

commission du codex alimentarius **F**



ORGANISATION DES NATIONS
UNIES POUR L'ALIMENTATION
ET L'AGRICULTURE

ORGANISATION
MONDIALE
DE LA SANTÉ



BUREAU CONJOINT: Viale delle Terme di Caracalla 00100 ROME Tél: +39 06 57051 www.codexalimentarius.net Email: codex@fao.org Facsimile: 39 06 5705 4593

Point 9 de l'ordre du jour

**CX/FAC 04/36/11
Décembre 2003**

PROGRAMME MIXTE FAO/OMS SUR LES NORMES ALIMENTAIRES COMITÉ DU CODEX SUR LES ADDITIFS ALIMENTAIRES ET LES CONTAMINANTS

**Trente-sixième session
Rotterdam, Pays-Bas, 22-26 mars 2004**

AVANT- PROJET DE CODE D'USAGES POUR L'UTILISATION SANS RISQUES DU CHLORE ACTIF

(A l'étape 3)

Les gouvernements et les organisations internationales qui souhaitent soumettre des observations sur le sujet suivant susmentionné sont invités à le faire en écrivant avant le **16 février 2004** à l'adresse suivante : Netherlands Codex Contact Point, Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality, P.O. Box 20401, 2500 E.K., The Hague, The Netherlands (Télécopie: +31.700.3780.6141;courriel: info@codexalimentarius.nl, avec copie adressée au Secrétaire, Commission du Codex Alimentarius, Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie (Télécopie: +39.06.5705.4593;courriel: codex@fao.org).

ÉLÉMENTS D'APPRÉCIATION

À sa trente-cinquième session (mars 2003), le Comité du Codex Alimentarius sur les additifs alimentaires et les contaminants est convenu de développer un Code d'usages pour l'utilisation sans risques du chlore actif dans la production de denrées alimentaires. De plus, un groupe de rédaction, dirigé par le Danemark, assisté par la Grèce, l'Irlande, la Corée, le Maroc, les Philippines, la Thaïlande, les Etats-Unis, la Commission Européenne, la Tanzanie et l'OMS, élaborerait un avant-projet de Code d'usages pour l'utilisation sans risques du chlore actif pour distribution, observations et nouvel examen à la prochaine session du CCFAC (Commission du Codex sur les Additifs alimentaires et les contaminants).

On a noté que l'information sur la nécessité d'utiliser du chlore actif ainsi que les catégories d'aliments concernées devrait être fournie par le biais d'observations à une Lettre circulaire jointe au présent rapport de la trente-cinquième session du CCFAC. Aucune observation sur cette lettre circulaire n'a été reçue.

CHAMP D'APPLICATION

Le Code d'usages couvre l'utilisation de substances de chlore actif étant en contact direct avec les denrées alimentaires.

L'eau potable n'est pas concernée par les termes de référence du Codex Alimentarius et son Code d'usages ne porte pas sur l'emploi du chlore actif dans le traitement du système d'alimentation en eau potable.

STATUT DES SUBSTANCES CHIMIQUES

Le chlore actif mentionné dans le Code d'usages couvre un bon nombre de substances chimiques différentes. Les substances chlorées relevant normalement du groupe "chlore actif" sont : dioxyde de chlore, chlorite de sodium acide et hypochlorite de sodium. Reportez-vous également aux éléments d'appréciation contenus dans l'Annexe à ce Code d'usages. S'il n'est fait mention d'aucune substance particulière, alors le terme "chlore actif" couvre la totalité du groupe des substances chimiques.

Le Comité mixte FAO/OMS d'experts sur les additifs alimentaires (JECFA) n'a pas évalué l'utilisation du chlore actif placé en contact direct avec des denrées alimentaires et les éventuels produits de réaction placés en contact avec des produits alimentaires spécifiques. Quoiqu'il en soit, ce Code d'usages référencera, dès que ce sera opportun, une partie des connaissances et des évaluations de risques sur le chlore actif et les produits de réaction dans les aliments provenant de l'utilisation du chlore actif.

UTILISATION DU CHLORE ACTIF EN CONTACT DIRECT AVEC LES ALIMENTS

En général, l'emploi du chlore actif en contact direct avec les aliments peut être acceptable lorsque les prescriptions de ce Code d'usages sont respectées, y compris une évaluation des effets technologiques, de l'efficacité et des évaluations des risques d'utilisation des résidus de substances de chlore actif et la réaction de produits qu'elle implique.

Il est nécessaire de procéder à une évaluation des effets technologiques, de l'efficacité et des évaluations des risques que présentent les résidus et la réaction de produits que provoquent les substances de chlore actif. Il s'agit d'évaluer si les avantages sur la contamination biologique compensent les risques éventuels que présente l'ingestion de chlore et sa réaction de produits.

Le Code d'usages pour l'utilisation du chlore actif comprend une analyse des risques/bénéfices des utilisations individuelles qui évalue l'effet sur le risque d'infection microbienne contre le risque de réaction de produits chimique dans l'aliment final. Il pourrait être justifié d'utiliser du chlore actif, si la conclusion montrait que les avantages d'un traitement de réduction pathogène sont, en tout, 7 fois plus importants que les risques liés à l'ingestion de chlore et sa réaction de produits.

PROPOSITION DE PROCÉDURE DANS LES COMITÉS DE PRODUITS CODEX ET LE COMITÉ DU CODEX SUR L'HYGIÈNE ALIMENTAIRE.

Les comités de produits Codex ainsi que le Comité du Codex sur l'hygiène alimentaire devraient débattre des processus et déceler ceux pouvant, le cas échéant, justifier l'emploi de chlore actif. Le comité devrait présenter une documentation sur ce besoin au CCFAC, y compris la documentation sur l'efficacité et sur les concentrations potentielles de résidus de chlore actif et des produits de réaction, afin de les soumettre pour adoption conformément aux procédures en vigueur dans le Codex.

ÉVALUATION DES RISQUES EXÉCUTÉE PAR LE JECFA/JMRA

L'objectif général du Codex Alimentarius est de protéger la santé des consommateurs tout en garantissant des pratiques équitables dans le commerce alimentaire. Les substances chimiques utilisées ou trouvées dans les aliments à cause d'une contamination, devraient être soumises à une évaluation des risques avant que les utilisations soient adoptées par le CCFAC. Dans le domaine particulier du chlore actif, une analyse de risques/bénéfices serait nécessaire étant donné que les éléments d'appréciation pour l'introduction du chlore dans la transformation des aliments sont souvent destinés à contrôler les agents pathogènes présents dans les matières premières etc.

