

Mechanizm niszczenia bakterii przy udziale nano-srebra

Ściana komórkowa bakterii

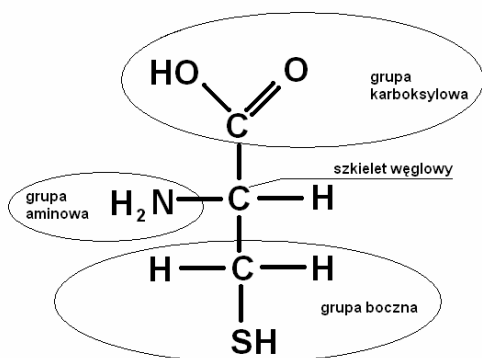
Ściana komórkowa bakterii jest zbudowana inaczej, niż np. ściana komórkowa komórki roślinnej, ma swoisty skomplikowany skład chemiczny (cukrowo-tłuszczowo-peptydowy). U bakterii głównym składnikiem ściany komórkowej jest **peptydoglikan** (mureina), składający się z długich łańcuchów wielocukrowych, połączonych ze sobą przez krótkie mostki peptydowe **aminokwasów**. Ściana komórkowa bakterii Gram-dodatnich jest grubsza od ściany komórkowej bakterii Gram-ujemnych i zawiera więcej peptydoglikanu.

Aminokwasy

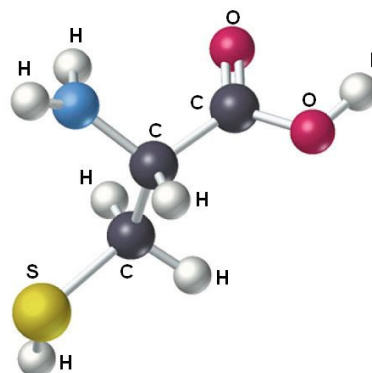
To „cegiełki”, z których zbudowane są wszystkie białka. Są to cząsteczki organiczne zbudowane z atomów węgla (C), wodoru (H), tlenu (O), azotu (N) i czasem siarki (S) (metionina, cysteina). Siarka jest niezbędna do syntezy białek i witamin oraz tworzenia składników łańcucha **transportu elektronów**. Aminokwasy różnią się między sobą tylko tzw. grupą boczną (wyjątkiem jest prolina). Właściwości chemiczne danego aminokwasu wynikają z budowy i własności grupy bocznej. Aminokwasy połączone są między sobą tzw. wiązaniem peptydowym: $\text{-COOH} + \text{H}_2\text{N-}$ powstaje -CONH-

Jednym z aminokwasów wchodzących w skład budowy ściany komórkowej bakterii jest Cysteina. Jej grupa boczna jest pokazana na rysunkach poniżej.

Wzór strukturalny budowy aminokwasu : Cysteiny

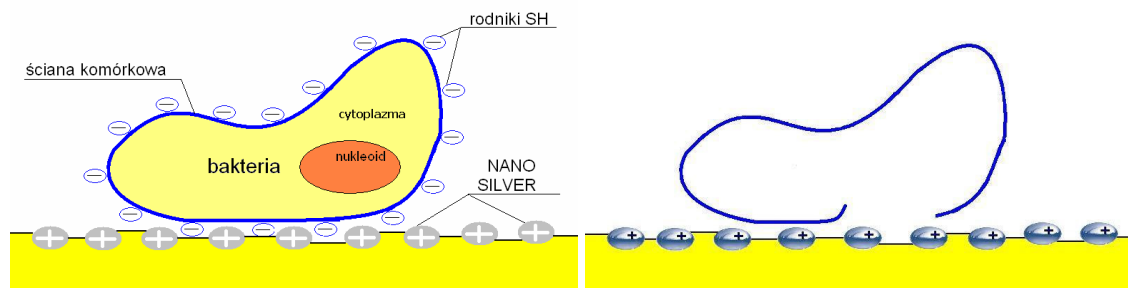


Model budowy Cysteiny



Końcówka Cysteiny **grupa (-SH)**, czyli grupa tiolowa jest bardzo reaktywna. Dwie Cysteiny mogą połączyć się przez grupy tiolowe tworząc mostek disiarczkowy (dwusiarczkowy): **-S-S-** w tym samym łańcuchu, lub też łączące dwa różne łańcuchy polipeptydowe. Są to silne wiązania atomowe występujące zwykle w liczbie kilku lub kilkunastu w jednej cząsteczce białkowej. Odgrywają ważną rolę w tworzeniu struktury trzeciorzędowej białek - zapewniają stabilizację struktury.

