



Wpływ nanotlenku glinu i nanotlenku glinu modyfikowanego kobaltem na mikroorganizmy

*Paulina Mosdorf, Ewa Karwowska,
Antoni Ryszard Kunicki, Gabriela Karolczak
Politechnika Warszawska*

1. Wstęp

Zastosowanie materiałów w formie nanostrukturalnej stanowi obecnie jedno z kluczowych rozwiązań w technice i medycynie. Wartość rynku nanotechnologii szacuje się w skali globalnej na ponad 10 bilionów dolarów rocznie. Przewiduje się, że w roku 2015 około 15% wszystkich produktów na rynku będzie zawierało komponenty stanowiące efekt badań z tej dziedziny [1].

Przyczyną zainteresowania nanokompozytami są ich unikatowe właściwości fizyczne i chemiczne oraz rosnąca liczba potencjalnych zastosowań. Wykorzystywane są one w elektronice, ceramice, optyce, technikach laserowych, budownictwie, rolnictwie, medycynie, kosmetyce oraz kosmonautyce. Prowadzone są badania nad zastosowaniem nanomateriałów w nowoczesnych systemach podawania leków, fototerapii czy leczeniu chorób neurodegradacyjnych takich jak choroba Wilsona, Alzheimera i Parkinsona [2]. Nanocząstki o właściwościach magnetycznych wykorzystywane są w diagnostyce, biologii molekularnej – do etykietowania biomolekuł oraz przy bezpośrednim podawaniu leków do komórek nowotworowych [3], jak również jako środki kontrastowe w rezonansie magnetycznym [1]. Stanowią składniki farb, baterii, środ-

ków konserwujących i pielęgnacyjnych, kosmetyków, katalizatorów, materiałów dentystycznych, sorbentów i materiałów ściernych [1].

Nanometryczne cząstki tlenku glinu, w porównaniu do swych mikrometrycznych odpowiedników, charakteryzują się niższą temperaturą topnienia, zwiększoną absorpcją światła, lepszym zdyspergowaniem zarówno w wodnych jak i nieorganicznych rozpuszczalnikach oraz dużo większą powierzchnią właściwą. Nanostrukturalny tlenek glinu jest stosowany w przemyśle chemicznym do polerowania powłok układów półprzewodnikowych, jako komponent w ceramice, do preparatów ognioodpornych, ceramicznych membran filtracyjnych, powłok żarówek i lamp fluorescencyjnych oraz w zaawansowanych kompozytach [4, 5]. Prowadzone są badania nad możliwością wykorzystania nanotlenku glinu w medycynie, między innymi w terapii antynowotworowej oraz immunologicznej.

Modyfikacja nanotlenku glinu poprzez wprowadzenie dodatku takich pierwiastków jak srebro, prazeodym czy kobalt pozwala na rozszerzenie obszaru zastosowań tego rodzaju nanocząstek. Przykładowo, nanotlenek glinu modyfikowany kobaltem znajduje zastosowanie do produkcji pigmentów wykorzystywanych między innymi do barwienia ceramiki i szkła.

Wzrostowi zapotrzebowania na nanomateriały, a w konsekwencji zwiększaniu ich produkcji, towarzyszy wzrost emisji nanocząstek do środowiska. Oddziaływanie nanopreparatów na środowisko zależy od różnic w budowie chemicznej, wielkości cząstek, powierzchni właściwej, kształcie, ładunku powierzchniowym czy zdolności do tworzenia aglomeratów [6]. Właściwości ekotoksyczne mogą ulegać zmianie w zależności od warunków środowiska takich jak pH, promieniowanie UV oraz obecność innych substancji chemicznych [7].

Istnieje bardzo niewiele danych pozwalających wnioskować o ewentualnym wpływie nanomateriałów na żywe organizmy. Większość prac badawczych prowadzonych jest na komórkach zwierzęcych oraz liniach hodowlanych komórek ludzkich. Praktycznie brak jest informacji odnośnie oddziaływania większości nanopreparatów na komórki mikroorganizmów w środowisku naturalnym.

Przedmiotem niniejszej pracy była ocena wpływu nanotlenku glinu oraz nanotlenku glinu modyfikowanego kobaltem na bakterie wyizolowane z różnych elementów środowiska.

2. Metodyka

Syntezę badanych nanotlenków przeprowadzono z wykorzystaniem technologii opatentowanej w Zakładzie Katalizy i Chemii Metaloorganicznej Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej. Substratami w syntezie były: trietyloglin (Et_3Al) oraz triizopropoksyglin (iPro) $_3\text{Al}$. Nanotlenek modyfikowany kobaltem otrzymano w ramach innych prac prowadzonych w laboratorium Katalizy i Chemii Metaloorganicznej, poprzez dodanie w trakcie syntezy prekursora nanotlenku odpowiedniej ilości diacetyloacetonianu kobaltu ($(\text{acac})_2\text{Co}$).

Wielkość cząstek oraz obraz mikroskopowy badanych nanotlenków przedstawiono na rys. 1 oraz rys. 2.

