activo antes de decidir utilizar el tratamiento como opción (véase el Anexo II).

El análisis de riesgos tendría que tratar los puntos siguientes:

- ⇒ El suministro de agua potable disponible
- ⇒ La eficacia general
- ⇒ Los cambios en la microflora y las consecuencias, inclusive la reducción de microorganismos patógenos en el alimento final y el efecto sobre la salud de los consumidores
- ⇒ El potencial para introducir otros peligros en la seguridad de los alimentos, como residuos de sustancias químicas y productos de reacción, y el efecto sobre la salud de los consumidores
- ⇒ La viabilidad y efectividad del control en condiciones comerciales (coste, disponibilidad, peligros ocupacionales)
- ⇒ La controlabilidad
- ⇒ El impacto sobre el medio ambiente

También tendrían que tenerse en cuenta otros factores legítimos como

- ⇒ La percepción de los consumidores

- ⇒ Los efectos sobre las propiedades sensoriales y la calidad del producto (el método ideal no tendría efectos adversos sobre la apariencia, el olor, el sabor ni las propiedades nutritivas del alimento.)

6.1 Adición de cloro al agua potable para descontaminar los alimentos

6.1.1 Si la calidad del suministro de agua potable disponible no es conforme a las directrices de la OMS, los productores de alimentos podrían utilizar cloro activo como agente de tratamiento del agua después de haber realizado un análisis de riesgos pertinente, que incluya la eficacia del tratamiento.

6.1.2 La calidad microbiológica del agua potable tendría que evaluarse en relación con su potencial para contaminar los alimentos procesados y las condiciones de crecimiento de microorganismos patógenos durante el procesado y en el alimento final.

6.2 Eficacia general:

6.2.1 El uso de cloro tendría que justificarse documentando una necesidad y un efecto probado.

6.2.2 Las sustancias químicas como los compuestos de cloro activo solamente tendrían que utilizarse después de efectuar un análisis de riesgos, que incluya la eficacia y controlabilidad del uso, y el efecto sobre los microorganismos patógenos y la seguridad de los residuos de sustancias químicas y sus productos de reacción en el alimento final. Para el efecto en algunos microorganismos patógenos consúltese el Anexo III y con respecto a productos de reacción químicos y residuos, también el Anexo IV.

6.3 Aspectos microbianos

6.3.1 Tiene que evaluarse el estado microbiológico de los alimentos al igual que el efecto del cloro. La evaluación incluirá la supervisión de la calidad microbiológica del alimento durante un período de tiempo correspondiente a la duración del tratamiento para garantizar que el efecto es satisfactorio. Véase el Anexo III.

6.3.2 Tendría que determinarse el estado microbiológico del agua potable y evaluar el efecto de la clorinación. El uso de compuestos de cloro activo tiene efectos diferentes sobre la microflora. La eficiencia del cloro como desinfectante o agente descontaminante depende de condiciones como el pH y la temperatura. En la evaluación de riesgos/beneficios tendrían que tenerse en cuenta las condiciones específicas del procesado.

6.4 Aspectos químicos

6.4.1 Debe describirse la composición química del alimento que entra en contacto con el cloro para determinar las posibilidades de que se formen productos de reacción.

6.4.2 Debería considerarse qué compuesto de cloro “activo” debe utilizarse. Para llevar a cabo una evaluación de riesgos válida es esencial una clara descripción de cada sustancia del cloro “activo” y conocer sus propiedades psicoquímicas. Dependiendo de la propensión oxidativa/clorinación del compuesto de cloro “activo” se formarán subproductos de reacción diferentes debido a la interacción con la composición de proteínas, hidratos de carbono y lípidos del alimento.

6.4.3 Debe determinarse la ocurrencia de cloro residual. Los niveles de residuos de cloro activo y sus productos de reacción tienen que ser conforme a los límites establecidos en las directrices de la OMS para la calidad del agua potable (véase el Anexo I).

6.4.4 Todo nivel de residuos de cloro y productos de reacción del mismo tiene que ser inferior a los límites que figuran en el anexo I. El CCFAC debe especificar los niveles máximos para los alimentos individuales o grupos de alimentos siguiendo el consejo del JECFA (Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios) y JEMRA (Reuniones Conjuntas FAO/OMS de Expertos en Evaluación de Riesgos Microbiológicos).

6.4.5 Deben determinarse los posibles productos de reacción del uso de cloro. El cloro activo puede reaccionar con sustancias orgánicas presentes en los alimentos o/y el agua, y se tiene que determinar el riesgo debido a productos de reacción químicos. El tratamiento de alimentos con dióxido de cloro o clorito sódico acidificado da lugar a subproductos de reacción oxidativos. En contraposición, el tratamiento de alimentos con soluciones de cloro da lugar a clorinación y subproductos de oxidación. Durante la desinfección con cloro pueden formarse distintos subproductos halogenados, cuyos efectos toxicológicos han sido investigados en estudios en animales y estudios in Vitro.

6.4.6 Los efectos de dosis elevadas de estas sustancias varían de toxicidad oxidativa, p.ej. el clorito, poder mutágeno, p.ej. el tricloronitrometano, a efectos reproductivos, los cloroacetatos, neurotoxicidad, los trihalometanos y carcinogenicidad, el tricloroacetaldehído, dicloroacetato y trihalometanos. Entre los productos de reacción se ven con más frecuencia los trihalomentanos. Sin embargo, en los alimentos pueden encontrarse muchos otros compuestos como consecuencia del cloro activo. Algunos de estos subproductos pueden no estar definidos en la actualidad y por consiguiente no ser detectados analíticamente.

7 GESTIÓN DE RIESGOS Y TRATAMIENTO PRÁCTICO

7.1.1 Los tratamientos tienen que efectuarse de acuerdo con las instrucciones de fabricación para los fines previstos.

7.1.2 La producción tiene que realizarse de acuerdo con las buenas prácticas de fabricación (BPF) para prevenir o minimizar el potencial de introducir o extender microorganismos patógenos en el agua de procesado y prevenir o minimizar los residuos de cloro y productos de reacción.

7.1.3 Habría que establecer sistemas de supervisión para controlar

- El estado microbiano del agua
- El estado microbiano de los alimentos antes y después del procesado
- El pH y la temperatura durante el tratamiento
- Los residuos químicos de cloro y productos de reacción del mismo.

7.1.4 La supervisión de residuos químicos y la calidad microbiológica deben indicarse como parte del control interno.

Límites de referencia de la OMS para el agua potable.

En la directriz de la OMS para el agua potable se encuentran los siguientes niveles para el cloro y los productos de reacción debido al uso de cloro activo:

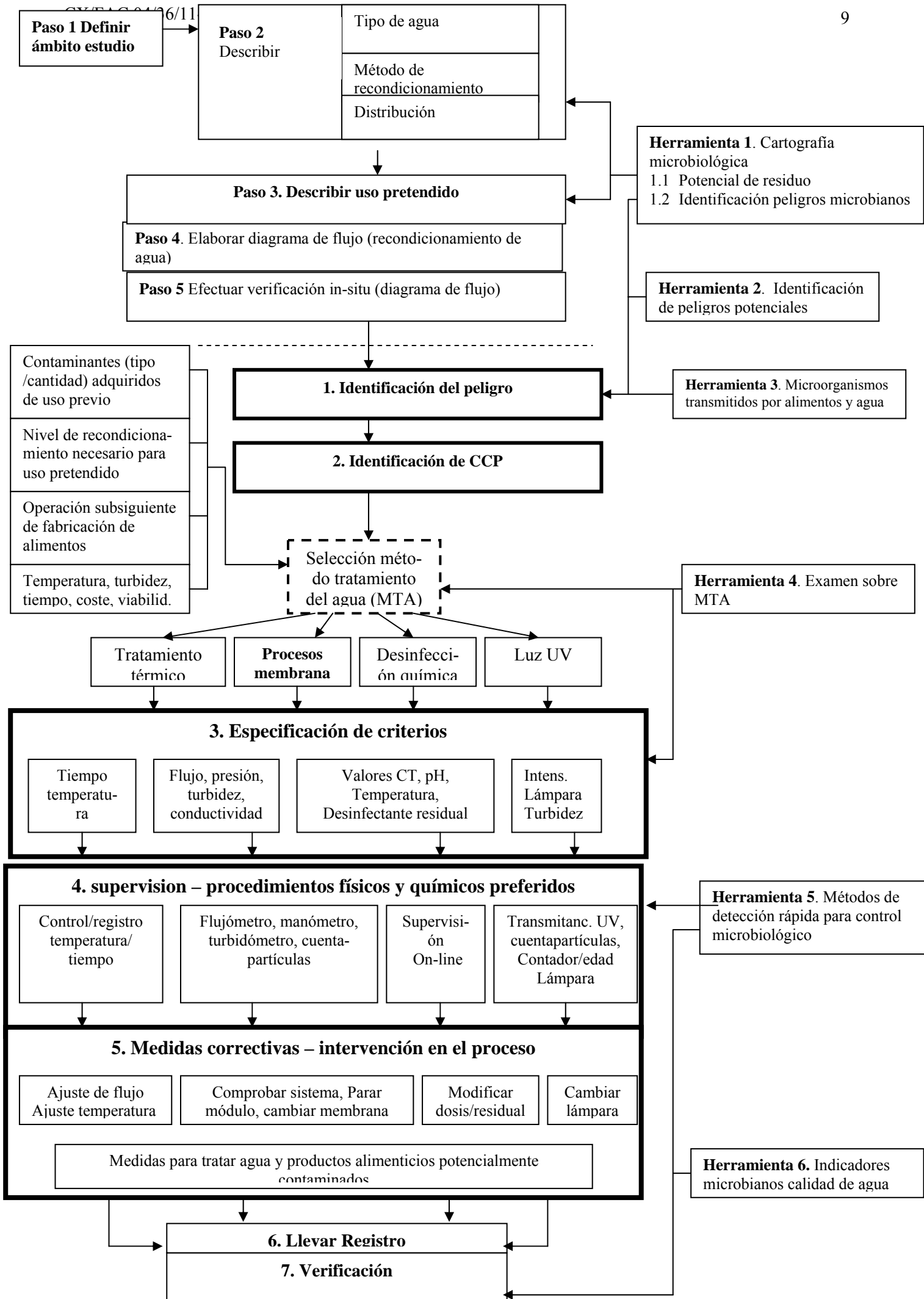
Compuesto químico	Nivel de referencia de la OMS	Observaciones de la OMS
Monocloramina	3 mg/l	-
Dicloramina y tricloramina	-	No existen datos suficientes que permitan recomendar un valor de referencia basado en criterios de salud
Cloro	5 mg/l	Concentraciones de la sustancia iguales o inferiores al valor de referencia basado en criterios de salud, pueden afectar al aspecto, sabor u olor del agua. Para una desinfección eficaz, debería haber una concentración residual de cloro libre de $\geq 0,5$ mg/l después de 30 minutos de contacto por lo menos, a un pH $< 8,0$.
Dióxido de cloro	-	No se ha establecido ningún valor de referencia debido a la rápida descomposición del dióxido de cloro y dado que el valor de referencia para el cloro protege suficientemente de la posible toxicidad del dióxido de cloro.

Los valores de referencia de la OMS en el agua potable para subproductos de desinfección son los siguientes (OMS, 1996):

Desinfección de subproductos	Valores de referencia ($\mu\text{g/l}$)
dibromoclorometano	100 $\mu\text{g/l}$
cloroformo	200 $\mu\text{g/l}$
bromodiclorometano	60 $\mu\text{g/l}$
bromoformo	100 $\mu\text{g/l}$
dicloroacetato	50 $\mu\text{g/l}$
tricloroacetato	100 $\mu\text{g/l}$
tricloroacetaldehído	10 $\mu\text{g/l}$
dicloroacetoniitrilo	90 $\mu\text{g/l}$
dibromoacetoniitrilo	100 $\mu\text{g/l}$
tricloroacetoniitrilo	1 $\mu\text{g/l}$
2,4,6-triclorofenol	200 $\mu\text{g/l}$
cianogencloro	70 $\mu\text{g/l}$
clorito	200 $\mu\text{g/l}$

No se ha establecido ningún valor de referencia para otros subproductos de posible preocupación, tales como los cloropropanoles y el hidroxifuranone clorinado (MX).

Anexo II (véase la página siguiente)



Anexo III

Se ofrecen varios ejemplos del efecto bactericida del cloro activo en varios microorganismos³.

Organismo	pH	Temperatura (°C)	Tiempo de exposición (minutos)	Concentración de Cl ₂ (mg/l)	Efecto bactericida (% de reducción)
<i>Bacillus anthracis</i>	7,2	22	120	2,3 – 2,4	100
<i>Escherichia coli</i>	7,0	20-25	1	0,055	100
<i>Listeria monocytogenes</i>	9,5	20	0,5	100	99-100
<i>Staphylococcus aureus</i>	7,2	25	0.5	0,8	100
<i>Endamoeba histolytica cysts</i>	7,0	25	150	0,08-0,12	99-100
<i>Adenovirus</i>	8,8-9,0	25	0,6-0,8	0,2	99,8
<i>Poliovirus</i>	7,0	25-28	2	0,11-0,2	99,9

Obsérvese que el efecto podría no ser equivalente a los efectos en los alimentos reales, puesto que el efecto de microorganismos en los alimentos podría ser diferente (menos bactericida) por órdenes de magnitud.

Al Comité: se necesitan más datos, especialmente de los efectos en la patogénesis, p.ej. del efecto en el cólera. En sus observaciones a la 34ª Reunión del CCFAC, los Estados Unidos de América indicaron especialmente el cólera y que se necesitan referencias para abordar este punto.

³ Block, 1991

POSIBLES PRODUCTOS DE REACCIÓN QUÍMICOS

El uso de cloro activo incluye el uso de gas de cloro, cloro líquido, dióxido de cloro, formas orgánicas como cloraminas o derivados del ácido isocianúrico. El cloro que se utiliza más frecuentemente como agente antimicrobiano es el ácido hipocloroso. El dióxido de cloro se utiliza en concentraciones mucho más bajas que el ácido hipocloroso, porque las reacciones químicas del dióxido de cloro son diferentes. El dióxido de cloro forma menos subproductos orgánicos pero lamentablemente tiene otras desventajas.

Productos y Subproductos de Reacción del Cloro

La experiencia en el establecimiento de condiciones de uso seguras para el dióxido de cloro, clorito sódico acidificado e hipoclorito sódico como tratamientos antimicrobianos para los alimentos es instructiva para la evaluación de riesgos del tratamiento de los alimentos con cloro “activo”. A continuación siguen algunas de las lecciones extraídas de nuestras evaluaciones de los riesgos químicos de los compuestos de cloro “activo”.

Propiedades psíquico-químicas de las sustancias de cloro “activo”.

