

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG CLOR DIOXYD TRONG PHÒNG CHỐNG ĐẠI DỊCH COVID-19

PGS.TS Phan Túy¹, TS. Doãn Anh Tú², TS. Nguyễn Xuân Mạnh²,
KS. Nguyễn Đình Mạnh², BSKII Hoàng Đức Hậu³

¹Khoa Dược, Trường Đại học Hòa Bình

²Viện Nghiên cứu và Ứng dụng công nghệ cao Hòa Lạc

³Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga

Tác giả liên hệ: phantuy@daihochoabinh.edu.vn

Ngày nhận: 16/5/2022

Ngày nhận bản sửa: 29/5/2022

Ngày duyệt đăng: 24/6/2022

Tóm tắt

Trong bài viết này, chúng tôi đề xuất xem xét khả năng phát triển và triển khai các quy trình kháng virus bằng cách sử dụng clor dioxyd (ClO_2). Trước tiên, chúng tôi thảo luận về một số đặc tính quan trọng của phân tử ClO_2 , làm cho nó trở thành một chất kháng virus có lợi, sau đó, xem xét một số kết quả đã ứng dụng khí, dạng dung dịch ClO_2 làm giải pháp kháng virus. Cuối cùng, chúng tôi đề xuất các phương pháp kiểm soát sự lây lan của bệnh nhiễm virus bằng cách sử dụng dung dịch nước và khí ClO_2 .

Từ khóa: Clor dioxyd bất hoạt Covid-19.

A study on the use of chlorine dioxide in the prevention of and against Covid-19 pandemic

Abstract

The research paper proposes the possibility of applying chlorine dioxide (ClO_2) in developing and implementing antiviral protocols. At first, important properties of the ClO_2 molecule, which make it an advantageous antiviral agent, are discussed. Later on, earlier findings from applying the gas, liquid form of ClO_2 into the development of antiviral solution are reviewed. Finally, several methods to control the spread of viral infections using aqueous ClO_2 solutions and gas are recommended.

Keywords: Chlorine dioxide inactivates Covid-19.

Đặt vấn đề

Virus đã gây ra nhiều vụ dịch trong suốt lịch sử loài người. Hiện nay, đại dịch Covid-19 đang hoành hành và có thể lại một đợt bùng phát chủng virus mới không thể đoán trước. Vì vậy, các nước, trong đó có Việt Nam, đang nghiên cứu sản xuất vaccine để ngăn ngừa, sản xuất thuốc để điều trị và tìm biện pháp chống sự lây lan của Covid-19 trong cộng đồng. Covid-19 lây lan và bùng phát thành dịch chủ yếu qua không khí. Vì vậy, để ngăn chặn sự lây lan của Covid-19, cần tìm biện pháp bất hoạt Covid-19 trong không khí và môi trường.

Trong bài này, trên cơ sở kết quả nghiên cứu của các nước và qua khảo sát

ở Việt Nam, chúng tôi đề xuất xem xét khả năng phát triển và thực hiện các quy trình bất hoạt virus để chống dịch bằng cách sử dụng khí và dung dịch clor dioxyd.

1. Điều chế và tính chất của clor dioxyd (ClO_2)

1.1. Điều chế clor dioxyd

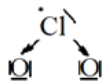
Theo [1], clor dioxyd là một hợp chất vô cơ được Humphrey Davi tìm ra vào năm 1814. Trước đây, điều chế ClO_2 quy mô công nghiệp rất khó khăn.

Ngày nay, trên thế giới, hơn 95% clor dioxyd được sản xuất bằng phương pháp khử clorat với các chất khử thích hợp như metanol, hydro peroxyd, acid hydrochloric hoặc sulfuro trong môi trường acid. Trên

thị trường, đã có bán dung dịch ClO₂ 5% (Hóa chất khử trùng Clor dioxyd 5%, nhãn hiệu Duozone, xuất xứ Hàn Quốc) và các loại thiết bị kiểm tra nhanh hàm lượng clor dioxyd [2].

