

Hogyan ellenőrizhető egy ismeretlen klór-dioxid termék tisztasága?

Noszticzius Zoltán^{1,2}, Bezur László³, Gerencsér Ákos², Holló Gábor¹, Kály-Kullai Kristóf¹, Lawson Thuy¹, Megyesi Marianna², Varga Bozsana³ és Wittmann Mária^{1*}

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Fizika Tanszék

²Solumium Kft. www.solumium.com

³Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék

*wittmann@eik.bme.hu

Motiváció: a téma aktualitása

Az utóbbi időben az egész világon – így Magyarországon is – egyre nagyobb az érdeklődés a klór-dioxid tartalmú fertőtlenítőszeres és antiszeptikumok iránt. 2008 óta magyar termékek is vannak a piacon: a Solumium Dental és a Solumium Oral, amelyeket fogorvosok is használnak. Ezek a termékek a klór-dioxid (ClO₂) nagy tisztaságú vizes oldatai, amelyeket egy szabadalmaztatott membránszeparációs eljárással¹ állít elő a Solumium Kft. A membrános technikával gyártott oldatokban a vízben és a klór-dioxidon kívül más kémiai összetevő gyakorlatilag nincs.²

A világon kapható klór-dioxid készítmények zöme azonban nem nagy tisztaságú oldat, mivel sok alkalmazásnál erre nincs is feltétlenül szükség. Ezek a termékek két vegyszer, például nátrium-klorid (NaClO₂) és sósav (HCl), vagy nátrium-klorid és nátrium-perszulfát (Na₂S₂O₈) oldatainak összeöntésével készülnek (számos egyéb módszer is ismeretes). Közös jellemzőjük, hogy az egyszerű előállítási technológia miatt olcsóbbak, de ugyanakkor ezek az oldatok a klór-dioxidon kívül más, szennyező komponenseket is tartalmaznak. (A szennyező komponensek a ClO₂ előállításához alkalmazott vegyszerek, ezen vegyszerek szennyezései, valamint a ClO₂-termelő reakció melléktermékei, illetve különféle mellékreakciók termékei.) Ezeket az olcsóbb készítményeket általában az iparban felületfertőtlenítésre használják, humán vagy állategészségügyi célokra viszont nem.

Az utóbbi időben azonban olyan, ismeretlen módon előállított klór-dioxid termékek is megjelentek webshopokban és a magyar piacon is, amelyeket humán, egyebek között fogorvosi felhasználásra is kínálnak. Mivel ilyen termékek megjelenésével a jövőben is számolhatunk, érdemes foglalkozni ezzel a kérdéssel.

A termék összetételét a forgalmazó (gyártó?) csak a klór-dioxid vonatkozásában tünteti fel a címkén. Az átlagos vásárló így joggal gondolhatja, hogy egy ilyen termék ugyanolyan tiszta, mint a Solumium, hiszen klór-dioxidon kívül mást nem jelez a címke. Jelen cikkünk egyik fő célja annak bemutatása, hogy a felhasználó milyen egyszerű módszerekkel tesztelheti a kezében tartott klór-dioxid oldat tisztaságát. Természetesen nem az a szándékunk, hogy bárkit is ismeretlen gyártó ismeretlen módon előállított termékének a használatára biztassunk; éppen ellenkezőleg, cikkünkkel az ismeretlen termékek használatának veszélyeire szeretnénk felhívni a figyelmet. Cikkünk másik fő célja, hogy tömören összegezzük a nagy tisztaságú klór-dioxid oldatok azon különleges tulajdonságait, amelyek joggal kelthetik fel a fogorvosok érdeklődését.

