

二氧化氯(Chlorine Dioxide) - 人類對付傳染病的終極武器 (上)

- 殺滅各種細菌、濾過性病毒、黴菌、酵母菌，包括冠狀病毒，和部分寄生蟲。

羅倫

2020年2月

(歡迎轉發，請註明出處: <http://cds4health.com/>)

本文僅提供知識和研究方向參考，不做自我診斷及治療用。

所有不道德的合法行為都是非法。

1. 前言

這篇文章的目的是針對CDS與MMS的有效成分二氧化氯以及其它氧-氯族(oxy-chlorine species)的作用原理與應用，做一全面但簡單的介紹。文章中或許有些專有名詞或觀念對讀者來說比較陌生，但沒有關係，請跳過繼續閱讀，對整體觀念的了解沒有影響。

「[CDS與健康](#)」文中所提漢柏配方(MMS1或CDS)，其最終在身體內發生作用的有效成分是二氧化氯(Chlorine Dioxide)、亞氯酸(chlorous acid)以及其它氧-氯化物。

亞氯酸鈉(Sodium chlorite, NaClO₂)水溶液，非常穩定，屬於強鹼。當與弱酸類物質如檸檬酸(Citric Acid, C₆H₈O₇)混合後就會產生二氧化氯溶液及其他物質。二氧化氯味道像氯氣，它可能是最強也是最廣普的殺菌、殺病毒、除霉和除蟲劑。

當二氧化氯和亞氯酸鈉進入身體後快速轉變成氯離子供身體利用或經由尿液排出，就像食鹽進入人體一樣。其機制將容後討論。

本文僅提出二氧化氯相關應用及其依據以供有識之士進一步研究探討，至於如何產生二氧化氯，其步驟與程序請參考本網站的其他文章。

首先要特別提出先比較所用原料亞氯酸鈉與其他易混淆化合物的區別，以免用錯原料。其實要辨別非常容易，只要搞清楚氯化物所含氧原子數目即可。

比較各種NaClO_x如下表：

化學式	中文名稱	英文名稱	說明*
NaCl	氯化鈉、鹽	Sodium Chloride, salt	一般調味用的鹽巴。氯化鈉也是細胞外液的主要鹽類，0.89%的氯化鈉水溶液俗稱為生理鹽水。
NaClO	次氯酸鈉	Sodium hypochlorite	次氯酸鈉與二氧化碳反應產生的次氯酸(HClO)是家用漂白劑的成分。無水粉末遇熱或摩擦時易爆炸。為強氧化劑，會腐蝕皮膚及組織器官。皮膚碰觸時會溶解脂質產生肥皂及醇類，這就是為何手接觸到漂白水會有滑滑感覺的原因。

NaClO ₂	亞氯酸鈉	Sodium chlorite	製做MMS1的原料，用於造紙工業中。它具強氧化性，儲存時應當避免與有機物質及還原性物質接觸，以防止爆炸。主要用於製取二氧化氯氣體，對水質消毒。用二氧化氯處理過的水中不會產生有毒的三鹵甲烷。此外，亞氯酸鈉可用於纖維、紙張、織物等的漂白。亞氯酸鈉是一種強氧化劑，吸收過量可能引起正鐵血紅蛋白血症、溶血、腎衰竭。
NaClO ₃	氯酸鈉	Sodium chlorate	為強氧化劑；對熱不穩定，易潮解；與磷、硫及有機物相混，遇熱、摩擦或撞擊，容易引起燃燒或爆炸，有毒。用於製備火藥和造紙漂白，也是一種除草劑，用於鐵路沿線的除草
NaClO ₄	高氯酸鈉	Sodium Perchlorate	可用作固體火箭推進劑中的氧化劑、非反應性電解質，分子生物學中用於DNA提取和雜交反應、給亞臨床甲亢病人在服用碘化造影劑前服用以阻止碘的吸收、訓練火藥偵測犬時的火藥代替品。據說火星上到處都有高氯酸鹽存在 ¹ 。

*參考維基百科

由上表可以很清楚知道家用漂白劑與MMS1的區別，漂白劑的主要成分是次氯酸鈉，而MMS1則是亞氯酸鈉。

報紙、電視、互連網、政府單位、司法系統等有許多各式各樣詆毀MMS和CDS的聲音，說是在喝漂白水治病，沒有效用，會傷害身體等等。說這些話的人毫無根據，沒有研究的科學精神，連一點臨床測試或簡單的實驗行動都沒有。這些人不是無知就是人云亦云盲目的模仿者，或是只為嚇退別人使人不敢用的虛張聲勢者，這些人有可能是既得醫藥利益集團的打手。醫藥產業是一群非常龐大，共存共榮的團體。有非常特殊的產業鏈以及生態系統，這個生態系統從學術、政府、司法單位、公司、醫療單位、媒體等構成一個密不通風的封閉系統，而生病的人就是其獵物。

