

IDF-Merkblatt 45_2025

Kontrolle von Chlor- und Hypochloritrückständen in der Milchkette, Juli 2025

Chlorhaltige Produkte werden sowohl in der Milchviehhaltung als auch in der Milchverarbeitung häufig als wirksame Reinigungs-, Desinfektions- und Zitzendesinfektionsmittel eingesetzt. Die Verwendung von chlorhaltigen Produkten bei der Desinfektion vor dem Melken in Form von Zitzentauchmitteln oder -sprays sowie bei der Desinfektion von Geräten ohne abschließende Spülung kann möglicherweise zu Rückständen in der Milch führen. Wenn chlorhaltige Produkte nicht wie empfohlen verwendet werden oder wenn die Geräte nicht ordnungsgemäß entleert werden, können sowohl Rückstände als auch Derivate in Milchprodukten wie Trinkmilch, Butter und Milchpulver gelangen. Die Rückstände in der Milch, die höchstwahrscheinlich durch die Verwendung von Reinigungs- und Desinfektionsmitteln auf Chlorbasis entstehen, sind Chlorit, Chlorat, Perchlorat, Trichlormethan, Cyanurat und Chlorhexidin.

Mögliche Rückstände und Derivate

Während der Verwendung zersetzen sich die meisten aktiven Chlorverbindungen, die in chlorhaltigen Reinigungs- und Desinfektionsmitteln enthalten sind im Laufe der Zeit langsam in Wasser, können jedoch bei Kontakt mit organischen Stoffen schnell reagieren. Zusätzlich zu anorganischen Desinfektionsnebenprodukten wie Chlorat und Perchlorat bildet Chlor bei der Wechselwirkung mit organischen Stoffen chlorierte organische Verbindungen (Resch & Guthy, 2000). Tabelle 1 fasst die Verwendung der wichtigsten Desinfektionsmittel sowie die möglicherweise entstehenden Rückstände und Derivate zusammen.

Tabelle 1: Verwendung der wichtigsten Desinfektionsmittel und potenziell daraus resultierende Rückstände und Derivate.

Desinfektionsmittel	Verwendung	Rückstände ¹ und Derivate ²
Chlorhexidin	Zitzentauchbad	Chlorhexidin ¹
Chlordioxid	Zitzentauchbad und Desinfektionsmittel für harte Oberflächen	Chlorit ² , Chlorat ²
Hypochlorige Säure (HClO)	Desinfektionsmittel für harte Oberflächen	Chlorit ² , Chlorat ² , Trichlormethan ² , Cyanurat (wenn HClO aus Natriumdichlorisocyanurat hergestellt wird) ²
Natriumhypochlorit	Chloralkalische Reinigungsmittel, Desinfektionsmittel für harte Oberflächen, Handtuchdesinfektionsmittel	Chlorat ² , Perchlorat ² , Haloacetate ²

¹ Rückstände sind definiert als unveränderte chemische Produktrückstände. ² Derivate sind definiert als Nebenprodukte, die während des Reinigungs- und Desinfektionsprozesses durch den Abbau der ursprünglichen Formel und/oder deren Reaktion mit organischen und anorganischen Molekülen, die natürlicherweise in der Umwelt vorkommen, entstehen.

Chlorit (ClO₂⁻) kann entstehen, wenn Chlordioxid (ClO₂) mit Wasser reagiert. Chlorit im Wasser kann ins Grundwasser gelangen. Weder Chlordioxid noch Chlorit reichern sich in der Nahrungskette an (Agentur für toxische Substanzen und Krankheitsregister [ATSDR], 2004).

Chlorat (ClO_3^-) kann bei der Zersetzung von Hypochloritlösungen während der Lagerung (Garcia-Villanova, 2010) oder als Restprodukt der Chlordioxidbildung (Yang, 2013) entstehen. Die Bildung hängt von der Konzentration, Temperatur und dem pH-Wert der Lösung ab (McCarthy, 2018). Das Eindringen von Chlorat in die Milchproduktionskette hängt von mehreren Faktoren ab, wie z. B. dem Gehalt an Chlorat, das sich in der gelagerten Hypochloritlösung gebildet hat und der Effizienz der Entfernung von Chloratrückständen während der Spülzyklen der Anlagen.