En la actualidad existen varias especies de cloro activo que se utilizan en la producción de alimentos. Para la evaluación de riesgos es esencial conocer las propiedades psíquico-químicas de cada sustancia de cloro “activo”. Por ejemplo, el dióxido de cloro (ClO₂) es un gas a temperatura ambiente, soluble en el agua y estable en soluciones acuosas en una amplia gama de pH. Las reacciones de redox en el agua dan lugar a la formación de iones de clorito (ClO₂⁻) con un potencial de redox de +0,95 V. El ion de clorito también es un oxidante efectivo cuando se reduce a cloruro (Cl⁻) (+0.78 V). El dióxido de cloro es un oxidante más débil que el ácido hipocloroso (HOCl) que se forma con cloro en solución de agua. Sin embargo, el dióxido de cloro tiene una capacidad de oxidación más grande que el ácido hipocloroso porque puede aceptar 2,5 veces más electrones que el HOCl. Así pues, es esencial que cada sustancia específica de cloro “activo” se describa claramente y se conozcan sus propiedades psíquico-químicas para llevar a cabo una evaluación de riesgos válida.

Reacciones químicas y tipos de alimentos

Para toda evaluación de riesgos químicos es importante conocer la composición química de los productos a tratar, como fruta, hortalizas y mariscos.

En estudios se ha demostrado que dependiendo de la propensión oxidativa/clorinación del compuesto de cloro “activo”, se formarán subproductos de reacción diferentes como consecuencia de la interacción con proteínas, hidratos de carbono y composición de lípidos de los productos. Por ejemplo, los productos primarios de la oxidación de lípidos son hidroperóxidos, que generalmente se denominan peróxidos. Los peróxidos pueden descomponerse en carbonilos, formar polímeros o reaccionar con vitaminas, pigmentos, etc.

Uno de los productos de oxidación secundarios es el malondialdehído que generalmente se mide a través de la reacción de color con ácido tiobarbitúrico (TBA). El cocinado incrementa generalmente el contenido de malondialdehído en la carne muscular debido a la oxidación adicional de ácidos grasos no saturados durante el cocinado, así como a la descomposición de peróxidos formados previamente durante el almacenamiento de la carne muscular cruda. Sometiendo la carne y las grasas a oxidantes, como el ozono, cloro o dióxido de cloro, se espera oxidar los ácidos grasos no saturados durante la exposición y, posiblemente durante el almacenamiento en refrigeración y al cocinarlos. El último efecto puede deberse al clorito residual (un producto de reducción del dióxido de cloro). Se han publicado varios estudios en los que se comparan los productos de reacción del cloro y dióxido de cloro con aminoácidos, péptidos y proteínas. Estos estudios indican que el cloro reacciona esencialmente con los 21 aminoácidos y sugieren que se forman derivados clorados. Sin embargo, estos derivados clorados son inestables y se degradan de forma gradual para convertirse en dióxido de carbono, amoníaco, aldehídos, acetonas y otros compuestos. La incorporación de cloro a las proteínas se ha constatado en camarones, aves de corral, carne, harina y varias proteínas aisladas.

En estudios se ha demostrado también que el dióxido de cloro reacciona solamente con sulfuro o anillo aromático que contenga aminoácidos, y actúa antes como oxidante que como agente de cloración. En las reacciones de dióxido de cloro con proteínas no se ha demostrado la formación de derivados del cloro.

Se ha demostrado que las reacciones de dióxido de cloro con aminoácidos dependen del pH.

A diferencia del cloro, el dióxido de cloro no produce trihalometanos en reacciones con ácidos húmicos, ni reacciona con el amoníaco.

En las dos tablas que siguen a continuación se dan algunos productos de reacción químicos del tratamiento con cloro⁴

Productos de reacción	
Trihalometanos	Tricloro-, bromodiclono-, dibromocloro- y tribromometano
Alcanos halogenados	Etano, propano y butano clorado y bromado
Alcanos halogenados	Etileno, propeno y buteno clorado y bromado
Ácidos halogenados	Ácido acético monocloro, dicloro y tricloro
Aldehídos halogenados	Tricloroetanal, chloropropanales
Acetonas halogenadas	2-, 3- y 4-clorsubstituida propanona
Alcoholes halogenerados	Hidrato cloral
Haloacetnitrilos	Tricloroaceto-, dicloroaceto-, dibromoaceto- y bromocloroacetnitrilo
Haloaminas	Cloramina
Triclornitrometano	Clorpicrina
Fenoles halogenerede	Mono-, di- y triclorofenoles
Halopropanoles	3-cloropropandiolo, dicloropropanol
Halohidroxi-furanones	3-cloro-4-(diclorometil)-5-hidroxi-2(5H)-furanone

⁴ Klein, 1990; LeBel et al., 1997; Lykins Jr. et al., 1986; Merlet et al., 1985; Richardson et al., 1996; Ventura et al., 1999 y Zimmerli et al., 1993.

Fuente	Compuesto	Concentra- ciones encontradas
Agua para el procesado ⁵	Triclorometano	4,6 – 57,0 µg/l
	Monobromodichlorometano	2,2 – 14,1 µg/l
	Tricloretileno	3,0 – 7,8 µg/l
	1,1,1-tricloroetano	2,0 – 4,3 µg/l
	Tetracloroetileno	1,3 µg/l
Agua potable ⁶	Ácido monocloroacético	3,6 – 13,4 µg/l
	Ácido dicloroacético	4,2 – 208 µg/l
	Ácido tricloroacético	0,6 – 115 µg/l
	Cloralhidrato (2,2,2-Triclor-1,1-etandiol)	<0,03 – 16,4 µg/l
	Tricloropropanone	<0,5 – 2,4 µg/l
	Tricloronitrometano	< 3 µg/l
Bebidas tipo cola ⁷	Triclorometano	9 – 178 µg/l
	Monobromodichlorometano	1,2 – 3,8 µg/l
Otras bebidas que contienen dióxido de carbono ⁸	Triclorometano	14,5 – 32 µg/l
	Triclorometano	2,3 – 15,6 µg/l
	Monobromodichlorometano	1,2 – 2,3 µg/l
Leche pasteurizada ⁹	Triclorometano	17 µg/l
	Triclorometano	0 – 3,1 µg/l
	1,1,1-tricloreetano	0 – 0,03 µg/l
	Tetrabromometano	0 – 0,02 µg/l
	Monobromodichlorometano	0 – 0,07 µg/l
	Monoclorodibromometano	0 – 0,3 µg/l
Queso ⁶	Triclorometano	15 – 17 ng/g
	Triclorometano	2,4 – 10,9 ng/g
	1,1,1-tricloreetano	1,2 – 6,4 ng/g
Mantequilla ⁶	Triclorometano	56 ng/g
	Monobromodichlorometano	7 ng/g
Helado ⁶	Triclorometano	4,6 – 31,2 ng/g
	1,1,1-triclorometano	2,7 – 37,3 ng/g

⁵ Uhler y Diachenko, 1987

⁶ Jolley, 1989

⁷ Entz, Thomas y Diachenko, 1982, Uhler y Diachenko, 1987

⁸ Entz, Thomas y Diachenko, 1982, Uhler y Diachenko, 1987

⁹ Entz, Thomas y Diachenko, 1982; Kroneld y Reunanen, 1990

INFORMACIÓN DE FONDO PARA EL CÓDIGO DE PRÁCTICAS

El propósito de este Apéndice es ofrecer algunos de los conocimientos de fondo y referencias relevantes para el Código de Prácticas. El Apéndice debe considerarse en relación con el Código de Prácticas, pero una vez se haya adoptado el Código, el Apéndice será suprimido. Por tanto, algunas partes del texto pueden parecer una repetición del Código, pero la intención es precisamente que el texto sea más comprensible.