為了平衡報導，也許我們也應該讓讀者知道下面這個很少人知曉的癌症化療藥物事實。癌症產業是個異常賺錢的產業，其中的化療藥物更是個金光閃閃的金礦，所以他們拼死也要保護好這個產業，不讓人知道有其它安全無毒的天然療法。大家都知道化療藥物的傷害很大，對身體有很多的副作用，所以美國疾病控制與預防中心(Center for Disease Control and Prevention)底下的「職業安全健康院」(The National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)將化療藥物列為「危險藥物」，有興趣讀者可在「職業安全健康院」的[網站](#)找到這份危險化療藥物清單²。藥劑師和醫護人員在處理這些藥物時都必須如臨大敵，有一定的作業程序以保護人員不受傷害，例如必須戴上或穿上處理化療藥物專用的手套、護目鏡、防護衣，一般的防護用具還不能隨使用，廢棄物也必須特別處理，不能隨便丟棄，室內必須通風等等³。吸入或接觸到這些藥物可能引起急慢性的皮膚發疹、生殖問題(例如不孕、流產、先天畸形等)以及白血病和癌症⁴。諷不諷刺？治療癌症的藥會引起癌症！

¹ David, Leonard. "Toxic Mars: Astronauts Must Deal with Perchlorate on the Red Planet", *Space.com*, June 13, 2013. <https://www.space.com/21554-mars-toxic-perchlorate-chemicals.html>. 2020年2月17日參考。

² Connor, Thomas H., et al. "NIOSH list of antineoplastic and other hazardous drugs in healthcare settings 2016." (2016).

³ SOP: Hazardous Drugs, Revision 1/2020. *PennHERS, Environmental Health & Radiation Safety*, <https://ehrs.upenn.edu/health-safety/lab-safety/chemical-hygiene-plan/standard-operating-procedures/sop-hazardous-drugs>, 2020年2月15日參考。

⁴ *Ibid.*

2. 二氧化氯介紹

二氧化氯在自然界無法存活太長，在水中馬上反應形成亞氯酸鹽和氯酸鹽離子，在空氣中則反應生成氯氣及氧氣⁵。二氧化氯及亞氯酸鹽(離子及鹽類)是強氧化劑，但不會在植物、水生物或動物體內產生生物濃縮(bioconcentration)或生物放大(biomagnify)作用⁶。

生物濃縮是指生物自水中吸收化學物質而在體內組織累積，使體內之濃度高於環境濃度的現象^{7,8}。而生物放大作用最初指的是若污染物主要來自食物的話，生物體內污染物濃度超過食物中濃度的現象。後引申至食物網的生物放大(food web biomagnification)，指的是在同一食物網中，隨營養狀態(trophic status)的遞增，生物體內污染物隨之遞增的現象⁹。白話一點就是自然環境中的有毒物質如殺蟲劑2,2-雙(對氯苯基)-1,1-二氯乙烷(dichlorodiphenyldichloroethane, DDD)和雙對氯苯基三氯乙烷(俗稱滴滴涕dichlorodiphenyltrichloroethane, DDT)，或重金屬如汞和鉛等的量沿生物鏈在各級生物體內逐漸遞增的現象。這是因為這些有害物質在生物體內，不易分解也不易排出，慢慢累積，因此生物鏈最頂端的生物體內的含量可能達到驚人的濃度。這樣說來，甚麼都吃的人類身體，可能是自然界最毒的，也怪不得在現代社會中，有各種奇奇怪怪的病，尤其是慢性病，這是題外話。

二氧化氯為黃色或淡紅黃間雜色的人造氣體，人體吸入過量有毒。關於二氧化氯的詳細介紹請詳維基百科[中文版](#)以及比較詳細的[英文版](#)，[百度百科](#)寫得更詳盡。

在此要特別提出，點入[百度百科](#)時有一個闢謠標題「[ClO₂放加濕器對空氣消毒為謠言](#)」。內容節錄如下：

1. 二氧化氯確實是安全、無毒的消毒劑。儘管二氧化氯的殺菌效果非常高效，但它也要求在一定的濃度下才可以。而關於二氧化氯濃度的調試，如果沒有專業的人員以及專業的設備是不容易調試出合適的濃度的，並且它目前主要用於液體的消毒，在空氣中的應用少之又少。

2. 二氧化氯能與許多化學物質發生爆炸性行為，對震動、撞擊、摩擦等非常敏感，特別容易發生爆炸。目前沒有研究表明，把它加進加濕器中對空氣進行消毒是可行和安全的。所以，不建議把二氧化氯加進加濕機對空氣進行消毒。

上面說的也對也不對，筆者在此也要對它「闢謠」。上面第一點：「二氧化氯濃度的調試，如果沒有專業的人員以及專業的設備是不容易調試出合適的濃度的」。下面會介紹二氧化氯有效濃度從0.0001 ppm至0.1 ppm(百萬分之一，1 ppm = 2.76 mg/m³)之間，只要不超出0.1 ppm都是安全的。誠然，要調出適合濃度可能有困難，但如果能請懂得人調出適合的二氧化氯溶液的濃度也不是不可能。若要使用高濃度消毒(在此強調：是「高濃度」，也就是超過安全極限0.1 ppm)，則所有人員及寵物最好先撤出房間然後再密閉消毒，但濃度依然不能太高，以免氣體過多，發生危險。消毒完須開門窗通風後再進去。至於「在空氣中的應用少之又少」，那是該作者還未知曉先進國家在這方面的應用，在美國已經用煙熏(fumigation)方法消除建築物中的炭疽菌及黴菌。例如，911攻擊事件後的2001年，有些人郵寄含炭疽菌的黑函給媒體工