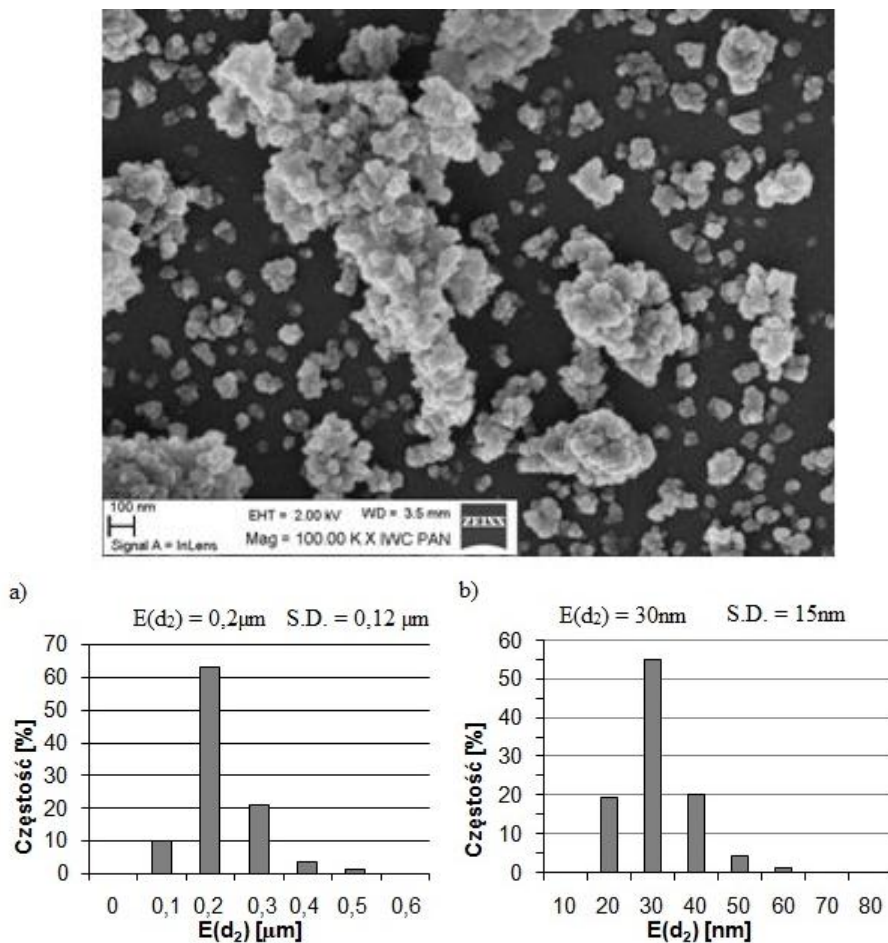
Tabela 1. Właściwości struktury badanych nanopreparatów

Table 1. Structure characteristics of tested nanopowders

Parametr	Nanotlenek glinu	Nanotlenek glinu modyfikowany kobaltem
Powierzchnia właściwa (m^2/g)	259,7	432,8
Całkowita objętość porów (cm^3/g)	2,056	0,659
Średni promień porów (Å)	158,3	30,31

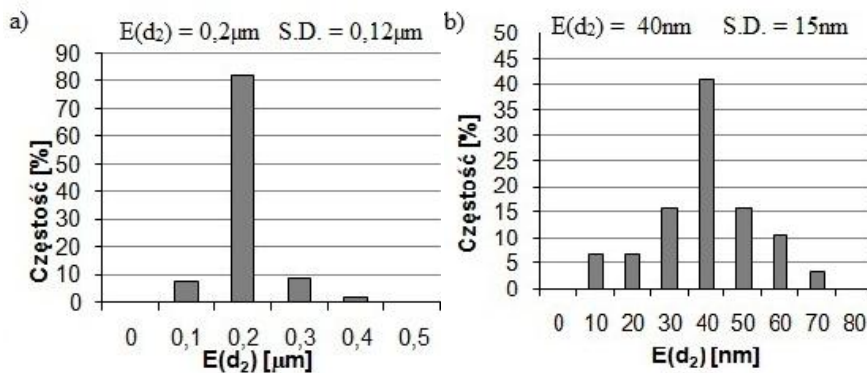
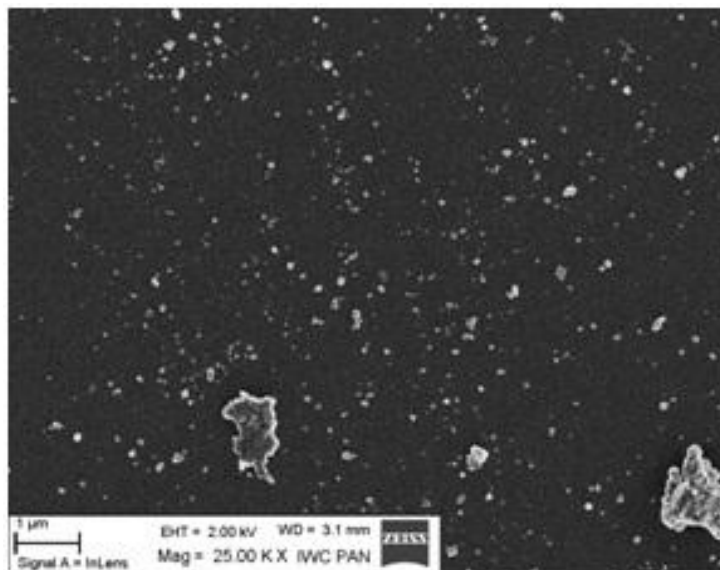
Szczepy bakterii wykorzystane w trakcie badań wyizolowano z próbek wody rzecznej i jeziornej, gleby ogrodowej i piaszczystej oraz z próbek powietrza – atmosferycznego i pobranego w pomieszczeniu biurowym. Hodowlę mikroorganizmów prowadzono na podłożu agarowym odżywczym w temperaturze 26°C .

Wpływ nanotlenków na mikroorganizmy badano z użyciem testów wzrostowych na stałym podłożu agarowym odżywczym. W tym celu wykonano posiew bakterii w postaci rysy na powierzchni podłoża. Następnie na każdą z płytek, prostopadle do linii posiewów, naniesiono liniowo odpowiedni nanoproszek. Po 72 godzinach inkubacji określono strefy zahamowania wzrostu każdego z badanych szczepów względem zastosowanego nanotlenku.