Le comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires n'a pas effectué l'évaluation des substances de chlore actif utilisées dans l'eau de traitement placé en contact direct avec les aliments. Une évaluation des risques du chlore actif et des produits de réaction pourrait être une importante condition préalable à l'utilisation des substances de chlore actif. Pas davantage les experts FAO/OMS de l'évaluation des risques d'origine microbienne, le JMRA ont évalué l'utilisation.

Le CCFAC devrait examiner si ce traitement demandé est dans la ligne des directives sur l'emploi d'autres substances chimiques dans les denrées alimentaires. Si c'est le cas, il devrait demander qu'une évaluation des risques soit réalisée conjointement par le JECFA (comité mixte FAO/OMS d'experts sur les additifs alimentaires) et le JMRA (experts de l'évaluation des risques microbiens).

La proposition faite par le groupe de rédaction est présentée en annexe de ce document. Étant donné le court laps de temps qui sépare la soumission des observations et la trente-sixième session du Comité, les observations reçues resteront dans leur langue originale.

Les gouvernements et les organisations internationales intéressées sont invités à suivre les instructions ci-dessus pour prendre position sur **l'étape 3** figurant dans l'*Avant-projet de Code d'usages pour l'utilisation sans risques du chlore actif*.

AVANT-PROJET DE CODE D'USAGES POUR L'UTILISATION DU CHLORE ACTIF DANS LA FABRICATION DES ALIMENTS

1. INTRODUCTION

L'objectif général du Codex Alimentarius est de protéger la santé des consommateurs tout en garantissant des pratiques équitables dans le commerce alimentaire.

Ce document définit un Code d'usages pour l'utilisation du chlore actif dans la production des aliments, issu du Comité du Codex sur les additifs alimentaires et les contaminants. Il comprend un aperçu équilibré des risques et avantages du chlore actif utilisé en contact direct avec les aliments pendant leur fabrication, ou utilisé pour la réduction ou l'élimination des microbes dans les denrées alimentaires finales. Les avantages pris en compte dans ce document comprennent uniquement les possibilités de réduire les risques que présentent les risques microbiologiques pour la santé humaine.

2. CHAMP D'APPLICATION

L'objet de ce Code d'usages est l'adjonction de chlore à l'eau potable utilisée en contact direct avec les aliments pendant leur transformation. Le chlore actif est principalement utilisé avant commercialisation, lors du lavage et de la décontamination des produits frais, en particulier des fruits et des légumes.

Le Code d'usages ne couvre pas l'utilisation du chlore actif par rapport à :

- a. L'eau potable dans le système d'alimentation en eau potable
- b. La désinfection et le nettoyage des équipements de transformation des aliments

L'eau potable telle qu'elle est fournie par le système d'alimentation en eau potable n'est pas prise en compte par ce Code d'usages. Cela comprend la chloration du système d'alimentation en eau potable et l'utilisation et l'adjonction d'eau chlorurée dans la production d'aliments.¹

L'emploi de chlore en tant que *substance antiseptique générale servant à l'assainissement de l'équipement de transformation des aliments* n'est pas non plus visé par le Code d'usages. On suppose que le nettoyage du matériel en contact avec les aliments est toujours suivi d'un rinçage à grande eau, avec de l'eau potable, afin d'éliminer des résidus de substances antiseptiques et de produits de nettoyage.

3. DÉFINITIONS²

Le traitement avec du chlore pourrait être visé par l'une des définitions suivantes

- a. Le terme *Contaminant* est défini comme "toute substance ajoutée non intentionnellement aux aliments, dont la présence dans les aliments en question est due à la production (y compris les activités exercées dans l'entretien des cultures, dans l'élevage et la médecine vétérinaire), à la fabrication, à la transformation, à la préparation, au traitement, au conditionnement, au transport, à la culture de tels aliments ou à la suite de la contamination de l'environnement. Le terme ne couvre pas les fragments d'insectes, les poils de rongeurs ou autre matière étrangère.
- b. Le terme *Additif alimentaire* est défini comme « toute substance que l'on ne consomme pas habituellement comme un aliment en soit et ne servant normalement pas d'ingrédient type des aliments, qu'elle possède ou non une valeur nutritive, dont adjonction intentionnelle à la fabrication des aliments pour des raisons technologiques (y compris organoleptiques), de fabrication, de transformation, de préparation, de traitement, de conditionnement, de transport, de culture, débouche ou va probablement déboucher sur, (directement ou indirectement) un ou des sous-produit(s), devenant un composant ou affectant différemment les caractéristiques d'un tel aliment. Le terme ne vise pas les "contaminants" ou les substances adjointes aux aliments dans le but de conserver ou d'améliorer les qualités nutritionnelles ou de conserver les qualités nutritionnelles. »

¹ La connaissance des composants de chlore potentielle peut être importante pour le producteur alimentaire, les lignes directrices concernant les limites de l'OMS pour l'eau potable sont résumées dans l'appendice I.

² Manuel de Procédure du Codex, 11^{ème} Edition, FAO et OMS 2000.

- c. Le terme *Auxiliaire technologique* est défini comme « toute substance ou matériau, appareils et ustensiles non compris, non consommé comme ingrédient alimentaire en soi, utilisée intentionnellement dans la transformation de matières premières, d'aliments ou de leurs ingrédients, afin de satisfaire à un objectif technologique donné pendant le traitement, ou la transformation et pouvant aboutir à la présence, non intentionnelle mais inévitable, de résidus ou dérivés dans le produit final. »
- d. *Les désinfectants ne* sont pas définis dans le Codex. Quoi qu'il en soit, le terme désinfection est défini dans ce Code comme suit: la destruction de micro-organismes, pathogènes ou autres, par la chaleur ou par des moyens chimiques, afin d'éliminer un champ défini de micro-organismes, sans forcément tous les éradiquer. On emploie normalement le terme pour le traitement antimicrobien de surfaces, de matériaux ou d'outils en contact avec les aliments etc. L'exigence normale serait qu'après désinfection, la surface etc., soit nettoyée à l'eau potable, ou dans certaines régions, qu'on fasse une recommandation de "drainage", uniquement (sans rinçage) si la concentration de composés chlorés n'excède pas un taux donné. Ceci s'applique également aux autres désinfectants, à des concentrations variables.
- e. *L'eau potable* est de l'eau répondant aux normes de qualité de l'eau potable décrites dans les directives de l'OMS sur la qualité de l'eau potable.