⁵ Taylor, Jessilyn, David Wohlers, and Richard Amata. Environmental Fate, "Toxicological profile for chlorine dioxide and chlorite." (2004), p101,

⁶ Taylor, Jessilyn, David Wohlers, and Richard Amata. Food Chain Bioaccumulation, "Toxicological profile for chlorine dioxide and chlorite." (2004), p101.

⁷ 國家教育研究院，雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網，<http://terms.naer.edu.tw/detail/1316727/>，2020年2月14日參考。

⁸ Sven Erik Jørgensen And Brian D. Fath, *Encyclopedia of Ecology*, Five-Volume Set, Volume 1-5, 2008, p 346.

⁹ Sven Erik Jørgensen And Brian D. Fath, *Encyclopedia of Ecology*, Five-Volume Set, Volume 1-5, p 442.

作人員和兩位參議員，造成5人死亡，17人感染的事件後，二氧化氯和亞氯酸鹽(chlorite)用於清除受污染的幾棟辦公大樓¹⁰。

再如，2005年發生於美國的卡崔娜颶風，在美國路易斯安那州紐奧良、墨西哥灣沿岸等地造成了嚴重破壞。颶風過後，二氧化氯被試用於消除房屋因淹水生出的危險黴菌¹¹。二氧化氯早被證實可安全用於消除及防止藍莓、草莓、樹莓或覆盆子(Raspberry)等莓果的黴菌¹²。

上面第二點所述二氧化氯氣體的確有爆炸的危險，但只有在空氣中的重量濃度超過5%時才會有危險¹³，況且二氧化氯「水溶液」卻是安全的。美國運輸部規定不可以直接運送二氧化氯氣體，但冷凍的水溶液則可以¹⁴。而乾燥亞氯酸鈉或其溶液則非常穩定，可以安全運送。

雖然噴出的水汽可能混雜溶液及氣體，但如果維持在0.1 ppm以下應是非常安全。要注意的是不要連續一直噴。美國勞工部底下的職業安全衛生署(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)對一個每天工作8小時，每周工作40小時員工，規定的最高暴露量是0.1 ppm¹⁵。

二氧化氯主要用於油脂和造紙工業紙漿漂白、飲用水處理、麵粉漂白等，但也應用於其他用途，容後再詳述。

3. 發現二氧化氯可以治病

發現二氧化氯可以治病是在一個很偶然的情況。化學冶金工程師吉姆•漢柏(Jim Humble)1996年在南美圭亞那(Guyana)的一次叢林探礦中，有兩位工作人員得了瘧疾，全身發燒、顫抖、頭痛、肌肉及關節痛、噁心、嘔吐和下瀉等各種症狀都出現，若不及時治療可能導致死亡。雖然已請求外援，但遠水救不了近火，在緊急情況下死馬當活馬醫，將消毒飲用水用的「穩定氧」(Stabilized Oxygen)加水給他們喝。令人驚奇是1小時內停止顫抖，4小時後兩位彼此開玩笑之前糟透的樣子。之後又有兩人得病，也用同法治癒。其後試驗於更多人身上，甚至於傷寒患者，雖然只有70%治癒率，但已使他在叢林中聲名大噪。

返回當地城市喬治城(Georgetown)後，他想應該可以賣「穩定氧」賺些錢，當名聲愈來愈大時，被某兩大藥廠逼政府威脅要將其抓進監獄，最終他只好停止販售，逃入叢林中。

故事才剛開始，當他在叢林待了大約6個月與合夥人鬧翻後返美，那時他對為何「穩定氧」只有70%治癒率感到疑問，因此進行試驗。

之後再次回到圭亞那。有天不小心被許多蚊子叮咬，幾天後出現瘧疾症狀。為了確定是不是瘧疾，他等了四天巴士想至喬治城的大醫院檢查，結果巴士都未出現，因此僱飛機至達醫院。

測試確定得了瘧疾。他未服醫院的藥，而是用他自己發明的配方。幾個小時內症狀就緩解，之後回到醫院再做血液檢查，已經從陽性變成陰性，再也驗不出瘧疾原蟲。此時他決定馬上回美，但在路上又碰到一位朋友，他們一起喝咖啡聊天時，又見到這位朋友的朋友，也患瘧疾。漢柏給他服用同樣的配方，半小時就見緩解，二小時後所有症狀消失。此時他意識到已經找到根治瘧疾的方法。

¹⁰ National Research Council. Chapter: 10 Decontamination Practices and Principles, Reopening public facilities after a biological attack: A decision making framework. pp 140-141, National Academies Press, 2005. <https://www.nap.edu/read/11324/chapter/12>, 2020年2月12日參考。

¹¹ Burton, Nancy Clark, et al. "Effect of gaseous chlorine dioxide on indoor microbial contaminants." *Journal of the Air & Waste Management Association* 58.5 (2008): 647-656.

