



fot. David Becker/Unsplash

Elektrolizowana woda oksydacyjna (EOW) – skuteczna i bezpieczna broń w walce z drobnoustrojami

Pandemia COVID-19 w szczególny sposób uświadomiła ludziom, że otaczający ich świat przepelniony jest formami życia, których nie można dostrzec gołym okiem, a które jednak mogą stanowić realne zagrożenie dla gatunku ludzkiego. Zaskoczenie i niedowierzanie, towarzyszące pierwszym informacjom o rozprzestrzeniającym się wirusie SARS-CoV-2, szybko zmieniły się w strach i usilne poszukiwania sposobów walki z nieznanym wrogiem. Postawione przed ludźmi wyzwanie spotkało się z dużym odzewem badaczy, którzy postanowili sprawdzić, jak dostępne środki mogą skutecznie i w bezpieczny dla człowieka sposób ograniczyć narażenie na koronawirusa. Wśród nich znalazła się elektrolizowana woda oksydacyjna.

Najnowsze dane szacunkowe wskazują, że Ziemię (m.in. gleby i skały, wody, rośliny, zwierzęta) może zasiedlać nawet bilion (10^{12}) gatunków organizmów prokariotycznych¹, a wirusów nawet dziesięć razy więcej, z czego znacząca większość nie została jeszcze sklasyfikowana. Dostępna baza danych LPSN², która ma na celu uporządkowanie systematyki prokariotów, podaje, że do 2022 r. zidentyfikowano ok. 23 tys. gatunków tej grupy. Skatalogowane tam mikroorganizmy obejmują jednak tylko gatunki, które można namnożyć metodami hodowlanymi.

¹ Organizmy prokariotyczne – mikroorganizmy, w większości jednokomórkowe, których komórka nie zawiera jądra komórkowego oraz organelli komórkowych charakterystycznych dla eukariotów.

² List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature, lpsn.dsmz.de.

Za pomocą nowoczesnych metod analizy molekularnej, opartych na sekwencjonowaniu genów 16S rRNA³ uzyskanych z DNA wyizolowanego ze środowiska i (lub) złożenia genomów metodą metagenomiki⁴ bądź zamplifikowanych genomów jednokomórkowych, wykazano, że liczba kompletnych genomów bakterii i archeonów⁵ przekracza już 400 tys. Jest wielce prawdopodobne, że będzie się ona zwiększała, gdyż w okresie tylko jednego roku (2022-2023) prowadzona baza⁶ poszerzyła się o ponad 85 tys. nowych genomów.

Ogrom otaczającego nas mikroświata może przerażać, ponieważ ciągle wielką niewiadomą jest to, jak wiele gatunków drobnoustrojów może stanowić realne zagrożenie dla zdrowia człowieka. Zgodnie z dostępną wiedzą można stwierdzić, że ok. 1500 (6,5%) gatunków bakterii, 200 wirusów i 300 grzybów uznawanych jest jako patogenne dla ludzi. Biorąc pod uwagę wcześniej przytoczone szacunki, wydaje się, że to niewielka liczba. Wśród tych drobnoustrojów można wyróżnić wirusy (np. Ebola, Marburg, Lassa), które choć wywołują bardzo groźne gorączki krwotoczne, to ich zasięg najczęściej jest ograniczony do tropikalnych

³ Geny 16S rRNA – 16S rybosomalny RNA; analiza sekwencji genów kodujących 16S rRNA jest uważana za jedno z najlepszych narzędzi filogenetycznych, która pozwala na precyzyjną identyfikację gatunkową oraz wyodrębnienie nowych gatunków, podgatunków lub szczepów bakterii.

⁴ Metagenomika – metoda analizy genomu złożonego z ogółu mikroorganizmów zasiedlających dany mikrobiom (np. glebę, organizm człowieka).

⁵ Archeony – drobne jednokomórkowce, pierwotnie beżądrowe, zwykle ekstremofile.

⁶ <https://gtdb.ecogenomic.org>.

rejonów świata. Wydaje się jednak, że o wiele większe znaczenie dla zdrowia całych populacji mają mikroorganizmy, których występowanie ma charakter globalny i powszechny, np. *Staphylococcus aureus* czy *Escherichia coli*. Te dwa gatunki wraz z bakteriami *Streptococcus pneumoniae*, *Klebsiella pneumoniae* oraz *Pseudomonas aeruginosa* są odpowiedzialne za więcej niż połowę przypadków zgonów wywołanych przez bakterie na świecie⁷. Jeśli dodać do tego m.in. wirusa grypy czy koronawirusa SARS-CoV-2, których infekcje przyczyniają się do śmierci tysięcy ludzi na wszystkich kontynentach, to można dojść do wniosku, że problem jednak istnieje.