4. CONDITIONS GENERALES DE TRANSFORMATION DES ALIMENTS

- 4.1 L'eau utilisée pendant la transformation, qui est en contact direct avec les aliments et qu'on a traitée au chlore actif dans les plans alimentaires, devrait être en principe de l'eau potable conforme aux directives de l'OMS.
- 4.2 Une analyse des risques devrait être menée pour les traitements individuels d'aliments ou de groupes d'aliments avant traitement au chlore actif, comme décrit à la section 6.
- 4.3 Un traitement de décontamination devrait uniquement être utilisé comme un auxiliaire à de bonnes méthodes d'hygiène et aux principes HACCP et non comme une substitution au terme. L'utilisation devrait toujours contribuer au processus hygiénique existant et aux mesures préventives mises en place au niveau de la production.

5. EVALUATION OU CONFORMITE AVEC UNE LEGISLATION PERTINENTE

- 5.1 L'emploi prévu du chlore devrait être spécifié dans le respect d'une législation et de normes pertinentes nationales ou internationales. L'utilisation prévue du chlore actif pourrait permettre de servir différentes fonctions, par exemple servir de désinfectant, d'auxiliaire technologique, de contaminant ou d'additif alimentaire.

6. ANALYSE DES RISQUES AVANT TRAITEMENT AU CHLORE ACTIF

Le producteur d'aliments devrait effectuer une analyse des risques que présente l'emploi prévu de chlore avant qu'il soit décidé de faire du traitement une option (voir également l'Appendice II).

L'analyse des risques devrait aborder les points suivants:

- ⇒ Alimentation en eau potable disponible
- ⇒ Efficacité généralisée
- ⇒ Les changements et implications de la microflore, ainsi que la réduction des agents pathogènes dans l'aliment final et les répercussions sur la santé humaine
- ⇒ Les possibilités que d'autres risques pour la sécurité alimentaire soient introduits, par exemple les résidus de substances chimiques et les produits de réaction ainsi que les répercussions sur la santé humaine
- ⇒ La faisabilité et l'efficacité d'un contrôle effectué dans des conditions commerciales (coûts, disponibilité, risques du métier)
- ⇒ La capacité de contrôle

- ⇒ L'impact sur l'environnement

Il faudrait également prendre d'autres facteurs valables en considération, à savoir :

- ⇒ La perception du consommateur
- ⇒ Les effets sur les propriétés sensorielles et la qualité du produit (la méthode idéale ne devrait pas avoir d'effet défavorable sur l'aspect extérieur, l'odeur, le goût ou les propriétés nutritionnelles de l'aliment.)

6.1 Adjonction de chlore à l'eau potable pour la décontamination des aliments

6.1.1 Si la qualité de l'alimentation en eau potable disponible n'est pas conforme aux directives de l'OMS, le chlore actif pourrait être utilisé par le producteur de denrées alimentaires comme agent de traitement de l'eau après qu'il ait effectué une propre analyse des risques, y compris l'efficacité du traitement.

6.1.2 La qualité microbiologique de l'eau potable devrait être évaluée par rapport à ses possibilités de contamination des denrées alimentaires transformées et aux conditions de croissance des agents pathogènes pendant la transformation et dans l'aliment final.

6.2 Efficacité généralisée:

6.2.1 L'emploi de chlore devrait être justifiée par une documentation traitant d'un besoin et d'une documentation traitant d'un effet démontré.

6.2.2 L'utilisation de substances chimiques telles que les composés de chlore actif ne peut être engagée qu'après une analyse de risques, y compris l'efficacité et la possibilité de contrôler l'utilisation et l'effet produit sur les agents pathogènes et la sécurité en ce qui concerne les résidus du produit chimique et des ses produits de réaction dans l'aliment final. En ce qui concerne l'effet produit sur certains agents pathogènes, se reporter à l'Appendice III et pour ce qui est des produits de réaction chimique et des résidus, voir également l'Appendice IV.

6.3 Aspects microbiens

6.3.1 Le statut microbiologique des denrées alimentaires devrait être abordé en même temps que l'effet produit par le chlore. L'évaluation devrait comporter un contrôle de la qualité microbiologique de l'aliment sur une période équivalente à la durée du traitement de façon à s'assurer que l'effet est satisfaisant. Voir l'Appendice III.

6.3.2 Le statut microbiologique de l'eau potable devrait être abordé et l'effet de la chloration devrait être évalué. L'utilisation de composés de chlore actif provoque des effets variés sur la microflore. L'efficacité du chlore utilisé comme agent de désinfection ou de décontamination dépend de conditions comme la valeur pH et la température. L'évaluation risques/avantages devrait tenir compte des conditions spécifiques à la transformation.

6.4 Aspects chimiques

6.4.1 La composition chimique de l'aliment entrant en contact avec le chlore devrait être décrite afin de faire une estimation des possibilités pour les produits de réaction.

6.4.2 Il faudrait étudier quel composé "actif" de chlore devrait être utilisé. Une description claire de chaque substance spécifique de chlore "actif" ainsi que la connaissance de leurs propriétés physicochimiques est d'une importance cruciale pour effectuer une appréciation éclairée des risques. En fonction de la propension oxydative/de chloration du composé chloré "actif", il va former différents sous-produits de réaction à la suite de l'interaction avec une composition de protéines alimentaires, de glucides et de lipides.

6.4.3 L'apparence de résidus de chlore devrait être évaluée. Les taux de résidus de chlore actif et ses produits de réaction devraient correspondre aux limites fixées dans les directives de l'OMS sur la qualité de l'eau potable (Voit l'Annexe I).

6.4.4 Tout taux de résidu de chlore et la réaction de produits qu'elle implique devraient être inférieurs à ces limites listées dans l'Annexe I. Le CCFAC devrait préciser des limites maximales pour les denrées alimentaires individuelles ou les groupes de denrées alimentaires, en se conformant à la recommandation du JECFA (comité mixte FAO/OMS d'experts sur les additifs alimentaires et les contaminants) et le JEMRA (réunions mixtes FAO/OMS d'experts sur l'évaluation des risques microbiologiques).

6.4.5 Les produits de réaction éventuellement dus à l'utilisation de chlore devraient être évalués. Le chlore actif peut provoquer une réaction avec les matériaux organiques présents dans les aliments et/ou l'eau. Le risque imputable à des produits de réaction chimique doit être évalué. Le traitement des aliments par du dioxyde de chlore ou du chlorite de sodium acide débouche sur une réaction oxydative dans les produits. Par contre, le traitement des aliments avec des solutions chlorées donne des sous-produits de chloration d'oxydation. Différents sous-produits halogénés peuvent être formés pendant la désinfection au chlore, et leurs effets toxicologiques ont été étudiés sur l'animal et dans des études in vitro.