¹² Sy, Kaye V., Kay H. McWatters, and Larry R. Beuchat. "Efficacy of gaseous chlorine dioxide as a sanitizer for killing Salmonella, yeasts, and molds on blueberries, strawberries, and raspberries." *Journal of Food Protection* 68.6 (2005): 1165-1175.

¹³ Moran, Sean. *An Applied Guide to Water and Effluent Treatment Plant Design*. Butterworth-Heinemann, 2018. p22.

¹⁴ 49 CFR §173.229 Chloric acid solution or chlorine dioxide hydrate, frozen. Title 49: Transportation, PART 173—Shippers—General Requirements For Shipments And Packagings, Subpart E—Non-bulk Packaging for Hazardous Materials Other Than Class 1 and Class 7.

¹⁵ OSHA Annotated Table Z-1, <https://www.osha.gov/dsg/annotated-pels/tablez-1.html>, 2020年2月13日參考。

其後漢柏不斷調整改進配方，並親自到非洲治療超過2,000名瘧疾病患，而且經由他所訓練的推廣團隊治療超過75,000位病患。這是個驚人的成果¹⁶。

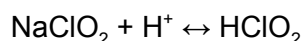
雖然沒有經過西醫所謂的雙盲過程，但經過無數臨床結果，漢柏發現他的配方也可以排毒。經過成千上萬的應用實踐而使人回復健康的鐵證之後，他認為這種配方可以治癒人類98%以上的疾病¹⁷。試想一下，如果人們知道這事以後，既有的醫療集團體系會如何的崩解，他們將會受到如何的經濟損失！這也就是他們千方百計，想方設法，不計一切代價，一定要抹黑壓制這種療法的原因。

有關漢柏調整後的各個配方、名稱及製作方法，在本網站其他文章中會提及，在此不再贅述。

4. 相關化學反應及產物

將亞氯酸鈉(sodium chlorite, NaClO₂)水溶液加入食品級酸性物質如檸檬酸(citric acid)、磷酸(phosphoric acid)、鹽酸(也叫氫氯酸, hydrochloric acid。別緊張，這是你胃液的成分)、蘋果酸(malic acid)或硫酸氫鈉(sodium hydrogen sulfate)，形成一種短暫存在稱為酸化亞氯酸鈉的水溶液(acidified sodium chlorite, ASC)。這種混合物將亞氯酸根離子(chlorite, ClO₂⁻)轉成半穩定的亞氯酸(chlorous acid, HClO₂)，然後再分解成二氧化氯(chlorine dioxide, ClO₂)，接著又變回亞氯酸根陰離子(ClO₂⁻)再加上副產物氯離子(chloride anion, Cl⁻)，所以最終形成上述各產物混雜的混合液。這種反應最後形成可殺死微生物，含氧-氯族(oxy-chlorine species)成分的氧化溶液¹⁸。

上述亞氯酸產生同時與亞氯酸根離子處於平衡狀態。其比例隨酸鹼度(pH)、溫度和其他因素而變。在酸鹼度介於2.3–3.2之間時，亞氯酸濃度介於5–35%，而亞氯酸根離子濃度為65-95%之間¹⁹。愈酸產生愈多的亞氯酸。以下公式表示這種動態平衡：



亞氯酸根離子(ClO₂⁻)也是有效的氧化劑，只是反應比二氧化氯慢，氧化作用也比較弱。在水處理時，約50–70%的二氧化氯馬上反應形成亞氯酸根陰離子和氯離子²⁰。

純二氧化氯氣體非常容易溶於水，水溶液呈黃綠色。在水溶液中會形成各種含氯物種如下表所示²¹。這些物種由反應的副產品或未反應的前驅物組成。

氧化態	物種	化學式
+7	過氯酸鹽離子(Perchlorate ion)	ClO ₄ ⁻
+5	氯酸鹽離子(Chlorate ion)	ClO ₃ ⁻
+4	二氧化氯(Chlorine dioxide)	ClO ₂
+3	亞氯酸鹽離子(Chlorite ion)	ClO ₂ ⁻
	亞氯酸(Chlorous acid)	HClO ₂

¹⁶ Jim V. Humble, "The Miracle Mineral Supplement Of The 21st Century", Chapter 1, Discovery, 2007

¹⁷ Humble, Jim, "2019—A Fresh Start", *Jim Humble*, 31 December 2018, <https://jimhumble.co/blog/2019-a-fresh-start>.

