



dr inż. Dariusz Lipiak  
BRENNTAG POLSKA Sp. z o.o.

# Dwutlenek chloru

## środek dezynfekujący w browarnictwie i przetwórstwie spożywczym

**Zakłady produkujące żywność i napoje mają wyższe wymagania co do standardów mikrobiologicznych w technologii produkcji niż np. spółki wodociągowe dostarczające wodę pitną. W przemyśle spożywczym jakość produktu i czas jego przydatności do spożycia jest pochodną zachowania wysokich norm higienicznych w trakcie procesu produkcyjnego. Zaś woda odgrywa ważną rolę ze względu na bezpośredni kontakt z produktem i/lub z uwagi na mycie powierzchni, zbiorników i urządzeń produkcyjnych.**

Bardzo ważnym czynnikiem w przemyśle spożywczym jest czystość przestrzeni pracy. Stosowanie odpowiednich zabiegów odkażających pozwala na uzyskanie odpowiedniego poziomu jej czystości.

Odkazanie można przeprowadzić metodami fizycznymi (UV, filtracja itp.) oraz chemicznymi, z wykorzystaniem związków chemicznych o działaniu przeciwestrojowym. Powszechne zastosowanie znalazły zabiegi odkażające z użyciem metod chemicznych. Zgodnie z definicją dezynfekcja jest procesem prowadzącym do zniszczenia drobnoustrojów lub redukcji ich populacji do poziomu akceptowalnego w danym procesie technologicznym tak, by zapobiec zakażeniu produktu oraz zapewnić wydłużenie czasu jego trwałości. Powierzchnie dezynfekowane muszą być uprzednio dokładnie umyte, bowiem w przeciwnym razie mikroorganizmy pod warstwą zanieczyszczeń nie zostaną zniszczone, a nieusunięte w procesie mycia osady organiczne będą obniżać skuteczność zastosowanych dezynfektantów.

Czynniki determinujące działanie środków dezynfekujących są: stężenie, czas kontaktu (czas działania środka dezynfekującego), typ skażenia, wielkość skażenia, temperatura i odczyn środowiska, w jakim ma działać dany środek.

Bardzo duży wpływ na aktywność dezynfektantów wywiera odczyn środowiska, w jakim się je stosuje. Jest to uzależnione od dysocjacji cząsteczek związku dezynfektanta lub zmiany ładunku na powierzchni komórki bakteryjnej. Kwasy organiczne, fenole czy związki uwalniające wolny chlor lub jod (podchloryn, jodofory) są aktywniejsze w środowisku o niższym pH. W szczególności dla chloru i jodu ich aktywność jest uzależniona od niezdisocjowanych cząsteczek kwasów podchlorynowego (HClO) i podjodynowego (HJO). Ze wzrostem pH zwiększa się dysocjacja i biologiczna aktywność związku ulega obniżeniu. Związki będące słabymi zasadami – czwartorzędowe sole amoniowe, chlorheksydylna akrydyna, są skuteczniejsze w środowisku wyższego pH. Jest to związane ze wzrostem ilości ładunków ujemnych na powierzchni komórki, co umożliwi przyłączenie środka dezynfekującego niosącego ładunek dodatni. Co warto podkreślić, na aktywność biocydową dwutlenku chloru nie ma wpływu odczyn środowiska – działa on skutecznie w środowisku pH od 2 do 10.

Złożoną sytuację w zakresie dezynfekcji pogłębia fakt możliwości adaptacji żywej komórki do warunków środowiska – pojawia się oporność na dany dezynfektant u szczepów dotychczas wrażliwych. Jednym z niewielu środków dezynfekujących, na który nie występuje oporność, jest dwutlenek chloru. Najczęściej oporność dotyczy bakterii Gram-ujemnych z rodziny *Enterobacteriaceae* i rodzaju *Pseudomonas*. Potrafią przetrwać, a nawet rozmnażać się w najmniej sprzyjającym środowisku w obecności środków biobójczych. *Pseudomonas* izolowano nawet z płynów dezynfekcyjnych, np. związków pochodnych fenolu (sterinol). *Pseudomonas aeruginosa* oraz inne pałeczki Gram-ujemne przeżywały w środowisku zawierającym chlorheksydynę oraz czwartorzędowe sole amoniowe. Opornością charakteryzują się także inne bakterie, np. *Pro-*

*teus*, *Klebsiella*, *Enterobacter*. Wytwarzają one dodatkową, bardziej złożoną ochronną ścianę i błonę komórkową zawierającą lipidy. Mogą także produkować enzymy inaktywujące środek dezynfekujący. Należy nadmienić, że mikroorganizmy te nie wykazują oporności na dwutlenek chloru.