6.4.6 Les effets provoqués par des doses élevées de ces substances varient, allant de la toxicité oxydative, comme par exemple le chlorite et la mutagénicité, le trichloronitrométhane, aux effets reproducteurs, comme les chloroacétates, la neurotoxicité, par exemple les trihalométhanes et la carcinogénèse, trichloroacetaldehyde, dichloroacétate, trihalométhanes. Les produits de réaction, que l'on voit le plus souvent sont les trihalométhanes. Cependant, on peut trouver bien d'autres substances dans les aliments à cause du chlore actif. Il est possible que certains de ces sous-produits ne soient pas encore définis actuellement et par conséquent ne soient pas détectés par analyse.

7 GESTION DES RISQUES ET DU TRAITEMENT PRATIQUE

7.1.1 Les traitements devraient être effectués suivant les instructions de fabrication pour les objectifs prévus.

7.1.2 La production devrait respecter les bonnes méthodes de fabrication (BMF) pour empêcher ou minimiser les possibilités d'introduction ou de propagation des agents pathogènes dans l'eau de traitement et empêcher ou minimiser les résidus de chlore et des produits de réaction.

7.1.3 Il faudrait établir des systèmes de surveillance afin de veiller:

- Au statut microbien de l'eau
- Au statut microbien des aliments avant et après transformation
- À la valeur pH et à la température pendant le traitement
- Aux résidus chimiques de chlore et aux produits de réaction qui s'y appliquent.

7.1.4 La surveillance des résidus chimiques et la qualité microbiologique devraient être enregistrées comme une partie de la maîtrise en interne.

Appendice I**Limites des directives de l'OMS sur l'eau potable.**

Les directives de l'OMS sur l'eau potable fixent les limites suivantes de chlore et de produits de réaction en cas d'utilisation de chlore actif:

| Composant chimique | Lignes directrices de l'OMS sur limite | Observations OMS |
|----------------------|--|--|
| Monochloramine | 3 mg/l | - |
| Di- et trichloramine | - | Pas de donnée adéquate qui permette la recommandation d'une valeur guide pour la santé |
| Chlore | 5 mg/l | Les concentrations de la substance en dessous ou à la hauteur de la valeur guide basée sur la santé peuvent affecter l'apparence, le goût ou l'odeur de l'eau. Pour une désinfection effective, il devrait y avoir une concentration résiduelle de chlore libre de ≥ 0.5 mg/litre après au moins 30 minutes de temps de contact à pH < 8.0. |
| Dioxyde de chlore | - | Une valeur guide n'a pas été établie à cause de la rapide décomposition du chlore d'oxyde et parce que la valeur guide est protectrice et cela de façon adéquate pour une toxicité potentielle provenant du dioxyde de chlore. |

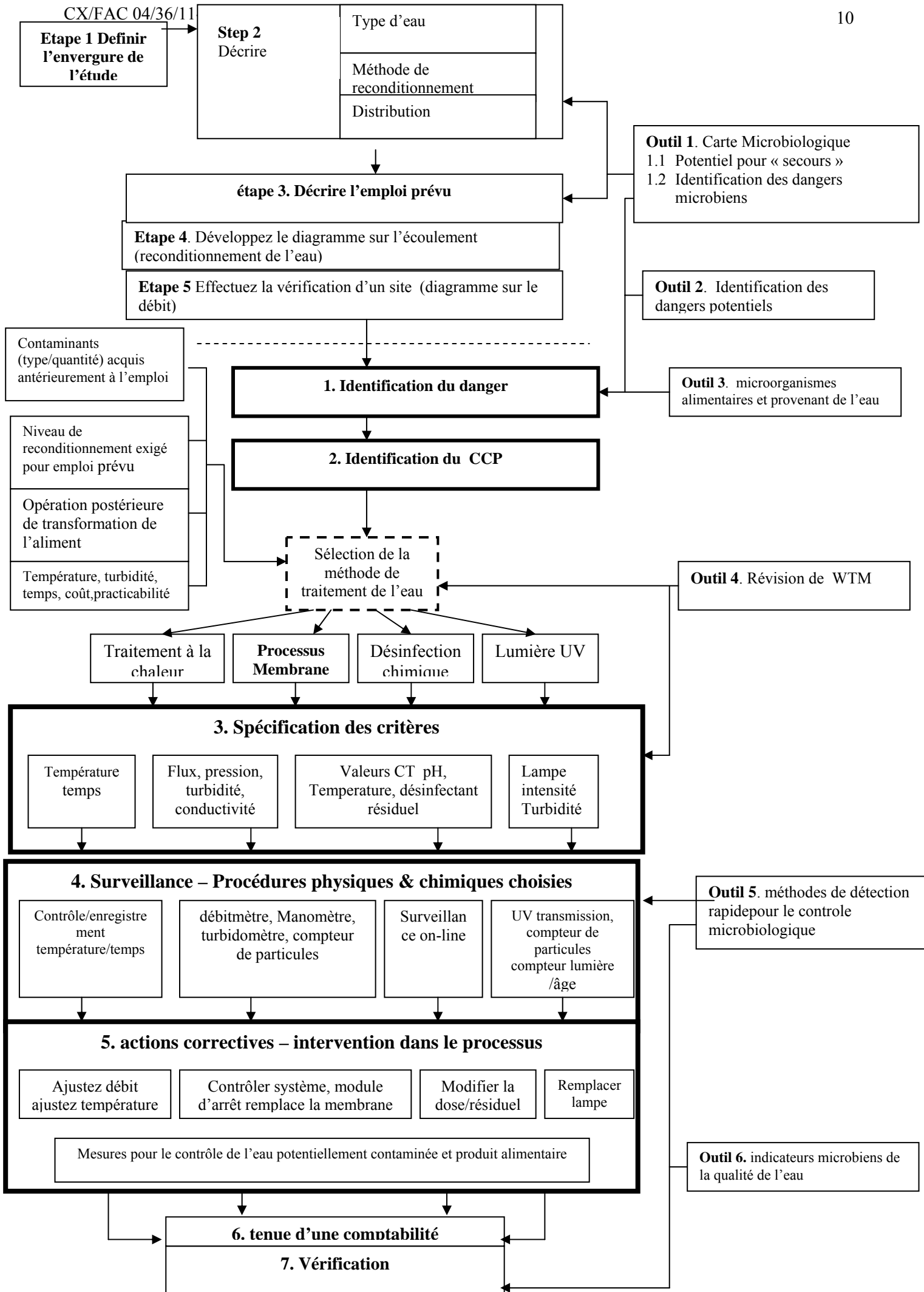
Les valeurs de la directive de l'OMS sur l'eau potable pour la désinfection de sous-produits sont les suivantes(OMS, 1996):