Na szczęście przeciwko większości niebezpiecznych przedstawicieli mikroświata człowiek ma skuteczne środki obrony. Można tu wliczyć trzy główne grupy takich zabezpieczeń: szczepionki, antybiotyki oraz środki dezynfekcyjne. Te dwie pierwsze skupiają się na pojedynczym człowieku, ale każda w inny sposób. Szczepionki przeciw bakteriom czy wirusom mają na celu zabezpieczenie każdego zaszczepionego przed wystąpieniem choroby lub zminimalizowanie skutków jej wystąpienia. Antybiotyki z kolei są stosowane w momencie zaistnienia choroby (zwykle o podłożu bakteryjnym) i mają na celu usunięcie infekcji. Środki dezynfekcyjne mają natomiast na celu zredukowanie liczby drobnoustrojów do bezpiecznego dla człowieka poziomu. Mogą one zarówno skutecznie oddziaływać indywidualnie (np. podczas dezynfekcji skóry czy ran), jak i zabezpieczać całe grupy zawodowe oraz różnorodne środowiska pracy i bytowania człowieka, np. przez dezynfekcję narzędzi chirurgicznych lub powierzchni użytkowych w placówkach służby zdrowia.

Kwestię właściwego doboru dezynfektantów⁸ należy za każdym razem pozostawić specjalistom, którzy powinni przeprowadzić dokładne rozeznanie problemu i na tej podstawie zaproponować odpowiedni środek dezynfekcyjny. Niemniej jednak w największym skrócie można powiedzieć, że do dezynfekcji skóry i niewielkich powierzchni najczęściej stosuje się preparaty stworzone na bazie alkoholu (z wyłączeniem dezynfekcji ran, gdy należy zastosować środki o mniejszym działaniu drażniącym). Z kolei do dezynfekcji większych powierzchni wybiera się zwykle preparaty na bazie chloru lub czwartorzędowych związków amoniowych. Trzeba jednak mieć świadomość, że określone grupy związków chemicznych, wchodzące w skład oferowanych preparatów, w różnym stopniu oddziałują na drobnoustroje. Między innymi alkohol izopropylowy skutecznie może ograniczać rozwój bakterii, ale tylko w sposób zadowalający namnażanie się grzybów. Z kolei podchloryn sodu, będący częstym składnikiem środków czystości, dobrze działa na obydwie grupy drobnoustrojów, lecz wykazuje silne właściwości żrące i ma drażniący zapach.

Czy istnieje zatem dezynfektant idealny? Z pewnością nie, ale nie należy ustawać w poszukiwaniu rozwiązań zarówno skutecznych, jak i bezpiecznych. Jedną z takich propozycji jest EOW (ang. *electrolyzed oxidized water*), czyli elektrolizowana woda oksydacyjna, która czasami występuje pod innymi nazwami, m.in.: woda redox, elektrolizowany roztwór NaCl czy kwas podchloryny, będący głównym składnikiem biobójczym tego preparatu. Chociaż koncepcja EOW powstała w połowie XX w. w Rosji, to pierwsze użycie EOW jako środka dezynfekującego nastąpiło dopiero w 1980 r. w Japonii, kiedy to w jednostkach medycznych wykorzystano EOW do dezynfekcji i regeneracji wody. Od tego czasu spektrum zastosowań EOW nieustannie się rozszerza i obejmuje takie obszary, jak: dezynfekcja warzyw, owoców i surowców pochodzenia zwierzęcego czy dezynfekcja powierzchni roboczych.

Znaczny sukces i zainteresowanie świata nauki oraz przemysłu elektrolizowaną wodą oksydacyjną wynika z kilku jej cech. Pierwszą z nich jest bardzo łatwa dostępność substratów, czyli wody i soli kuchennej, z których EOW jest produkowana. Do wytworzenia EOW niezbędny jest generator, w którym przeprowadzana jest reakcja elektrolizy wodnego

roztworu NaCl. Przykładowo do uzyskania EOW o zawartości 100 mg/l aktywnego chloru w jednym z takich generatorów niezbędne jest przygotowanie 0,45-proc. roztworu soli, który poddawany jest elektrolizie przy natężeniu prądu 4 A i napięciu 6,5 V. W konsekwencji zachodzących reakcji elektrochemicznych powstają dwa rodzaje roztworów: zasadowy (pH ≈ 11) oraz kwaśny (zwykle pH ≈ 4-5). Poza poziomem pH powstałe roztwory różni przede wszystkim zawartość aktywnych jonów chloru w postaci kwasu podchlorynowego (HOCl). Jego najwyższe stężenia można zaobserwować przy pH = 5.