Perchlorat (ClO_4^-) ist ein allgegenwärtiger Umweltschadstoff, der sowohl aus natürlichen als auch aus industriellen Quellen stammt. Zu den industriellen Quellen von Perchlorat gehören Düngemittel und chlorhaltige Desinfektionsmittel. Perchlorat wurde in Hypochloritlösungen nachgewiesen, die zur Wasserdesinfektion (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit, 2014) und zur Reinigung und Desinfektion von Melkgeräten (Sanchez, 2008) verwendet werden. Es hat eine geringe Reaktivität, eine hohe Persistenz und eine gute Wasserlöslichkeit. Der Beitrag von Hypochlorit, das zur Reinigung und Desinfektion von Melkgeräten verwendet wird, zum Perchloratgehalt in Rohmilch wurde in einer kontrollierten Studie (Rice, 2007) als unbedeutend angesehen, aber es ist nicht bekannt, ob diese Schlussfolgerung auch für die Milchgewinnungsverfahren in der Praxis in Milchviehbetrieben gilt.

Trichlormethan (TCM): Der Kontakt von Chlor mit organischem Material, z. B. Milch, kann zur Bildung von Gesamtchlororganika (Ryan, 2013) führen, die sowohl flüchtige als auch nicht flüchtige chlorierte organische Verbindungen umfassen. Das wichtigste Mitglied der Gruppe der flüchtigen Chlororganika ist TCM, das sich in den fettreichen Anteilen von Milchprodukten wie Sahne und Butter anreichern kann. Resch und Guthy (2000) zeigten, dass die Bildung von TCM in recycelten Reinigungs- und Desinfektionslösungen auftreten kann, wenn das Spülen (vor und nach dem Waschen) mit Wasser beim Waschvorgang der Melkmaschine im Betrieb weggelassen wurde.

Cyanurat ist das Anion der Cyanursäure. Es kann durch Entchlorung von Natriumdichlorisocyanurat entstehen, wenn dieses zur Bildung von hypochloriger Säure verwendet wird (Wahman, 2018). Cyanursäure ist ein von der US-amerikanischen Lebensmittelüberwachungs- und Arzneimittelbehörde (FDA) zugelassener Bestandteil von *biuret* in Futtermittelqualität, einem Futterzusatzstoff für Wiederkäuer.

Chlorhexidin wurde in der Natur, einschließlich in Gewässern, nachgewiesen (Pereira-Marostica, 2023). Obwohl Chlorhexidin bei normaler Verwendung ungiftig ist, wurde festgestellt, dass es sich bioakkumuliert und ein geringes Abbauprofil aufweist. Eine Studie von Middleton et al. (2003) schätzte die mittlere Eliminationshalbwertszeit von Chlorhexidin nach intramammärer Injektion auf 11,5 Tage.

Halogenessigsäuren: Monochloressigsäure, Dichloressigsäure (DCA) und Trichloressigsäure (TCA) entstehen durch die Reaktion von aktiven Chlordesinfektionsmitteln mit organischen Stoffen während der Reinigung und Desinfektion und können sich in fettreichen Milchprodukten wie Käse und Butter anreichern.

Toxizität und Risiken für die menschliche Gesundheit

Chlorit und Chlordioxid: Die Exposition gegenüber konzentrierten Formen, die über den in Trinkwasser und Milch vorkommenden Konzentrationen liegen, kann zu leichten Reizungen im Mund, in der Speiseröhre oder im Magen führen. Es gibt keine Hinweise auf reproduktive oder karzinogene Auswirkungen auf die Gesundheit (ATSDR, 2004).

Hohe Dosen von Chlorat und Perchlorat werden mit einer Hemmung der Jodaufnahme beim Menschen in Verbindung gebracht (McCarthy, 2018; Braverman, 2005), was zu einer verminderten Produktion von Schilddrüsenhormonen und Hypothyreose führt. Die Kontamination von Säuglingsnahrung mit Chlorat ist aufgrund der Anfälligkeit von Säuglingen, die eine geringere Toleranz als Erwachsene haben, ein großes Problem. Es gibt jedoch kaum Hinweise darauf, dass die derzeitigen Rückstände in Milch ein Gesundheitsrisiko darstellen (Li, 2021).