Klór-dioxid oldatok tisztaságának ellenőrzése egyszerű kvalitatív módszerekkel

A klór-dioxid egy gáz halmazállapotú anyag, amely vízben jól oldódik. Ha egy tiszta klór-dioxid oldatot nem lefedve tárolunk, akkor a klór-dioxid elég gyorsan távozik az oldatból (ezt onnan láthatjuk, hogy az oldat elveszti sárga színét), majd amikor a víz is elpárolog, nem marad semmi az edényben. Ennek megfelelően, ha egy klór-dioxid oldat a vízben és a klór-dioxidon kívül valami nem illékony szennyezést is tartalmaz, arról az oldat elpárologtatásával könnyen megbizonyosodhatunk, mert ha az oldat szennyezett, akkor mérhető mennyiségű anyag marad az edényben.

Az oldat szennyezettségére következtethetünk az oldat pH-jából is, egy tiszta klór-dioxid oldat pH-ja ugyanis közel semleges kell legyen.

Az 1. ábrán látható kísérletünkben 1–1 ml-t öntöttünk kis Petri-csészékbe csapvízből (Cs), desztillált vízből (D), ismeretlen eredetű klór-dioxid oldatból (I) és Solumium Dental oldatból (S). Az 1/a. ábrán – a kísérlet kezdetén – megfigyelhető a klór-dioxid sárga színe az I és az S csészékben.

Az oldatok pH-ját műszerrel megmértük, és azt találtuk, hogy az ismeretlen minta pH-ja több, mint 2-vel kisebb a Solumium Dental oldaténál, ami azt jelenti, hogy a hidrogénion-koncentráció az ismeretlen mintában több százszor nagyobb, mint a Solumium Dental oldatban. Műszer hiányában megmérhető az oldatok pH-ja univerzális indikátorpapírral is, ehhez azonban először meg kell várni, amíg a klór-dioxid távozik az oldatból, mert különben a ClO_2 kifakítaná az indikátorfestéket. Kísérletünkben az oldatokat elektromos főzőlapra helyezve 50–60 °C-on tartottuk, hogy a ClO_2 távozását meggyorsítsuk (esetünkben 5–10 percig tartott, amíg a sárga szín eltűnt, szobahőfokon ez ennél tovább tart).

Az 1/b. ábrán látható oldatok már nem tartalmaznak klór-dioxidot. Ezekből az oldatokból cseppentettünk a csésze melletti indikátorpapírokra egy-egy cseppet. Látható, hogy az ismeretlen minta eléggé savas: a piros szín 1-es és 2-es közötti pH-t jelez. A többi minta pH-ja ennél jóval magasabb, így azoknál az indikátorpapír sárga maradt.

Az 1/c. ábra mutatja ennek a kísérletnek a végét, amikor már mindegyik Petri-csészéből eltávozott a víz. Ekkor szabad szemmel megvizsgálva a D és S csészékben szinte semmi maradványt sem látunk, a Cs jelű csészében egy finom vízkő bevonat mutatkozik, az I jelűben viszont ágas-bogas csapadék vált ki. A csapadék súlyra is jól mérhető volt: az 1 ml (azaz ~1 g) oldat maradéka 11 mg-ot nyomott.

A 2. ábrán két kísérlet látható, amelyeket az I minta maradékeként előállt csapadékkal végeztünk azzal a céllal, hogy megvizsgáljuk, mennyire agresszív ez az anyag. Egyrészt azt teszteltük, hogy a csapadékban is maradt-e valamilyen sav, másrészt pedig azt, hogy van-e benne még valamilyen oxidáló hatású vegyület.

A 2/a. ábrán az I mintából kivált csapadék látható, aminek egy részére egy csepp desztillált vizet cseppentettünk a kémhatás vizsgálatához (a csepp a Petri-csésze bal oldalán látható). Egy kevés csapadék feloldódott ebben a cseppben. Erre a kis tócsára helyeztünk rá egy darabka pH indikátorpapírt, amely – ahogyan ezt a 2/b. ábra mutatja – megpirosodott, jelezvén, hogy a csapadék valamilyen savat tartalmaz.