| Désinfection par produits | Valeurs guides ($\mu\text{g/l}$) |
|---------------------------|------------------------------------|
| dibromochloromethane | 100 $\mu\text{g/l}$ |
| chloroform | 200 $\mu\text{g/l}$ |
| bromodichloromethane | 60 $\mu\text{g/l}$ |
| bromoform | 100 $\mu\text{g/l}$ |
| dichloroacetate | 50 $\mu\text{g/l}$ |
| trichloroacetate | 100 $\mu\text{g/l}$ |
| trichloroacetaldehyde | 10 $\mu\text{g/l}$ |
| dichloroacetonitrile | 90 $\mu\text{g/l}$ |
| dibromoacetonitrile | 100 $\mu\text{g/l}$ |
| trichloroacetonitrile | 1 $\mu\text{g/l}$ |
| 2,4,6-trichlorophenol | 200 $\mu\text{g/l}$ |
| cyanogenchloride | 70 $\mu\text{g/l}$ |
| chlorite | 200 $\mu\text{g/l}$ |

Il n'a pas été fixé de valeurs pour d'autres sous-produits causant un souci potentiel comme les chloropropanols et le hydroxyfuranone chloré (MX).

Appendice II (voir la page suivante)

CX/FAC 04/36/11



Appendice III

On donne certains exemples de l'effet bactéricide du chlore actif sur différents microorganismes³.

| Organisme | pH | Température (°C) | Temps d'exposition (minutes) | Cl ₂ Concentration (mg/l) | Effet Bactéricide (% Réduction) |
|------------------------------------|---------|------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| <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</i> cysts | 7,0 | 25 | 150 | 0,08-0,12 | 99-100 |
| Adenovirus | 8,8-9,0 | 25 | 0,6-0,8 | 0,2 | 99,8 |
| Poliovirus | 7,0 | 25-28 | 2 | 0,11-0,2 | 99,9 |

Veillez noter que l'effet pourrait ne pas être équivalent aux effets créés sur des aliments réels, étant donné que l'effet sur les microorganismes présents sur les aliments pourrait être différents (moins bactéricide) en ordres de magnitude.

À l'attention du Comité: plus de données, spécialement en ce qui concerne les effets sur les pathogénies nécessaires, par exemple sur l'effet sur le cholera. Les États-Unis ont mentionné dans leurs observations à la trente-quatrième session du CCFAC qu'on a spécialement besoin d'éléments sur le choléra et des références pour couvrir ce point.

³ Block, 1991

Appendice IV**PRODUITS DE REACTION CHIMIQUE POTENTIELS**

L'utilisation du chlore actif comprend l'utilisation du chlore gazeux, du chlore liquide, du dioxyde de chlore, de formes organiques telles que les chloramines ou des dérivés de l'acide cyanurique. Le chlore qu'on utilise le plus communément comme antimicrobien est de l'acide hypochloreux. Le dioxyde de chlore sert dans des concentrations bien plus basses que l'acide hypochloreux, car les réactions chimiques du dioxyde de chlore sont différentes. Le dioxyde de chlore forme moins de sous-produits organiques mais présente malheureusement d'autres inconvénients.

Produits de réaction du chlore et sous-produits

L'expérience acquise par l'établissement de conditions d'emploi sûres pour le dioxyde de chlore, l'acide de chlorite de sodium, et l'hypochlorite de sodium utilisés comme traitements antimicrobiens des aliments est instructive pour évaluer les risques d'un traitement des aliments au chlore "actif". Nous présentons ci-dessous quelques-unes des leçons que nous avons tirées de nos évaluations des risques chimiques des composés de chlore "actif".

Propriétés physico-chimiques des substances de chlore « actif »

Il existe aujourd'hui plusieurs sortes de chlore actif utilisées dans la production des aliments. La connaissance des propriétés physico-chimiques de chaque substance de chlore « actif » est cruciale pour l'évaluation des risques. Par exemple, le dioxyde de chlore (ClO₂) est un gaz à une température ambiante, il est soluble dans l'eau et il est stable dans des solutions aqueuses dans un large éventail de valeurs pH. Les réactions Redox dans l'eau résultent de la formation d'ions de chlorite (ClO₂⁻) ayant un potentiel de redox de +0.95 V. L'ion de chlorite est également un oxydant efficace lorsque qu'il est réduit à du chlorite (Cl⁻) (+0.78 V). Le dioxyde de chlore est un oxydant plus faible que l'acide hypochloreux (HO Cl), qui est formé à partir d'une solution de chlore et d'eau. Quoi qu'il en soit, le dioxyde de chlore dispose d'une capacité d'oxydation plus étendue que l'acide hypochloreux parce qu'il peut accepter 2.5 fois plus d'électrons que HO Cl. Donc, une description claire de chaque substance de chlore "actif" spécifique ainsi que la connaissance de leurs propriétés physicochimiques est d'une importance cruciale pour une appréciation éclairée des risques.

Réaction chimiques et types d'aliments

Pour toute évaluation des risques chimiques, il est important de connaître la composition chimique des produits alimentaires à traiter, comme des fruits, des légumes et les fruits de mer.

Des études ont montré qu'en fonction de la propension oxydative/ de chloration du composé chloré "actif", il va former différents sous-produits de réaction à la suite de l'interaction avec une composition de protéines alimentaires, glucides et lipides. Par exemple, les produits primaires issus de l'oxydation de lipides sont des hydro peroxydes, appelés généralement peroxydes. Les peroxydes peuvent éventuellement se décomposer en carbonyles ou former des polymères ou bien encore réagir aux vitamines, pigments, etc.

L'un des produits d'oxydation secondaires est le malondialdéhyde, communément mesuré par le biais d'une réaction colorée avec de l'acide thiobarbiturique (TBA). La cuisson accroît généralement la teneur en malondialdéhyde de la viande de muscle à cause de l'oxydation supplémentaire des acides gras non saturés qui a lieu pendant la cuisson ainsi que la décomposition des peroxydes formés précédemment pendant le stockage de la viande crue. En soumettant la viande et des graisses à des oxydants, tels que l'ozone, le chlore ou le dioxyde de chlore, on peut s'attendre à oxyder des acides gras non saturés pendant l'exposition et éventuellement pendant l'entreposage frigorifique et la cuisson. L'effet ultérieur pourrait provenir du chlorite résiduel (un produit de réduction du dioxyde de chlore). Plusieurs études ont été publiées qui comparent les produits de réaction du chlore aux acides aminés, peptides et protéines. Ces études indiquent que le chlore réagit essentiellement au contact de tous les 21 acides aminés et suggèrent la formation de dérivés chlorurés. Cependant, ces dérivés chlorurés sont instables et se dégradent graduellement pour devenir du dioxyde de carbone, de l'ammoniaque, des aldéhydes, des cétones et d'autres composés. L'incorporation de chlore dans les protéines a été constatée dans les crevettes, la volaille, la viande, la farine et différentes protéines isolées.