Rys. 1. Morfologia i rozkład wielkości aglomeratów (a) oraz cząstek (b) nanoproshku Al_2O_3 ($E(d_2)$ – średnica aglomeratów/cząstek)

Fig. 1. Morphology and size distribution of agglomerates and particles of Al_2O_3 nanopowder ($E(d_2)$ – the diameter of agglomerates/ particles)



Rys. 2. Morfologia i rozkład wielkości aglomeratów (a) oraz cząstek (b) nanoprozdku $\text{CoO}/\text{Al}_2\text{O}_3$. ($E(d_2)$ – średnica aglomeratów/cząstek)

Fig. 2. Morphology and size distribution of agglomerates and particles of $\text{CoO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ nanopowder ($E(d_2)$ – the diameter of agglomerates/ particles)

Szczepy charakteryzujące się największą oraz najmniejszą wrażliwością na badane nanotlenki zidentyfikowano z wykorzystaniem standardowych testów identyfikacyjnych: API E, API NE, API STAPH oraz API 50CH.

W przypadku nanotlenku glinu modyfikowanego kobaltem przeprowadzono dodatkowo test mający na celu określenie wpływu tego preparatu na wybrane szczepy mikroorganizmów w warunkach hodowli w podłożu płynnym. Do zawiesiny bakterii w dwukrotnie rozcieńczonym podłożu bulionowym wprowadzono badany nanotlenek w ilości odpowiednio 100 mg/l, 500 mg/l i 1000 mg/l. Równoległe założono hodowlę kontrolną – bez dodatku nanoproszku. Do doświadczenia wytypowano siedem szczepów wykazujących wrażliwość na nanotlenek glinu modyfikowany kobaltem podczas wcześniejszych testów wzrostowych. Przeprowadzono dwie równoległe serie badawcze. Intensywność wzrostu hodowli bakteryjnych oceniano po 24 i 72 godzinach, na podstawie pomiaru gęstości optycznej hodowli, przy długości fali 800 nm.

3. Wyniki

Z próbek gleby, wody i powietrza wyizolowano łącznie 71 szczepów bakterii, spośród których do dalszych eksperymentów wytypowano 59 – 27 szczepów z gleby, 24 z powietrza oraz 8 z wody.

Wyniki testów wzrostowych w obecności nanotlenków i zaobserwowane strefy zahamowania wzrostu przedstawiają rysunki 3÷5. Na rysunku 6 zamieszczono fotografię ilustrującą przykładowe wyniki testu wzrostowego dla wybranych szczepów bakterii wyizolowanych z próbek wody, gleby i powietrza. Zauważalna jest różnica w aktywności badanych nanotlenków w stosunku do drobnoustrojów. Nanotlenek glinu modyfikowany kobaltem ($\text{CoO}/\text{Al}_2\text{O}_3$) wykazywał znacznie silniejsze działanie antybakteryjne w porównaniu z nanotlenkiem glinu bez modyfikacji. Spośród różnych form morfologicznych najbardziej wrażliwe na $\text{CoO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ okazały się gramujemne pałeczki (76%) natomiast najmniej – ziarniaki (50%).

Wśród 27 szczepów bakterii wyizolowanych z gleby (rys. 3) w przypadku 6 szczepów wystąpiło zahamowanie wzrostu w bezpośrednim sąsiedztwie nanotlenku glinu, natomiast w obecności nanotlenku glinu modyfikowanego kobaltem, aż 25 szczepów okazało się wrażliwe

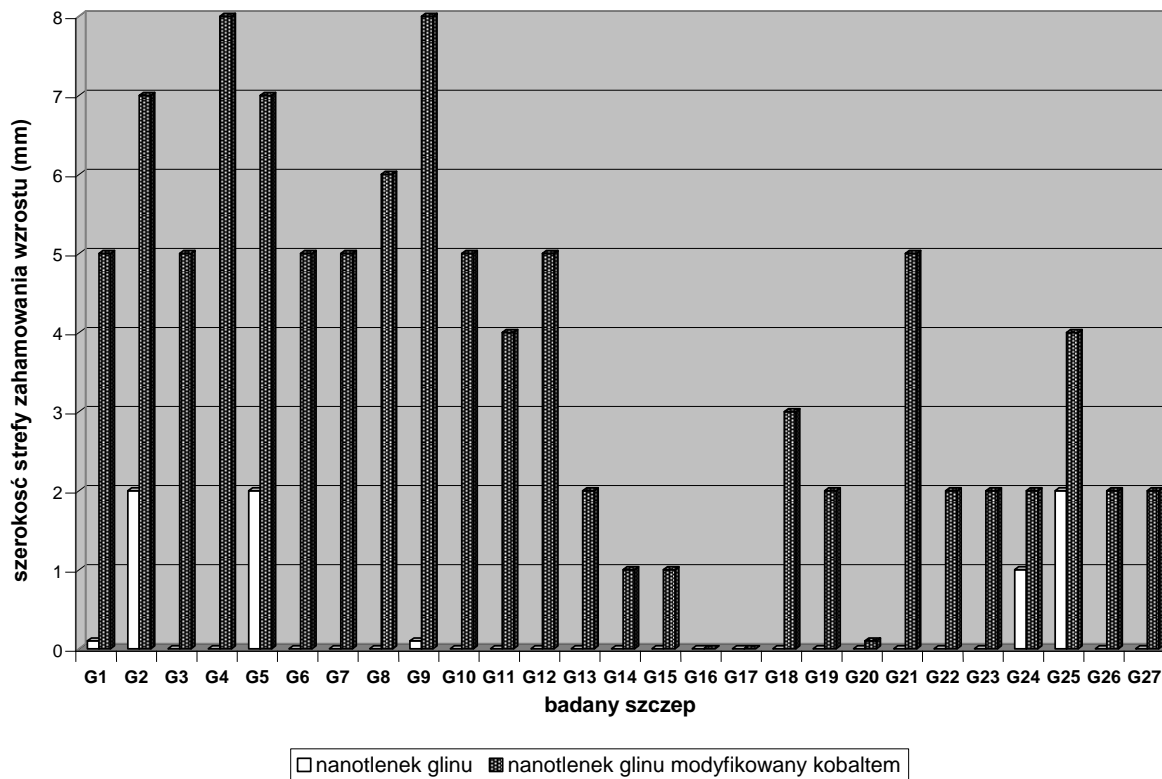
na obecność nanopreparatu. Wszystkie szczepy wyizolowane z próbek wody wykazały wrażliwość na nanotlenek z dodatkiem kobaltu, podczas gdy tylko jeden – na nanotlenek glinu nie modyfikowany (rys. 4). Całkowitą opornością na nanotlenek nie modyfikowany odznaczały się szczepy bakterii wyizolowane z próbek powietrza, podczas gdy nanotlenek glinu modyfikowany kobaltem wykazywał działanie hamujące wzrost 17 spośród 24 badanych szczepów (rys. 5).