A 2/c. ábrán az látható, hogy most a Petri-csésze jobb felső részén lévő csapadékra cseppentettünk egy csepp desztillált vizet, amely azt részben felol-

dotta. Ezután ezt a kis tócsát lefedtük egy darabka olyan szűrőpapírral, amelybe előzőleg kálium-jodidot és keményítőt tartalmazó oldatot itattunk fel. Ez az oldat és a szűrőpapír is fehér, azonban ha oxidáló hatású anyaggal érintkezik, akkor az a jodid iont jódá oxidálja, amelynek hatására a keményítő sötétlila színűvé válik (tehát ez a szűrőpapír tulajdonképpen egy redox indikátorpapírnak tekinthető). A 2/d. ábrán látható, hogy az indikátorpapíron egy sötétlila folt jelent meg, ami azt jelzi, hogy a csapadékban valamilyen oxidáló hatású anyag is van. Az I minta



1/a. ábra



1/b. ábra



1/c. ábra



2/a. ábra



2/b. ábra



2/c. ábra



2/d. ábra

maradék tehát nem egyszerű vízkő, hanem valamilyen vegyszermaradvány.

Mint a bevezetőben említettük, klór-dioxid előállítására leggyakrabban a nátrium-klorid (NaClO_2) és sósav (HCl), vagy a nátrium-klorid és nátrium-perszulfát ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$) reakcióját használják, bár vannak kevésbé szokványos eljárások is, például amikor kénsavban Na-klorátot (NaClO_3) klorid (Cl^-) ionnal redukálnak. A reakció lezajlásával keletkezik a kívánt klór-dioxid, de egyrészt keletkeznek melléktermékek is, másrészt maradhatnak az oldatban el nem reagált kiindulási anyagok is. Tipikus szennyeződés a kloridion és a klór különböző oxidációs fokú termékei, illetve a szulfát (SO_4^{2-}) ion. Ezekből a szennyezett oldatokból a klór-dioxid tiszta formában is kinyerhető például a Solumium oldatok előállításánál használt membránseparációs eljárással, azonban vannak olyan kereskedelmi forgalomba hozott oldatok, amelyek a klór-dioxidon kívül tartalmazzák ezeket a szennyezőanyagokat is. Az alábbi módszerekkel könnyen megvizsgálható, hogy az adott oldat tartalmaz-e kloridiont, illetve szulfátiont.

A 3. ábrán látható kísérlet a kloridiont mutatja ki ezüst-nitrát (AgNO_3 , lágyszó) oldatával, amellyel a kloridionok fehér pelyhes csapadékot adnak. Az ábrán négy

kémcső látható az 1. ábrán is alkalmazott jelöléssel. Valamennyi kémcsőbe 2 ml folyadékot töltöttünk. A 3/a. ábrán még mind a négy kémcsőben tökéletesen átlátszó a folyadék. Ezután mindegyik kémcsőbe 50 mikroliter 1 M-os AgNO_3 reagens oldatot cseppentettünk, majd összeráztuk a kémcsöveket, hogy elkeveredjen a reagens. Az eredményt a 3/b. ábra mutatja. A desztillált vizet és a Solumium oldatot tartalmazó kémcsövek kristálytiszták maradtak, jelezve, hogy ezekben – ezzel az egyszerű teszttel – kloridion nem mutatható ki. Ezzel szemben a csapvíz és az ismeretlen oldat megzavarosodott, csapadék vált ki benne. (Az ábrán nem érzékelhető jól, de az ismeretlen oldatban sokkal több csapadék képződött, mint a csapvízben.) Ez azt mutatja, hogy ezekben jelentős mennyiségű kloridion található.

