

AGNIESZKA WOLNA-MARUWKA¹, JUSTYNA KLAMA¹, ALICJA NIEWIADOMSKA¹,
MAŁGORZATA NATYWA¹, MONIKA PIOTROWSKA², ANNA ORCHOWSKA¹

¹Katedra Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

²Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

PRZEŻYWALNOŚĆ BAKTERII Z RODZINY *ENTEROBACTERIACEAE* W KOMPOSTACH SPORZĄDZONYCH NA BAZIE OSADU ŚCIEKOWEGO*

Streszczenie. W pracy przedstawiono charakterystykę mikrobiologiczną osadu ściekowego kompostowanego w warunkach kontrolowanych wraz z bioodpadami (słoma, trociny). Przeprowadzono doświadczenie, w którym wymieszano materiał w odpowiednim stosunku wagowym oraz przy zróżnicowanym stosunku C:N, a następnie umieszczono w komorach bioreaktora o stałym przepływie powietrza (4 l/min). Badania miały na celu określenie dynamiki rozwoju oraz przeżywalności drobnoustrojów chorobotwórczych w osadzie ściekowym kompostowanym z różnymi dodatkami w cybernetycznym bioreaktorze. Próbkę kompostu pobierano do analizy laboratoryjnej w tym samym czasie, w zależności od aktualnej temperatury. Analizy mikrobiologiczne przeprowadzano na podłożach wybiórczych metodą płytkową, oznaczając liczebność bakterii chorobotwórczych z rodzaju *Salmonella*, jak również z rodziny *Enterobacteriaceae*. W doświadczeniach oznaczano również metodą flotacyjną obecność żywych jaj pasożytów jelitowych ATT. Uzyskane rezultaty wykazały, że osad ściekowy poddany procesowi kompostowania nie zawierał bakterii *Salmonella* spp. ani żywych jaj pasożytów jelitowych ATT i całkowicie zredukował liczebność bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* w kompostach K1 (75% osadu + 5% słomy + 20% trocin, C:N = 9,2) i K2 (60% osadu + 5% słomy + 35% trocin, C:N = 12,1). Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że redukcja badanych grup mikroorganizmów we wszystkich kompostach następowała wraz ze wzrostem temperatury, wartości pH oraz stężenia amoniaku. Uzyskane komposty (K1-K4) spełniały normy sanitarne zgodne z rozporządzeniami: Komisji Europejskiej (COMMISSION REGULATION (EC)... 2007) i Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi (ROZPORZĄDZENIE... 2008).

Słowa kluczowe: osad ściekowy, bioreaktor, proces kompostowania, mikroorganizmy

*Badania wykonano w ramach grantu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr N N310 2250 33.

Wstęp

Osady ściekowe pełnią funkcje glebotwórcze i nawozowe, jednak mogą zawierać w swoim składzie chorobotwórcze mikroorganizmy (*Salmonella paratyphi A, B, C*, *Escherichia coli*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus anthracis*, *Yersinia enterocolitica*), grożące skażeniem gleb i roślin (DUMONTET i IN. 2001). Obecność organizmów patogennych w osadach ściekowych jest jednym z podstawowych wskaźników decydujących o dalszym sposobie ich użytkowania. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (ROZPORZĄDZENIE... 2008) w nawozach i środkach wspomagających uprawę roślin niedopuszczalne jest występowanie bakterii z rodzaju *Salmonella*, żywych jaj pasożytów jelitowych *Ascaris* spp., *Trichuris* spp., *Toxocara* spp., a liczba bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* nie może przekraczać 1000 jtk w 1 g nawozu.

