

# OZON DEZAKTYWUJE KORONAWIRUSA SARS-CoV-2. OZONUJMY POMIESZCZENIA

Prof. dr hab. Stanisław Ignatowicz

KONSULTACJE ENTOMOLOGICZNE

Warszawa

## Ozon dezaktywuje koronawirusa SARS-CoV-2.

### Ozonujmy pomieszczenia

Ozon jest gazem niebieskim, cięższym od powietrza. Występuje w trzech stanach skupienia. Stały ozon topi się w temperaturze  $-192,7^{\circ}\text{C}$ , temperatura wrzenia cieczy wynosi  $-111,9^{\circ}\text{C}$ , a gęstość gazu w temp.  $0^{\circ}\text{C}$  określono jako  $2,144\text{ g/dm}^3$ . Ozon około 10 razy lepiej rozpuszcza się w wodzie niż tlen  $\text{O}_2$ . Jego cząsteczka  $\text{O}_3$  jest nietrwała. Okres połowicznego rozkładu wynosi tylko 20-50 minut w powietrzu i 1-10 minut w wodzie. Szybko się wtedy rozpada na tlen ( $\text{O}_2$ ) i jednoatomowy ( $\text{O}$ ), który jest bardzo silnym utleniaczem, silniejszym niż tlen dwuatomowy. Po zastosowaniu ozonu w zabiegach ozonowania pomieszczeń lub wody nie powstają szkodliwe produkty.

**Ozon należy do najsilniejszych utleniaczy**, dlatego znalazł szerokie zastosowanie w zabiegach dezynfekcji i dezodoryzacji, a także usługach odbarwiania, czy usuwania przykrego smaku z niektórych produktów żywnościowych. Aplikowany jest w formie gazowej lub ozonowanej wody. Przyłącza się do podwójnego wiązania w cząsteczkach nienasyconych związków organicznych, drastycznie zmieniając ich właściwości.

Dezynfekujące właściwości ozonu zostały rozpoznane w roku 1886. Kilka lat później w Holandii uruchomiono pierwszy zakład uzdatniania wody pitnej przy użyciu ozonu. Obecnie metoda wyjąławiania wody pitnej ozonowaniem jest powszechnie stosowana w Europie i Ameryce Północnej, a rozpowszechnienie jej zawdzięcza się pierwszorzędnym odkażającym właściwościom. Użycie ozonu wiąże się ponadto z mniejszym ryzykiem dla zdrowia ludzkiego i środowiska naturalnego niż stosowanie chloru do tego samego celu.

**Bakteriobójcze właściwości ozonu** jako pierwszy zauważył W. Ohlmüller w 1890 r. Dziś wiemy, że ozon niszczy też zarodniki przetrwalnikowe bakterii, pierwotniaki, grzyby i **wirusy**. Działanie bakteriobójcze wykazuje już w stężeniu ok. 13 µg/dm<sup>3</sup>, a **wirusy są bardziej wrażliwe na ozon niż bakterie**. Ponieważ ozon skutecznie niszczy mikroorganizmy, dlatego należy go szeroko stosować w zabiegach dezynfekcji, gdyż wykazuje właściwości wirusobójcze, bakteriobójcze i grzybobójcze. Jest skuteczniejszy niż inne dezynfektanty.

Ozon utlenia kwasy tłuszczowe w błonie komórkowej bakterii, a po jej zniszczeniu utlenia makromolekuły w komórce, nie tylko białka, ale także kwasy nukleinowe (DNA, RNA). Zmiany te są nieodwracalne i zawsze prowadzą do lizy komórek, czyli śmierci bakterii. Bakteriobójcza skuteczność ozonu rośnie wraz ze wzrostem jego stężenia (C) i czasem ekspozycji (T). Ozon w stężeniu 300 ppm i wyższym w ciągu kilku sekund skutecznie dezynfekuje powierzchnie z *Escherichia coli* i *Staphylococcus aureus*. Wilgotność ma duży wpływ na skuteczność biobójczą ozonu. Zwykle jest większa redukcja mikroorganizmów przy niskim stężeniu ozonu i wysokiej wilgotności niż przy wysokim stężeniu ozonu i niskiej wilgotności. Przy niskim stężeniu ozonu 0.3 ppm i wilgotności względnej powietrza wynoszącej 60-75% następuje wyraźna redukcja mikroorganizmów już po 2-3 godzinach ekspozycji.