A 4. ábrán látható kísérlet a szulfátion egyszerű kvalitatív kimutatásáról szól. A szulfátionok báriumionokkal fehér csapadékot adnak, ez a reakció használható a kimutatásra. A 4/a. ábrán ismét ugyanaz a négy kémcső látható a szokásos jelöléssel még a reakció előtt. Ezekbe a kémcsővekbe ezután 50 mikroliter 1 M-os bárium-klorid oldatot cseppentettünk, és összeráztuk az oldatot. A 4/b. ábrán látható az eredmény: egyedül az



3/a. ábra



3/b. ábra

ismeretlen oldatból vált ki csapadék (még hozzá jó sok), jelezvén az oldat magas szulfát-tartalmát. A csapvíz is tartalmaz valamennyi szulfátot (ezt az alább ismertett műszeres méréseink mutatták ki), de ez annyira kevés, hogy a kivált csapadék szabad szemmel nem látható. A Solumium Dental oldat viszont ismét kristálytiszta maradt (és abban műszeres mérésekkel sem lehetett szulfátiont kimutatni).

A vizsgált oldatok kvantitatív analízise

Ebben a fejezetben olyan mérési eredményeket mutatunk be, amelyek mennyiségi adatokat szolgáltatnak arról, hogy mivel és mennyire szennyezettek a klór-dioxid oldatok, illetve, hogy mekkora a hatóanyag-tartalmuk. Összehasonlításként a csapvizet is mértük, mivel az az előző kísérletsorozatban is szerepelt.

Két módszerrel vizsgáltuk a mintákat:

1. Induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrometriával (ICP-OES), mellyel egyes elemek mennyisége mérhető.
2. Ion-kromatográfiával, amely anionok mennyiségének meghatározására alkalmas.

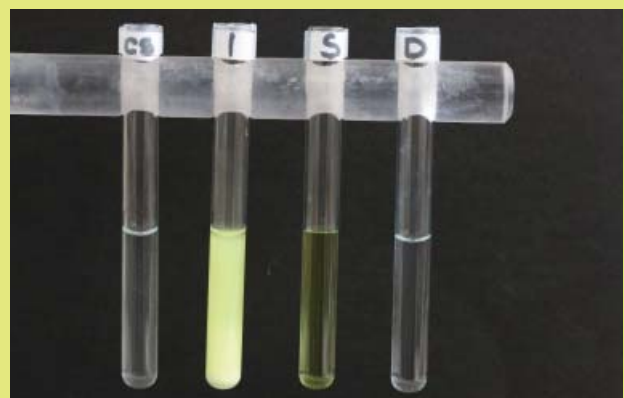
Az ion-kromatográfiás módszerrel egyrészt a szulfát-ionok, másrészt klórt különböző oxidációs fokban tartalmazó ionok (ClO_3^- és Cl^- , azaz klorát és klorid) koncentrációját vizsgáltuk. Az ICP-OES mérés olyan magas hőmérsékleten történik, amelyen a vegyületek már atomokra bomlanak. Az így mért kéntartalom korrelációban van az ion-kromatográfiás módszerrel meghatározott szulfát-koncentrációval. (Konkrétan a szulfát atomcsoport „molekulasúlya” a kén atomsúlyának háromszorosa, ezért az ion-kromatográfiás táblázat szulfát adata háromszor akkora, mint az ICP-OES táblázat kén adata.) Az ICP-OES módszerrel egyszerre 32 elemet lehet vizsgálni, de halogén elemeket – beleértve a klórt is – sajnos nem. Meg tudtuk viszont határozni a bennünket érdeklő Na, Ca és Mg koncentrációját.

Az 1. és 2. táblázat a mérési eredményeket mutatja.

A klór-dioxid oldatok Na-koncentrációja arra utal, hogy mennyi kiindulási reagens maradvány van a mintában, ugyanis a reagens sok esetben Na-sók (NaClO_2 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$, NaClO_3) lehetnek. Látható, hogy az ismeretlen klór-dioxid oldat 4 nagyságrenddel nagyobb koncentrációban tartalmaz nátriumot, mint a Solumium oldat. A Solumium oldat Na-koncentrációja jóval kisebb



4/a. ábra



4/b. ábra

a csapvízénél is, ami azt mutatja, hogy nagyon jó minőségű desztillált vízből készül.