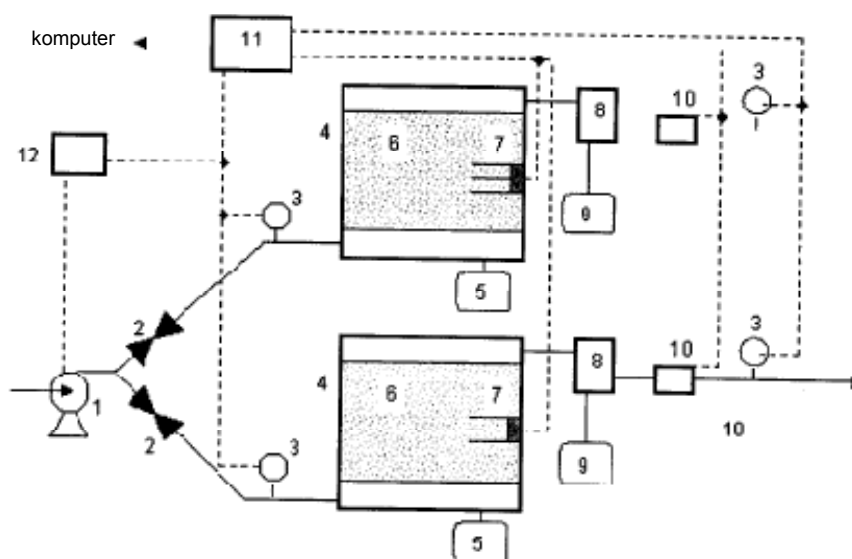
Jedną z metod przeróbki osadów jest ich kompostowanie. Proces ten polega na przekształceniu odpadów poprzez autotermiczny i termofilowy rozkład biologiczny w obecności tlenu, z udziałem mikro- i makroorganizmów, w pełnowartościowy kompost (MATYJA 2006). Uzyskiwana w fazie termofilnej dobrze przeprowadzonego procesu kompostowania wysoka temperatura (60-85°C) ma właściwości higienizacyjne, dzięki czemu uzyskuje się produkt o wysokiej jakości oraz bezpieczny pod względem sanitarnym.

Z badań DROFFNERA i YAMAMOTY (1991) wynika, że niektóre mikroorganizmy potencjalnie patogenne, np. z rodzajów *Salmonella*, *Pseudomonas* czy *E. coli* w warunkach termofilnych mogą wytwarzać termotolerancyjne mutanty, zdolne do wzrostu i rozwoju w temperaturze 54°C. Zdaniem TURNERA (2002) na tempo inaktywacji mikroorganizmów chorobotwórczych, obok wartości temperatury, mają wpływ wilgotność oraz rodzaj kompostowanego materiału. Z kolei SIDHU i IN. (2001) sugerują, że za likwidację bakterii *Salmonella* w procesie kompostowania odpowiedzialna jest rodzima saprofityczna mikroflora.

Material i metody

Doświadczenie założono w warunkach laboratoryjnych w 2009 roku. Badania przeprowadzono w czterokomorowym bioreaktorze izotermicznym (rys. 1) o pojemności każdej z komór 125 dm³, wyposażonym w czujniki elektroniczne do stałej rejestracji niektórych parametrów procesu (temperatury, zawartości dwutlenku węgla, metanu, amoniaku i tlenu). Komory oznaczono odpowiednio: K1, K2, K3, K4. Materiały do badań zostały dokładnie wymieszane w pojemniku w następujących proporcjach: K1 – 75% osadu ściekowego + 5% słomy + 20% trocin, K2 – 60% osadu ściekowego + 5% słomy + 35% trocin, K3 – 45% osadu ściekowego + 5% słomy + 50% trocin, K4 – 30% osadu ściekowego + 5% słomy + 65% trocin (tab. 1, 2). Zastosowany w doświadczeniu osad ściekowy pochodził z oczyszczalni ścieków w Szamotułach. Materiał w bioreaktorach kompostowano przez 1488 h (62 dni), a próbki do badań mikrobiologicznych pobierano ze wszystkich komór jednocześnie, w zależności od aktualnej temperatury.

Wolna-Maruwka A., Kłama J., Niewiadomska A., Natywa M., Piotrowska M., Orchowska A., 2010. Przeżywalność bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* w kompostach sporządzonych na bazie osadu ściekowego. *Nauka Przym. Technol.* 4, 6, #97.



