

AGNIESZKA WOLNA-MARUWKA<sup>1</sup>, MONIKA PIOTROWSKA<sup>2</sup>, PAWEŁ NIZEWSKI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Katedra Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

<sup>2</sup>Katedra Gleboznawstwa  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

<sup>3</sup>Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

## ZMIANY LICZEBNOŚCI GRZYBÓW PLEŚNIOWYCH ORAZ AKTYWNOŚCI PROTEOLITYCZNEJ OSADU ŚCIEKOWEGO KOMPOSTOWANEGO W WARUNKACH KONTROLOWANYCH

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono charakterystykę mikrobiologiczną osadu ściekowego kompostowanego w warunkach kontrolowanych wraz z bioodpadami (słoma, trociny, kora). Przeprowadzono doświadczenie, w którym wymieszano materiał w odpowiednim stosunku wagowym, a następnie umieszczono w komorach bioreaktora o stałym przepływie powietrza. Przeprowadzony proces kompostowania miał na celu określenie dynamiki rozwoju grzybów (pleśni) mezofilnych i termofilnych oraz aktywności proteolitycznej osadu ściekowego kompostowanego z różnymi dodatkami w bioreaktorze. Próbkę kompostów do analizy laboratoryjnej pobierano w odniesieniu do wartości temperatury w bioodpadach. Analizy mikrobiologiczne przeprowadzono na wybiórczym podłożu, metodą płytkową, aktywność proteolityczną zaś oznaczano metodą spektrofotometryczną. Stwierdzono, iż skład mieszanki kompostowej nie wpływał znacząco na liczebność ani grzybów mezofilnych, ani termofilnych, miał zaś wpływ na poziom aktywności proteazy w kompostach. Ustalono również występowanie zależności pomiędzy zmniejszaniem liczebności grzybów mezofilnych a wzrostem temperatury i pH kompostów. Powyższego zjawiska nie odnotowano w przypadku grzybów termofilnych.

**Słowa kluczowe:** grzyby pleśniowe, aktywność proteolityczna, osad ściekowy, bioodpady, kompost, bioreaktor

## Wstęp

Problem zagospodarowania osadów ściekowych wzbudza duże zainteresowanie, jak również wywołuje szereg kontrowersji. Jedną z metod ich utylizacji może być kompostowanie (CZYŻYK i IN. 2001). Polega ono na przetwarzaniu substancji w kontrolowanych warunkach, w obecności tlenu (powietrza), w odpowiedniej temperaturze i wilgotności. Proces ten jest prowadzony przez liczne mikroorganizmy. Finalnym jego produktem jest kompost, będący cennym nawozem organicznym, zawierającym próchnicę oraz mikroelementy (GBOLAGADE 2006, URBANIAK i MOKRZYCKA 1996).

Szczególną rolę w procesie tworzenia humusu z poddawanego procesowi kompostowania materiału organicznego przypisuje się grzybom. Biorą one bowiem udział w rozkładzie celulozy, hemicelulozy oraz ligniny. Zwłaszcza grzyby termofilne przyczyniają się do mineralizacji materii organicznej. Wytwarzają one wiele enzymów wydzielanych pozakomórkowo (amylazy, lipazy, celulazy, proteazy, ksylanazy, pektynazy, fosfatazy), istotnych w procesach biodegradacji substancji organicznych (JANDA i FALKOWSKI 2003, TUOMELA i IN. 2000).

Jak wynika z przeglądu literatury (HASSEN i IN. 2001), rola grzybów w procesie kompostowania jest bardzo ważna, ponieważ organizmy te potrafią przekształcać związki organiczne nawet w trudnych warunkach (suche, kwaśne i mało żyzne podłoże), umożliwiając w ten sposób bakteriom dalsze tworzenie humusu. Ponadto w czasie kompostowania grzyby wykazują największą aktywność metaboliczną, asymilują bowiem od 30 do 40% węgla organicznego dostępnego w biomacie organicznej, kiedy przykładowo promieniowce asymilują 15-30%, a bakterie jedynie 5-10% (BŁASZCZYK i FIT 2004).