Legislación o directrices nacionales e internacionales sobre el uso de cloro activo en el procesado de alimentos

El cloro activo se indica como desinfectante o descontaminante en las normas de higiene del Codex, a pesar de que existe una serie de definiciones posibles según las cuales las sustancias químicas como el cloro pueden clasificarse en el sistema del Codex como una función del uso a que están destinadas, es decir como desinfectantes, coadyuvantes de elaboración, contaminantes de los alimentos o aditivos alimentarios. El uso de cloro activo en el procesado de alimentos está incluido en algunos Códigos de Prácticas del Codex o proyectos de Códigos de Prácticas, y también está incluido en las directrices de la OMS para la Calidad del Agua Potable.

El uso de compuestos de cloro activo está regulado por directrices en la legislación nacional y/o directrices internacionales. Parece no haber coherencia en la evaluación sobre si el cloro se utiliza como aditivo alimentario, desinfectante, tratamiento después de la cosecha o está regulado por otras definiciones.

En esta sección no se pretende dar una relación completa de la situación legal en todos los países miembros del Codex, sino solamente dar algunos ejemplos de las normas o la legislación nacional e internacional.

Situación legal nacional en algunos países

Dinamarca

El uso de compuestos de cloro activo para reducir la carga microbiana en los alimentos y para prolongar la vida comercial de los alimentos se considera como un uso de aditivo alimentario regulado por la legislación para la lista de aditivos alimentarios. Se puede solicitar la aprobación de la sustancia, siempre que se presente documentación sobre los aspectos de seguridad y necesidad tecnológica.

Irlanda

El uso de compuestos de cloro activo está aceptado como desinfectante bajo condiciones específicas en el agua de procesado para la producción de productos frescos. Las concentraciones que se utilizan normalmente de cloro disponible libremente son de 50 – 100 ppm con un tiempo de contacto de 1-2 minutos.

Corea

En la Ley de Sanidad de los Alimentos, (las definiciones) (d)el artículo 2 especifica(n) la expresión “aditivos alimentarios” que incluye sustancias que son transferibles indirectamente al alimento al ser utilizadas para desinfectar o esterilizar aparatos, recipientes o envases, así como aditivo alimentario directo común. Sin embargo, a diferencia de aditivo directo común, estas sustancias químicas han sido reconocidas como “lista de nombres solamente” sin especificaciones. Estas sustancias químicas/sustancias tienen que seguir un proceso especial de solicitud anterior a la comercialización que no es el mismo que el que se sigue con los aditivos alimentarios directos comunes. La petición requiere que se presenten los resultados de prueba que confirmen la seguridad y eficacia de las sustancias químicas/sustancias. Por ejemplo el resultado de eficacia tiene que demostrar una reducción del 99,999% de E.coli y staphylococcus.

Estados Unidos de América

En el cuadro siguiente se identifican los usos principales de las sustancias químicas de cloro activo que en Estados Unidos están reguladas como aditivos alimentarios. La lista no es exhaustiva pero contiene la mayoría de los usos que recaen bajo la autoridad de la Administración de Alimentos y Fármacos. Además, la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos regula ciertos usos de sustancias químicas de cloro activo en la producción de alimentos, más especialmente como lavados de productos agrícolas crudos.

¹⁰ El Apéndice incluye información de fondo del Código de Prácticas y no será incluido en el Código de Prácticas definitivo.

“Especies de cloro activo”	Condiciones pretendidas de uso en los alimentos	
Dióxido de cloro	Agua utilizada para el procesado de aves de corral	≤3 ppm dióxido de cloro residual
Dióxido de cloro	Agua utilizada para lavar fruta y hortalizas que no sean productos agrícolas crudos, seguido de enjuague o blanqueado, enlatado o cocido con agua potable.	≤3 ppm dióxido de cloro residual
Clorito sódico acidificado	<p>Clorito sódico más un ácido (GRAS) reconocido generalmente como seguro</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. En el procesado de aves de corral como componente de una pulverización o baño de carcasas antes de la inmersión de la carcasa en un tanque de enfriamiento preliminar o tanque de enfriamiento 2. En una solución de enfriamiento preliminar o solución de enfriamiento para aplicación a carcasas 3. Como pulverización o baño de aplicación a partes de las aves de corral 4. En una solución de enfriamiento preliminar o solución de enfriamiento de aplicación a partes de carcasas de las aves de corral 	<p><u>cuando se utiliza como pulverización o baño:</u> concentraciones de clorito sódico entre 500 y 1200 ppm con pH de 2,3 – 2,9</p> <p><u>Cuando se utiliza como solución de enfriamiento preliminar o solución de enfriamiento:</u> concentraciones de clorito sódico entre 50 - 150 ppm a un pH de 2,8 – 3,2</p>
Clorito sódico acidificado	Agente antimicrobiano en el procesado de carne roja, partes y órganos de carne roja como componente de un pulverizador, o en el procesado de partes y órganos de carne roja como componente de un baño	Concentraciones de clorito sódico entre 500 y 1200 ppm en combinación con un ácido GRAS para lograr un pH de 2,3 – 2,9.
Clorito sódico acidificado	Agente antimicrobiano en agua y hielo utilizados para enjuagar, lavar, deshelar, transportar o almacenar mariscos, todo marisco destinado a que se consuma crudo se someterá a un enjuague con agua potable	Concentraciones de clorito sódico entre 40 y 50 ppm en combinación con un ácido GRAS para lograr un pH de 2,5 – 2,9.
Clorito sódico acidificado	Agente antimicrobiano de productos agrícolas crudos aplicado como baño o pulverización	Concentraciones de clorito sódico de 500 - 1200 ppm en combinación con un ácido GRAS para lograr un pH de 2,3 – 2,9.
Clorito sódico acidificado	Agente antimicrobiano para productos cárnicos alimenticios triturados o moldeados antes del envasado, aplicado como baño o pulverización	Concentración de clorito sódico de 500-1200 ppm en combinación con un ácido GRAS para lograr un pH de 2,5-2,9
Clorito sódico acidificado	Agente antimicrobiano en agua aplicado como pulverización o solución de baño a frutos procesados y raíces, tubérculos, bulbos, legumbres procesados, dar fruto (p.ej. berenjenas, alquequenjes, pimientos, tomates) y cucurbitáceas, seguido de un enjuagado con agua potable y un período de mantenimiento de 24 horas antes del consumo. Para las hortalizas de hoja y hortalizas de la familia <i>Brassica</i> procesadas, la aplicación tiene que ser mediante tratamiento de baño solamente y tiene que estar precedida de un enjuague de agua potable y seguida de un enjuague de agua potable y un período de mantenimiento de 24 horas antes del consumo.	Concentraciones de clorito sódico de 500 - 1200 ppm en combinación con un ácido GRAS para lograr un pH de 2,3 – 2,9

Legislación/normas o evaluaciones internacionales.

El Comité del Codex sobre Pescado y Productos Pesqueros (CCFFP) abordó el uso del agua clorada en el pescado y la producción pesquera, y tenía un documento preparado por la OMS en colaboración con la FAO para someterlo a examen, incluido un estudio de las prácticas actuales en los países miembros. Este documento mostraba que el agua clorada era de uso general para prevenir la contaminación antimicrobiana y terminaba con la conclusión de que se realizara trabajo adicional en dicho ámbito, y que las pruebas científicas actuales no garantizaban el cambio del nivel recomendado del Codex de 10 mg/l (Código de Prácticas para Camarones y Gambas Congelados). El CCFFP terminaba con la conclusión que no era necesario adoptar más medidas al respecto.¹¹

El Comité del Codex sobre la Higiene de los Alimentos (CCFH) está elaborando actualmente un Anteproyecto¹² de Código de Prácticas para la Producción Primaria y Envasado de Fruta y Hortalizas Frescas. Este Anteproyecto de Código de Prácticas ha sido remitido al Trámite 8, e incluye una propuesta para el uso de sustancias químicas como “descontaminantes” o “desinfectantes” en el uso de agua después de la cosecha.