Rys. 1. Schemat dwóch komór bioreaktora: 1 – pompa, 2 – regulator przepływu tlenu, 3 – przepływomierz, 4 – komory, 5 – zbiornik na odcieki, 6 – kompostowana biomasa, 7 – zespół czujników pomiarowych, 8 – system chłodzenia powietrza, 9 – zbiornik na skropliny, 10 – zespół czujników gazowych, 11 – 32-kanałowy rejestrator sygnałów pomiarowych, 12 – kontroler przepływu powietrza

Fig. 1. Schematic diagram of two chambers of the bioreactor: 1 – pump, 2 – oxygen flow regulator, 3 – flowmeter, 4 – chambers, 5 – liquides container, 6 – composted biomass, 7 – sensors array, 8 – air cooling system, 9 – condensate container, 10 – multi-plate gas sensor array, 11 – 32-channel recorder of measurement signals, 12 – air pump steering system

Tabela 1. Liczebność drobnoustrojów oraz jaj helmintów w bioodpadach zastosowanych w doświadczeniu

Table 1. The number of microorganisms and helminths eggs in biowastes used in the experiment

Materiał wyjściowy	<i>Salmonella</i> spp.		<i>Enterobacteriaceae</i>			
	jtk w 1 g s.m.	SD	jtk w 1 g s.m.	SD		
Osad	0	0	$29,98 \times 10^5$	1,13		
Słoma	0	0	$20,94 \times 10^3$	0,60		
Trociny	0	0	0,00	0,00		
Materiał wyjściowy	<i>Ascaris</i> spp.		<i>Trichuris</i> spp.		<i>Toxocara</i> spp.	
	szt. w 1 kg s.m.	SD	szt. w 1 kg s.m.	SD	szt. w 1 kg s.m.	SD
Osad	0	0	0	0	0	0

Tabela 2. Charakterystyka bioodpadów zastosowanych w doświadczeniu
Table 2. The characteristics of biowastes used in the experiment

Rodzaj materiału	Sucha masa (%)	Udział w kompoście (%)	Ilość w suchej masie kompostu (kg)	Świeża masa kompostu (kg)	C/N
K1					
Osad	16,7	75,0	8,35	50,00	8,2
Słoma	86,0	5,0	0,6	0,7	130,6
Trociny	87,9	20	2,2	2,50	490,2
C/N ostateczny					9,2
Sucha masa ostateczna (%)					21,0
Wilgotność ostateczna (%)					79,0
K2					
Osad	16,7	60	7,6	45,5	6,2
Słoma	86	5	0,6	0,7	130,6
Trociny	87,9	35	4,4	5,01	490,2
C/N ostateczny					12,1
Sucha masa ostateczna (%)					24,6
Wilgotność ostateczna (%)					74,6
K3					
Osad	16,7	45	6	35,93	6,2
Słoma	86	5	0,6	0,7	130,6
Trociny	87,9	50	0,7	7,57	490,2
Dodatek wody (kg)	8				
C/N ostateczny					17,0
Sucha masa ostateczna (%)					25,4
Wilgotność ostateczna (%)					74,6
K4					
Osad	16,7	30	5,8	33,53	6,2
Słoma	86	5	0,9	1,05	130,6
Trociny	87,9	65	12,0	13,65	490,2
Dodatek wody (kg)	23				
C/N ostateczny					26,4
Sucha masa ostateczna (%)					26,0
Wilgotność ostateczna (%)					74,0

Na mikrobiologicznych podłożach wybiórczych oznaczano metodą płytkową liczebność jednostek tworzących kolonie (jtk) bakterii z rodzaju *Salmonella* oraz ogólną liczbę bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*. Pałeczki *Salmonella* spp. oznaczano na podłożu XLT4 firmy Merck po 18-24 h inkubacji w temperaturze 37°C (MILLER i TATE 1990). W celu upewnienia się, że są to bakterie z rodzaju *Salmonella* spp., postępowano zgodnie z Polską Normą PN-Z-19000-1 (2001), wykonując identyfikację potwierdzającą. W celu oznaczenia liczebności bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* posłużono się podłożem wybiórczym firmy Merck – Chromocult®Coliform Agar. Płytki inkubowano w temperaturze 37°C przez 24 h (MANAFI i KNEIFEL 1989).

Ponadto z osadu ściekowego izolowano jaja pasożytów z rodzajów: *Ascaris* spp., *Trichuris* spp. i *Toxocara* spp., stosując metodę flotacyjną (GUNDŁACH i IN. 1996).