A kén-, illetve szulfát-koncentráció is igen szélsőséges eltérést mutat: míg a Solumiumban ezek mennyisége a kimutatási határ alatt van, addig az ismeretlen eredetű klór-dioxid oldatban nagyon sok van belőle. Ez a mennyiség olyan sok, hogy nem valószínű, hogy a $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ terméke lenne, hanem előfordulhat, hogy az oldat eleve kénsavval készült.

A kalcium és magnézium mennyiségét azért mutatjuk meg, mert ebből is látszik az, hogy a 2. ábrán vizsgált csapadék nem egyszerű vízkő, ezeket az elemeket alig tartalmazza az ismeretlen minta.

A klór-dioxid molekula kismértékben tiszta oldatban is bomlik, és a bomlás termékeként klorát és kloridionok keletkeznek. Ezek mennyisége a literenként 1234 mg ClO_2 -ot tartalmazó egy hónapos Solumium Dental oldatban 1,3 mg/l kloridion és 2,9 mg/l klorátion. Az ismeretlen klór-dioxid mintában azonban ezeknek az ionoknak a mennyisége is közel 3 nagyságrenddel nagyobb, ami már arra utal, hogy ezek nem bomlásból származnak, hanem a reagensek maradékai.

Az ismeretlen oldat ClO_2 koncentrációját 1700 mg/l-nek mértük titrálással. (Az ismeretlen oldat arányos részét savas KI oldathoz adva a keletkezett jódot nátrium-tioszulfáttal titráltuk. Zárójelben jegyezzük meg, hogy az 1700 mg/l érték a termék címkéjén feltüntetett adatól igen erősen eltér.)

Miért fontos a tisztaság?

Erre a kérdésre az a magától értetődő válasz, hogy a szennyezések potenciálisan egészségkárosodást okozhat-

nak, ezért jobb a tiszta termék. Felhívánk azonban a figyelmet a feltételes módra: okozhatnak, de nem feltétlenül okoznak. Nem lehetünk biztosak benne, hogy jelentkezik-e mellékhatás, vagy nem; és ha jelentkezik, akkor sem lehetünk biztosak abban, hogy az melyik szennyező komponensnek – netán azok kombinációjának – tulajdonítható. Ez a fajta bizonytalanság pedig legalább annyira zavaró lehet egy szer alkalmazása során, mint amikor biztosra tudjuk egy szerről, hogy abban káros szennyező van. Az utóbbi esetben ugyanis általában lehet valamilyen óvintézkedést megkísérelni. Ha azonban semmi biztosat nem tudunk egy szert szennyező komponensek egészségügyi hatásáról, akkor az sajnos ismeretlen kockázatot jelent a szer alkalmazása során.

Ezzel kapcsolatban példának hoznánk fel az USA-ban forgalmazott klór-dioxid tartalmú szájjvizet. Ezek a szájjvizek nem nagy tisztaságú klór-dioxid oldatok, hanem úgynevezett kétkomponenses termékek: a komponensek (nátrium-klorit oldat és valamilyen szerves sav – például citromsav – vizes oldata) összekeverésével frissen kell előállítani a klór-dioxidot. (Tulajdonképpen bármely sav alkalmas lenne a célra, de ásványi savakat – mint például a sósav vagy a kénsav – emberi felhasználásra nem szoktak alkalmazni.) Amerikai fogorvosok beszámolója szerint az ilyen szájjvizek használóinál gyakori panasz, hogy a fogak felszíne hosszabb használat után barnára színeződik, és a keletkezett bevontot csak a fogorvos képes eltávolítani. Ebben az esetben nehéz biztos választ adni arra a kérdésre, hogy ezt mi okozza. A tiszta klór-dioxid biztosan nem, hiszen például a kilenc éve forgalomban lévő Solumium termékeknél soha nem jelentkezett ilyen probléma. Elkép-