¹⁸ Rao, Madduri V. "Acidified Sodium Chlorite (ASC) Chemical and Technical Assessment." (2007): 1-12. *The Food and Agriculture Organization (FAO) United Nations*.

http://www.fao.org/fileadmin/templates/agns/pdf/jecfa/cta/68/Acidified_Sodium_Chlorite.pdf

¹⁹ *ibid.*

²⁰ Taylor, Jessilyn, David Wohlers, and Richard Amata. "Toxicological profile for chlorine dioxide and chlorite." (2004). p92.

²¹ Gordon, Gilbert. "Is all chlorine dioxide created equal?." *Journal-American Water Works Association* 93.4 (2001): 163-174.

+1	次氯酸鹽離子(Hypochlorite ion)	OCl ⁻
	次氯酸(Hypochlorous acid)	HOCl
0	氯(Chlorine)	Cl ₂
-1	氯離子(Chlorine ion)	Cl ⁻

二氧化氯在酸鹼值(pH)介於2-10間的水溶液中不會破壞水分子鍵結發生水解(Hydrolysis)。只要保持在冷的狀態；密封且避免日曬，則稀釋過的中性至酸性二氧化氯溶液可以非常穩定。在沒有可氧化物質但有氫氧離子(羥基；氫氧根，hydroxyl ions, OH⁻)存在的狀況時，二氧化氯溶在水裏，慢慢再變成亞氯酸離子和氯酸離子，亦即



二氧化氯水溶液濃度在每公升水5-10毫克(mg/L)範圍且酸鹼度12時，二氧化氯分解半衰期從20至180分鐘不等。而由之產生的氯酸鹽離子(Chlorate ion)在酸鹼度愈低時產生愈多。例如，酸鹼度分別是4和7時，各產生10%和15%的氯酸鹽離子，在pH等於10時則完全不會轉換²²。

雖然二氧化氯含氯，但性質與氯有天壤之別。它只選擇性的與特定物質反應，例如它不與氯和大部分的有機物質起作用。殺微生物的作用是靠氧化而不是氯化(chlorinate)，所以它不會產生有毒含氯的複合物，如致癌的三氯甲烷(trichloromethane)。而且它是黃綠色的有色物質，可以很容易用光度計量測氣體的存在²³。

5. 酸化亞氯酸鈉溶液中氧-氯物種對抗微生物的作用機制

酸化亞氯酸鈉溶液的消滅微生物作用，主要來自酸化過程中分解出來的氧-氯(oxy-chlorine)類副產物與有機物²⁴間的氧化作用。當酸與亞氯酸鈉於水溶液中混合時，會生成均衡亞穩態(介於穩定和非穩定之間的狀態，metastable)的亞氯酸(chlorous acid)。

可以殺死細菌、真菌(fungi)、病毒和藻類的亞氯酸，是一系列強氧化劑如氯酸鹽、亞氯酸鹽和二氧化氯等的前驅物。當亞氯酸在水溶液中漸漸消失時，會酸化更多的亞氯酸鈉以維持平穩態。更確切的說，水溶液中的氧-氯族(ClO_x⁻, x=1, 2, 或3, oxy-chlorine species)氧化(也就是破壞)胺基酸中硫化物間的硫氫鍵[sulfide (S-H) bonds]，和酵素中二硫化物間的鍵結[(disulfide (S-S) bonds)]，最終破壞細胞功能，導致微生物死亡。

亞氯酸是酸化亞氯酸鈉溶液內各種氧-氯物種中最主要的抗微生物成分。它直接崩解細胞膜或細胞壁和氧化(破壞)細胞內的成分，達到殺滅微生物的目的。在對抗微生物的戰役中，亞氯酸鈉溶液內的二氧化氯也貢獻出不少心力，它是亞氯酸降解後的產物²⁵。

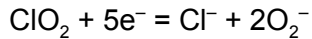
²² Taylor, Jessilyn, David Wohlers, and Richard Amata. "Toxicological profile for chlorine dioxide and chlorite." (2004). pp90-91.

²³ "CHLORINE DIOXIDE - Where is it Used? How does it Work?" *ClorDiSys Solutions Inc.* <https://www.clordisys.com/whatcd.php>. 2020年2月18日參考。

²⁴ 有機物，是含碳化合物，但是碳氧化物除外。有機化合物有時也可被定義為碳氫化合物及其衍生物的總稱。有機物是生命產生的物質基礎，例如生命的起源——胺基酸即為一有機化合物。來自曾經生活過的生物體，如動物或植物在環境中產生的代謝廢物和遺體。出處：維基百科。

²⁵ Rao, Madduri V. "5.1 Technological functions." *Acidified Sodium Chlorite (ASC) Chemical and Technical Assessment.* (2007): 1-12. p6(12).