Zastosowane w doświadczeniu analizy statystyczne, polegające na obliczeniu średniej liczby drobnoustrojów w danym kompoście i terminie analiz, odchylenia standardowego oraz NIR-ów, przeprowadzono z wykorzystaniem programu Statistica 8.0 (OTT 1984).

Wyniki i dyskusja

Na podstawie przeprowadzonych badań nie stwierdzono obecności bakterii *Salmonella* spp. w żadnym z analizowanych materiałów, w tym w osadzie ściekowym wykorzystanym w doświadczeniu (tab. 1). Najprawdopodobniej procesy oczyszczania zastosowane w oczyszczalni ścieków, skąd pochodził osad, przyczyniły się do eliminacji tych patogenów. Uzyskane wyniki są satysfakcjonujące, gdyż ewentualna obecność bakterii z tego rodzaju dyskwalifikowałaby osady ściekowe do wykorzystania na cele rolnicze (OLSZEWSKA i IN. 2001, COMMISSION REGULATION (EC)... 2007, ROZPORZĄDZENIE... 2008).

Kompostowanie osadów ściekowych jest procesem, który wpływa pozytywnie na eliminację bakterii chorobotwórczych (np. *Salmonella* spp.) i żywych jaj pasożytów jelitowych. Potwierdzają to wyniki uzyskane przez WOLNĄ-MARUWKĘ i IN. (2005) oraz badania CZEKAŁY i IN. (2006), w których odnotowano eliminację bakterii z rodzaju *Salmonella* w procesie kompostowania osadów ściekowych już w temperaturze 50-58,8°C.

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono ponadto, że w analizowanym osadzie ściekowym nie wykryto jaj pasożytów jelitowych: *Ascaris* spp., *Trichuris* spp., *Toxocara* spp. (tab. 1).

Podobne wyniki uzyskała w swych badaniach NGUYEN (2002), która nie stwierdziła obecności jaj helmintów w osadzie ściekowym pochodzącym z komunalnych oczyszczalni ścieków. Również w badaniach CZEKAŁY i IN. (2006) nie wykryto żywych jaj pasożytów jelitowych w osadzie ściekowym poddanym procesowi kompostowania. Podczas analiz osadów ściekowych pochodzących z 10 oczyszczalni ścieków także BAUMAN-KASZUBSKA i SIKORSKI (2008) nie stwierdzili obecności jaj pasożytów jelitowych: *Ascaris* spp., *Trichuris* spp., *Toxocara* spp. w żadnych z nich. Ponadto badane osady nie zawierały również pałeczek *Salmonella* spp.

Po przeanalizowaniu wyników badań mikrobiologicznych (tab. 3) stwierdzono, że największa liczebność bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* w materiałach przeznaczonych do kompostowania wystąpiła w dniu założenia doświadczenia, co najprawdopodobniej było związane z dużym skażeniem osadu ściekowego (tab. 1).

Wolna-Maruwka A., Kłama J., Niewiadomska A., Natywa M., Piotrowska M., Orchowska A., 2010. Przeżywalność bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* w kompostach sporządzonych na bazie osadu ściekowego. Nauka Przyr. Technol. 4, 6, #97.

Tabela 3. Dynamika zmian liczebności *Enterobacteriaceae* w kompostach
Table 3. Dynamics of the *Enterobacteriaceae* number changes in composts