Drugą istotną cechą EOW jest bardzo silne działanie biobójcze, zwłaszcza w stosunku do organizmów prokariotycznych. Wytworzony kwas podchloryny wyjątkowo łatwo przenika do wnętrza komórek bakteryjnych, w których atakuje procesy błonowe⁹ (w tym białka transbłonowe odpowiedzialne za transport m.in. jonów sodu, potasu i żelaza), lipidy (powodując np. utratę stabilności błony) oraz syntezę białek (zwłaszcza zawierających siarkę), a ponadto prowadzi do pęknięcia nici DNA i upośledzenia syntezy DNA. Takie wielopoziomowe działanie pozwala zniszczyć komórki bakteryjne w bardzo krótkim czasie, zwykle już po minucie od zastosowania EOW jako dezynfektanta, przy niewielkich stężeniach aktywnego chloru – rzędu 5-90 mg/l. Liczne badania prowadzone przez ponad 30 lat pozwoliły potwierdzić skuteczność kwasu podchlorynowego w stosunku do wielu gatunków bakterii, w tym m.in.: *Campylobacter jejuni*, *Clostridium difficile*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus* oraz *Yersinia enterocolitica*. Część z nich to drobnoustroje kojarzone ze skażeniem i z psuciem się produktów żywnościowych, a tym samym odpowiedzialne za zatrucia pokarmowe. Dzięki wysokiej skuteczności EOW stała się popularnym środkiem dezynfekującym dla różnego rodzaju produktów spożywczych, w tym warzyw i owoców jeszcze na etapie ich uprawy, mięs na etapie ich obróbki w ubojniach, owoców morza oraz jaj¹⁰.

Kolejną przesłanką przemawiającą za elektrolizowaną wodą oksydacyjną jako dobrym dezynfektantem jest wyjątkowo szerokie spektrum jej działania. Nie tylko komórki bakteryjne mogą być przez nią skutecznie niszczone. Ostatnie badania wykazują, że biobójcze działanie EOW potwierdzono również w stosunku do grzybów (np. z rodzajów *Candida* i *Fusarium*), pasożytów (np. *Acanthamoeba*), a także wirusów (np. HBV, HCV, SARS-CoV-2). Ponadto udowodniono, że można ją również stosować w celu usunięcia błony biologicznej (biofilmu) z powierzchni stalowych, co jeszcze bardziej wzmacnia jej pozycję na liście środków dezynfekujących stosowanych w przemyśle spożywczym. Z coraz większym sukcesem EOW jest stosowana także do dezynfekcji pomieszczeń roboczych, w tym związanych z produkcją zwierząt (drobiu i trzody chlewnej). Jednakże skuteczność w redukowaniu stężeń bioaerozoli i pyłu organicznego uzależniona jest od wielkości rozpylanych cząstek wody, których średnica powinna mieścić się w przedziale 60-90 μm¹¹.

Wśród innych ważnych cech EOW należy wymienić także brak tendencji mikroorganizmów do nabierania oporności na preparaty zawierające kwas podchloryny. Jest to niezwykle istotne m.in. w środowisku szpitalnym, gdzie skuteczna walka z drobnoustrojami jest kluczowa dla zachowania zdrowia pacjentów, a więc osób, które zwykle mają obniżony poziom odporności. Najnowsze badania pokazują, że stosowane powszechnie do dezynfekcji ran preparaty na bazie alkoholu izopropylowego zaczęły tracić swoje właściwości biobójcze, gdyż drobnoustroje wykształciły skuteczne mechanizmy obronne, m.in. przez zwiększenie aktywności białek o właściwościach pomp, które czynnie usuwają środki dezynfekujące

⁷ K.S. Ikuta i in. Global Mortality Associated with 33 Bacterial Pathogens in 2019: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet*. 2022, 400(10369): 2221-2248; doi: 10.1016/S0140-6736(22)02185-7.

⁸ Dezynfektant – środek dezynfekujący o właściwościach bakterio- i wirusobójczych.

⁹ Procesy błonowe – procesy zachodzące w błonie komórkowej bakterii, m.in. oddychanie komórkowe, transport jonów.

¹⁰ S.M.E. Rahman i in. Electrolyzed water as a novel sanitizer in the food industry: current trends and future perspectives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2016, 15: 471-490; doi: 10.1111/1541-4337.12200.