### Właściwości ClO<sub>2</sub>

Dwutlenek chloru (O=Cl=O) jest cząsteczką typu rodnikowego, względnie stabilną. To zielonkawo-żółty gaz, bardzo dobrze rozpuszczalny w wodzie, o temperaturze wrzenia 11°C. Wysoka aktywność utleniająca (możliwość przyjęcia pięciu elektronów) i charakter rodnikowy dwutlenku chloru stwarzają mu doskonale własności antibakteryjne w szerokim zakresie pH. Najprawdopodobniej wynika to stąd, że przepuszczalność błon żywych komórek dla rodników dwutlenku chloru w fazie gazowej jest podwyższona i pozwala na łatwy dostęp do żywych cząsteczek. Uważa się, że reakcja ClO<sub>2</sub> z żywymi aminokwasami to jeden z procesów dominujących w zwalczaniu bakterii i wirusów.

Dwutlenek chloru należy do najbardziej efektywnych biocydów – konkuruje z nim jedynie ozon, który jednak nie może być stosowany w wielu aplikacjach. ClO<sub>2</sub> jest już skuteczny przy stężeniach tak niskich jak 0,1 ppm.

Brak wrażliwości na pH środowiska oraz selektywność działania pozwala zapewnić długotrwałe działanie.

W tabeli zestawiono aktywność dwutlenku chloru oraz mieszaniny kwasu nadotowego i wody utlenionej (PAA/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, reklamowanej jako najsilniejszy środek dezynfekujący) wobec formy przetrwalnikowej *Bacillus*'a w zależności od pH otoczenia.

Dwutlenek chloru wymaga znacznie krótszego czasu dezynfekcji niż konwencjonalne biocydy. Dla dawki 1 ppm, w porównaniu do monochloroamin czy czwartorzędowych soli amoniowych, gdzie czas kontaktu to 1 go-

Czas kontaktu [min]	Stężenie biocydu wymagane do redukcji 90% form przetrwalnikowych (endospory) <i>Bacillus</i> [mg/l]			
	pH 5		pH 8	
	35°C	45°C	35°C	45°C
<b>ClO<sub>2</sub></b>				
10	4.8	2.7	4.2	2.8
20	2.8	2.7	2.8	2.7
40	2.7	2.7	2.7	2.7
<b>PAA/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (85/15)</b>				
10	21.6	13.2	>32.0	32.0
20	11.9	8.4	>32.0	25.6
40	7.2	3.8	>32.0	18.0

dżina, dla dwutlenku chloru wynosi on 20 sekund. Skrócenie czasu dezynfekcji pozwala na krótszy czas postoju urządzeń, a tym samym zwiększa efektywność zakładu produkcyjnego. Dla czasu działania dwutlenku chloru wynoszącego 5 minut zniszczeniu ulega większość drobnoustrojów stanowiących zagrożenie w produkcji spożywczej. Bez preparowania wody biocydami, warunki produkcyjne przemysłu spożywczego są szczególnie podatne na rozwój żywych organizmów. Może to prowadzić do blokowania przewodów i/lub do procesów gnilnych. Zastosowanie chemikaliów może z kolei przyczynić się do przyspieszonej korozji instalacji. W przeszłości do kontroli bakterii i związanej z nimi biowarstwy stosowano gazowy chlor lub podchloryn. Choć daje się go zaakceptować jako środek dezynfekujący w środowisku obojętnym (pH=7), to przy wyższych pH jego skuteczność maleje. Bardzo podobnie spada efektywność kwasu nadoctowego ze wzrostem pH, ponadto może on powodować w instalacjach intensywną korozję. Dwutlenek chloru okazał się alternatywą o najlepszych charakterystykach, zarówno w kategoriach dezynfekcji, jak i kontroli/usuwania biowarstwy organicznej. Jest bardzo skutecznym biocydem, a mikroorganizmy nie wykazują nań tolerancji.

## Zakres zastosowania dwutlenku chloru

### • Dezynfekcja wody do produkcji i na potrzeby technologiczne

Dwutlenek chloru już od wielu lat znajduje zastosowanie w procesach uzdatniania wody pitnej oraz do produkcji napojów, soków, wody mineralnej i piwa. Ze względu na szerokie spektrum działania może być stosowany na etapie wstępnego utleniania oraz podczas dezynfekcji końcowej (skuteczny przy podwyższonym pH, zapewnia długotrwałą ochronę przeciwbakteryjną sieci dystrybuującej wodę, usuwa zły smak i zapach). Jest stosowany do potrzeb technologicznych – w obiegach chłodzących, chłodnicach, parownikach, urządzeniach klimatyzacyjnych itp. Wykorzystywany jest

ze względu na wysoką efektywność w usuwaniu mikroorganizmów. W młeczarstwie służy m.in. do dezynfekcji kondensatu pary, co umożliwia jej ponowne użycie, a tym samym pozwala zmniejszyć zużycie wody.