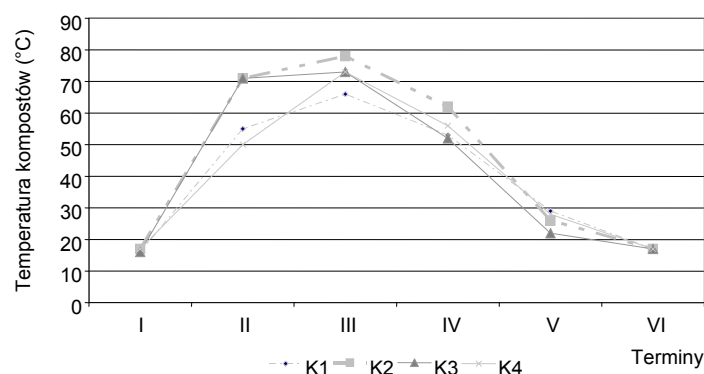
Kompost	Temperatura kompostu (°C)	Liczebność <i>Enterobacteriaceae</i> ($\times 10^3$ jtk w 1 g s.m.)	Odchylenie standardowe
1	2	3	4
Termin I – założenie doświadczenia			
K1	16	9 963,67	1 375,34
K2	17	1 790,55	848,71
K3	16	5 366,75	2 324,35
K4	17	6 891,88	1 180,29
NIR _{0,05} = 3220,53, NIR _{0,01} = 4217,36			
Termin II – po 24 h			
K1	55	1 226,42	128,67
K2	71	11,82	1,474
K3	71	95,56	1,35
K4	50	9 139,88	1 005,83
NIR _{0,05} = 1064,73, NIR _{0,01} = 1394,29			
Termin III – po 72 h (3 dni)			
K1	66	0	0
K2	78	0,01	0
K3	73	0,01	0
K4	73	0,2	0,01
NIR _{0,05} = 0,12, NIR _{0,01} = 0,16			
Termin IV – po 168 h (7 dni)			
K1	53	0	0
K2	62	0,01	0
K3	52	0,28	0,03
K4	56	0,01	0
NIR _{0,05} = 0,18, NIR _{0,01} = 0,24			
Termin V – po 384 h (16 dni)			
K1	29	0	0
K2	26	0,01	0,01
K3	22	0,63	0,21
K4	28	0,01	0,0
NIR _{0,05} = 0,22, NIR _{0,01} = 0,29			

Wolna-Maruwka A., Kłama J., Niewiadomska A., Natywa M., Piotrowska M., Orchowska A., 2010. Przeżywalność bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* w kompostach sporządzonych na bazie osadu ściekowego. Nauka Przyr. Technol. 4, 6, #97.

Tabela 3 – cd. / Table 3 – cont.

1	2	3	4
Termin VI – po 1488 h (62 dni)			
K1	17	0	0
K2	17	0	0
K3	17	0,84	0,29
K4	17	0,37	0,14
NIR _{0,05} = 0,34, NIR _{0,01} = 0,45			

24-godzinny proces kompostowania bioodpadów (termin II) spowodował wzrost w nich temperatury średnio o 33-55°C (rys. 2) oraz wartości pH powyżej 8 (rys. 3). Najprawdopodobniej przyczyniło się to do gwałtownego zmniejszenia się liczebności bakterii *Enterobacteriaceae* w komorach K1-K3. Jedynie w obiekcie K4 odnotowano wzrost liczebności tych bakterii, co przypuszczalnie było związane z najniższym wzrostem temperatury oraz wartości pH w tej komorze.