1. táblázat: Az ICP-OES mérések eredményei

A minta neve	A szennyező komponens koncentrációja (mg/l) a mintában			
	Na	S	Ca	Mg
Solumium	0,32	nem mutatható ki < 0,05	nem mutatható ki < 0,028	nem mutatható ki < 0,0004
Csapvíz	16,3	10,0	66,3	17,0
Ismeretlen	2740	2700	1,02	0,44

2. táblázat: Az ion-kromatográfias mérések eredményei

A minta neve	A szennyező komponens koncentrációja (mg/l) a mintában		
	SO_4^{2-}	ClO_3^-	Cl^-
Solumium	nem mutatható ki < 1,5	2,9	1,3
Csapvíz	31,2	nem mutatható ki < 0,1	20,3
Ismeretlen	8120	1820	820

zelhető, hogy az elszíneződés oka a citromsav fogzománcot károsító hatására vezethető vissza, feltételezve, hogy a károsodott felületet a kávé vagy a tea meg tudja festeni. Azonban az amerikai szájvízben előállítása miatt egyéb szennyezések is jelen vannak: a nátrium-klorit (NaClO_2) és a nátrium-klorát (NaClO_3), ezért szisztematikus kísérletek nélkül nem lehet biztosan megmondani, hogy mi okozza a barna elszíneződést, és hogy ez mennyire káros a fogra nézve. A végső konklúzió tehát az, hogy minél tisztább egy egészségügyi termék, annál előnyösebb az alkalmazása a nem kívánt kockázatok elkerülése miatt.

A klór-dioxid előnyei, különös tekintettel a fogorvosi alkalmazásokra

A klór-dioxid az ózon után a második legerősebb antimikrobiális ágens, amikor úgynevezett planktonikus (azaz nem biofilmbe tömörült) baktériumok, gombák ellen alkalmazzák. E vonatkozásban elsősorban Tanner munkáját³ szokták idézni, aki többféle fertőtlenítőszer összehasonlítva megállapította, hogy a klór-dioxid volt a leghatékonyabb (az ózon nem volt ezek között). Fogorvosi szempontból érdekes adat, hogy mérései szerint a ClO_2 a tradicionális hipónál (NaOCl) akár 10–20-szor is hatékonyabb lehet.

A fogorvosi gyakorlatban a hipót azonban viszonylag nagy, akár 52,50 g/l-es koncentrációban is szokás alkalmazni, ami több mint 40-szer múlja felül a Solumium Dental 1,20 g/l-es ClO_2 koncentrációját. A nagy NaOCl -koncentráció elvileg akár ellensúlyozhatná, hogy a hipó 10–20-szor kevésbé hatékony, mint a klór-dioxid. Viszont itt két további körülményt is figyelembe kell vennünk, és mind a kettő a ClO_2 mellett szól.

A planktonikus baktériumok megölése viszonylag egyszerű feladat; a fő nehézséget nem is ez, hanem a biofilmbe szerveződött baktériumok elpusztítása jelenti. Biofilmek ellen viszont elismerten a klór-dioxid az optimális szer,⁴ mivel könnyedén be tud hatolni a biofilmekbe anélkül, hogy reagálna azok anyagával. A hipó viszont nagyon sok anyaggal,⁵ így a biofilm anyagával is intenzíven reagál, ezért csak lassabban tud a biofilmekbe behatolni, és az ott lévő baktériumokat elpusztítani.