1.2. Tính chất hóa học và ứng dụng của clor dioxyd

Clor dioxyd có công thức hóa học ClO₂ và công thức cấu tạo theo Lewis:



Như vậy, trong phân tử ClO₂ có một electron cô độc nên clor dioxyd là một gốc tự do (free radical). Ở điều kiện thường, clor dioxyd là phân tử trung hòa ở dạng khí, nặng gấp 2,3 lần không khí, có thể tan tốt trong nước, đặc biệt là nước lạnh. Khi tan vào nước, ClO₂ không phân ly mà vẫn duy trì ở thể khí (dung dịch nước ngậm khí). Khả năng tan trong nước của clor dioxyd lớn hơn clor 10 lần. *Clor dioxyd có thể được giải phóng ra khỏi nước bằng phương pháp thoáng khí.*

Trong ClO₂, clor có số oxy hóa +4 và phân tử có cấu tạo của một gốc tự do với một electron cô độc nên ClO₂ có xu hướng tấn công các trung tâm giàu electron của các phân tử hữu cơ để nhận một electron và bị khử đến sản phẩm cuối cùng là clorid. Như vậy, khi phản ứng, ClO₂ nhận 5 electron, trong khi phân tử clor hay ion hypoclorit chỉ nhận 2 electron. Mặt khác, clor dioxyd có thể oxy hóa khử (0,95 V) thấp hơn nhiều thể oxy hóa khử của gốc tự do và các tác nhân oxy hoạt động khác (thường gọi là ROS - Reactive Oxygen Species) nên ClO₂ không oxy hóa các chất hữu cơ thành acid, aldehyd hay ceton như ozon hay iodid thành iodat như clor... ClO₂ cũng không tham gia các phản ứng thế hay cộng clor tạo thành dẫn xuất chứa clor độc hại. Điều này làm cho clor dioxyd có tính oxy hóa chọn lọc và trở thành chất khử khuẩn rất tiềm năng: an toàn, hiệu suất cao.

Nhiều tài liệu cho thấy trên thế giới, clor dioxyd được sử dụng khá phổ biến và ngày càng tăng [1, 3]. Clor dioxyd được

sử dụng trong ngành công nghiệp điện tử, công nghiệp dầu mỏ, trong tẩy trắng vải, giấy. Đặc biệt, clor dioxyd dạng khí được sử dụng để khử trùng các bề mặt, phòng ốc, thiết bị và dụng cụ y tế, phòng thí nghiệm. Dung dịch clor dioxyd tiêu diệt hiệu quả các vi sinh vật gây bệnh như nấm, vi khuẩn và virus. Ngày nay, ClO₂ được sử dụng để khử trùng nước thải, xử lý nước công nghiệp, khử trùng nước làm mát, xử lý khí công nghiệp, sản xuất thức ăn, oxy hóa chất thải công nghiệp...

2. Nghiên cứu ứng dụng clor dioxyd trong phòng chống Covid-19

Clor dioxyd được đánh giá là một giải pháp hiệu quả nhất trong phòng chống bệnh truyền nhiễm [3]. Ngoài tính oxy hóa trung bình, chọn lọc và ưu tiên phản ứng với các trung tâm giàu electron trong các phân tử hữu cơ có lưu huỳnh, nitơ..., khả năng nhận 5 electron khi bị khử làm cho clor dioxyd chứa 263% “clor hoạt động”, gấp 2,5 lần clor trong khi cloramin B (chứa 25-30% “clor hoạt động”).