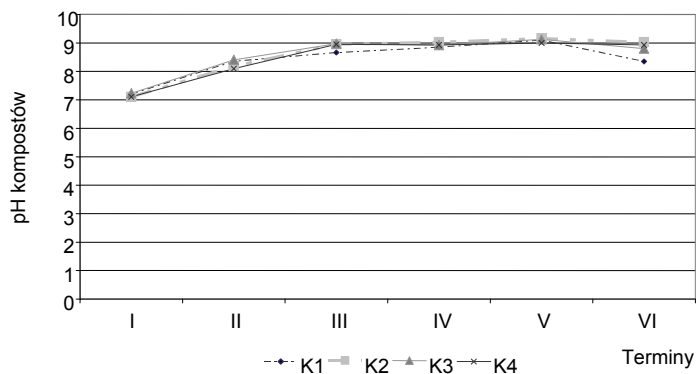


Rys. 2. Zmiany temperatury w bioodpadach podczas procesu kompostowania

Fig. 2. The changes of temperature in biowastes during composting process

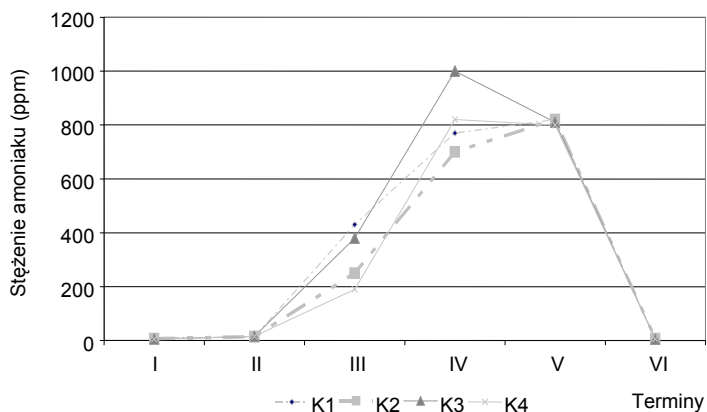
W kombinacji K1, w której temperatura wzrosła do 55°C, odnotowano mniejszą redukcję *Enterobacteriaceae* w porównaniu z obiektami, gdzie osiągnęła ona wartość 71°C. Z badań WOLNEJ-MARUWKI I IN. (2009) wynika, że wzrost temperatury powyżej 70°C powoduje całkowitą inaktywację omawianych mikroorganizmów. TERMORSHUIZEN I IN. (2003) informują o ponad czterokrotnym spadku liczebności *Enterobacteriaceae* w bioodpadach kompostowanych w bioreaktorze przy wzroście temperatury do wartości 35-40°C.

W kolejnym terminie badań (III) nie zanotowano obecności omawianych mikroorganizmów jedynie w kombinacji K1. Domniemywać można, iż obok temperatury (66°C)



Rys. 3. Zmiany pH w bioodpadach podczas procesu kompostowania
 Fig. 3. The changes of pH in biowastes during composting process

drugim czynnikiem wpływającym na redukcję bakterii było stężenie amoniaku, wydzielanego z kompostowanego materiału, które wyniosło wówczas ponad 400 ppm (rys. 4). W pozostałych obiektach doświadczalnych liczba *Enterobacteriaceae* utrzymywała się na zbliżonym, niskim poziomie aż do terminu V.



Rys. 4. Zmiany stężenia amoniaku w bioodpadach podczas procesu kompostowania
 Fig. 4. The changes of ammonia concentration in biowastes during composting process

Przeprowadzona w 62. dniu doświadczenia (termin VI) analiza próbek kompostowanych materiałów wykazała, że jedynie w kombinacjach K1 oraz K2 nastąpiła całkowita eliminacja omawianych mikroorganizmów. W obiektach K3 i K4, w których temperatura w fazie termofilnej osiągnęła wartość 73°C, wartość pH oscylowała wokół 9, stężenie amoniaku zaś dochodziło do 800-1000 ppm, bakterie *Enterobacteriaceae* w dalszym ciągu występowały.

Wolna-Maruwka A., Kłama J., Niewiadomska A., Natywa M., Piotrowska M., Orchowska A., 2010. Przeżywalność bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* w kompostach sporządzonych na bazie osadu ściekowego. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 6, #97.

Jak podają TSE-DINH i IN. (1997), bakterie podobnie jak inne organizmy, posiadają mechanizmy umożliwiające im przetrwanie w niekorzystnych warunkach środowiskowych, np. w wysokiej temperaturze. Zdaniem wymienionych autorów w komórce *E. coli* w temperaturze 30-42°C syntetyzowane są termooporne białka, które pozwalają tej mezofilnej bakterii stać się organizmem termotolerancyjnym, zdolnym do rozwoju nawet w temperaturze 52°C. JANDA i FALKOWSKI (2003) informują, że odporność drobnoustrojów na negatywny wpływ wysokiej temperatury jest też uzależniona od czynników środowiskowych, takich jak pH czy skład chemiczny podłoża.

Analizując dane przedstawione w tabeli 4, można zauważyć, że największy wpływ na tempo eliminacji *Enterobacteriaceae* z kompostowanych materiałów miała wartość pH. Ponadto obliczenie współczynnika korelacji liniowej Pearsona (OTT 1984) pozwoliło na stwierdzenie, że wpływ temperatury kompostów oraz stężenia wydzielanego przez nie amoniaku na inaktywację omawianych bakterii był – w zależności od rodzaju kombinacji – średni lub słaby.