TCM: Die orale Aufnahme geringer Mengen dieser Verbindungen stellt ein minimales Risiko für die Gesundheit von Mensch und Tier dar. Die wichtigste Auswirkung einer akuten inhalativen Exposition gegenüber TCM beim Menschen ist eine Depression des Zentralnervensystems. Eine intensive Einnahme außerhalb der normalen Ernährung kann zu Leber- und Nierenschäden führen. Langzeitstudien mit hohen Dosen haben auch eine Karzinogenität gezeigt. Aus den derzeit verfügbaren Erkenntnissen geht jedoch klar hervor, dass die Exposition gegenüber geringen Konzentrationen von TCM, selbst über einen längeren Zeitraum, kein signifikantes Karzinogenitätsrisiko darstellt (ATSDR, 2024).

Es wurde festgestellt, dass Cyanurat unverändert und quantitativ leicht aus dem Körper ausgeschieden wird und in Laborstudien keine teratogene, mutagene oder reproduktionstoxische Wirkung festgestellt wurde. Cyanursäure hat eine geringe akute orale Toxizität und gilt als nicht genotoxisch (Weltgesundheitsorganisation, 2009).

Die Absorption von Chlorhexidin aus dem Verdauungstrakt oder über die Haut ist vernachlässigbar. Es wurde mit seltenen allergischen Reaktionen, Atemnot und Ototoxizität in Verbindung gebracht (Below 2017; Hirata 2002).

DCA stellt bei akuter Dosierung ein sehr geringes Risiko dar. Die chronische Verabreichung an Ratten führte zu Nieren- und Leberschäden, Hodendegeneration und vaskulären Veränderungen im Gehirn und Rückenmark (ATSDR 2004). Im Vergleich zu DCA ist die Toxikologie von TCA weitgehend unbekannt (Anand 2014).

Gesetzgebung und Rückstandshöchstwerte

Vorschriften zur Kontrolle des Vorkommens chemischer Derivate in der gesamten Lebensmittelkette werden von den jeweiligen nationalen Gesundheitsbehörden festgelegt. In vielen Ländern außerhalb der Vereinigten Staaten, der Europäischen Union und Neuseeland gibt es keine Vorschriften für Chlorderivate in Milch.

Desinfektionsmittel gelten in den Vereinigten Staaten gemäß dem Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act (FIFRA) als antimikrobielle Pestizide und unterliegen der Zuständigkeit der United States Environmental Protection Agency (US EPA). Das von der US-Umweltschutzbehörde zugelassene Etikett gibt an, in welcher Konzentration Desinfektionsmittel ohne Risiko signifikanter Rückstände verwendet werden können, welche Produkte mit Trinkwasser abgespült werden müssen und welche nicht. Natrium-, Kalium- und Calciumhypochlorit, drei der häufigsten Quellen für aktives Chlor in chlorhaltigen Reinigungsmitteln, sind aufgrund ihrer chemischen Beschaffenheit und Struktur sowie ihrer langen Geschichte der sicheren öffentlichen Verwendung bei der Desinfektion von Wasserversorgungen von der Verpflichtung zur Festlegung einer Rückstandstoleranz in den Vereinigten Staaten ausgenommen. Darüber hinaus ist Natriumhypochlorit eine der wenigen Substanzen, die als „allgemein als sicher anerkannt“ (GRAS) für die Verwendung bei der Desinfektion von Nahrungsmittelpflanzen eingestuft wurden (im Code of Federal Regulations als 40 CFR 180.2 bezeichnet).

Dieses Dokument ist eine Übersetzung des IDF-Factsheets N° 45/2025 vom Verband der Deutschen Milchwirtschaft e.V. Nur die englische Originalversion wurde von der IDF genehmigt.