二氧化氯非常易於溶於水，尤其是低溫時，而且有效的酸鹼範圍非常廣，酸鹼度(pH)從5-10都可以。理論上二氧化氯歷經5個原子價變換形成氯離子：



但實際上，二氧化氯很少完全轉換成氯離子。

因為二氧化氯是自由基，也就是它會「竊取」(術語叫做「氧化」)與其接觸物質的電子，所以主要殺滅機制就是破壞微生物的細胞壁或細胞膜，導致其死亡或失去傳染力。有研究指出二氧化氯會破壞構成蛋白質的特定胺基酸如酪氨酸(tyrosine)、色胺酸(tryptophan)、甲硫氨酸(methionyl)、半胱氨酸(cysteine)^{26, 27}等。這些物質是微生物構成新陳代謝酵素和細胞膜或細胞壁的重要物質²⁸。氧化這些物質等於解體微生物的基本組織，破壞其功能，達到滅菌和消毒目的。

有些人無法複製上面提到的破壞胺基酸的現象，因此推測二氧化氯可能有更微妙的作用，造成蛋白質和酵素的表達、結構和功能失效。也有研究指出會與脂肪酸作用。雖然核酸(nucleic acid)功能如複製(replication)與轉錄(transcription)受抑制的現象已很清楚，但觀測結果，二氧化氯水溶液對核酸影響小或甚至沒有影響²⁹。

二氧化氯阻止蛋白質的形成以殺滅微生物，但作用於細菌和病毒的機制不同。對細菌的機制是氧化作用，二氧化氯搶了製造細胞壁(或細胞膜)用的胺基酸5個電子，以致製造細胞壁(膜)和酵素的蛋白質無法使用，造成細胞壁(膜)崩解，細菌因而死亡。

針對病毒則是二氧化氯直接作用於蛋白脛(peptone)，使得蛋白脛無法作用，而蛋白脛是病毒形成蛋白質的重要物質，這種作用造成病毒「餓死」³⁰。蛋白脛(peptone)是由蛋白質濃縮或酵素分解後產生的一群水溶性的含蛋白質物質與胺基酸。

奇妙的是不管是細菌或病毒對二氧化氯都不會有抗藥性。甚至於抗藥性很強，各種抗生素都沒轍的超級細菌：耐甲氧西林金黃色葡萄球菌(Methicillin-resistant Staphylococcus aureus)或多重抗藥金黃色葡萄球菌(Multiple-resistant Staphylococcus aureus)(MRSA)也對二氧化氯舉白旗投降。因為二氧化氯是從分子層級攻擊這些微生物，而不是用毒殺的方法。

二氧化氯也可以分解生物薄膜(biofilm，也稱為「生物膜」或「菌膜」)，是一種或多種不同微生物聚集在一起，分泌一種胞外高分子物質(extracellular polymeric substances, EPSs)的聚合體，將聚集的群落包裹在內。可附著在物體表面，形成立體的社群組織，所以也被隱喻地稱為「微生物城」³¹。這種群聚可以抵抗外力的沖刷，而固著在比較適合生長的环境中。也可以抵禦各種惡劣環境如乾燥、抗生素、宿體免疫系統的攻擊等。

由生物膜引起的疾病，常見例子如牙菌斑引起的蛀牙和牙周病、細菌性陰道炎(bacterial vaginosis)、尿道感染、中耳炎、齒齦炎等。從上面的描述可知，生物膜頑強地保護其內生存的一群微生物，很難被破壞。但是二氧化氯卻可以滲透進生物膜內，瓦解(氧化)這些組織。作用時，二氧化氯分解成亞氯酸離子(chlorite ions)，分布在已經分解但保持穩定的生物膜碎片

²⁶ 酪氨酸(tyrosine)：存在於許多蛋白質中的親水氨基酸，對某些激素的合成很關鍵。人體無法合成，須由食物中攝取，是血清素(亦稱「5-羥色胺」)和植物生長激素的前體，血清素是重要的神經傳遞物。還能合成菸鹼素，在人體內轉化為菸鹼醯胺，參與體內脂質代謝，組織呼吸的氧化過程和醱類無氧分解的過程。甲硫氨酸(methionyl)：單價自由基，甲硫氨酸(methionine)酸衍生物。半胱氨酸(cysteine)：一種含硫的非必需氨基酸。有緩解修復放射線對人體的損傷作用。在人體內有廣泛的解毒作用，幫助肝臟細胞的新生。以上出自維基百科。

²⁷ McDonnell, Gerald E. "3.13.6.4 Chlorine Dioxide." *Antisepsis, disinfection, and sterilization: types, action, and resistance*. John Wiley & Sons, 2017. p143.

²⁸ LeChevallier, Mark W., and Kwok-Keung Au. *Water treatment and pathogen control*. 3.3.3 Chlorine dioxide, Iwa Publishing, 2004. p52.

²⁹ Gerald E. McDonnell - "3.13.6.4 Chlorine Dioxide", *Antisepsis, disinfection, and sterilization: types, action, and resistance*. John Wiley & Sons, 2017., p143.

³⁰ "How Chlorine Dioxide Works", *KVLab, Keavy's Corner LLC*, <https://kvlab.com/How-Chlorine-Dioxide-Works.html>, 2020年2月16日參考。

³¹ Watnick, Paula, and Roberto Kolter. "Biofilm, city of microbes." *Journal of bacteriology* 182.10 (2000): 2675-2679.