2.1. Bất hoạt virus bằng clor dioxyd

Theo các nhà nghiên cứu Hungary với bài tổng quan “*Can chlorine dioxide prevent the spreading of coronavirus or otherviral infections? Medical hypotheses*”, trên ResearchGate đăng tháng 3 năm 2020 [4], dung dịch ClO₂ có thể vô hiệu hóa tất cả các loại virus. Ví dụ, giá trị CT là 8,4 mg.phút /L là cần thiết để đạt được mức độ bất hoạt bốn bậc (hoặc “99,99%”) của virus trong môi trường nước ở 25°C (CT là nồng độ đo bằng mg/L nhân với thời gian tiếp xúc đo bằng phút) [5]. Việc sử dụng khí clor dioxyd trong khoảng nồng độ 0,0001 ppm - 0,1 ppm để xử lý lây nhiễm virus đường hô hấp (virus cúm) đã được đăng ký sáng chế ở Châu Âu năm 2016 [6]. Khả năng khí clor dioxyd bất hoạt chủng virus cúm A/California/07/09 (H¹N¹)pdm09 trong sol khí cũng được thực hiện năm 2016 [7]. Gần đây nhất, tháng 6/2021, Taiko Pharmaceutical và Kitasato University đã phối hợp thử nghiệm và cho thấy dung dịch ClO₂ 154 ppm tỷ lệ 1:19 có khả năng bất hoạt hơn 99,99% virus SARS-CoV-2 gồm

các biến thể Alpha và Gamma [8]. Có thể thấy, clor dioxyd đã được nhiều tác giả đánh giá có khả năng bất hoạt virus ở cả dạng dung dịch và dạng khí.

Cơ chế hóa học bất hoạt virus

Các tác giả [5] đã tổng hợp nhiều kết quả nghiên cứu khoa học nghiêm túc và nhiều năm về cơ chế hóa học của sự bất hoạt virus: Năm 1986, Noss cho thấy *bacterial virus f2* bị bất hoạt là do phản ứng của ClO_2 với gốc acid vỏ bọc (capsid) của virus. Ba gốc acid amin trong protein của virus là cysteine, tyrosine và tryptophan có thể phản ứng nhanh chóng với ClO_2 . Việc kiểm tra khả năng *phản ứng chọn lọc* của ClO_2 với 21 acid amin tự do trong đệm natri phosphat có pH= 6 cho thấy ClO_2 chỉ phản ứng với sáu acid amin hòa tan. Cysteine, tryptophan và tyrosine phản ứng rất nhanh; ba acid amin khác (histidine, hydroxy proline và proline) phản ứng chậm hơn, với tốc độ có thể đo được... và năm 2012, Ogata cho thấy virus cúm bị bất hoạt bởi ClO_2 là do quá trình oxy hóa gốc tryptophan (W153) trong hemagglutinin (một protein gai của virus), do đó, loại bỏ khả năng liên kết thụ thể của nó. Nghiên cứu [8] cũng cho rằng ClO_2 làm biến tính protein gai trên bề mặt của SARS-CoV-2 và ức chế sự liên kết của nó với thụ thể ACE2 ở người. Điều thú vị là protein gai của SARS-CoV-2 chứa các gốc gồm 54 tyrosine, 12 tryptophan và 40 cysteine. Nếu các gốc này trong dung dịch đều có thể phản ứng với ClO_2 giống như các acid amin tự do thì sự bất hoạt của virus có thể cực kỳ nhanh cả trong dung dịch ClO_2 rất loãng.

Do các phản ứng bất hoạt virus diễn ra trong môi trường nước nên ClO_2 chỉ bất hoạt vi sinh vật ở trong dung dịch. Tuy nhiên, *ClO_2 khi ở trạng thái khí cũng bất hoạt virus nhờ khả năng tan tốt trong nước.* Việc xác định hệ số phân bố cân bằng của clor dioxyd giữa pha khí và pha lỏng khi hòa tan trong nước $\gamma = [\text{ClO}_2]_G / [\text{ClO}_2]_L$ cho thấy ở 20°C 1 cm³ pha nước chứa 31,6 lần số phân tử ClO_2 nhiều hơn 1 cm³ pha khí. Virus được mang trong các giọt nước có thể dễ dàng bị bất hoạt bởi khí ClO_2 , còn