En la Unión Europea, el Comité Científico de Medidas Veterinarias relativas a la Salud Pública abordó la cuestión sobre los beneficios y limitación de los tratamientos antimicrobianos para las carcasas de aves de corral.¹³ Una de las conclusiones es que “en contacto con carcasas el cloro es inactivado rápidamente y por consiguiente no es efectivo de forma consistente como una descontaminación directa de carcasas.”

Además el CCFH ha propuesto un proyecto de Directrices para la Reutilización Higiénica del Agua de Procesado en las Fábricas de Alimentos¹⁴, que menciona también el uso del cloro activo.

Efectos Microbiológicos

En la mayoría de los casos, el uso de cloro activo se pediría debido a problemas microbiológicos que se dan en los alimentos o el agua utilizados en el procesado de alimentos. La concentración de cloro activo utilizada sería un compromiso equilibrado entre los beneficios microbiológicos contra los peligros microbiológicos y los peligros para el ser humano debido a residuos de sustancias químicas en los alimentos definitivos.

El uso de compuestos de cloro activo tiene efectos diferentes en la microflora. La eficacia del cloro como agente descontaminante o desinfectante depende de condiciones como el pH y la temperatura.

Evaluación de Riesgos del Cloro Activo en el Procesado de Alimentos.

Siempre que se considere utilizar cloro activo en contacto directo con los alimentos, es esencial tener en cuenta si el cloro activo tiene realmente el efecto solicitado o no. Es más, la decisión debería basarse en datos relevantes del riesgo para los consumidores. La evaluación de riesgos del cloro activo tiene que incluir:

- El efecto y la reducción potencial de la presencia de microorganismos patógenos y otros organismos microbiológicos en alimentos específicos.
- Las consecuencias para la salud pública de los microorganismos.
- La evaluación de los residuos de cloro y productos de reacción del cloro.

La OMS ha evaluado el cloro libre y le ha asignado una IDT de 150 microgramos por Kg. de peso corporal, derivada de una DSENO para la ausencia de toxicidad en los roedores que ingieren 15 mg de cloro por Kg. de peso corporal al día en el agua potable durante 2 años e incorporando un factor de incertidumbre de 100 (para variaciones en las especies y entre las especies). Con una asignación del 100 % de la IDT al agua potable, el valor de referencia en la directriz de la OMS para el agua potable se ha establecido en 5 mg/litro.

El cloro fue evaluado por el JECFA como aditivo alimentario en 1963. Se han asignado los números del sistema internacional de numeración, SIN 925 al cloro y SIN 926 al dióxido de cloro, ambos definidos como agentes de tratamiento de la harina.

¹¹ Alinorm 01/18, párrafos 146-149

¹² Alinorm 01/13A, párrafos 31-82 y Apéndice II.

¹³ Informe del Comité Científico sobre Medidas Veterinarias Relativas a la Salud Pública sobre los Beneficios y Limitaciones de los Tratamientos Antimicrobianos de las Carcasas de Aves de Corral, 30 de octubre de 1998.

¹⁴ CX/ FH 00/8

El uso de cloro activo está además incluido en algunos de los Códigos de Prácticas del Codex o el proyecto de Código de Prácticas, así como en las Directrices de la OMS para la Calidad del Agua Potable. Sin embargo, el JECFA no ha evaluado los compuestos del cloro activo cuando se utilizan en el agua de procesado en contacto directo con alimentos.

El valor de referencia en las directrices de la OMS para el agua potable está basado en una IDT para el cloro libre de 150 microgramos/Kg. de peso corporal, y para la monocloramina en una IDT de 94 microgramos/Kg. de peso corporal. El valor de referencia máximo de la OMS para el residuo de cloro en el agua potable es de 5 mg/l (3.2.3). En 1998, la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos estableció un nivel máximo de desinfección residual (NMDR) de 4 mg/l para el cloro en los sistemas públicos de agua.

Resultados de estudios en animales con administración oral de cloro o productos alimenticios tratados con cloro no mostraron ningún signo de teratogenicidad, toxicidad reproductiva y carcinogenicidad (Vetrano, K.M., 2001). Existen pruebas conflictivas sobre si la administración de harina blanqueada con cloro a las ratas tiene efectos tóxicos agudos.

Durante la desinfección con cloro pueden formarse varios subproductos halogenados, y sus efectos toxicológicos han sido igualmente investigados en estudios en animales y estudios in vitro. Los efectos de altas dosis de estas sustancias varían de toxicidad oxidativa (p.ej. clorito) y mutagenicidad (p.ej. tricloronitrometano) a efectos reproductivos (p.ej. cloroacetatos), neurotoxicidad (p.ej. trihalometanos) y carcinogenicidad (p.ej. tricloroacetaldehído, dicloroacetato y trihalometanos).

En el 2000, los desinfectantes y los subproductos de desinfectantes fueron evaluados por el IPCS (Programa Internacional sobre Seguridad Química (OMS, 2000) y las principales conclusiones fueron:

Ningún subproducto estudiado hasta la fecha es un potente carcinógeno a las concentraciones encontradas normalmente en el agua potable.

1. Los estudios epidemiológicos no proporcionan pruebas convincentes de que el agua clorada incrementa el riesgo de enfermedades cardiovasculares o de cáncer, o den lugar a embarazos adversos.

Aunque las pruebas científicas de posibles efectos dañinos por ingerir productos alimenticios tratados con cloro son débiles, la formación de subproductos halogenados tóxicos es todavía un factor incierto y relevante a ser investigado, y es necesario que un comité internacional de expertos en alimentos y sustancias químicas lleve a cabo una evaluación de riesgos actualizada.