Des études ont également démontré que le dioxyde de chlore réagit seulement au contact de sulfure ou d'un noyau aromatique contenant des acides aminés et il agit alors plutôt comme un agent oxydant que comme un agent de chloration. La formation de dérivés du chlore n'a pas été démontrée dans les réactions du dioxyde de chlore au contact des protéines.

Les réactions du dioxyde de chlore au contact des acides aminés montrent qu'elles dépendent de la valeur pH.

Le dioxyde de chlore, contrairement au chlore, ne produit pas de trihaloméhanes au contact d'acides humides et ne fait pas non plus réagir le dioxyde de chlore au contact de l'ammoniaque.

Certains produits de réaction chimique issus d'un traitement au chlore sont énumérés dans les deux tableaux ci-dessous⁴

| Produits de réaction | |
|-----------------------------|--|
| Trihalométhans | Trichloro-, bromodichloro-, dibromochloro- and tribromomethane |
| Halogenated alkanes | Chlorinated and bromated ethane, propane and butane |
| Halogenated alkenes | Chlorated and bromated ethylene, propene and butene |
| Halogenated acids | Monochloro-, dichloro- and trichloro acetic acid |
| Halogenated aldehydes | Trichloroethanal, chloropropanals |
| Halogenated ketones | Di-, tri- and tetrachlorosubstituted propanone |
| Halogenerated alcohols | Chloral hydrate |
| Haloacetonitrils | Trichloroaceto-, dichloroaceto-, dibromoaceto- and bromochloroacetonitrile |
| Haloamins | Chloramine |
| Trichlornitromethane | Chlorpicrine |
| Halogenereede phenols | Mono-, di- and trichlorophenols |
| Halopropanols | 3-chloropropandiol, dichloropropanol |
| Halohydroxy-furanons | 3-chloro-4-(dichlormethyl)-5-hydroxy-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 et Zimmerli et al., 1993.

| Source | Composant | Concentrations trouvées |
|---|---|-------------------------|
| Eau pour transformation ⁵ | Trichloromethane | 4,6 – 57,0 µg/l |
| | Monobromodichloromethane | 2,2 – 14,1 µg/l |
| | Trichlorethylene | 3,0 – 7,8 µg/l |
| | 1,1,1-trichloroethane | 2,0 – 4,3 µg/l |
| | Tetrachloroethylene | 1,3 µg/l |
| Eau potable ⁶ | Monochloroacetic acid | 3,6 – 13,4 µg/l |
| | Dichloroacetic acid | 4,2 – 208 µg/l |
| | Trichloroacetic acid | 0,6 – 115 µg/l |
| | Chloralhydrate (2,2,2-Trichlor-1,1-ethandiol) | <0,03 – 16,4 µg/l |
| | Trichloropropanone | <0,5 – 2,4 µg/l |
| | Trichloronitromethane | < 3 µg/l |
| Boissons type Cola ⁷ | Trichloromethane | 9 – 178 µg/l |
| | Monobromodichloromethane | 1,2 – 3,8 µg/l |
| Autres boissons contenant du carbondioxyde ⁸ | Trichloromethane | 14,5 – 32 µg/l |
| | Trichloromethane | 2,3 – 15,6 µg/l |
| | Monobromodichloromethane | 1,2 – 2,3 µg/l |
| Lait pasteurisé ⁹ | Trichloromethane | 17 µg/l |
| | Trichloromethane | 0 – 3,1 µg/l |
| | 1,1,1-trichlorethane | 0 – 0,03 µg/l |
| | Tetrabromomethane | 0 – 0,02 µg/l |
| | Monobromodichloromethane | 0 – 0,07 µg/l |
| | Monochlorodibromomethane | 0 – 0,3 µg/l |
| Fromage ⁶ | Trichloromethane | 15 – 17 ng/g |
| | Trichloromethane | 2,4 – 10,9 ng/g |
| | 1,1,1-trichlorethane | 1,2 – 6,4 ng/g |
| Beurre ⁶ | Trichloromethane | 56 ng/g |
| | Monobromodichloromethane | 7 ng/g |
| Crème glacée ⁶ | Trichloromethane | 4,6 – 31,2 ng/g |
| | 1,1,1-trichloromethane | 2,7 – 37,3 ng/g |

⁵ Uhler et Diachenko, 1987

⁶ Jolley, 1989

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

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

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

INFORMATIONS DE FOND POUR LE CODE D'USAGES

L'objectif de cette Annexe est d'offrir une partie des connaissances d'arrière-plan et des références de pertinence pour le Code d'usages. L'Annexe devrait être considérée par rapport au Code d'usages, mais, dès que le Code sera adopté, l'Annexe sera effacée. C'est pourquoi une partie du texte pourrait sembler répéter le Code, mais l'objectif est simplement de rendre le texte plus compréhensible.

Législation ou directives nationales et internationales sur l'emploi du chlore actif dans la transformation des aliments

Les normes d'hygiène du Codex mentionnent le chlore actif en tant que désinfectant ou décontaminant, bien qu'il existe de nombreuses définitions possibles dans lesquelles on pourrait classer des substances chimiques telles que le chlore dans le système Codex en fonction de leur utilisation prévue, à savoir désinfectants, auxiliaires technologiques, contaminants alimentaires ou additifs. L'emploi du chlore actif dans la transformation des aliments est compris dans certains codes d'usages du Codex ou avant-projets de codes d'usages et il est également inclus aux directives de l'OMS sur la qualité de l'eau potable.

L'utilisation de composés de chlore actif est réglementée ou régie par des directives inscrites dans la législation nationale et/ou des directives internationales. Cela semble manquer de cohérence lorsqu'il s'agit d'évaluer si le chlore est employé comme additif alimentaire, désinfectant, traitement après récolte ou bien est couvert par d'autres définitions.

Dans cette section, l'intention n'est pas de donner un aperçu complet du statut légal dans tous les pays membres du Codex, mais de citer quelques exemples de normes ou de législation nationales et internationales.

Statut national légal dans certains pays

Danemark

L'emploi des composés de chlore actif pour réduire la charge microbologique dans les aliments pour la prolongation de la durée de conservation des aliments est considérée comme l'emploi d'un additif alimentaire couvert par la législation sur la liste des additifs alimentaires. Il est possible de demander l'approbation de la substance, à condition de soumettre la documentation sur les aspects sécuritaires ainsi que le besoin technologique.