khí ClO_2 được làm ẩm có thể là một tác nhân lý tưởng bất hoạt virus cả ở trạng thái ướt và khô. Một nghiên cứu cho thấy khí clor dioxyd ở nồng độ thấp cần không khí có độ ẩm tương đối 75-80% để khử FCV (Feline calicivirus) ở trạng thái khô. Nhìn chung, virus có ở các bề mặt cứng trong nhà, dính ở các hạt bụi, và trong thực tế chống dịch hiện nay là có trong các hạt sol khí có thể tồn tại lâu và bay xa làm dịch lây lan nhanh qua đường không khí. *Một điều kiện tiên quyết cho việc bất hoạt virus hiệu quả là chúng phải tiếp xúc với ClO_2 và đủ ẩm ở mọi nơi trong phòng.* Điều này có thể đạt được bằng cách phun dung dịch ClO_2 hay đặt thiết bị sinh khí ClO_2 trong môi trường ẩm.

Một chỉ số động học khác được [5] đề cập là thời gian bất hoạt virus. Để bất hoạt virus, khí ClO_2 không cần phải xâm nhập vào bên trong virus mà chỉ cần phản ứng với một hoặc một số gốc acid amin cysteine, tyrosine và tryptophan của gai trên bề mặt của virus. Một tính toán cho thấy, thời gian giết chết một sinh vật tỷ lệ với bình phương kích thước nên những sinh vật nhỏ sẽ bị giết rất nhanh, chẳng hạn, vi khuẩn có đường kính 1 μm sẽ bị tiêu diệt trong dung dịch ClO_2 300 mg/L trong vòng 3 ms. Các dữ kiện này đều cho thấy rằng một khi ClO_2 tiếp xúc với bề mặt của virus thì quá trình bất hoạt diễn ra nhanh chóng.

Về tác dụng của clor dioxyd đối với cơ thể người

Thông tin về tác dụng của clor dioxyd lên cơ thể người trong một số tài liệu có thể trái ngược. Theo [1] là tài liệu về ứng dụng khử khuẩn nước, clor dioxyd có thể gây hại cho da, mắt, làm tổn thương mô và tế bào máu, gây ho, đau họng, đau đầu. Tiếp xúc trường diễn với clor dioxyd có thể gây ra viêm phế quản. Nhưng theo [3], sử dụng clor dioxyd đúng liều lượng trong phòng chống dịch truyền nhiễm không gây bất kỳ tác hại nào cho người. Song, cũng cảnh báo việc quảng cáo ClO_2 chữa hầu hết các bệnh, bao gồm cả ung thư và điều trị bệnh do Covid-19 ở dạng thuốc uống. Về vấn đề này, các tổ chức như WHO, EPA đã ban hành các văn bản cảnh báo việc tiếp

thị các sản phẩm clor dioxyd gọi là “Giải pháp khoáng chất kỳ diệu” để phòng ngừa và điều trị “Bệnh Coronavirus mới 2019” vì không có bất kỳ bằng chứng khoa học nào chứng minh tính an toàn hoặc hiệu quả của chúng [9]. Theo chúng tôi, những cảnh báo này của EPA là cần thiết và không liên quan đến việc sử dụng clor dioxyd làm chất bất hoạt virus trong phòng chống dịch Covid-19. Thực tế, trong *The EPA List N tool*, hiện đã có tới 7 sản phẩm khử khuẩn làm từ ClO_2 được đăng ký dùng cho phòng chống SARS-CoV-2 và được ghi *Kills a harder-to-kill pathogen than SARS-CoV-2 (Covid-19)* [10].