W przypadku 7 szczepów bakterii charakteryzujących się największą wrażliwością na nanotlenek glinu modyfikowany kobaltem przeprowadzono dodatkowe badanie, mające na celu ocenę wpływu wybranych stężeń tego nanopreparatu na drobnoustroje w warunkach hodowli w podłożu płynnym. Jako parametr kontrolny wykorzystano pomiar gęstości optycznej hodowli mikroorganizmów po 24 i 72 godzinach inkubacji.

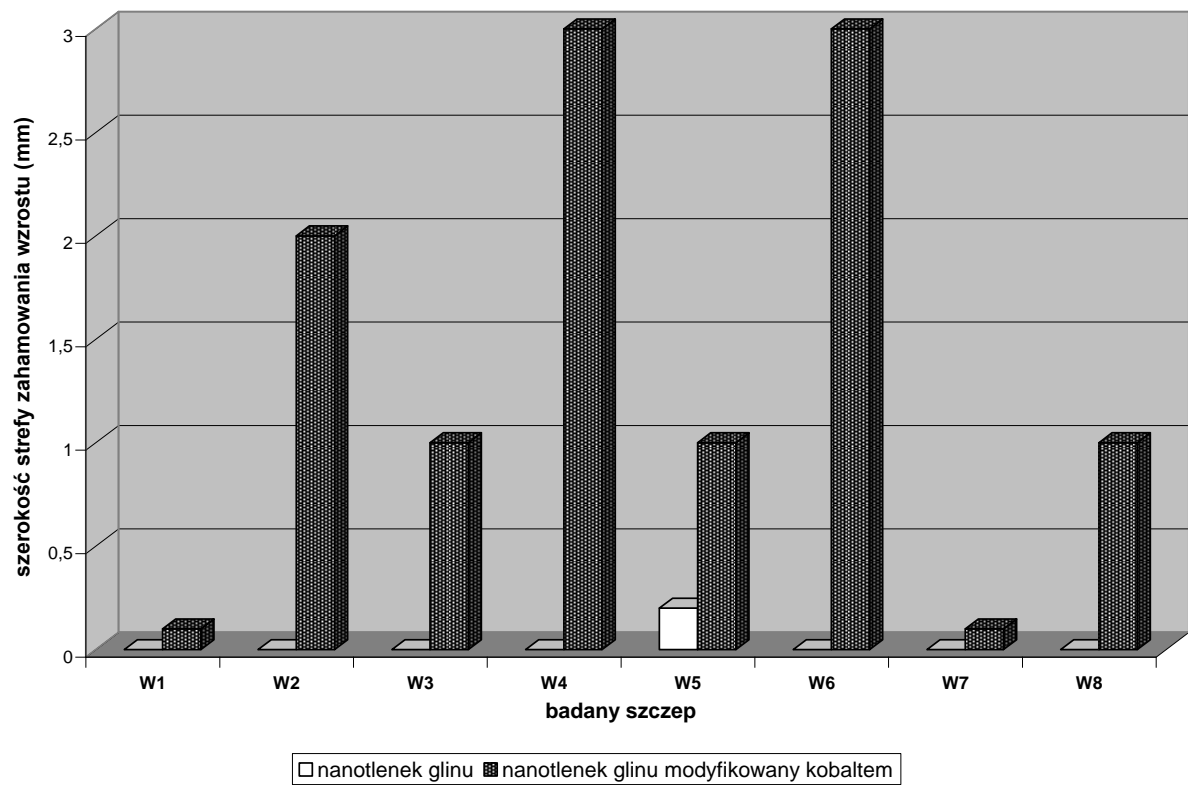
W podłożu z dodatkiem nanotlenku modyfikowanego kobaltem w ilości 100 mg/l po 24h zaobserwowano częściowe zahamowanie wzrostu 5 spośród badanych szczepów. Po 72h efekt hamujący stwierdzono jedynie w przypadku 3 szczepów bakterii, przy czym był on znacznie mniejszy, w porównaniu z hodowlą kontrolną, aniżeli po 24h (rys. 7). Może to sugerować istnienie mechanizmów adaptacyjnych drobnoustrojów wobec niskich stężeń nanopreparatu.

Nanotlenek glinu modyfikowany kobaltem, wprowadzony do podłoża hodowlanego w ilości 500 mg/l oraz 1000 mg/l (rys. 8 i rys.9) hamował w różnym stopniu wzrost wszystkich badanych szczepów, przy czym efekt hamowania był znacznie bardziej widoczny po 72h hodowli, sięgając nawet 100% w porównaniu z hodowlą kontrolną.