Irlande

L'emploi des composés de chlore actif est accepté pour servir de désinfectant, sous des conditions spécifiques, dans l'eau de traitement utilisée dans la production de produits frais. Les concentrations de chlore libre disponible communément employées sont de 50 – 100 ppm avec une durée de contact de 1 à 2 minutes.

Corée

Dans l'acte sur l'hygiène alimentaire, l'Article 2(définitions) spécifie le terme "additif alimentaire" et inclut les équipements qui pourraient passer directement aux aliments en étant utilisés autant dans le but de désinfecter ou de stériliser les appareils et les emballages ou récipients que comme additif alimentaire direct ordinaire. Cependant, contrairement à l'additif alimentaire direct ordinaire, ces substances chimiques ont été reconnues "listes de noms uniquement" sans spécifications. Ces substances chimiques/équipements doivent être suivis d'une pétition spéciale avant commercialisation qui n'est pas semblable à celle utilisée avec les additifs alimentaires directs ordinaires. La pétition nécessite la soumission des résultats du test qui confirme la sécurité et l'efficacité des substances chimiques/ équipements. Par exemple, le résultat d'efficacité doit montrer 99.999% de réduction des E.coli et des staphylocoques.

¹⁰ L'Annexe contient des informations de fond sur le Code d'usages et ne sera pas incluse dans le Code d'usages final.

Etats-Unis d'Amérique

Le tableau ci-dessous identifie les emplois les plus importants des substances chimiques de chlore actif qui sont réglementées comme additifs alimentaires aux États-Unis. La liste n'est pas exhaustive mais contient la plupart des utilisations tombant sous l'autorité de l'Administration de la nourriture et de la drogue. En outre, l'agence de protection de l'environnement américaine réglemente certains emplois des substances chimiques du chlore actif dans la production alimentaire, plus particulièrement, dans le lavage de produits agricoles crus.

| Espèces de « Chlore actif » | Conditions désirées d'utilisation alimentaire | |
|-----------------------------|--|--|
| Dioxyde de chlore | Eau utilisée pour la transformation de volaille | ≤3 ppm de dioxyde de chlore résiduel |
| Dioxyde de chlore | Eau utilisée pour les fruits & les légumes qui ne sont pas des produits agricoles bruts, suivi du rinçage à l'eau potable ou du blanchissement, de la mise en conserve ou de la cuisson. | ≤3 ppm de dioxyde de chlore résiduel |
| Chlorite de Sodium acidifié | <p>Chlorite de Sodium et un acide (GRAS) reconnu comme sans danger</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dans la transformation de la volaille comme un composant d'un pulvérisateur de carcasse ou immersion préalable pour l'immersion de la carcasse dans un congélateur ou tank de congélation 2. Dans un congélateur ou solution refroidissante pour application aux carcasses 3. Comme un pulvérisateur ou trempage pour application à des parties de la volaille 4. Dans une solution prérefrigérante ou réfrigérante pour les parties de carcasse de volaille. | <p><u>Lorsqu'utilisé comme pulvérisateur ou immergeant</u>: Concentrations de chlorite de sodium entre 500 et 1200 ppm avec pH de 2.3 - 2.9</p> <p><u>Lorsqu'utilisé comme une solution prérefrigérante ou réfrigérante</u>: Concentrations de chlorite de sodium entre 50 - 150 ppm à un pH 2.8 - 3.2</p> |
| Chlorite de Sodium acidifié | Agent antimicrobien dans la transformation de la viande rouge, parties de la viande rouge et organes comme un composant d'un pulvérisateur ou dans la transformation de parties de viande rouge et organes comme un composant d'une trempette | Concentration de chlorite de sodium entre 500 et 1200 ppm en combinaison avec un acide GRAS pour réaliser un pH de 2.3 - 2.9. |
| Chlorite de Sodium acidifié | Agent antimicrobien dans l'eau et la glace utilisé pour rincer, laver, dégeler, transporter ou stocker des fruits de mer. Tout fruit de mer qui est destiné à être consommé brut sera soumis à un rinçage à l'eau potable | Concentration de chlorite de sodium entre 40 et 50 ppm en combinaison avec un acide GRAS pour réaliser un pH de 2.5 - 2.9. |
| Chlorite de Sodium acidifié | Agent antimicrobien pour produits agricoles bruts appliqué comme une trempette ou un pulvérisateur | Concentration de chlorite de sodium entre 500 - 1200 ppm en combinaison avec un acide GRAS pour réaliser un pH de 2.3 - 2.9. |
| Chlorite de Sodium acidifié | Agent antimicrobien pour produits alimentaires à base de viande transformée, morcelée ou formée préalablement à l'emballage, appliqué comme une trempette ou un pulvérisateur | Concentration de chlorite de sodium entre 500 - 1200 ppm en combinaison avec un acide GRAS pour réaliser un pH de 2.5 - 2.9. |
| Chlorite de Sodium acidifié | Agent antimicrobien dans l'eau appliqué comme une solution d'immersion ou un pulvérisateur pour les fruits transformés, et les légumes racines transformés, tubercule, bulbe, légume, fruits (par ex. aubergine, coqueret comestible, poivre, tomate) et légumes cucurbitacés, suivi par un rinçage à l'eau potable et une période de maintien de 24 heures préalable à la consommation. Pour les légumes feuille et les légumes de la famille <i>Brassica</i> , l'application doit se faire par trempette seulement et doit être précédée d'un rinçage à l'eau potable et suivie d'un rinçage à l'eau potable et d'une période de maintien de 24 heures avant consommation. | Concentration de chlorite de sodium de 500 - 1200 ppm en combinaison avec un acide GRAS pour réaliser un pH de 2.3 - 2.9. |

Législation / normes ou évaluations internationales

Le Comité du Codex sur le poisson et les produits de la pêche (CCFFP) a abordé la question de l'emploi d'eau chlorurée dans le poisson et la production halieutique. Il a aussi chargé l'OMS et le FAO de préparer conjointement un document plus une enquête sur les pratiques actuelles dans les pays membres, pour examen. Ce document a montré que l'eau chlorurée était utilisée partout pour prévenir une contamination microbienne. Il a également conclu, que des travaux supplémentaires étaient recommandés dans ce domaine, et qu'une preuve scientifique actuelle ne garantissait pas le changement de la limite Codex recommandée de 10 mg/l (Code d'usages pour les crevettes bouquets congelées). Le CCFFP a conclu que toute action supplémentaire en la matière était superflue.¹¹

Le comité du Codex sur l'hygiène alimentaire (CCFH) est actuellement en train d'élaborer un avant-projet¹² de Code d'usages pour la production et le conditionnement primaires des fruits frais et des légumes. Cet avant-projet de Code d'usages a été transmis à l'étape 8 et comprend une proposition d'utilisation de substances chimiques employées comme "décontaminants" ou "désinfectants" dans l'utilisation d'eau après la récolte.