Theo [5], mặc dù gốc cysteine, tyrosine và tryptophan cũng có thể được tìm thấy trong mô người, nhưng ClO_2 ít độc hơn đối với người hoặc động vật so với vi sinh vật (vi khuẩn, nấm và virus) không phải do đặc điểm sinh hóa khác nhau mà do tế bào sống có chứa glutathione là chất phản ứng với ClO_2 với tốc độ còn cao hơn gốc cysteine... Các ý kiến khác nhau của [1] và [3] về tác động của ClO_2 đối với tế bào máu hay các tác dụng có hại khác có thể được đánh giá ở các nồng độ và thời gian tác dụng khác nhau. Để đảm bảo an toàn cho sức khỏe người tiếp xúc với ClO_2 , Cơ quan Quản lý An toàn và Sức khỏe Nghề nghiệp Hoa Kỳ (OSHA) quy định Giới hạn tiếp xúc ca làm việc (TWA) là 0,1 ppm (V/V) hay 0,28 mg/m³, và giới hạn tiếp xúc ngắn hạn (STEL) là 0,3 ppm trong khoảng thời gian 15 phút. Ở Việt Nam, cũng có quy định tương tự. Theo Tiêu chuẩn vệ sinh lao động ban hành theo Quyết định số 3733/2002/QĐ-BYT ngày 10/10/2002 của Bộ Y tế, các giới hạn TWA và STEL lần lượt là 0,3 và 0,6 mg/m³.

2.2. Một số ứng dụng clor dioxyd trong phòng chống dịch do virus

Trên thế giới, đã có những nghiên cứu ứng dụng clor dioxyd trong phòng chống dịch do virus mà chúng ta rất nên quan tâm và kiểm chứng.

(1). Ogata [6] đầu tiên nhận ra rằng ClO_2 có thể vô hiệu hóa virus ngay cả dưới giới hạn không gây hại cho con người là 0,1

ppm (OSHA TWA). Tác giả kết luận rằng khí ClO_2 có thể được coi như một biện pháp dự phòng chống lại bệnh cúm ở những nơi có hoạt động của con người và đã đăng ký sáng chế Châu Âu năm 2008 về việc sử dụng khí clor dioxyd trong khoảng nồng độ 0,0001 ppm - 0,1 ppm để xử lý lây nhiễm virus cúm.

(2). Năm 2009, Ogata và Shibata sử dụng thiết bị sinh khí ClO_2 loại hộp khử mùi đặt trên bàn tạo ra khí ClO_2 nồng độ cực thấp trong một lớp học. Kết quả hồi cứu trong thời gian 38 ngày học liên tiếp cho thấy, tỷ lệ trẻ em nghỉ học thấp hơn rõ rệt (1,5%) so với ở các lớp học không được đặt (4,0%). Nguyên nhân chủ yếu của việc vắng mặt học sinh là do cảm lạnh thông thường và cúm. Các đánh giá hoạt tính diệt virus đã biết của ClO_2 và phát hiện này cho thấy khí ClO_2 với nồng độ cực thấp có thể ngăn ngừa các bệnh do virus đường hô hấp ở những khu vực bán kín như lớp học, rạp hát, bệnh viện và máy bay... [11].

(3). Nhằm đánh giá khả năng bất hoạt virus ở dạng giọt bắn trong không khí bằng khí clor dioxyd đối với virus cúm A/California/07/09 (H1N1) pdm09, các tác giả [7] sử dụng một thiết bị sinh khí ClO_2 gọi là Thẻ kháng khuẩn (TKK) của Global Product Planning Co., Ltd. Thẻ này chứa khoảng 5 g hóa chất, trong đó, 20% là muối clorit và 80% là zeolit. Thẻ được mang theo người. Khí ClO_2 tạo thành với lượng rất nhỏ do phản ứng của clorit với hơi ẩm và khí carbonic trong không khí có tác dụng khử mùi và khử khuẩn. Kết quả cho thấy không còn thấy virus trong không khí sau 10-12 phút tiếp xúc.

Nhiều loại thẻ kháng khuẩn (TKK) khác giống thẻ của Global Product Planning Co., Ltd như Блокатор, Барьерный Риф đã được phê duyệt, cấp phép sử dụng tại Nga, Belarus từ năm 2016 [12]. Thẻ được chỉ định dùng để khử khuẩn trong không khí quanh người tại các cơ sở y tế (trừ khoa sản, khoa sơ sinh), cơ sở ăn uống, chợ, trạm hải quan, khách sạn, văn phòng, tiệm cắt tóc, mat xa, khu vệ sinh, tổ hợp thể thao v.v.