REFERENCIAS

- Abdel-Rahman M.S., D. Couri & R.J. Bull (1984).** Effect of exogenous glutathione, glutathione reductase, chlorine dioxide, and chlorite on osmotic fragility of rat blood in vitro. *J. Am. Col. Toxicol.* 3, 269-275
- Aida Y., K. Yasuhara, K. Takada, Y. Kurokawa, M. Tobe (1992).** Chronic toxicity of microencapsulated bromodichloromethane administered in the diet to Wistar rats. *J. Toxicol. Sci.* 17, 51-68
- Anandh H., Westerhoff P. (1997)** Reactivity and by-products of bromine (HOBr/OBr⁻) reactions with organic carbon, *Annu. Conf. Proc. – Am. Water Works Assoc.*, 713-721.
- Balster R. L., J. F. Borzelleca (1982).** Behavioral toxicity of trihalomethane contaminants of drinking water in mice. *Eviron. Health Perspect.* 46, 127-136
- Batterman S., Zhang L., Wang S. (2000)** Quenching of chlorination disinfection by-product formation in drinking water by hydrogen peroxide, *Wat. Res.*, 34(5), 1652-1658.
- Blazak W. F., J. R. Meier, B. E. Stewart, D. C. Blachman, J. T. Deahl (1988).** Activity of 1,1,1- and 1,1,3-trichloroacetones in a chromosomal aberration assay in CHO cells and the micronucleus and spermhead abnormality assays in mice. *Mutation Res.* 206, 431-438
- Block, S.,S.. Disinfection, Sterilization and Preservation. Fourth edition, 1991. Lea & Fibiger.**
- Bourbigot,M.L., Hascoet, M.C., Levi, Y., Erb,F. and Pommerey,N. (1986)** Role of Ozone and Granular Activated Carbon in the Removal of Mutagenic Compounds. *Environmental Health Perspectives*, 69, 159-163
- Bousher A., Brimblecombe P., Midgley D. (1989)** Kinetics of reactions in solutions containing monochloramine and bromide, *Wat. Res. G.B.*, 23(8), 1049-1058.
- Bull R. J., J. R. Meier, M. Robinson, H. P. Ringhand, R. D. Laurie, J. A. Stober (1985).** Evaluation of mutagenic and carcinogenic properties of brominated and chlorinated haloacetonitriles: By-products of chlorination. *Fundam. Appl. Toxicol.* 5, 1065-1074
- Bull R. J., I. M. Sanchez, M. A. Nelson, J. L. Larson, A. L. Lansing (1990).** Liver tumor induction in B6C3F1 mice by dichloroacetate and trichloroacetate. *Toxicology* 63, 341-359
- Bøgh-Sørensen,L., Jul,M., Jensen, J.H., Zeuthen, P. (1988)** *Konserveringsteknik*, vol. 2. DSR-forlag, København.
- Camel, V. and Bermond, A. (1998)** The use of ozone and associated oxidation processes in drinking water treatment. *Water Research*, 32, No. 11, 3208-3222.
- Casani, S & Knøchel, S, 2002** Application of HACCP to water reuse in the food industry, *Food Control* 13, 315-327.
- Christensen, A.S. and Wick, M.R. (1998)** Desinficering af råvand med ultraviolet belysningsanlæg. *Vandteknik* 1, feb. 98, 12-15.
- Cicmanec J. L., L. W. Condie, G. R. Olson, S. R. Wang (1991).** 90-day toxicity study of dichloroacetate in dogs. *Fundam. Appl. Toxicol.* 17, 376-389
- Clarke, N.A. og Berman, M.S. (1983)** *Disinfection of Drinking Water, Swimming-Pool Water, and Treated Sewage Effluents. I: Block, S.S. (ed) Disinfection, Sterilization, and Preservation. Lea & Febiger. Philadelphia.*
- Colette T.W., Richardson S.D., Thruston Jr. A.D. (1994)** Identification of bromohydrins in ozonated waters, *Appl. Spectr.*, 48(10), 1181-1192.
- Crane A.M., Kovacic P., Kovacic E.D. (1980)** Volatile halocarbon production from the chlorination of marine alga by products, including D-Mannitol, *Environ. Sci. Technol.*, 14(11), 1371-1374.
- Craun G. F. (ed.) (1993).** Safety of water disinfection: Balancing chemical & microbial risks. ILSI Press, Washington D.C., USA
- Crochet R.A., Kovacic P. (1973)** Conversion of *o*-Hydroxyaldehydes and ketones into *o*-hydroxyanilids by monochloramine, *J. Chem. Soc. Chem. Comm.*, 716-717.

- Cunningham H.M., Lawrence G.A. (1977)** Effect of exposure of meat and poultry to chlorinated water on the retention of chlorinated compounds and water, *J. Food Sci.*, 42(6), 1504-1505,1509.
- Daniel F. B., M. Robinson, J. A. Stober, N. P. Page, G. R. Olson (1992a).** Ninety-day toxicity study of chloral hydrate in the Sprague-Dawley rat. *Drug Chem. Tox.* 15, 217-232
- Daniel F. B., A. B. DeAngelo, J. A. Stober, G. R. Olson, N. P. Page (1992b).** Hepatocarcinogenicity of chloral hydrate, 2-chloroacetaldehyde, and dichloroacetic acid in male B6C3F1 mouse. *Fundam. Appl. Toxicol.* 19, 159-168
- Diehl A.C., Speitel jr. G.E., Symons J.M., Krasner S.W. (1995)** Factors affecting disinfection by-product formation during chloramination, *Annu. Conf. Proc. – Am. Water Works Assoc.*, 535-546.
- Dunnick J. K., R. L. Melnick (1993).** Assessment of the carcinogenic potential of chlorinated water: experimental studies of chlorine, chloramine, and trihalomethanes. *J. Natl. Cancer Inst.* 85, 817-822
- EHC 216:** Disinfectants and disinfectant by-products. IPCS. World Health Organization 2000.
- Entz R. C., Thomas K. W., Diachenko G. W. (1982)** Residues of volatile halocarbons in foods using Headspace Gas Chromatography, *J. Agric. Food Chem.*, 30, 846-849.
- Eustis S. L., J. K. Haseman , W. F. Mackenzie, K. M. Abdo (1995).** Toxicity and carcinogenicity of 2,3-dibromo-1-propanol in F344/N rats and B6C3F1 mice. *Fundam Appl Toxicol.* 26, 41-50
- Friedman M., Stevens K.L., Wilson R.E. (1995)** Inactivation of a tetrachloroimide mutagen from simulated processing water, *J. Agric. Food Chem.*, 43(9), 2424-2427.
- Furnus C. C., M. A. Ulrich, M. C. Terreros, F. N. Dulout (1990).** The induction of aneuploidy in cultured Chinese hamster cells by propionaldehyde and chloral hydrate. *Mutagenesis* 5, 323-326
- Ghanbari H.A., Wheeler W.B., Kirk J.R. (1982)** Reactions of aqueous chlorine and chlorine dioxide with lipids: Chlorine incorporation, *J. Food Sci.*, 47,482-485.
- Giller S., F. Le Curieux, L. Gauthier, F. Erb, D. Marzin (1995).** Genotoxicity assay of chloral hydrate and chloropicrine. *Mutat. Res.* 348,147-152
- Gordon G., Bubnis B. (1999)** Ozone and Chlorine Dioxide: Similar chemistry and measurement issues, *Ozone Sci. Eng.*, 21(5), 447-464.
- Gorman, B.M., Sofos, J.N., Morgan, J.B., Schmidt, G.R. og Smith, G.C. (1995)** Evaluation of Hand-Trimming, Various Sanitizing Agents, and Hot Water Spray as Decontamination Interventions for Beef Brisket Adipose Tissue. *Journal of Food Protection*, 58, 8, 899-907.
- Han, Y., Guentert, A.M., Smith, R.S., Linton, R.H. og Nelson, P.E. (1999)** Efficacy of chlorine dioxide gas as a sanitizer for tanks used for aseptic storage. *Food Mikrobiology*, 16, 53-61.
- Harrington-Brock K., C. L. Doerr, M. Moore (1995).** Mutagenicity and clastogenicity of 3-chloro-4-(dichloromethyl)-5-hydroxy-2(5H)-furanone (MX) in L5178y/TK^{+/}-3.7.2C mouse lymphoma cells. *Mutation Res.* 348, 105-110
- Hayashi M., M. Kishi, T. Sofuni, M. Ishidate (1988).** Micronucleus tests in mice on 39 food additives and eight miscellaneous chemicals. *Fd. Chem. Toxic.* 26, 487-500
- Hiddink J. (1995)** Water supply, sources, quality and water treatment in the dairy industry, *Bull. IDF.*, 308, 16-32.
- Hoigné J. (1985)** Organic micropollutants and treatment processes: Kinetics and final effects of ozone and chlorine dioxide, *Sci. Tot. Environ.*, 47, 169-185.
- Holme J.A., Steffensen I.-L., Brunborg G., Becher G., Alexander J. (1999)** Klorering av drikkevann – mulig kreftisiko av et biprodukt, *Tidsskr. Nor. Lægeforen*, 119(17), 2528-2530.
- International Programme on Chemistry Safety (1998),** Environmental health criteria monograph for disinfectants and disinfectant by-products, *Summary and conclusions of IPCS task group, Geneva.*
- Jansson K., V. Jansson (1992).** Genotoxicity of 2,4,6-trichlorophenol in V79 Chinese hamster cells. *Mutat. Res.* 280, 175-179