Metody dezaktywacji bakterii



Utlenianie katalityczne

Srebro, na poziomie atomowym, posiada zdolność pochłaniania tlenu oraz działania jako katalizator w kierunku utleniania. Tlen atomowy (rodzimy) absorbowany na powierzchni jonów srebra w roztworze zaczyna czynnie reagować z „wystającymi” grupami tiolowymi (-SH) otaczającymi powierzchnię bakterii lub wirusów usuwając z nich atomy wodoru (tworząc np. wodę) i powodując tym samym wytworzenie przez atomy siarki wiązań typu -S-S-. Bakteria traci możliwość oddychania gdyż zamykane są dotychczasowe (ułożone w poprzek błony komórkowej) „kanały” przenoszenia elektronów tzw. łańcuch oddechowy. Prowadzi to do obumarcia bakterii. Dla wyjaśnienia utlenianie nie musi być sprzężone ze wzbogacaniem utlenianej substancji w tlen. Istotą utleniania jest oderwanie od substratu elektronów (zwykle odrywane są jednocześnie dwa elektrony), czemu z reguły towarzyszy odłączenie od nich dwóch protonów (H⁺) i ich przeniesienie na odpowiedni akceptor.

Wywołanie zwykłej katalitycznej reakcji redukcja/utlenianie spowoduje reakcję srebra z wszelkimi ładunkami ujemnymi dostarczonymi przez układ krążenia organizmu względnie membranę proteinową oraz ich dezaktywację. Dzięki katalitycznym właściwościom srebra i wytwarzaniu tlenu aktywnego utlenieniu ulega materiał genetyczny komórki.

Reakcja ze ścianą komórki bakterii

Srebro reaguje z odsłoniętymi peptydoglikanami, uniemożliwiając oddychanie komórkowe. Wiążąc komórkowy system przepływu energii dezaktywuje bakterie, co powoduje ich unicestwienie. Ponieważ komórki ssaków posiadają zupełnie inną powłokę (nie ma peptydoglikanów), srebro nie oddziałuje na nie.

Powstaje: $2(-SH) + 2 Ag^+ \rightarrow 2(-SAg) + 2H^+$

Wymienione oddziaływanie srebra nie jest ukierunkowane na schorzenie, jak np. antybiotyki syntetyczne, lecz na strukturę komórkową. Każda komórka nie posiadająca ścianki chemicznie wytrzymałej jest podatna na oddziaływanie srebra. Dotyczy to wszelkich bakterii i innych organizmów bez ścianek komórkowych, dla przykładu wirusy międzykomórkowe.

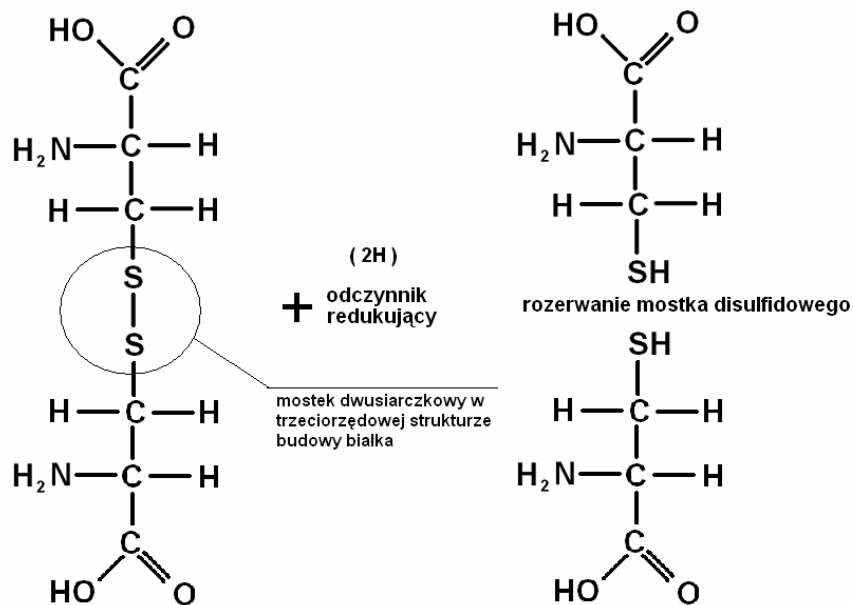
Denaturacja białka

Denaturacja białka polega na takiej zmianie jego budowy przestrzennej, która powoduje zanik aktywności biologicznej. Wiązania disulfidowe -S-S- ulegają rozszczepieniu w obecności odczynników redukujących (2H⁺).

Powstaje: $>CH_2-S-S-CH_2< + 2H \rightarrow >CH_2-S-H + H-S-CH_2<$

W wyniku zerwania wiązań dwusiarczkowych zniszczone są struktury przestrzennej budowy białka - prowadzi to do zaniku aktywności biologicznej białka.

Inne czynniki denaturujące białko to kwasy, zasady, alkohol, stężone roztwory mocznika, temperatura. W większości wypadków denaturacja białek jest procesem nieodwracalnym.



Wiązania z DNA

Badania wykonane w odniesieniu do *Pseudomonas aeruginosa*, bakterię odporną i trudną do zwalczania, wykazały że DNA organizmu pochłania ilość 12 % srebra. Mimo iż pozostaje niejasnym mechanizm wiązania srebra z DNA bez uszkodzenia wiązań wodorowych spajających siatkę przestrzenną, niemniej zapobiega on rozwijaniu DNA, stanowiąc ważny etap w rozmnażaniu komórek.

Proporcje wielkości najmniejszych bakterii (100 nm) w stosunku do największych cząsteczek nano srebra