(4). Theo Interfax Ukraine đưa tin

tháng 1/2021 [13], Hila Pharma của Israel đã đưa ra sản phẩm hộp kháng khuẩn (HKK) Protect Air dùng khí ClO_2 để khử virus trong không khí tại các không gian kín như văn phòng, lớp học, nhà trẻ, giảng đường, nhà hàng và quán cà phê, hội trường và khu liên hợp thể thao, thang máy, trong taxi, trong căn hộ (ngay cả khi có bệnh nhân bị coronavirus), nơi nguy cơ lây nhiễm. Sau hai giờ đặt HKK trong phòng trống, tải lượng virus sẽ giảm 50% và sau 24 giờ trong phòng sẽ không còn virus.

(5). Theo РИА Новости (Nga), tháng 4/2020, Viện Nghiên cứu Hóa chất Ural thuộc Tập đoàn Rostex đã đề xuất Dự án sản xuất 200 tấn dung dịch clor dioxyd/ tháng để xử lý sân bay, ga tàu, phương tiện giao thông và đường phố để ngăn chặn sự lây lan của coronavirus [14]. Hiệp hội Hàng không dân dụng Quốc tế (IATA), Hiệp hội Vận tải Hàng không dân dụng Trung Quốc đã phê duyệt việc sử dụng dung dịch clor dioxyd 250-500 mg/L để xử lý các sân bay, khuôn viên sân bay nhằm ngăn chặn đại dịch.

(6). Ở Việt Nam, Viện Nghiên cứu và Ứng dụng công nghệ cao Hòa Lạc nhận thấy khí ClO_2 tạo thành chậm khi trộn lẫn KClO_3 và $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ở trạng thái rắn theo phản ứng: $2\text{KClO}_3 + 2\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{ClO}_2 + 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ và đã sử dụng phản ứng này để làm các thí nghiệm chế tạo TKK và HKK phỏng theo ý tưởng sử dụng của nước ngoài. Kết quả thử nghiệm ngày 9/6/2020 tại Viện Vệ sinh dịch tễ Trung ương cho thấy, 2 thẻ trong tủ nuôi cấy 0,63 m³ làm bất hoạt vi khuẩn sau khoảng 15 phút (và chắc chắn thời gian bất hoạt virus sẽ ngắn hơn). Trong tài liệu “*Hướng dẫn khử khuẩn, tiệt khuẩn dụng cụ trong các cơ sở khám bệnh, chữa bệnh*” ban hành kèm theo Quyết định số 3671/QĐ-BYT ngày 27 tháng 9 năm 2012 của Bộ Y tế, trong Phụ lục 3, clor dioxyd cũng đã được liệt kê trong danh mục các chất khử khuẩn.

3. Thảo luận và đề xuất

Thực tế chống dịch thời gian qua cho thấy, việc giảm nguy cơ lây chéo qua không khí ở những khu vực đông người, đặc biệt

ở các khu cách ly tập trung hay cách ly tại nhà rất có ý nghĩa trong không chế dịch bùng phát.

Dựa vào những chứng cứ khoa học và thực tiễn nêu trên và các đề xuất của [4], chúng tôi cho rằng, có thể nghiên cứu sử dụng ClO_2 vào phòng chống dịch Covid-19 bằng việc kiểm chứng và sử dụng các phương tiện sinh khí ClO_2 như TKK, HKK hay dung dịch ClO_2 để bất hoạt virus trong không khí phù hợp với mục tiêu và phương pháp chống dịch cụ thể ở Việt Nam như sau:

(1). Nghiên cứu chế tạo và sử dụng các phương tiện sinh khí ClO_2 như HKK, TKK và dung dịch ClO_2 với nồng độ ClO_2 theo chuẩn TWA và STEL nhằm bất hoạt Covid-19 trong không gian kín hay nửa kín như cơ sở sản xuất, công sở, lớp học, căn hộ... hay thang máy khu chung cư, phương tiện giao thông..., đặc biệt là các khu cách ly tập trung.