Alle Biozidprodukte, die zugelassene Wirkstoffe enthalten, werden gemäß der Verordnung (EU) Nr. 528/2012 auf ihre Sicherheit und Wirksamkeit geprüft, bevor sie in der Europäischen Union in Verkehr gebracht werden dürfen. Produkte, die bereits vor dem Jahr 2000 auf dem Markt waren, dürfen jedoch weiterhin verkauft werden, während die Behörden eine vollständige Bewertung der darin enthaltenen Wirkstoffe vornehmen. Die Verwendung von chlorierten Verbindungen ist in der Lebensmittelindustrie in bestimmten europäischen Ländern, wie beispielsweise Deutschland, eingeschränkt (Expertengruppe für technische Beratung zur ökologischen Produktion, 2016). Die EU-Verordnung 396/2005 legt einen Standard-Rückstandshöchstwert (für Pestizide) von 100 µg/kg fest, wenn kein spezifischer Rückstandshöchstwert festgelegt wurde, wie dies bei Chlorat der Fall ist als verbotenes Pestizid. Perchlorat gilt eher als Kontaminant, denn als Pestizid. Für Säuglingsanfangsnahrung, Folgenahrung und andere Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder gilt ein Standard-Höchstwert für Perchlorat von 10 µg/kg, bezogen auf den Verzehr.

Der Schadstoff Chlorat ist in Neuseeland reguliert, wobei Höchstwerte für Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung sowie ein Aktionswert für Milch festgelegt sind. Nach neuseeländischem Recht ist der Milchhersteller der „Risikomanagement-Programmbetreiber“ und für die Herstellung sicherer Lebensmittel gemäß den gesetzlichen Anforderungen verantwortlich. Der Schadstoff Chlorat wird durch das offizielle „National Chemical Contaminants Programme“ (Nationales Programm für chemische Schadstoffe) Neuseelands überwacht.

Risikominderung

Wenn die Hauptquelle für Rückstände von Chlorverbindungen in Milch Reinigungs- oder Desinfektionslösungen sind, ist der entscheidende Gesamtparameter für die Reduzierung von Rückständen in Milch die ordnungsgemäße Verwendung des Reinigungs- oder Desinfektionsmittels gemäß den Empfehlungen des Herstellers auf dem Etikett hinsichtlich Lagerung, Konzentration und Nachspülbedarf. Im Allgemeinen ist es notwendig, das Auftreten von Rückständen zu verhindern oder zu mindern, da deren Entfernung in späteren Phasen des Lebensmittelherstellungsprozesses nicht mehr praktikabel ist. Zu den Risikominderungsfaktoren gehören die korrekte Identifizierung der Ursachen für hohe Rückstände in Milch in landwirtschaftlichen Betrieben oder in der Verarbeitung, die effektive Weitergabe der Informationen für Korrekturmaßnahmen an den Landwirt oder den Werksleiter. Im Falle von Problemen in landwirtschaftlichen Betrieben bzw. in der Verarbeitung, ist die fortgesetzte Probenahme und Analyse und schließlich die umgehende Rückmeldung der Ergebnisse an den betroffenen Akteur notwendig. Es ist von entscheidender Bedeutung, dass die Prävention und Kontrolle von Rückständen ohne Beeinträchtigung der mikrobiologischen Hygiene erfolgt, die für die Lieferung von Lebensmitteln, die für den Verzehr unbedenklich sind, von größter Bedeutung ist. Vorsichtsmaßnahmen im Zusammenhang mit der Verwendung von Natriumhypochlorit bei Reinigungs-/Desinfektionsverfahren wurden von Gleeson und O'Brien (2016) entwickelt. Dazu gehören die Verwendung von angemessenen und den Kennzeichnungsvorschriften entsprechenden Mengen an Natriumhypochlorit im Reinigungsmittel, die Sicherstellung, dass die endgültige Menge an Spülwasser ausreicht, um alle Rückstände zu entfernen, die Minimierung der Lagerzeit von chlorhaltigen Reinigungsmitteln, der Kauf solcher Produkte möglichst kurz nach ihrem Herstellungsdatum und die Lagerung chlorhaltiger Produkte in kühlen und dunklen Umgebungen.