¹¹ W.C. Zheng i in. Optimization of slightly acidic electrolyzed water spray for airborne culturable bacteria reduction in animal housing. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2016, 9: 185-191; doi: 10.3965/j.ijabe.20160904.2366.

z komórek bakteryjnych¹². Alternatywą okazały się preparaty zawierające EOW, które nie tylko cechują się dobrą efektywnością biobójczą, lecz także przyspieszają ziarninowanie (gojenie) ran.

Przedstawione zalety elektrolizowanej wody oksydacyjnej brzmią wyjątkowo obiecująco. Nie oznacza to jednak, że środek ten jest pozbawiony wad. Do największych mankamentów EOW zalicza się przede wszystkim niestabilność w utrzymaniu właściwych parametrów chemicznych. W badaniach udowodniono, że mniej więcej po dwóch tygodniach od wyprodukowania preparatu zawierającego aktywny chlor na poziomie 100 mg/l stężenie to może się obniżyć o połowę. Spowolnienie tego zjawiska jest możliwe, lecz należy stworzyć odpowiednie warunki przechowywania EOW. Wydaje się, że lepszym rozwiązaniem są opakowania szklane, składowane w temperaturze ok. 4°C, niż te z polistyrenu, przechowywane w temperaturze pokojowej¹³. Optymalnym wyjściem byłoby wytwarzanie EOW w miejscu stosowania zabiegów dezynfekcji. Ponadto na spadek właściwości biobójczych elektrolizowanej wody oksydacyjnej może także wpływać obecność materii organicznej w środowisku, przez co wykorzystanie EOW w pomieszczeniach roboczych o wysokim zapyleniu może się wiązać z koniecznością stosowania preparatów zawierających wyższe stężenia aktywnego chloru.

¹² K. Czaczyk, K. Myszk. Mechanizmy warunkujące oporność biofilmów bakteryjnych na czynniki antymikrobiologiczne. *Biotechnologia*. 2007, 76: 40-52.

¹³ G. Robinson i in. The effect of long-term storage on the physiochemical and bactericidal properties of electrochemically activated solutions. *International Journal of Molecular Sciences*. 2013, 14: 457-469; doi: 10.3390/ijms14010457.

Ważąc zatem zalety i wady EOW, można uznać, że jest ona dobrą alternatywą dla dotychczas stosowanych preparatów mających w swoim składzie alkohole, podchloryn sodu czy czwartorzędowe związki amoniowe. Preparaty zawierające kwas podchlorawy charakteryzują się wysokimi zdolnościami biobójczymi, zwłaszcza w odniesieniu do bakterii, a ponadto są bezpieczne i tanie w użyciu. Niemniej jednak konieczne są dalsze badania, które pozwoliłyby rozszerzyć listę drobnoustrojów podatnych na działanie EOW. Należałoby także zweryfikować rozwiązania, które zwiększyłyby stabilność chemiczną, a przez to skuteczność biobójczą elektrolizowanej wody oksydacyjnej. Pozwoliłyby to bardziej efektywnie chronić środowisko pracy i bytowania człowieka przed szkodliwymi drobnoustrojami.

dr hab. n. med. Marcin Cyprowski

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Kontakt: macyp@ciop.pl

Opracowano i wydano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2023-2025 w zakresie służb państwowych ze środków Ministra Rodziny i Polityki Społecznej [projekt nr I.ZS.01 pt. „Badanie skuteczności biobójczej elektrolizowanej wody oksydacyjnej (EOW)“]. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.



SIEĆ BRANŻOWYCH
KONSULTANTÓW
DS. BHP



ZAPRASZAMY

do Sieci Branżowych Konsultantów ds. BHP

Sieć Branżowych Konsultantów ds. BHP

skupia wysokiej klasy specjalistów posiadających unikalne doświadczenie oraz praktyczne umiejętności związane z zapewnieniem bezpiecznych i higienicznych warunków pracy w różnych branżach*.

Głównym celem działalności Sieci jest dzielenie się wiedzą, rozwiązaniami oraz najlepszymi praktykami związanymi z bhp, zgodnie z koncepcją wymiany międzypokoleniowej oraz idei mentoringu, a także aktywna współpraca z CIOP-PIB w działaniach na rzecz budowy kultury bezpieczeństwa w Polsce.

CIOP  PIB

*Pełna lista branż oraz szczegółowe informacje na stronie:

www.ciop.pl/Konsultanci-BHP

tel. 22 623 37 34, e-mail: mamal@ciop.pl