- Jansson K., J. Maki-Paakkanen, S. L. Vaittinen, T. Vartiainen, H. Komulainen, J. Tuomisto (1993).** Cytogenetic effects of 3-chloro-4-(dichloromethyl)-5-hydroxy-2(5H)-furanone (MX) in rat peripheral lymphocytes in vitro and in vivo. *Mutation Res.* 229, 25-28
- Jolley R.L. (1989)** Trace substances present as chlorination by-products in drinking and process waters, *Trace Subst. Environ. Health*, 22, 205-214.
- Johnston J.J., Ghanbari H.A., Wheeler W.B., Kirk J.R. (1983)** Chlorine incorporation in shrimp, *J. Food Sci.*, 48, 668-670.
- Jorgenson T. A., E. F. Meierhenry, C. J. Rushbrook (1985).** Carcinogenicity of chloroform in drinking water to male Osborne-Mendel rats and female B6C3F₁ mice. *Fundam. Appl. Toxicol.* 5, 760-769
- Juven, J.B. og Pierson, M.D. (1996)** Antibacterial Effects of Hydrogen Peroxide and Methods for its Detection and Quantitation. *Journal of Food Protection*, 59, 11, 1233-1241.
- Kim, J.-G., Yousef, A.E. og Dave, S. (1999)** Application of Ozone for Enhancing the Microbiological Safety and Quality of Foods: A Review. *J. of Food Protection*, 62, No. 9, 1071-1087.
- Klein S. (1990)** Bildung von Organohalogenverbindungen bei der Wasserchlorung, *Z. Gesamte Hyg.*, 36(10), 532-535.
- Klinefelter G. R., J. D. Suarez, N. L. Roberts, A. B. DeAngelo (1995).** Preliminary screening for the potential of drinking water disinfection byproducts to alter male reproduction. *Reprod. Toxicol.* 9, 571-578
- Ko Y.-W., Chiang P.-C., Chang E.E. (1996)** The effect of bromide ion on the formation of organohalogen disinfection by-products during ozonation, *Ozone Sci. Eng.*, 18(4), 349-361.
- Kroll R. B., G. D. Robinson, J. H. Chung (1994).** Characterization of trihalomethane (THM)-induced renal dysfunction in the rat. I: Effects of THM on glomerular filtration and renal concentrating ability. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 27, 1-4
- Kroneld R., Reunanen M. (1990)** Determination of volatile pollutants in human and animal milk by GC-MS, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 44, 917-923.
- Kurokawa Y., Y. Hayashi, A. Maekawa, M. Takahashi, T. Kokubo, S. Odashima (1983).** Carcinogenicity of potassium bromate administered orally to F344 rats. *JNCI* 71, 965-972
- Kurokawa Y., S. Takayama, Y. Konishi, Y. Hiasa, S. Asahina, M. Takahashi, A. Maekawa, Y. Hayashi (1986).** Long-term in vivo carcinogenicity tests of potassium bromate, sodium hypochlorite, and sodium chlorite conducted in Japan. *Environ. Health Persp.* 69, 221-235
- Kurokawa Y., A. Maekawa, M. Takahashi, Y. Hayashi (1990).** Toxicity and carcinogenicity of potassium bromate – A new renal carcinogen. *Environ. Health Persp.* 87, 309-335
- Lahl U., Cetinkaya M., Düsöeln J.V., Gabel B., Stachel B., Thiemann W. (1982)** Health risks for infants caused by trihalomethane generation during chemical disinfection of feeding utensils, *Ecol. Food Nutr.*, 12, 7-17.
- LeBel G.L., Benoit F.M., Williams D.T. (1997)** A one-year survey of halogenated disinfection by-products in the distribution system of treatment plants using three different disinfection processes, *Chemosphere*, 34(11), 2301-2317.
- Le Curieux F., L. Gauthier, F. Erb, D. Marzin (1995).** The use of the SOS chromotest, the Ames-fluctuation test and the new micronucleus test to study the genotoxicity of four trihalomethanes. *Mutagenesis* 10, 333-341
- Lund E. (1991)** Desinfektion af vand i bryggeriet, *Brygmesteren*, 48(4), 9-11,13.
- Lykins jr. B.W., Koffskey W. (1986)** Products identified at an alternative disinfection pilot plant, *Environ. Health Perspect.*, 69, 119-128.
- Madaeni, S.S. (1999)** Review Paper: The Application of Membrane Technology for Water Disinfection. *Water Research*, 33, No. 2, 301-308.
- Magara Y., Sasaki T., Kozasa H., Asami M., Aizawa T. (1996)** Comparative study of disinfectants for water supply, *Wat. Supply*, 14(3/4), 381-386.

- Meier J. R., W. F. Blazek, R. B. Knohl (1987).** Mutagenic and clastogenic properties of 3-chloro-4-(dichloromethyl)-5-hydroxy-2(5H)-furanone: A potent bacterial mutagen in drinking water. *Environ. Mol. Mutagenesis* 10, 411-424
- Meier J.R., Knohl R.B., Coleman W.E., Ringhand H.P., Munch J.W., Kaylor W.H., Streicher R.P., Kopfler F.C. (1987)** Studies on the potent bacterial mutagen, 3-chloro-4-(dichloromethyl)-5-hydroxy-2(5H)-furanone: Aqueous stability, XAD recovery and analytical determination in drinking water and in chlorinated humic acid solutions, *Mutation Res.*, 189(4), 363-373.
- Merlet N., Thibaud H., Dore M. (1985)** Chloropicrin formation during oxidative treatments in the preparation of drinking water, *Sci. Tot. Environ.*, 47, 223-228.
- Morin, P. (2000)** Identification of the bacteriological contamination of a water treatment line used for haemodialysis and its disinfection. *J. of Hospital Infection*, 45, 218-224.
- Neale R. (1964)** The chemistry of ion radicals. The free radical addition of N-chloroamines to olefinic and acetylenic hydrocarbons, *J. Am. Chem. Soc.*, 88, 5340-5342.
- Omura M., M. Hirata, M. Zhao, A. Tanaka, N. Inoue (1995).** Comparative testicular toxicities of two isomers of dichloropropanol, 2,3-dichloro-1-propanol, and 1,3-dichloro-2-propanol, and their metabolites alpha-chlorohydrin and epichlorohydrin, and the potent testicular toxicant 1,2-dibromo-3-chloropropane. *Bull Environ Contam Toxicol.* 55, 1-7
- Parker, I. and Hughes, D. (1998)** Activated Carbon. I: Water Treatment Primer. Civil Engineering Dept. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Pegram R. A., M. E. Andersen, S. H. Warren, T. M. Ross, L. D. Claxton (1997).** Glutathione S-transferase-mediated mutagenicity of trihalomethanes in Salmonella Typhimurium: contrasting results with bromodichloromethane and chloroform. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 144, 183-188
- Prieto R., E. Fernandez (1993).** Toxicity and mutagenesis by chlorate are independent of nitrate reductase in *Chlamydomonas reinhardtii*. *Mol. Gen. Genet.* 237, 429-438
- Porter K. E., A. R. Jones (1982).** The effect of the isomers of alpha-chlorohydrin and racemic beta-chlorolactate on the rat kidney. *Chem Biol Interact.* 41, 95-104
- Rathbun R.E. (1996)** Disinfection byproduct yields from the chlorination of natural waters, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 31, 420-425.
- Reckhow D.A., Croue J.P. (1989)** Destruction of chlorinated byproducts with sulfite, *Environ. Sci. Technol.*, 23, 1412-1419.
- Rice R. G. (1999)** Ozone in the United States of America – State-Of-The-Art, *Ozone Sci. Eng.*, 21(2), 99-118.
- Rice R.G., Gomez-Taylor M. (1986)** Occurrence of by-products of strong oxidants reacting with drinking water contaminants – scope of the problem, *Environ. Health Perspect.*, 69, 31-44.
- Richardson S.D., Thruston jr. A.D., Caughran T.V., Chen P.H., Collette T.W., Floyd T.L., Schenck K.M., Lykins jr. B.W., Sun G., Majetich G. (1999)** Identification of new ozone disinfection byproducts in drinking water, *Environ. Sci. Technol.*, 33, 3368-3377.
- Richardson S.D., Thruston jr. A.D., Collette T.W., Patterson K.S., Lykins jr. B.W., Majetich G., Zhang Y. (1994)** Multispectral identification of chlorine dioxide disinfection byproducts in drinking water, *Environ. Sci. Technol.*, 28(4), 592-599.
- Richardson S.D., Thruston jr. A.D., Collette T.W., Patterson K.S., Lykins jr. B.W. Ireland J.C. (1996)** Identification of TiO₂/UV disinfection byproducts in drinking water, *Environ. Sci. Technol.*, 30, 3327-3334.
- Rijhsinghani K. S., C. Abrahams, M. A. Swerdlow, K. V. Rao & T. Ghose (1986).** Induction of neoplastic lesions in the livers of C57BLxC3HF1 mice by chloral hydrate. *Cancer Detect. Prev.* 9, 279-288
- Robinson D., Mead G.C., 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. Environ. Contam.*, 27(2), 145-150.