Gazowy ozon można wytwarzać na miejscu w przenośnych **generatorach ozonu**, zwanych też ozonatorami, w których następują ciche wyładowania elektryczne w czystym tlenie lub w powietrzu. Pospolite generatory ozonu wytwarzają z otaczającego powietrza od 5 g do 20 g ozonu w ciągu godziny. Gdy w zabiegach dezynfekcji powietrza i powierzchni wymagane są wyższe stężenia ozonu niż 2 ppm, wtedy generatory produkujące nawet 20 g ozonu są 'za słabe', aby dostarczyć wystarczającą ilość gazu do dużych pomieszczeń, np. biurowych. Jeśli jednak jest konieczne ozonowanie dużego pomieszczenia, np. po pobycie w nim chorego na Covid-19, wtedy pomieszczenie można podzielić folią gazoszczelną na mniejsze sektory, które kolejno będą poddane zabiegowi. Ozonatory produkujące od 5 g do 20 g ozonu w ciągu godziny idealnie nadają się do stosowania w pomieszczeniach o powierzchni od 10 do 150 m<sup>2</sup> (od ok. 40 do 600 m<sup>3</sup>), a więc i w sklepach małoformatowych.

Ozon niszczy zarazki zdolne do przeżywania na powierzchni obiektów nieożywionych, co zapobiega ich transmisji. Ozonowanie pomieszczeń, w których gromadzą się ludzie, znacznie ogranicza rozprzestrzenianie się chorób (np. grypy). W tym celu należy systematycznie dezynfekować ozonem mieszkania, szkoły, biura, placówki handlowe i pomieszczenia w placówkach służby zdrowia: szpitale, sale chorych, przychodnie, sale operacyjne, gabinety zabiegowe, korytarze, co zapobiega infekcjom i zakażeniom. Zastosowany analogicznie w budynkach inwentarskich nie tylko usuwa przykre zapachy odzwierzęce, ale także zapobiega rozprzestrzenianiu się chorób zakaźnych zwierząt.

**Antywirusowe działanie ozonu** jest dobrze udokumentowane i od dawna znane, jednak mechanizm działania na wirusy nie jest do końca rozpoznany. Niszczy rozpraszając ich kapsomery i uszkadzając wirusowy kwas nukleinowy. W wyższych stężeniach poprzez utlenienie ozon zawsze niszczy kapsyd – zewnętrzną jego białkową powłokę tzw. wirusów bezosłonkowych. Ozon może również reagować z kapsydowymi białkami i ich składnikami – aminokwasami. W kontakcie z białkami kapsydu tworzy *wodorotlenki i wodoronadtlenki białkowe*, a wtedy wirusy tracą ochronę przed stresem oksydacyjnym.

Nowy SARS-CoV-2 jest **wirusem osłonkowym**, otoczonym dodatkową osłonką lipidową, o budowie bardzo podobnej do SARS-1 koronawirusa, który wywołał epidemię w 2003 r. Wtedy wykazano, że ozon niszczy koronawirusa SARS-1 (potwierdza to 17 opublikowanych prac naukowych), a wstępne wyniki badań prowadzonych w Institute of Virology, Hubei (Chiny) potwierdzają, że **ozon niszczy nowego SARS-CoV-2**. Ozon rozbija cząsteczki lipidowe w miejscu ich podwójnych lub potrójnych wiązań (*nienasycone kwasy tłuszczowe*), niszczy osłonkę lipidową, która jest im zwykle potrzebna do kolejnej infekcji. Gdy osłonka lipidowa wirusa ulegnie fragmentacji, wtedy kwas nukleinowy traci swoje właściwości. Ozon przenika przez osłonkę lipidową i kapsyd białkowy do rdzenia z kwasem nukleinowym i uszkadza wirusowy RNA. Z tych powodów wirusy osłonkowe, do których należy SARS-CoV-2, są **bardziej** wrażliwe na czynniki fizyko-chemiczne niż wiriony bezosłonkowe.