中。當生物膜又開始生長時，周遭環境變成酸性，因此又促使亞氯酸離子變成二氧化氯，如此周而復始，最終生物膜被完全解體³²。

6. 二氧化氯可對付的微生物種類

人們持續廣泛地研究有關氯化合物殺滅微生物的作用，例如殺滅細菌、細菌孢子、酵母菌、原生動物(單細胞生物)、滅濾過性病毒以及應用在牙醫學上等³³。

二氧化氯自1988年起就已經開始被登記為消毒劑(Sterilant)。以下列出二氧化氯可以殺滅的微生物種類及名稱³⁴。這些只是已測試過的比較常見的微生物種類，但不僅限這些。其中包括：多重抗藥金黃色葡萄球菌(MRSA)、人類免疫缺乏病毒(human immunodeficiency virus, HIV, 又稱愛滋病毒)、大腸桿菌(*Escherichia coli*, 簡寫：E. coli)、葡萄球菌(*Staphylococcus*)、炭疽桿菌(*Bacillus anthracis*)、沙門氏桿菌(*Salmonella*)、細小病毒(Parvovirus)、麴菌屬(*Aspergillus*)、念珠菌屬(*Candida*)、肺結核桿菌，以及許許多多其它在生活中可能遇到的微生物。

³² "Disinfectants Chlorine Dioxide." *Lenntech B.V. website*,

<https://www.lenntech.com/processes/disinfection/chemical/disinfectants-chlorine-dioxide.htm>. 2020年2月22日參考。

³³ Fraiese, Adam P., Peter A. Lambert, and Jean-Yves Maillard, eds. "SECTION 1 Principles." *Russell, Hugo & Ayliffe's principles and practice of disinfection, preservation and sterilization*. John Wiley & Sons, 2008. p44.

³⁴ "Chlorine Dioxide Biocidal Spectrum." *Keavys Corner LLC website*, <https://kvlab.com/chlorine-dioxide-biocidal-spectrum.html>, 2020年2月22日參考。

BACTERIA	VIRUSES	FUNGUS/MOLD/YEAST
Blakeslea trispora	Adenovirus Type 40	Alternaria alternata
Bordetella bronchiseptica	Calicivirus	Aspergillus aeneus
Brucella suis	Canine Parvovirus	Aspergillus aurolatus
Burkholderia mallei	Coronavirus	Aspergillus brunneo uniseriatus
Burkholderia pseudomallei	Feline Calici Virus	Aspergillus caespitosus
Campylobacter jejuni	Foot and Mouth disease	Aspergillus cervinus
Clostridium botulinum	Hantavirus	Aspergillus clavatonanicus
Corynebacterium bovis	Hepatitis A Virus	Aspergillus clavatus
Coxiella burneti (Q fever)	Hepatitis B Virus	Aspergillus egyptiacus
E. coli ATCC 11229	Hepatitis C Virus	Aspergillus elongatus
E. coli ATCC 51739	Human coronavirus	Aspergillus fischeri
E. coli K12	Human Immunodeficiency Virus	Aspergillus fumigatus
E. coli O157:H7 13B88	Human Rotavirus type 2 (HRV)	Aspergillus giganteus
E. coli O157:H7 204P	Influenza A	Aspergillus longivesica
E. coli O157:H7 ATCC 43895	Minute Virus of Mouse (Parovirus) (MVMi)	Aspergillus niger
E. coli O157:H7 EDL933	Minute Virus of Mouse (Parovirus)(MVMp)	Aspergillus ochraceus
E. coli O157:H7 G5303	Mouse Hepatitis Virus (MHVA59)	Aspergillus parvathecicus
E. coli O157:H7 C7927	Mouse Hepatitis Virus (MHVJHM)	Aspergillus sydowii
Erwinia carotovora	Mouse Parvovirus type 1 (MPV1)	Aspergillus unguis
Franscicella tularensis	Murine Parainfluenza Virus Type 1	Aspergillus ustus
Fusarium sambucinum	Newcastle Disease Virus	Aspergillus versicolor
Fusarium solani var. coeruleum	Norwalk Virus	Botrytis species
Helicobacter pylori	Poliovirus	Candida spp.
Helminthosporium solani	Rotavirus	Candida albicans
Klebsiella pneumonia	Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS)	Candida dubliniensis
Lactobacillus acidophilus NRRL B1910	Coronavirus	Candida maltosa
Lactobacillus brevis	Sialodscryoadenitis Virus (Coronavirus)(SDAV)	Candida parapsilosis
Lactobacillus buchneri	Simian rotavirus SA	Candida sake
Lactobacillus plantarum	Theiler's Mouse Encephalomyelitis Virus(TMEV)	Candida sojae
Legionella	Vaccinia Virus	Candida spp.
Legionella pneumophila	BACTERIAL SPORES	Candida tropicalis
Leuconostoc citreum TPB85	Alicyclobacillus acidoterrestris	Candida viswanathil
Leuconostoc mesenteroides	Bacillus coagulans	Chaetomium globosum
Listeria innocua ATCC 33090	Bacillus anthracis	Cladosporium cladosporioides
Listeria monocytogenes F4248	Bacillus anthracis Ames	Debaryomyces etchellsii
Listeria monocytogenes F5069	Bacillus atrophaeus	Eurotium spp.
Listeria monocytogenes LCDC	Bacillus atrophaeus ATCC 49337	Fusarium solani
Listeria monocytogenes LCDC	Bacillus megaterium	Lodderomyces elongisporus
Listeria monocytogenes Scott A	Bacillus polymyxa	Mucor circinelloides
Methicillin resistant Staphylococcus aureus (MRSA)	Bacillus pumilus ATCC 27142	Mucor flavus
Multiple Drug Resistant Salmonella typhimurium (MDRS)	Bacillus pumilus ATCC 27147	Mucor indicus
Mycobacterium bovis	Bacillus subtilis ATCC 9372	Mucor mucedo
Mycobacterium fortuitum		Mucor rademosus
Pediococcus acidilactici PH3		Mucor ramosissimus
Pseudomonas aeruginosa		Mucor saturnus
Pseudomonas aeruginosa		Penicillium chrysogenum