- Robinson M., R. J. Bull, G. R. Olson, J. Stober (1989).** Carcinogenic activity associated with halogenated acetones and acroleins in the mouse skin assay. *Cancer Lett.* 48, 197-203
- Saillenfait A. M., I. Langonne, J. P. Sabate (1995).** Developmental toxicity of trichloroethylene, tetrachloroethylene and four of their metabolites in rat whole embryo culture. *Arch. Toxicol.* 70, 71-82
- Scientific Committee on Veterinary Measures Related to Public Health (1998)** Benefits and Limitations of Antimicrobial Treatments for Poultry Carcasses, EU 30 October
- Smith M. K., E. L. George, H. Zenick, J. M. Manson, J. A. Stober (1987).** Developmental toxicity of halogenated acetonitriles: Drinking water by-products of chlorine disinfection. *Toxicology* 46, 83-93
- Smith M. K., J. L. Randall, E. J. Read, J. A. Stober (1992).** Developmental toxicity of dichloroacetate in the rat. *Teratology* 46, 217-223
- Soroshian F., Kwan A., Abramson C., Ferris M., Archer J., Mohammed A. (1996)** Pilot-scale studies of High-Intensity UV disinfection by-products, *Wat. Environ. Fed. Proc. (WEFTEC)*, 6, 55-60.
- Stauber A. J., R. J. Bull (1997).** Differences in phenotype and cell replicative behavior of hepatic tumors induced by dichloroacetate (DCA) and trichloroacetate (TCA). *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 144, 235-246
- Stocker K. J., J. Statham, W. R. Howard & R. J. Proudlock (1997).** Assessment of the potential in vivo genotoxicity of three trihalomethanes: chlorodibromomethane, bromodichloromethane and bromoform. *Mutagenesis* 12, 169-173
- Suh D. H., M. S. Abdel-Rahman, R. J. Bull (1983).** Effect of chlorine dioxide and its metabolites in drinking water on fetal development in rats. *J. Appl. Toxicol.* 3, 75-79
- Tatken R. L., R. J. Lewis (1983).** Registry of toxic effects of chemical substances. Vol. 2. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH
- Tsai L.S., Mapes C.J., Huxsoll C.C. (1987)** Aldehydes in poultry chiller water, *Poult. Sci.*, 66(6), 983-989.
- Uhler A.D., Diachenko G.W. (1987)** Volatile halocarbon compounds in process water and processed food, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 39, 601-607.
- Ventura F., Cancho B., Galceran M.T. (1999)** Behavior of halogenated disinfection by-products in the water treatment plant of Barcelona Spain, *Bull. Environ. Contamin. Toxicol.*, 63, 610-617.
- Vetrano KM.** Molecular chlorine: Health and environmental effects. *Rev Environ Contam Toxicol* 2001; 170: 75-140
- von Bockelmann, B. og von Bockelmann, I. (1998)** Long-Life Products: A guide to quality. Fálth & Hässler, Sverige.
- von Gunten U. (1998)** Ozonanwendung in der Trinkwasseraufbereitung: Möglichkeiten und Grenzen, *Mitt. Gebiete Lebensmitt. Hyg.*, 89(6), 669-683.
- von Sonntag C., Dowideit P. (1998)** Reaction of ozone with ethene and its methyl- and chlorine-substituted derivatives in aqueous solution, *Environ. Sci. Technol.*, 32(8), 1112-1119.
- Waller K., S. H. Swan, G. DeLorenze, B. Hopkins (1998).** Trihalomethanes in drinking water and spontaneous abortion. *Epidemiology* 9, 134-40
- Wardle, M.D. og Renninger, G.M. (1975)** Bacterial Effect of Hydrogen Peroxide on Spacecraft Isolates. *Applied Microbiology*, 30, 4, 710-711.
- Weber, W.J. and LeBoeuf, E.J. (1999)** Processes for Advanced Treatment of Water. *Water Science and Technology*, 40, No. 5, 11-19.
- Wei C.-I., Fukayama M. Y., Hsioukun T., Wheeler W. B. (1986)** Reactions of aqueous chlorine and chlorine dioxide with model food compounds, *Environ. Health Perspect.*, 69, 267-274.
- Wei C.I., Ghanbari H.A., Wheeler W.B., Kirk J.R. (1984)** Fate of chlorine during flour chlorination, *J. Food Sci.*, 49, 1136-1138, 1153.

- Weinberg H. (1999)** Disinfection byproducts in drinking water, *Analytical Chem. News & Features*, 23(71), 801A-808A.
- World Health Organization (1996)**. Guidelines for drinking-water quality – 2. ed. Mastercom/Wiener Verlag, Austria
- Wright, J.R., Sumner,S.S.,Hackney,C.R.,Pierson,M.D. og Zoeklein,B.W. (2000)** Efficiency of Ultraviolet Light for Reducing *Eschericia coli* in Unpasteurized Apple Cider. *Journal of Food Protection*, 63, 5, 563-567.
- Yokose Y., K. Uchida, D. Nakae, K. Shiraiwa, K. Yamamoto & Y. Konishi (1987)**. Studies of carcinogenicity of sodium chlorite in B6C3F1 mice. *Environ. Health Persp.* 76, 205-210
- Yount E. A., S. Y. Felten, B. L. O'Connor, R. G. Peterson, R. S. Powell, M. N. Yum, R. A. Harris (1982)**. Comparison of the metabolic and toxic effects of 2-chloropropionate and dichloroacetate. *J. Pharmacol. Exp. Thera.* 222, 501-508.
- Zimmer G. (1996)** Kontinuierliche Überwachung der Anlagen-Desinfektion, *ZFL*, 47(10), 18-20.
- Zimmerli B., Schlatter J. (1993)** Vorkommen und gesundheitliche Bedeutung von Nebenprodukten der Trinkwasserchlorierung, speziell des Chlorhydroxyfuranons (MX), *Mitt. Geb. Lebensm. Hyg.*, 84, 662-676.