Jak długo koronawirus zachowuje właściwości poza gospodarzem np. na powierzchni? Dokładnie nie wiemy, gdyż badania trwają. Po zasiedleniu powierzchni wirusy mogą pozostać aktywne przez długi okres czasu przy optymalnych warunkach pH, temperatury i wilgotności (Publikacja w piśmie „Practical Preventive Medicine”).

Zwykły wirus grypy zachowuje swoje właściwości na powierzchni od 5 godzin do 7 dni w zależności od temperatury otoczenia i wilgotności. Norowirusy, które powodują nieżyt żołądka i jelit u dorosłych ludzi, przeżywają do 4 tygodni nawet na ciepłych i suchych powierzchniach; mogą też przetrzymać działanie wielu dezynfektantów.

Ostatnie badania badania Narodowego Instytutu Zdrowia USA w Hamilton w stanie Montana, Uniwersytetu w Princeton i Uniwersytetu Kalifornijskiego wykazały, że **koronawirus SARS-CoV-2 może przeżyć w powietrzu przez kilka godzin, a na niektórych powierzchniach przez 2-3 dni:**

- na powierzchniach wykonanych z miedzi do 4 godz.,
- na tekturze – do 24 godzin.
- na plastiku i stali nierdzewnej – do 2-3 dni.

W ludzkich odchodach i płynach ustrojowych wirus SARS-CoV-2 może przetrwać nawet ponad 5 dni poza organizmem człowieka. Niektórzy twierdzą, że koronawirus może utrzymywać się na powierzchni przedmiotów nawet przez 9 dni (*Journal of Hospital Infection*). Podobne wyniki dały testy z próbkami wirusa SARS-1, którego epidemia wybuchła w 2003 r.

Okres inkubacji wirusa może trwać nawet 24 dni, a nie, jak wcześniej podejrzewano, do 14 dni. Pierwsze objawy mogą pojawić się po 2-3 tygodniach. A zanim się pojawią oznaki choroby Covid-19, chory zaraża! Wirus przenosi się drogą kropelkową (kichnięcie – wdychane powietrze). Koronawirus do 3 godzin utrzymuje się w powietrzu, potem osiada na powierzchni i np. na plastiku jest aktywny przynajmniej przez 3 dni. Zakaża powierzchnie środowiskowe, w których chory przebywał. Światowa Organizacja Zdrowia uważa więc, że koronawirus może rozprzestrzeniać się

- drogą kropelkową,
- przez bezpośredni kontakt z zarażonymi osobami,
- poprzez skażone przedmioty.

Dla bezpieczeństwa należy dezynfekować powierzchnie, z którymi mieli kontakt chorzy lub podejrzani o chorobę Covid-19, a jedną z metod dezynfekcji jest ozonowanie. Dekontaminacja ozonem ma więcej zalet niż płynne dezynfektanty.

Należy dezynfekować powietrze i często dotykane powierzchnie środowiskowe: telefon, klucze, krzesła, klamki, włączniki prądu... Należy dokładnie dezynfekować powierzchnie, z których transmisja patogenów może odbywać się poprzez bezpośredni kontakt pacjenta z powierzchnią lub pośrednio przez ręce lub rękawiczki ochronne, np. półki, meble, zasłony, pościel, ubrania, komputery, telefony oraz wszystkie elementy sprzętu medycznego. Wirusy są przenoszone z zanieczyszczonych powierzchni na opuszki palców, a następnie na kolejne powierzchnie np. na pokrywy toalet, klamki, telefony. Transmisja patogenów z zanieczyszczonych powierzchni jest uzależniona od czasu trwania i częstotliwości kontaktu, zdolności wirusa do przeżycia na powierzchni i jego oporności na działanie dezynfektantów.

**Ozonowanie.** Przed zabiegiem należy posprzątać i umyć powierzchnie pomieszczenia, które będą ozonowane. Zanieczyszczenia pochodzenia organicznego będą wiązać wytwarzany ozon, co może przyczynić się do ustalenia niższego stężenia ozonu w pomieszczeniu. Należy z pomieszczenia wynieść wszystkie rośliny oraz usunąć zwierzęta (akwarium może zostać). Wynieść trzeba też dzieła sztuki. Ozon jest utleniaczem i przyspiesza starzenie się różnych przedmiotów, ale do wyrządzenia zauważalnych szkód wymagane są bardzo wysokie stężenia gazu oraz długi czas ekspozycji. Przy typowym ozonowaniu (do 10 ppm), ozon nie ma wpływu na wyposażenie pomieszczenia. Wartościowe rzeczy można dla bezpieczeństwa owinąć folią stretch (np. telewizor, komputer, kasa fiskalna). Jeśli jest taka możliwość, należy dodatkowo uszczelnić pomieszczenie (kratki wentylacyjne, drzwi itp.), aby gaz nie wydostawał się z pomieszczenia.