Fazit

Die Verwendung von Reinigungsmitteln, Desinfektionsmitteln und Desinfektionsmitteln für die Eutergesundheit spielt eine wichtige Rolle bei der Gewährleistung der Sicherheit und Qualität von Milchprodukten sowie der Gesundheit und des Wohlergehens der Tiere. Während die Hersteller von Milchprodukten sich ihrer Verantwortung gegenüber den Verbrauchern bewusst sein müssen, sichere Lebensmittel herzustellen und sich um niedrige Rückstandswerte zu bemühen, ist es von entscheidender Bedeutung, dass Milchprodukte mikrobiologisch sicher sind und die mikrobiologische Qualität nicht beeinträchtigt wird.

Weitere Einzelheiten finden Sie im [Bulletin der IDF Nr. 529/2024 zur Kontrolle von Chlor- und Hypochloritrückständen in der Milchkette](#) (International Dairy Federation, 2024).

Danksagung

Das Factsheet der IDF Nr. 45/2025 wurde vom Aktionsteam der Wissensplattform für Kontaminanten, Untergruppen für Reinigungsmittel, Desinfektionsmittel und Zitzendesinfektionsmittel unter der Leitung von Carolina Mateus (USA) unter der Aufsicht des Ständigen Ausschusses der IDF für Rückstände und chemische Kontaminanten erstellt.

Referenzen

Agency for Toxic Substances and Disease Registry . (2004). *Toxicological Profile for Chlorine Dioxide and Chlorite*. Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services,. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp160.pdf>

Agency for Toxic Substances and Disease Registry . (2024). *Toxicological Profile for Chloroform (Draft for Public Comment)*. Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp6.pdf>

Anand, S.S., Philip, B.K., and Mehendale, H.M. (2014). Chlorination Byproducts. In P. Wexler (Ed.), *Encyclopedia of Toxicology* (pp 855 – 859). Academic Press.

Below, H., Assadian, O., Baguhl, R., Hildebrandt, U., Jäger, B., Meissner, K., Leaper, D. J., & Kramer, A. (2017). Measurements of chlorhexidine, p-chloroaniline, and p-chloronitrobenzene in saliva after mouth wash before and after operation with 0.2% chlorhexidine digluconate in maxillofacial surgery: a randomised controlled trial. *British journal of oral & maxillofacial surgery*, 55(2), 150–155. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2016.10.007>

Braverman, L. E., He, X., Pino, S., Cross, M., Magnani, B., Lamm, S. H., Kruse, M. B., Engel, A., Crump, K. S., and Gibbs, J. P. (2005). The effect of perchlorate, thiocyanate, and nitrate on thyroid function in workers exposed to perchlorate long-term. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 90(2), 700–706. <https://doi.org/10.1210/jc.2004-1821>

Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption. [EUR-Lex - 32020L2184 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#)

[Expert Group for Technical Advice on Organic Production. \(2016\). Final Report on Cleaning and Disinfection. European Commission Directorate – General for Agriculture and Rural development Directorate B. Multilateral relations, quality policy B.4. Organics. https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2019-08/final_report_egtop_on_cleaning_disinfectant_en_0.pdf](#)

European Food Safety Authority. (2014). Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of perchlorate in food, in particular fruits and vegetables. *EFSA Journal*, 12(10), 3869. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3869>

Garcia-Villanova, R.J., Oliveira Dantas Leite, M.V., Hernandez Hierro, J. M., de Castro Alfageme, S., and Garcia Hernandez, C. (2010). Occurrence of bromate, chlorite and chlorate in drinking waters disinfected with hypochlorite reagents. Tracing their origins. *Science of The Total Environment*, 408 (12), 2616–2620. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.03.011>

Dieses Dokument ist eine Übersetzung des IDF-Factsheets N° 45/2025 vom Verband der Deutschen Milchwirtschaft e.V. Nur die englische Originalversion wurde von der IDF genehmigt.

Gleeson, D. and O'Brien, B. (2016). Minimizing chlorate levels in the dairy chain. *Irish Farm Business Dairying*, 3: 20–22.