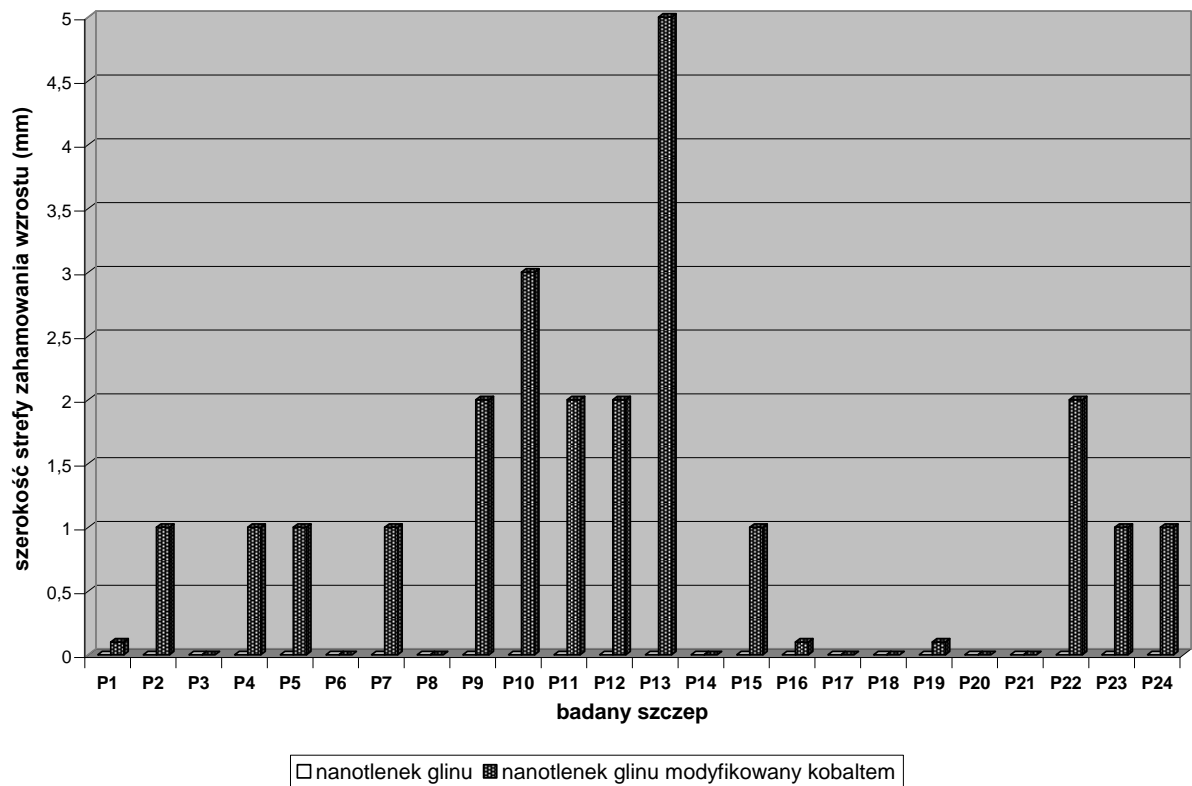
Do badań identyfikacyjnych wytypowano 6 szczepów bakterii charakteryzujących się wrażliwością na oba nanoproszki, 7 wrażliwych tylko na nanotlenek glinu modyfikowany kobaltem oraz 6 szczepów nie wykazujących wrażliwości na żaden z badanych nanopreparatów. Wyniki identyfikacji przedstawiono w tabeli 2.



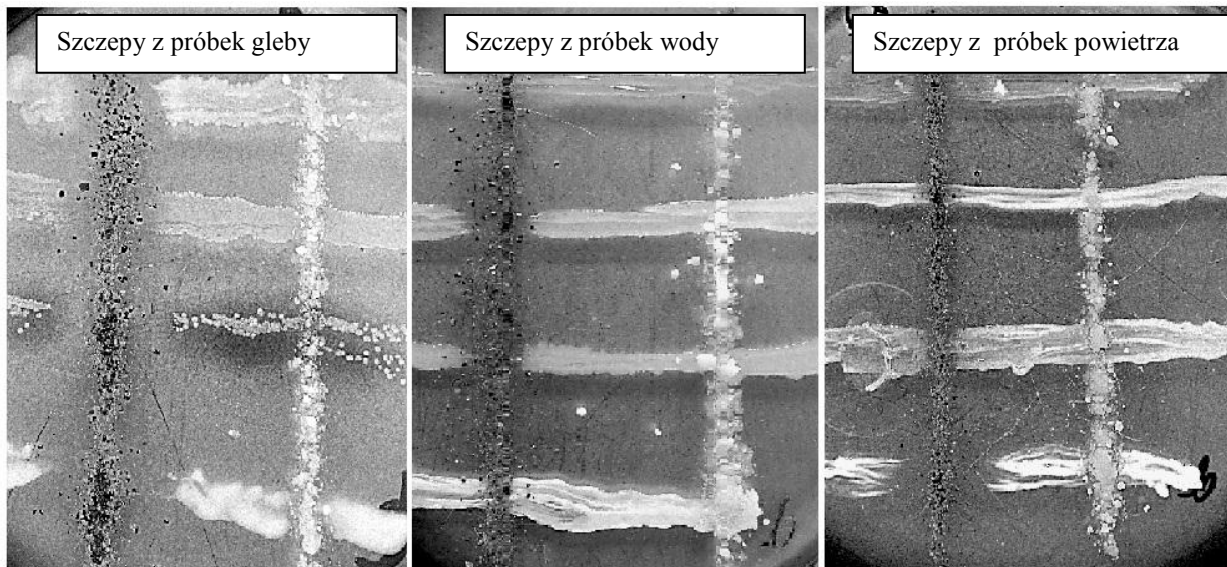
Rys. 3. Hamowanie wzrostu bakterii wyizolowanych z próbek gleby w obecności badanych nanopreparatów
Fig. 3. The inhibition of the growth of soil bacteria in presence of tested nanopowders