Nie ustawiamy urządzeń generujących ozon na podłodze, a tylko na podwyższeniu (np. krzesło, stół itp.). W celu lepszego rozprowadzenia ozonu po pomieszczeniu możemy wykorzystać dodatkowe wentylatory. Po włączeniu generatora ozonu należy opuścić pomieszczenie zabiegowe oraz zabezpieczyć je przed dostępem osób trzecich. Monitorowanie procesu ozonowania polega na kontroli szczelności pomieszczenia – czy ozon nie ‚wycieka‘ z ozonowanego pomieszczenia np. na klatkę schodową lub na zewnątrz. Monitorowane może być też stężenie ozonu w czasie zabiegu, jeśli jest taka potrzeba. Znając dokładne stężenie gazu w pomieszczeniu możemy ewentualnie wydłużyć lub skrócić czasu zabiegu.

Zalecane stężenie przy zwykłym zabiegu ozonowania wynosi **5-7 ppm przez minimum 2 h** od osiągnięcia stężenia roboczego. Jeśli podczas zabiegu konieczne jest wejście do ozonowanego pomieszczenia, to wchodzimy tylko w cało-twarzowej masce z filtrem na tlenki azotu NO, tj. z filtrem z 'błękitnym paskiem' (Filtropochłaniacz FP 211/1-P3/N).

Czas trwania zabiegu ozonowania mającego na celu odkażenie powietrza i powierzchni w pomieszczeniu zależy od osiągniętego stężenia ozonu; im wyższe jest stężenie, tym krócej trwa zabieg. W zabiegach dezynfekcji należy ozonować 3 h przy stężeniu 2 ppm, 2 h przy stężeniu 3 ppm i 1,5 h przy stężeniu 5 ppm. Zaleca się, aby stężenie ozonu w pomieszczeniu nie było niższe 2 ppm, gdy celem jest dezynfekcja pomieszczenia. Dodatek wilgoci (lekkie nawilżenie pomieszczenia) przed osiągnięciem wymaganego stężenia ozonu gwarantuje wysoką skuteczność zabiegu. Wykazano, że ozon inaktywuje wirusy rozmieszczone w różnych miejscach pokoju, na twardej i porowatej powierzchni (obicia mebli, dywan), w obecności płynów biologicznych (krew, surowica). Jako gaz przenika wszędzie tam, gdzie nie wnikną chemiczne dezynfektanty stosowane metodą opryskiwania czy zamgławiania, a więc w głębokie szczeliny i szpary, pod meble, w urządzenia (J.B. Hudson, M. Sharma, S. Vimalanathan. 2009. Development of a practical methods for using ozone gas as a virus decontaminating agent. Ozone: Science and Engineering, vol. 31 (3): 216-223).

Po zakończeniu pracy generatorów ozonu należy poczekać 30 minut, aby wykorzystać wyprodukowany ozon. Wietrzmy pomieszczenie przez 15-20 minut do uzyskania bezpiecznego stężenia ozonu (<0,1 ppm). Jeśli z pomieszczenia nikt nie będzie korzystał zaraz po zakończonym zabiegu, możemy go nie wietrzyć i pozwolić, aby ozon sam uległ rozpadowi do tlenu. W pomieszczeniu, w którym nadal jest ozon w stężeniu 0,3 ppm, możemy przebywać do 15 minut, a w pomieszczeniu z stężeniem do 0,1 ppm przez okres do 8 godzin.

Po zabiegu ozonowania i dokładnym wywietrzeniu pomieszczenie zabiegowe nie jest zabezpieczone przed następnym przypadkiem skażenia wirusem SARS-CoV-2. Po wykonaniu zabiegu ozonowania nie ma żadnych aktywnych pozostałości, które mogą chronić przestrzeń i powierzchnie pomieszczenia przed wirusem