(2). Nghiên cứu lắp đặt buồng kín hoặc tủ kín có khí clor dioxyd để khử nhanh virus cho trang thiết bị, đồ dùng, quần áo... của người tiếp xúc với người nhiễm Covid-19 hoặc làm việc tại khu cách ly, bệnh viện điều trị bệnh nhân Covid-19.

(3). Nghiên cứu sử dụng dung dịch dioxyd trong nước có nồng độ ClO_2 thích hợp để khử khuẩn không gian quanh bệnh viện, khu cách ly, nhà ga, bến xe, sân bay.

(4). Ngoài ra, có thể nghiên cứu đề xuất của [4] về sử dụng dung dịch ClO_2 có độ tinh khiết cao để súc miệng, xông rửa mũi họng.

Việc phải duy trì một nồng độ nhất định chất khử virus ClO_2 trong không khí vào mục đích chống dịch Covid-19 hiện có thể gặp các cảnh báo về tính an toàn cho người. Nhưng theo nhà độc chất học Paracelsus (1493 - 1541): “*Tất cả mọi chất đều là chất độc, không có chất nào không phải là chất độc. Liều lượng thích hợp sẽ phân biệt được một chất độc và một thuốc*”. Các liều lượng thích hợp ở đây chính là sự tuân thủ các chuẩn TWA và STEL đã được thế giới và Việt Nam quy định cho ClO_2 và may mắn là ở nồng độ an toàn này, ClO_2 được đánh giá là hiệu quả trong khử virus có trong không khí.

Tài liệu tham khảo

- [1]. <https://www.lenntech.com/processes/disinfection/chemical/disinfectants-chlorine-dioxide.htm>
- [2]. WAK-CIO2 kiểm tra nhanh hàm lượng clor đioxyd PACKTEST Chlorine Dioxide -KYORITSU Model WAK-CIO2) Nhà sản xuất: Kyoritsu Xuất xứ: Nhật bản)
- [3]. <https://dentalmagazine.ru/pravo/dioksid-hlora-samyj-effektivnyj-sposob-borby-s-infekcziyami.html>.
- [4]. https://www.researchgate.net/publication/340247214_Can_chlorine_dioxide_prevent_the_spreading_of_coronavirus_or_other_viral_infections_Medical_hypotheses
- [5]. EPA Guidance Manual for Compliance with the Filtration and Disinfection Requirements for Public Water Sources (AWWA; 1991). Table C-9: CT values for inactivation of viruses by chlorine dioxide. Available at <http://www.opssys.com/InstantKB/article.aspx?id514495>.
- [6]. <https://patentimages.storage.googleapis.com/2d/85/b8/d4000ff982031b/EP1955719B1.pdf>].
- [7]. <https://www.lvrach.ru/2016/11/15436607>
- [8]. https://www.biospace.com/article/releases/long-lasting-chlorine-dioxide-clo2-aqueous-solution-presented-by-taiko-pharmaceutical-and-kitasato-university-inactivates-over-99-99-percent-of-sars-cov-2-covid-19-virus-/?TrackID=21&utm_source=emailfriend&utm_medium=email&utm_campaign=0
- [9]. <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/coronavirus-covid-19-update-fda-warns-seller-marketing-dangerous-chlorine-dioxide-products-claim>
- [10]. <https://cfpub.epa.gov/wizards/disinfectants/>
- [11]. Ogata N, Shibata T. Effect of chlorine dioxide gas of extremely low concentration on absenteeism of schoolchildren. *Int J Med Med Sci* 2009; 1(7): 288–9.
- [12]. http://niid.ru/s/210/files/instrukcii_dezsredstva/dezinfekciya_i_sterilizaciya/128154_585.pdf
- [13]. <https://interfax.com.ua/news/press-release/714645.html>
- [14]. <https://ria.ru/20200409/1569780170.html>