Dans l'Union Européenne, le comité scientifique des mesures vétérinaires en rapport avec la santé publique a adressé la question des avantages et de la limitation des traitements antimicrobiens pour les carcasses de volaille.¹³ L'une des conclusions énonce que "le chlore est rapidement désactivé lorsqu'il est en contact avec les carcasses, c'est pourquoi son efficacité pour la décontamination des carcasses n'est pas constante.

De surcroît, le CCFH a proposé un avant-projet de directives pour la réutilisation hygiénique de l'eau de traitement dans les entreprises de transformation de produits alimentaires¹⁴, mentionnant aussi l'emploi de chlore actif.

Effets microbiologiques

Dans la plupart des cas, l'emploi de chlore actif devrait être demandé à cause des problèmes microbiologiques qui apparaissent dans les aliments ou dans l'eau utilisée dans la transformation des aliments. La concentration de chlore actif employée devrait représenter un compromis équilibré entre les avantages microbiologiques et les dangers microbiologiques et les risques que représentent pour l'être humain les résidus de substances chimiques dans l'aliment final.

L'emploi de composés de chlore actif a plusieurs effets différents sur la microflore. L'efficacité du chlore en tant qu'agent désinfectant ou décontaminant dépend de conditions telles que la valeur pH et la température.

Estimation des risques liés à l'emploi du chlore actif dans la transformation des aliments.

Chaque fois qu'il est question d'un emploi de chlore actif en contact direct avec les aliments, il est essentiel d'observer si le chlore actif provoque vraiment l'effet escompté ou si ce n'est pas le cas. En outre, la décision devrait reposer sur des données pertinentes concernant les risques encourus par les consommateurs. L'estimation des risques liés à l'emploi du chlore actif doit inclure:

- L'effet et la réduction potentielle de la présence d'agents pathogènes et d'autres organismes microbiologiques dans les aliments spécifiques.
- Les implications de tels microorganismes sur la santé publique.
- L'estimation des résidus de chlore et les produits de réaction du chlore.

L'OMS a estimé le chlore libre et a alloué une dose journalière tolérable de 150 microgrammes par kg de poids corporel, dérivé d'une dose sans effet (DSE) pour l'absence de toxicité chez des rongeurs ingérant 15 mg de chlore par kg de poids corporel, par jour, dans de l'eau potable, pendant 2 ans et en incorporant un facteur d'incertitude de 100 (pour les variations intra et interspécifiques). Grâce à une allocation se montant à 100 % de la dose journalière tolérable d'eau potable, la valeur guide inscrite dans la directive sur l'eau potable de l'OMS est fixée à 5 mg/litre.

¹¹ Alinorm 01/18, paragraphes 146-149

¹² Alinorm 01/13A, paragraphes 31-82 et Appendice II.

¹³ Rapport du Comité scientifique sur mesures vétérinaires concernant la Santé publique en ce qui concerne les bénéfices et les limitations des traitements antimicrobiens pour les carcasses de volaille, 30 octobre 1988

¹⁴ CX/FH 00/8

En 1963, le JECFA a considéré le chlore comme un additif alimentaire. Il existe des numéros alloués au niveau international, SIN 925 pour le chlore et SIN 926 pour le dioxyde de chlore, tous deux définis comme des agents de traitement de la farine.

L'emploi du chlore actif est en outre partiellement inclus dans le Code d'usages du Codex ou dans l'avant-projet de Code d'usages autant que dans les directives de l'OMS sur la qualité de l'eau potable. Quoi qu'il en soit, le JECFA n'a pas évalué les composés de chlore actif quand ils servent dans l'eau de traitement entrant en contact direct avec les aliments.

La valeur guide inscrite dans les directives de l'OMS sur l'eau potable est basée sur une dose journalière tolérable de chlore libre se montant à 150 microgrammes/ par kg de poids corporel, et la valeur guide pour monochloramine, basée sur une dose journalière tolérable de 94 microgrammes /kg de poids corporel. La valeur guide maximale indiquée par l'OMS pour les résidus de chlore dans l'eau potable est de 5 mg/l (3.2.3). En 1998, l'Agence américaine de protection de l'environnement a fixé une limite maximale de désinfection résiduelle (MRDL) de 4 mg/l pour le chlore présent dans les systèmes d'eau pour usages publics.

Des études ont été menées sur les animaux auxquels on administrait par voie orale, du chlore ou des produits alimentaires traités au chlore. Les résultats n'ont montré aucun signe de tératogénéicité, de toxicité de reproduction ou de cancérogénéicité (Vetrano, K.M., 2001). Il existe des preuves contraires quant à savoir si l'administration de farine blanchie au chlore à des rats provoque des effets toxiques aigus.

De nombreux sous-produits halogénés peuvent être formés pendant la désinfection au chlore et leurs effets toxicologiques ont été pareillement étudiés chez l'animal et dans des études in vitro. Les effets provoqués par de fortes doses de ces substances vont de l'empoisonnement oxydatif (par ex. chlorite) et la mutagénéicité (par ex. trichloronitrométhane) aux effets reproductifs (chloroacétates), la neurotoxicité (trihalométhanes) et la cancérogénéicité (trichloroacétaldéhyde, dichloroacétate, trihalométhanes).

En 2000, les désinfectants et les sous-produits désinfectants ont été évalués par le programme international sur la sécurité des substances chimiques, le IPCS (OMS, 2000) dont les principales conclusions étaient:

Aucun sous-produit étudié à ce jour, utilisé dans les concentrations que l'on trouve normalement dans l'eau potable n'est un agent hautement cancérogène.

1. Des études épidémiologiques ne procurent pas de preuve évidente que l'eau chlorurée accroisse les risques de maladies cardiovasculaires, de cancers et de résultats de grossesse défavorables.

Quoique la preuve scientifique des effets potentiellement nocifs de l'ingestion d'aliments traités au chlore soit maigre, la formation de sous-produits toxiques halogénés demeure un facteur d'incertitude pertinent qu'il faut étudier. Il est nécessaire qu'un comité international d'experts sur l'alimentation et les substances chimiques dans les aliments effectue une évaluation actualisée des risques.

REFERENCES

- 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 substances chimiques. *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 C57BLx3HF1 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. Fälvh & 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.