Salmonella	Bacillus subtilis ATCC 19659	Penicillium digitatum
Salmonella spp.	Bacillus subtilis 5230	Penicillium herquei
Salmonella Agona	Bacillus thuringiensis	Penicillium spp.
Salmonella Anatum Group E	Clostridium. sporogenes ATCC	Phormidium boneri
Salmonella Choleraesuis ATCC	19404	Pichia pastoris
13076	Geobacillus stearothermophilus	Poitrasia circinans
Salmonella choleraesuis	ATCC 12980	Rhizopus oryzae
Salmonella Enterica (PT30) BAA	Geobacillus stearothermophilus	Roridin A
Salmonella Enterica S. Enteritidis	ATCC 7953	Saccharomyces cerevisiae
Salmonella Enterica S. Javiana	Geobacillus stearothermophilus	Stachybotrys chartarum
Salmonella Enterica S. Montevideo	VHP	mentag
Salmonella Enteritidis E190		Verrucarin A
Salmonella Javiana	PROTEZOA	
Salmonella Newport	Chironomid larvae	BETA LACTAM
Salmonella Typhimurium C133117	Cryptosporidium	ANTIBIOTICS
Salmonella Anatum Group E	Cryptosporidium parvum Oocysts	Amoxicillin
Shigella	Cyclospora cayetanensis oocysts	Ampicillin
Staphylococcus aureus	Giardia	Cefadroxil
Staphylococcus aureus ATCC	Encephalitozoon intestinalis	Cefazolin
25923		Cephalexin
Staphylococcus faecalis	MICROSPORIDA Encephalitozoon	Imipenem
ATCC 344	intestinalis	Penicillin G
Tuberculosis		Penicillin V
Vancomycin		
resistant Enterococcus faecalis		CHEMICAL
(VRE)		DECONTAMINATION
Vibrio strain Da		Mustard Gas
Vibrio strain Sr Yersinia		Ricin Toxin
enterocolitica		dihyronicotinamide
Yersinia pestis		adenine dinucleotide
Yersinia ruckerii ATCC 29473		microcystin LR (MCLR)
		cylindrospermopsin (CYN)

雖然二氧化氯可對抗的微生物很多，在此還是要提出它對某些單細胞原生動物 (protozoan)，例如隱孢子蟲(Cryptosporidium)和蘭氏賈第鞭毛蟲(Giardia lamblia)等微生物可能只能殺滅部分³⁵。水中寄生蟲隱孢子蟲，可致腸道疾病，引起腹瀉。這種蟲生長在深山大澤水中。蘭氏賈第鞭毛蟲，會寄生在人體腸道內，引起腹痛、腹瀉和吸收不良等徵狀。喜歡棲息於冷水裡，如山上的河水、冷泉等。

喜歡戶外運動且使用二氧化氯錠劑消毒飲用水的人，可能須要再加上小於1微米(micron)的濾網如美國國家衛生基金會(National Sanitation Foundation, NSF) 53-58號泡囊移除濾網(NSF Standard 53 or 58 rated "cyst reduction / removal" filter)³⁶或與臭氧(ozone)³⁷併用才能安全無虞。

(未完，待續)

³⁵ Korich, D. G., et al. "Effects of ozone, chlorine dioxide, chlorine, and monochloramine on Cryptosporidium parvum oocyst viability." *Appl. Environ. Microbiol.* 56.5 (1990): 1423-1428.

³⁶ "A Guide to Drinking Water Treatment and Sanitation for Backcountry & Travel Use." Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases (NCEZID), Division of Foodborne, Waterborne, and Environmental Diseases (DFWED), https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/travel/backcountry_water_treatment.html. Page last reviewed: April 10, 2009.

³⁷ "Disinfectants Chlorine Dioxide." *Lenntech B.V. website*, <https://www.lenntech.com/processes/disinfection/chemical/disinfectants-chlorine-dioxide.htm>. 2020年2月22日參考。