## Material i metody

Doświadczenie przeprowadzono w 2007 roku w warunkach laboratoryjnych, z wykorzystaniem czterokomorowego bioreaktora o objętości każdej z komór 125 dm<sup>3</sup>. Bioreaktor, który skonstruowano w Instytucie Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, był wyposażony w system czujników elektrycznych (temperatury, przepływu powietrza) i elektrochemicznych (dwutlenku węgla, metanu, amoniaku i tlenu) oraz w moduł automatycznej rejestracji danych pomiarowych. Poszczególne komponenty kompostowanej mieszanki zostały dokładnie wymieszane w pojemniku, w proporcjach udziału wagowego w stosunku do suchej masy: 45% osad ściekowy + 50% kora + 5% słoma w bioreaktorze K1, 45% osad ściekowy + 15% trociny + 5% słoma + 35% kora w bioreaktorze K2, 45% osad ściekowy + 35% trociny + 5% słoma + 15% kora w bioreaktorze K3, 45% osad ściekowy + 50% trociny + 5% słoma w bioreaktorze K4. Mikrobiologiczną oraz chemiczną analizę zastosowanych w doświadczeniu bioodpadów przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Materiał w bioreaktorach kompostowano przez 669,5 h, próbki kompostów zaś pobierano ze wszystkich komór równocześnie, w zależności od aktualnej temperatury kompostowanego materiału.

Tabela 1. Chemiczne właściwości komponentów zastosowanych w procesie kompostowania  
Table 1. Chemical properties of components used in composting process

Charakterystyka	Osad ściekowy	Kora	Słoma	Trociny
Sucha masa (%)	16,70	57,30	90,00	82,80
pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	6,63	–	–	–
C <sub>org</sub> (g/kg s.m.)	330,02	496,02	444,00	500,11
N <sub>og</sub> (g/kg s.m.)	53,00	3,02	3,37	4,21
C : N	6,62	165,33	130,56	118,79

Tabela 2. Liczebność mikroorganizmów w bioodpadach zastosowanych w doświadczeniu (jtk/g s.m.)  
Table 2. The number of microorganisms in biowastes used in the experiment (cfu/g d.m.)

Grupa mikroorganizmów	Osad ściekowy	Kora	Słoma	Trociny
Grzyby mezofilne	2 577,66 · 10 <sup>4</sup>	9 877,65 · 10 <sup>4</sup>	42,90 · 10 <sup>4</sup>	9 269,86 · 10 <sup>4</sup>
Grzyby termofilne	14,61 · 10 <sup>2</sup>	92,75 · 10 <sup>2</sup>	0,05 · 10 <sup>2</sup>	9,75 · 10 <sup>2</sup>

Na mikrobiologicznych podłożach wybiórczych metodą płytkową oznaczano liczebność jednostek tworzących kolonie (jtk) grzybów mezofilnych i termofilnych. Mezofilne grzyby pleśniowe oznaczano na pożywce MARTINA (1950) w temperaturze 24°C przez pięć dni. Z kolei grzyby termofilne oznaczano na tym samym podłożu, inkubację przeprowadzano jednakże w temperaturze 55°C, również przez pięć dni. Ponadto w pobranych próbkach kompostowanego materiału oznaczano metodą spektrofotometryczną aktywność proteazy, używając jako substratu 1-procentowego kazeinianu sodu, po 1-godzinnej inkubacji w temperaturze 50°C, przy długości fal 578 nm. Aktywność enzymu wyrażano w mikromolach tyrozyny na gram w ciągu 1 h (LADD i BUTLER 1972).

Zastosowane w doświadczeniu analizy statystyczne przeprowadzono z użyciem programu Statistica 8.0.

## Wyniki i dyskusja

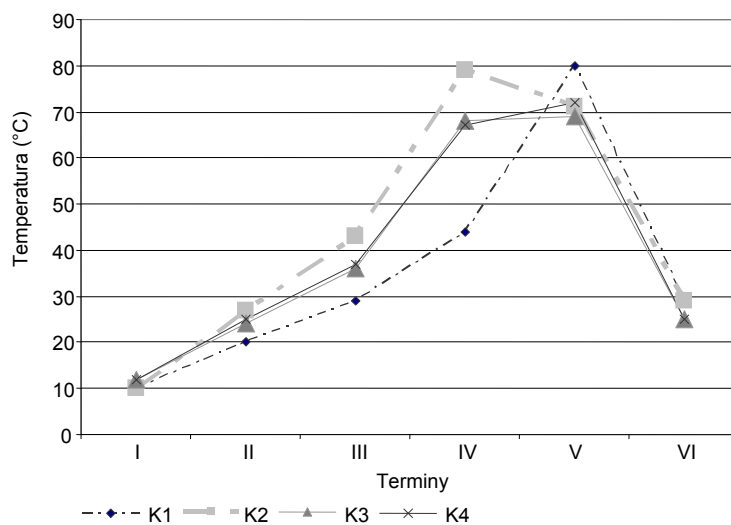
W skład mikroorganizmów biorących udział w procesie kompostowania obok bakterii i promieniowców wchodziły grzyby pleśniowe. Drobnoustroje te odgrywają kluczową rolę w degradacji materii organicznej, w resyntezie humusu oraz w tworzeniu nowej biomasy mikroorganizmów (BŁASZCZYK i FIT 2004).