Tabela 4. Współczynniki korelacji pomiędzy liczebnością *Enterobacteriaceae* a wartością NH₃, temperaturą i pH kompostów

Table 4. Correlation coefficients between the number of *Enterobacteriaceae* and the value of NH₃, temperature and pH of compost

Kompost	NH ₃	Temperatura	pH
K1	-0,48	-0,52	-0,94
K2	-0,38	-0,49	-0,92
K3	-0,41	-0,46	-0,94
K4	-0,56	-0,14	-0,82

Wnioski

1. W analizowanym osadzie ściekowym nie stwierdzono bakterii *Salmonella* spp. ani jaj pasożytów jelitowych ATT.

2. Nie stwierdzono, by zróżnicowany stosunek C:N kompostowanych bioodpadów miał wpływ na szybkość zagrzewania się materiałów czy długość fazy termofilnej procesu kompostowania.

3. Stwierdzono, że proces kompostowania wyeliminował całkowicie bakterie *Enterobacteriaceae* jedynie w dwóch w kombinacjach: K1 (75% osadu + 5% słomy + 20% trocin, C:N = 9,2) i K2 (60% osadu + 5% słomy + 35% trocin, C:N = 12,1), co mogło być spowodowane niskim stosunkiem C:N w kompostowanych bioodpadach.

4. Wszystkie uzyskane komposty mogą być wykorzystane rolniczo, bowiem spełniały normy sanitarne zgodne z rozporządzeniami: Komisji Europejskiej (COMMISSION REGULATION (EC)... 2007) oraz Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi dla nawozów organicznych (ROZPORZĄDZENIE... 2008).

Literatura

- BAUMAN-KASZUBSKA H., SIKORSKI M., 2008. Możliwości rolniczego i przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych na przykładzie wybranych obiektów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 526: 303-310.
- COMMISSION REGULATION (EC) No 185/2007 of 20 February 2007 amending Regulations (EC) No 809/2003 and (EC) No 810/2003 as regards extension of the validity of the transitional measures for composting and biogas plants under Regulation (EC) No 1774/2002 of the European Parliament and of the Council. 2007. [<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:063:0004:0005:EN:PDF>].
- CZEKAŁA J., DACH J., WOLNA-MARUWKA A., 2006. Wykorzystanie bioreaktora do badań modelowych kompostowania osadu ściekowego. *Wod. Środ. Obsz. Wiej.* 6, 2 (18): 29-40.
- DROFFNER M.L., YAMAMOTO N., 1991. Procedure for isolation of *Escherichia coli*, *Salmonella* and *Pseudomonas* mutants capable of growth at 54°C. *Arch. Microbiol.* 156: 307-311.
- DUMONTET S., SCOPA A., KERJE S., KROVACEK K., 2001. The importance of pathogenic organisms in sewage and sewage sludge. *J. Air Waste Manag. Assoc.* 51: 848-860.
- Gundlach J.L., Sadzikowski A.B., Tomczuk K., 1996. Zanieczyszczenie jajami *Toxocara* sp. wybranych środowisk miejskich i wiejskich. *Med. Wet.* 52, 6: 395-396.
- JANDA K., FALKOWSKI J., 2003. Przystosowanie mikroorganizmów do wysokich temperatur. *Adv. Agric. Sci. Probl. Issues* 429: 117-122.
- MANAFI M., KNEIFEL W., 1989. Combined chromogenic-fluorogenic medium for simultaneous detection of total coliforms and *E. coli* in water. *Zentralbl. Hyg.* 189: 225-234.
- MATYJA J., 2006. Kompostowanie osadów ściekowych wraz ze słomą i sianem. *Zagad. Inż. Środ. Wiej. Inf. Nauk.* 1: 66-68.
- MILLER R.G., TATE C.R., 1990. XLT4: a highly selective planting medium for the isolation of *Salmonella*. *Maryland Poultrym. April*: 2-7.
- NGUYEN B.L.T., 2002. Charakterystyka mikrobiologiczna i możliwość wykorzystania osadów ściekowych do produkcji kompostu z oczyszczalni ścieków dla miasta Zielona Góra. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 484: 401-408.
- OLSZEWSKA H., PALUSZAK Z., TRACZYKOWSKI A., 2001. Ocena mikrobiologiczna osadów ściekowych z zakładów mięsnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 477: 451-457.
- OTT L., 1984. An introduction to statistical methods and data analysis. PWS, Boston.
- PN-Z-19000-1. Ocena stanu sanitarnego gleby. Wykrywanie bakterii z rodzaju *Salmonella*. 2001. PKN, Warszawa.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. 2008. *Dz. U.* 119, poz. 765.
- SIDHU J., GIBBSY R.A., HO G.E., UNKOVICH I., 2001. The role of indigenous microorganisms in suppression of *Salmonella* regrowth in composted biosolids. *Water Res.* 35, 4: 913-920.
- TERMORSHUIZEN A.J., VOLKER D., BLOK W.J., BRUMMELER E., HARTOG B.J., JANSE J.D., KNOL W., WENNEKER M., 2003. Survival of human and plant pathogens during anaerobic mesophilic digestion of vegetable, fruit, and garden waste. *Eur. J. Soil Biol.* 39, 3: 165-171.
- TSE-DINH Y.CH., QI H., MENZEL R., 1997. DNA supercoiling and bacterial adaptation: thermotolerance and thermoresistance. *Trends Microbiol.* 5, 8: 323-326.
- TURNER C., 2002. The thermal inactivation of *E. coli* in straw and pig manure. *Bioresour. Technol.* 84: 57-61.
- WOLNA-MARUWKA A., CZEKAŁA J., DACH J., 2005. Dynamika zmian drobnoustrojów w osadzie ściekowym i słomie kompostowanych w bioreaktorze. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 506: 531-539.
- WOLNA-MARUWKA A., CZEKAŁA J., PIOTROWSKA-CYPLIK A., 2009. Określenie tempa inaktywacji bakterii chorobotwórczych w osadach ściekowych poddawanych procesowi kompostowania z różnymi dodatkami w bioreaktorze cybernetycznym. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 54, 1: 73-78.