A fog vagy a gyökércsatorna felszínéhez tapadó apró légbuborékok megóvhatják a baktériumokat a hipó hatásától. A klór-dioxid azonban – mivel egy vízben oldott gáz – a buborékok gázterébe is be tud hatolni, ahová a hipó nem képes.⁶

A hipóval összehasonlítva a ClO_2 oldat nagy előnye továbbá, hogy terápiás koncentrációban alkalmazva nem képes behatolni az emberi szövetekbe⁵ és károsítani azokat, hanem csak a felszíni biofilmeket pusztítja el, így az

emberre veszélytelen. A hipó viszont a periapikális térbe bejutva súlyos komplikációkat okozhat,⁷ továbbá allergiás reakciókat válthat ki, ellentétben a klór-dioxiddal.

Végül figyelemre méltó tény az is, hogy a klór-dioxid a vírusokat inaktíválja, és e téren is kb. tízszer hatékonyabb, mint a NaOCl .⁸ Amennyiben tehát a fogorvos a kezelés előtt megkéri a páciensét, hogy klór-dioxid tartalmú szájvízzel öblögessen, akkor nagyban csökkentheti annak a veszélyét, hogy a páciensétől a kezelés során például egy influenzafertőzést elkapjon. Továbbá a ClO_2 tartalmú szájvizek használatával valószínűleg meg lehetne gátolni a szájüregi HPV fertőzések terjedését is.

Irodalom

- Noszticzius Zoltán; Balogh Sándor; Gyökérné Wittmann Mária; Kály-Kullai Kristóf; Megyesi Marianna; Volford András: Permeation method and apparatus for preparing fluids containing high purity chlorine dioxide (WO2008035130)
<https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2008035130>
- A „gyakorlatilag nincs” alatt azt értjük, hogy az oldatban – a levegőtől származó oldott szén-dioxidtól, oxigéntől és nitrogéntől eltekintve – olyan más szennyezést, amely a klasszikus kémiai analízis módszereivel közvetlenül mérhető lenne, nem lehet kimutatni. Igen érzékeny műszerekkel természetesen akár még a legjobb minőségű desztillált vízben is lehet szennyezéseket találni. Ezeknek a nyomnyi szennyezéseknek azonban a mindennapi kémiai vagy fogorvosi gyakorlatban nincs jelentősége. Másrészt megjegyzendő, hogy még a tiszta klór-dioxid oldatok is, bár igen lassan, de bomlanak. Ezért hosszabb idő után az eredetileg teljesen tiszta oldatban, nagyon kis koncentrációban megjelennek a klór-dioxid bomlástermékei is.
- Tanner R (1989): Comparative testing and evaluation of hard-surface disinfectants.
J Ind Microbiol 4: 145–154. doi:10.1007/BF01569799.
- Simpson GD, Miller RF, Laxton GD, Clements WR (1993): A focus on chlorine dioxide: the „ideal” biocide. *Corrosion* 93. *New Orleans, La, March 8-12. paper No. 472.* Available: <http://www.clo2.gr/en/pdf/secure/chlorinedioxideidealbiocide.pdf>
- Noszticzius Z, Wittmann M, Kály-Kullai K, Beregvári Z, Kiss I, Rosivall L, Szegedi J: Chlorine Dioxide Is a Size-Selective Antimicrobial Agent Published: November 5, 2013.
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0079157>
- Személyes közlés: a fogászatban alkalmazott fertőtlenítőszereknek a gázfázison keresztül kifejtett antimikrobiális hatását a legutóbbi időben dr. Lohinai Zsolt és munkatársai kezdték el szisztematikus tanulmányozni.
- Mehra P, Clancy C, Wu J (2000): Formation of facial hematoma during endodontic therapy. *J Am Dent Assoc* 131: 67–71. PubMed: 10649874
- Sanekata T, Fukuda T, Miura T, Morino H, Lee C et al. (2010): Evaluation of the antiviral activity of chlorine dioxide and sodium hypochlorite against feline calicivirus, human influenza virus, measles virus, canine distemper virus, human herpesvirus, human adenovirus, canine adenovirus and canine parvovirus. *Biocontrol Sci* 15/2: 45–49. doi:10.4265/bio.15.45. PubMed: 20616431