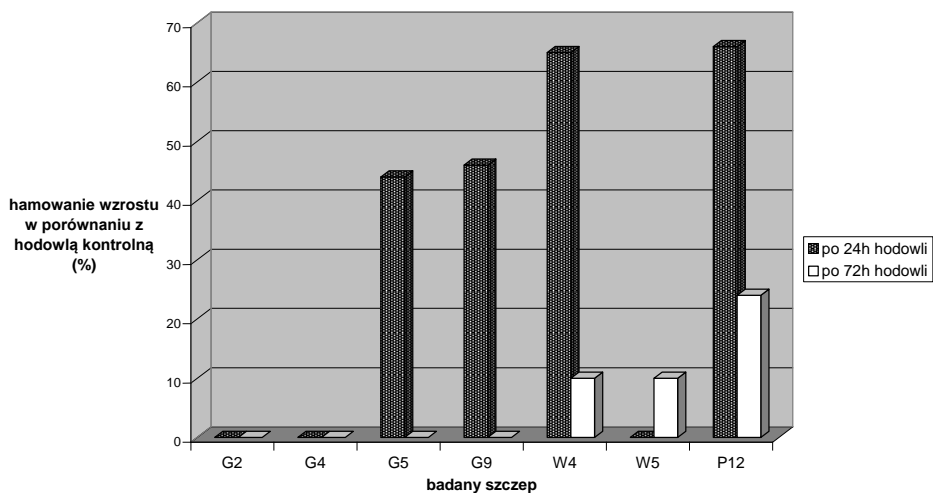
Rys. 4. Hamowanie wzrostu bakterii wyizolowanych z próbek wody w obecności badanych nanopreparatów
Fig. 4. The inhibition of the growth of bacteria isolated from water in presence of tested nanopowders



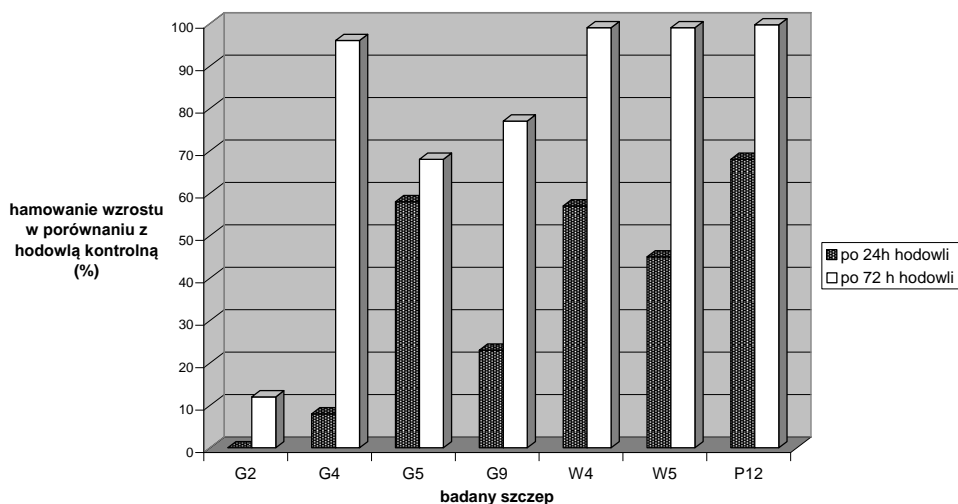
Rys. 5. Hamowanie wzrostu bakterii wyizolowanych z próbek powietrza w obecności badanych nanopreparatów
Fig. 5. The inhibition of the growth of bacteria isolated from the air in presence of tested nanopowders



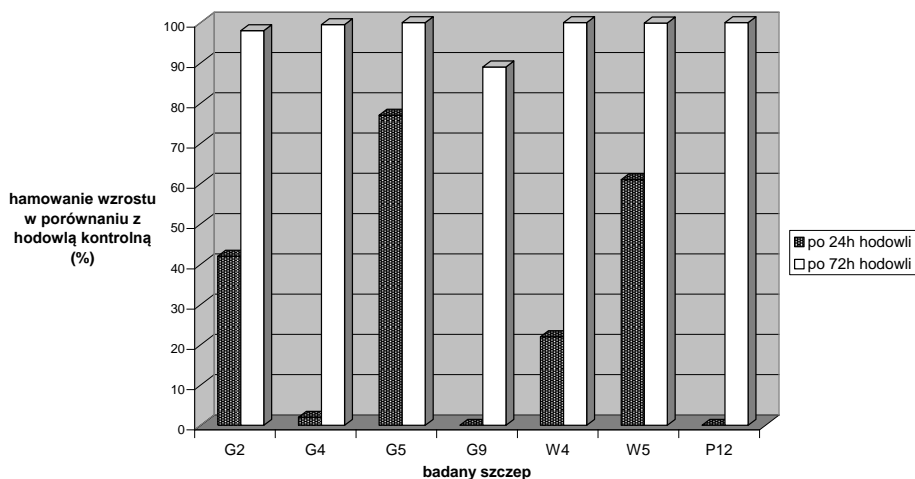
Rys. 6. Wzrost bakterii w obecności badanych nanoproszków
Fig. 6. The growth of bacteria in presence of tested nanopowders



Rys. 7. Hamowanie wzrostu wybranych szczepów bakterii w hodowli płynnej z dodatkiem nanotlenku glinu modyfikowanego kobaltem w ilości 100 mg/l
Fig. 7. The inhibition of the growth of chosen bacterial strains in liquid culture with addition of cobalt-modified alumina nanopowder in amount of 100 mg/l



Rys. 8. Hamowanie wzrostu wybranych szczepów bakterii w hodowli płynnej z dodatkiem nanotlenku glinu modyfikowanego kobaltem w ilości 500 mg/l
Fig. 8. The inhibition of the growth of chosen bacterial strains in liquid culture with addition of cobalt-modified alumina nanopowder in amount of 500 mg/l



Rys. 9. Hamowanie wzrostu wybranych szczepów bakterii w hodowli płynnej z dodatkiem nanotlenku glinu modyfikowanego kobaltem w ilości 1000 mg/l
Fig. 9. The inhibition of the growth of chosen bacterial strains in liquid culture with addition of cobalt-modified alumina nanopowder in amount of 1000 mg/l