THE SURVIVAL OF BACTERIA FROM *ENTEROBACTERIACEAE* FAMILY IN COMPOSTED SEWAGE SLUDGE

Summary. The paper contains a microbiological characteristics of sewage sludge composted in controlled conditions together with biowastes (straw, sawdust). An experiment was carried out, where the composted material was mixed up in adequate weight proportion and different C:N proportion and placed in bioreactor chambers with a constant air flow (4 l/min). The research aimed at defining the development dynamics and the survival of pathogenic microorganisms in the sewage sludge composted with different additions in a cybernetic bioreactor. Samples of compost necessary for microbiological analyses were taken at the same time, in reference to the actual temperature value in composting biowastes. Bacteriological studies were carried out on selected substrates by plate method determining the number of pathogenic bacteria from the species: *Salmonella*, as well as from *Enterobacteriaceae* family. In the experiments, the presence of living eggs of intestinal ATT pathogens was determined by floatation method, as well. It was found that the sewage sludge used in composting process did not contain any *Salmonella* spp. bacteria or any living eggs of intestinal ATT pathogens and completely eliminated the number of bacteria from *Enterobacteriaceae* family in K1 (75% sewage sludge + 5% straw + 20% sawdust, C:N = 9.2) and K2 (60% sewage sludge + 5% straw + 35% sawdust, C:N = 12.1) combinations. On the basis of the obtained results it was found that the elimination of the studied groups of microorganisms in all studied composts took place with the increase of temperature, pH value and ammonia concentration. The obtained composts (K1-K4) met the sanitary norms according to COMMISSION REGULATION (EC)... (2007) and the regulation of the Minister for Agriculture and Country Development (ROZPORZĄDZENIE... 2008).

Key words: sewage sludge, bioreactor, composting process, microorganisms

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Agnieszka Wolna-Maruwka, Katedra Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Szydlowska 50, 60-656 Poznań, Poland, e-mail: amaruwka@interia.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

18.10.2010

Do cytowania – For citation:

*Wolna-Maruwka A., Klama J., Niewiadomska A., Natywa M., Piotrowska M., Orchowska A., 2010. Przeżywalność bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* w kompostach sporządzonych na bazie osadu ściekowego. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 6, #97.*