### • Mycie i dezynfekcja linii technologicznych

Dwutlenek chloru jest stosowany w systemach CIP (Cleaning In Place), czyszczeniu sanitarnym, jak również do dezynfekcji powierzchni produkcyjnych kontaktujących się z żywnością. Jego zastosowanie nie wymaga zmiany programu stacji CIP, zaś dawki dwutlenku chloru stosowanego do dezynfekcji są od 200 do 250 razy mniejsze niż np. kwasu nadoctowego, a tym samym koszt dezynfekcji jest kilkakrotnie niższy w stosunku do innych dezynfektantów. Ze względu na wysoką skuteczność dezynfekcyjną stosuje się go w myjkach wewnętrznych i zewnętrznych, w systemach mycia i płukania, nawilżaczach, filtrach i liniach rozlewniczych. Wykorzystuje się go do dezynfekcji autoklawów, pasteryzatorów i płuczek, a także zbiorników chłodzących i tanków fermentacyjnych (tych ostatnich zwłaszcza w browarnictwie i serowarstwie).

### • Mycie i dezynfekcja butelek i puszek

Gwarantuje skuteczną ochronę mikrobiologiczną nawet przy wysokim pH środowiska, w jakim prowadzone jest mycie. Skuteczny zarówno w strefie wody zimnej urządzenia myjącego, jak i na ostatnim etapie przed napełnieniem butelek czy puszek.

### • Dezynfekcja i zwalczanie uporczywych zapachów

Dzięki reakcji utleniania siarkowodoru oraz pochodnych organicznych związków siarki (tiolo, merkaptany), pochodzących z rozkładających się substancji organicznych, skutecznie dezodoryzuje i usuwa nieprzyjemne i uporczywe zapachy.

### • Przygotowanie wody do mycia – schładzania mięsa, tuszek indyjskich i kurzych

Dzięki przedłużonemu działaniu bakteriobójczemu efektywnie chroni przed skażeniem po zakończeniu procesu dezynfekcji. Stosowany w ubojniach drobiu, skutecznie chroni przed skażeniem i przyczynia się do przedłużenia trwałości produkowanych towarów.

### • Dezynfekcja jaj i inkubatorów

Jest skuteczniejszy w niszczeniu *Salmonelli* (ok. 7 razy) od standardowych środków, co jest szczególnie ważne w jajczarstwie, drobiarstwie i produkcji mięsa drobiowego.

### • Płukanie owoców i warzyw

Pozwala poprawić właściwości organoleptyczne produktu, wydłużyć okres przydatności artykułów do spożycia, a także uniknąć przenoszenia chorób. Bardzo efektywny przy płukaniu wstępnym owoców cytrusowych, jabłek, pomidorów, ogórków, sałaty, szpinaku, zielonego groszku, marchewki itp. Stosowany z powodzeniem przy produkcji warzyw i owoców puszkowanych, mrożonych oraz będących surowcem do otrzymywania półproduktów dla sieci fastfood'ów (sałatki z kapusty, sałaty czy warzyw). Skutecznie niweluje nieprzyjemny zapach przy obróbce cebuli i porów (utleniając lotne merkaptany).

### • Przygotowanie wody do płukania ryb i owoców morza

Usuwa nieprzyjemny „rybi” odór, przyczynia się do przedłużenia świeżości, służy także do otrzymywania mikrobiologicznie czystego lodu wykorzystywanego w transporcie i przechowywaniu niemrożonych ryb i owoców morza.

### • Dezynfekcja pieczarek

Skutecznie zwalcza i chroni przed skażeniem bakteryjnym produkcję pieczarek, zarówno pomieszczenia, jak i podłoże.

### • Neutralizacja ścieków i odpadów przemysłowych

W wielu wypadkach zapewnia dobrą dezynfekcję ścieków zawierających duże stężenie organizmów patogennych, nawet w obecności wysokich stężeń substancji organicznych.

## BRENNTAG

BRENNTAG POLSKA Sp. z o.o.,  
Oddział Warszawa,  
ul. Migdałowa 4/52,  
02-796 WARSZAWA