Tabela 2. Wyniki identyfikacji szczepów bakterii
Table 2. The results of identification of bacteria

Bakterie wrażliwe na oba nanopreparaty	Bakterie wrażliwe tylko na nanotlenek glinu modyfikowany kobaltem	Bakterie niewrażliwe na badane nanopreparaty
G9 <i>Bacillus cereus</i>	G19 <i>Bacillus megaterium</i>	G16 <i>Bacillus mycoides</i>
G1 <i>Pseudomonas sp.</i>	G4 <i>Sphingomonas paucimobilis</i>	G17 <i>Burkholderia cepacia</i> (II)
G2 <i>Pseudomonas putida</i> (I)	W7 <i>Burkholderia cepacia</i> (I)	P17 <i>Staphylococcus lentus</i>
G5 <i>Pseudomonas putida</i> (II)	W2 <i>Micrococcus sp</i> (I)	P18 <i>Staphylococcus hominis</i> (I)
W5 <i>Pseudomonas luteola</i>	P11 <i>Staphylococcus lugdunensis</i>	P20 <i>Staphylococcus sciuri</i>
G25 <i>Pseudomonas fluorescens</i>	P8 <i>Staphylococcus hominis</i> (II)	P3 <i>Micrococcus sp</i> (II)
	P19 <i>Staphylococcus hominis</i> (III)	

Stwierdzono, że wśród bakterii wrażliwych na oba testowane nanopreparaty większość stanowiły gramujemne pałeczki z rodzaju *Pseudomonas*. Nanotlenek glinu modyfikowany kobaltem wpływał niekorzystnie na drobnoustroje należące do różnych grup systematycznych. Wśród bakterii opornych na oba nanotlenki większość stanowiły ziarniaki, głównie z rodzaju *Staphylococcus*.

4. Dyskusja i podsumowanie wyników

Wpływ nanocząstek na bakterie jest wciąż słabo poznany. Stwierdzono, że właściwości bakteriobójcze wykazują np. nanotlenki tytanu oraz srebra [8]. Pewne działanie inhibicyjne stwierdzono dla fulerenów (C_{60}) w stosunku do bakterii *Escherichia coli* oraz *Bacillus subtilis*, przy czym bakterie gramujemne charakteryzowały się większą wrażliwością na fulereny [9]. W przypadku nanotlenku cynku jako mechanizm oddziaływania zidentyfikowano zaburzenie przez nanocząstki ładunku powierzchniowego błon komórkowych [10, 11]. Badania dotyczące toksyczności nanocząstek MgO oraz ZnO wykazały obecność tych nanopreparatów w cytoplazmie zarówno żywych jak i martwych bakterii. Przyjęto, że jedyną możliwą drogą pobierania nanocząstek z otoczenia jest ich wchłanianie przez pory obecne w błonie komórkowej, prawdopodobnie służące do sekrecji białek. Pory takie mogłyby przepuścić nanocząstki o wymiarach od 1 do 9 nm [12÷14]. Innym mechanizmem antybakteryjnego działania nanocząstek jest peroksydacja lipidów wchodzących w skład błony bakterii, poprzez utworzenie reaktywnych form tlenu (ROS) [10]

W przeprowadzonych wcześniej pracach doświadczalnych potwierdzone zostały antybakteryjne właściwości nanotlenku glinu modyfikowanego srebrem, natomiast dotychczas brak było danych odnośnie wpływu na drobnoustroje nanotlenku glinu zawierającego kobalt. W niniejszej pracy stwierdzono zahamowanie wzrostu bakterii pochodzących z różnych środowisk w obecności CoO/Al_2O_3 , przy czym wpływ tego nanopreparatu na drobnoustroje był znacznie większy aniżeli nie modyfikowanego nanoproszku Al_2O_3 .

Nanocząstki wykorzystane w badaniach różniły się zarówno powierzchnią właściwą jak i wielkością cząstek. Istniejące dane literaturowe potwierdzają znaczącą rolę czynników na oddziaływania pomiędzy błoną biologiczną a nanocząstką [9]. Nanotlenek glinu modyfikowany

kobaltem charakteryzował się bardziej rozwiniętą powierzchnią właściwą, nieco większym rozmiarem cząstek oraz mniejszą średnicą porów w porównaniu z nanotlenkiem glinu nie modyfikowanym. Wiadomo jednak, że wielkość cząstek oraz efekty związane z rozwiniętą powierzchnią właściwą są tylko częściowo odpowiedzialne za ekotoksyczność. W przypadku badanych nanopreparatów przyczyną może być również większa toksyczność kobaltu w porównaniu z glinem. Istnieją dane odnośnie właściwości chorobotwórczych nanocząstek samego kobaltu [15]. Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń, nie można jednoznacznie stwierdzić, który z parametrów badanych nanokompozytów miał największe znaczenie dla aktywności biologicznej.

Badania wpływu nanotlenku zawierającego kobalt przeprowadzone w hodowlach płynnych wybranych szczepów bakterii potwierdziły znaczenie stężenia nanokompozytu w środowisku. Podczas gdy przy dodatku nanopreparatu do podłoża w ilości 100 mg/l obserwowano jedynie częściowe zahamowanie wzrostu lub brak widocznego efektu, to w stężeniu pięciokrotnie wyższym dochodziło do wyraźnego zahamowanie wzrostu już po 24 godzinach kontaktu. Stwierdzono ponadto, że wrażliwość na nanotlenki jest cechą określonego szczepu bakterii, co potwierdziły odmienne wyniki uzyskane dla różnych szczepów należących do tego samego gatunku.