Hirata, K., and A. Kurokawa. (2002). Chlorhexidine gluconate ingestion resulting in fatal respiratory distress syndrome. *Veterinary and Human Toxicology*, 44 (2): 89–91. <https://europepmc.org/article/med/11931511>

International Dairy Federation. (2024). *Control of Chlorine and Hypochlorite Residues in the Dairy Chain (Bulletin of the IDF N° 529/2024)*.

Li, M., Xiao, M., Xiao, Q., Chen, Y., Guo, Y., Sun, J., Li, R., Li, C., Zhu, Z., Qiu, H., Liu, X., and Lu, S. (2022). Perchlorate and chlorate in breast milk, infant formulas, baby supplementary food and the implications for infant exposure. *Environment international*, 158, 106939. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106939>

McCarthy, W. P., O'Callaghan, T. F., Danahar, M., Gleeson, D., O'Connor, C., Fenelon, M. A., and Tobin, J. T. (2018). Chlorate and Other Oxychlorine Contaminants Within the Dairy Supply Chain. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 17(6), 1561–1575. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12393>

Middleton, J.R., Herbert, V.R., Fox, L. K., Tomaszewska, E., and Lakritz, J. (2003). Elimination kinetics of chlorhexidine in milk following intramammary infusion to stop lactation in mastitic mammary gland quarters of cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 222(12), 1746–1749. <https://doi.org/10.2460/javma.2003.222.1746>

Pereira-Maróstica, HV., Ames-Sibin, AP., de O. Pateis, V., de Souza, GH., Paes Silva, B., Bracht, L., Comar, JF., Peralta, RS., Bracht, A., and Sá-Nakanishi, AB. (2023). Harmful effects of chlorhexidine on hepatic metabolism, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 102, 104217. ISSN 1382-6689. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2023.104217>.

Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EEC. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A32005R0396>

Regulation (EU) No 528/2012 of the European Parliament and of the Council of 22 May 2012 concerning the making available on the market and use of biocidal products. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32012R0528>

Regulation (EU) 2020/685 of 20 May 2020 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of perchlorate in certain foods. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/685/oj>

Resch, P., and Guthy, K. (2000). Chloroform in milk and dairy products. B: Transfer of chloroform from cleaning and disinfection agents to dairy products via CIP. *Deutsche Lebensmittel-rundschau*, 96, 9-16. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DE2000O10250>

Rice, PC., Baldwin, RL., Abbott, LC., Hapeman, CJ., Capuco, AV., Le, A., Bialek-Kalinski, K., Bannerman, DD., Hare, WR., Paape, MJ., McCarty, GW., Kauf, AC., Sadeghi, AM., Starr, JL., McConnell, LL., and Van Tassell, CP. (2007). Predicting perchlorate exposure in milk from concentrations in dairy feed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, 8806–8813. <https://doi.org/10.1021/jf070953h>

Ryan, S., Gleeson, D., Jordan, K., Furey, A., O'Sullivan, K., & O'Brien, B. (2013). Strategy for the reduction of Trichloromethane residue levels in farm bulk milk. *The Journal of dairy research*, 80(2), 184–189. <https://doi.org/10.1017/S0022029913000113>

Sanchez, C.A., Blount, B.C., Valentin-Blasini, L., Lesch, S.M. & Krieger, R.I. (2008). Perchlorate in the feed dairy continuum of the southwestern United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 5443–5450. <https://doi.org/10.1021/jf0733923>

Wahman, D. G. (2018). Chlorinated Cyanurates: Review of water chemistry and associated drinking water implications. *Journal of the American Water Works Association/Journal - American Water Works Association*, 110(9). <https://doi.org/10.1002/awwa.1086>

World Health Organization. (2009). Toxicological and health aspects of melamine and cyanuric acid: report of a WHO expert meeting in collaboration with FAO, supported by Health Canada, Ottawa, Canada, 1-4 December 2008. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44106/9789241597951_eng.pdf

Yang, X., Guo, W., and Lee, W. (2013). Formation of disinfection byproducts upon chlorine dioxide peroxidation followed by chlorination or chloramination of natural organic matter. *Chemosphere*. 91(11), 1477-1485. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.12.014>