5. Wnioski

1. Nanotlenek glinu modyfikowany kobaltem charakteryzował się znacznie silniejszymi właściwościami antybakteryjnymi w porównaniu z nanotlenkiem glinu nie modyfikowanym.
2. Największą wrażliwością na oba nanotlenki glinu, zwłaszcza $\text{CoO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ charakteryzowały się szczepy bakterii wyizolowane ze środowiska glebowego. W obecności nanotlenku modyfikowanego kobaltem w przypadku 93% szczepów doszło do zahamowania wzrostu. Nanotlenek nie modyfikowany wpływał negatywnie na wzrost około 20% bakterii glebowych, głównie gramujemnych pałeczek z rodzaju *Pseudomonas*.
3. Najmniej wrażliwe na nanotlenek glinu okazały się drobnoustroje wyizolowane z próbek powietrza, zwłaszcza bakterie z rodzaju *Staphylococcus*. Część spośród nich wykazywała natomiast wrażliwość na nanotlenek modyfikowany kobaltem.

4. Przy niskich stężeniach nanopreparatu możliwe są procesy adaptacji drobnoustrojów do wzrostu w obecności nanotlenku glinu, nawet w przypadku nadtlenu modyfikowanego kobaltem, o silniejszych właściwościach antybakteryjnych.
5. Wrażliwość na działanie nanotlenku glinu oraz nanotlenku glinu modyfikowanego kobaltem charakteryzowała określone szczepy bakterii i nie była cechą gatunkową.

Literatura

1. **Bystrzejewska-Piotrowska G., Golimowski J., Urban P.L.:** *Nanoparticles: Their potential toxicity, waste and environmental management*, Waste Manage. 29, 2009
2. **Yang L., Watts D.J.:** *Particle surface characteristics may play an important role in phytotoxicity of alumina nanoparticle*”, Toxicol. Lett. 158, 2005.
3. **Sahoo S., Parveen S., Panda J.J.:** *The present and future of nanotechnology in human health care*, Clinical Nanomedicine 3, 2007.
4. **Seshadri S.:** *The chemistry of nanomaterials: synthesis, properties and applications*, Wiley-Vch Verlag GMBH & Co, 2004.
5. **Rodríguez J.A., Fernández-García M.:** *Synthesis, Properties, and Applications of Oxide Nanomaterials*, JohnWiley & Sons, Inc. New Jersey, 2008.
6. **Wagner A., Bleckmann C.A., Murdock R.C., Schrand A.M., Schlager J.J., Hussain S.M.:** *Cellular Interaction of Different Forms of Aluminum Nanoparticles in Rat Alveolar Macrophages*, J. Phys. Chem. B 2007
7. **Ostrowski A.D., Martin T., Conti J. Hurt I., Harthorn B.H.:** *Nanotoxicology: characterizing the scientific literature 2000–2007*, J. N. Res. 2009.
8. **Konishi Y., Ohno K., Saitoh N., Nomura T., Nagamine S., Hishida H., Takahashi Y., Uruga T.:** *Bioreductive deposition of platinum nanoparticles on the bacterium Shewanella algae*, J. Biotechnol. 128, 2007.
9. **Lyon D.Y., Fortner J.D., Sayes C.M., Colvin V.L., Hughes J.B.:** *Bacterial cell association and antimicrobial activity of a C-60 water suspension*, Environ. Toxicol. Chem. 24, 2005.
10. **Neal A.L.:** *What can be inferred from bacterium–nanoparticles interactions about the potential consequences of environmental exposure to nanoparticles?*, Ecotoxicology 17, 2008.
11. **Williams D.N., Ehrman S.H., Pulliam-Holoman T.R.:** *Evaluation of the microbial growth response to inorganic nanoparticles*, Journal of Nanobiotechnology 4, 2006.

12. **Brayner R., Ferrari-Iliou R., Brivois N., Djediat S., Benedetti M.F., Fievet F.:** *Toxicological impact studies based on Escherichia coli bacteria in ultrafine ZnO nanoparticles colloidal medium*, Nano. Lett. 6, 2006.
13. **Moore M.N.:** *Do nanoparticles present ecotoxicological risks for the health of the aquatic environment?*, Environ. Int. 32, 2006.
14. **Handy R.D., Kammer F, Lead J.R., Hasselov M, Owen R., Crane M.:** *The ecotoxicology and chemistry of manufactured nanoparticles*, Ecotoxicology 17, 2008.
15. **Snopczyński T., Góralczyk K., Czaja K., Stryciński P., Hernik A., Korcz W., Ludwicki J.K.:** *Nanotechnologia – możliwości i zagrożenia*. Rocznik PZH, 2, 2009.

Impact of Alumina and Cobalt-modified Alumina on Microorganisms

Abstract

The growing interest in nanostructural materials and their common application in various areas of life and industry, results in their increasing emission into the natural environment. Most of the present research on the influence of nanoparticles on living cells is carried out using animal or cultured human cells. However there are few data concerning the impact of nanoproducts on microorganisms isolated from the natural environment.

The aim of this work was to determine the influence of alumina nanopowder as well as cobalt-modified alumina nanopowder on bacteria isolated from soil, water and air samples. The growth tests allowed to observe that Co-modified alumina nanopowder revealed the stronger antibacterial activity comparing with alumina without modification. The strains of soil bacteria were the most sensitive to both tested nanopowders, especially to $\text{CoO}/\text{Al}_2\text{O}_3$. The growth of 93% of bacteria isolated from soil samples was inhibited by cobalt-modified alumina nanopowder, but only about 20% – by alumina without modification (mainly gram negative rods from genus *Pseudomonas*). Bacteria isolated from the air, especially from genus *Staphylococcus* were the less sensitive to alumina nanoparticles. However some of them were sensitive to cobalt-modified alumina nanopowder. It was noticed that in low concentration of nanoproduct, some adaptation processes, allowing bacteria to grow in a presence of nanopowder may be observed, even in case of cobalt-modified alumina characterized by more significant antibacterial properties. Moreover, the sensitivity to tested preparations was attributed to the particular bacterial strains, that was proved by different results obtained for the various strains of the same bacterial species.