Rozpatrując dynamikę zmian liczebności grzybów mezofilnych (tab. 3) w materiałach poddanych procesowi kompostowania, stwierdzono, że wzrost temperatury (rys. 1) w kompostowanych masach mógł być jednym z czynników wpływających na zmniejszenie liczebności omawianych mikroorganizmów. Również wzrost wartości pH (rys. 2) mógł się przyczynić do hamowania rozwoju mezofilnych grzybów pleśniowych. Przeprowadzona analiza statystyczna (tab. 4) potwierdziła występowanie korelacji

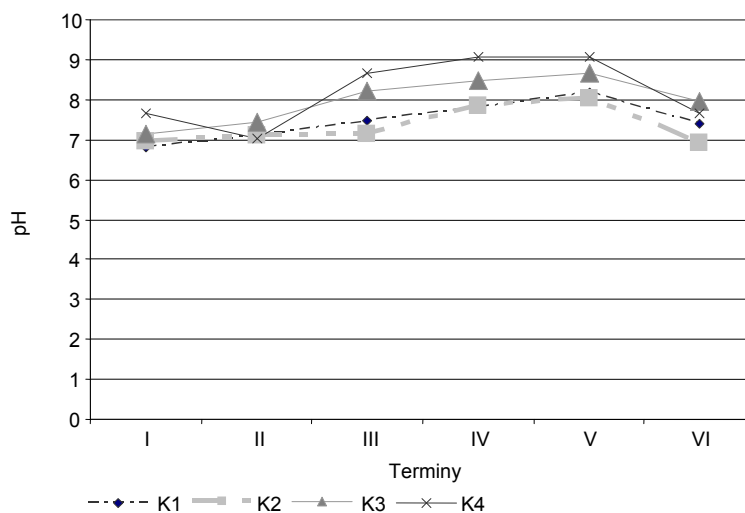
Tabela 3. Dynamika zmian liczby grzybów mezofilnych i termofilnych w kompostach  
Table 3. Dynamics of mesophilic and thermophilic fungi changes in composts

Rodzaj kompostu	Temperatura kompostu (°C)	Grzyby mezofilne		Grzyby termofilne	
		jtk·10 <sup>3</sup> /g s.m. kompostu	odchylenie standardowe SD	jtk·10 <sup>2</sup> /g s.m. kompostu	odchylenie standardowe SD
Termin I – założenie doświadczenia					
K1	10	104,64	14,80	0,22	0,03
K2	10	3 923,09	159,10	49,85	11,05
K3	12	2 030,69	139,41	0,51	0,30
K4	12	373,36	76,15	0,07	0,06
Termin II – po 24 h					
K1	20	3 077,79	819,35	47,94	9,45
K2	27	4 112,72	376,98	81,74	4,44
K3	24	6 694,21	596,91	1 385,28	40,49
K4	25	577,49	219,04	250,91	34,99
Termin III – po 46 h					
K1	29	2 640,12	451,34	8 762,62	4 145,13
K2	43	5 112,91	243,52	8 756,10	2 523,54
K3	36	7 991,06	644,15	8 318,50	2 598,24
K4	37	843,10	15,79	5 482,76	2 225,31
Termin IV – po 69,5 h					
K1	44	2,40	0,11	1 665,11	389,39
K2	79	3,89	0,45	6 701,72	1 643,19
K3	68	0,20	0,10	731,45	295,55
K4	67	0,08	0,01	1 402,70	1 182,55
Termin V – po 117,5 h					
K1	80	0,20	0,19	0,37	0,05
K2	71	0,01	0,00	0,42	0,22
K3	69	0,10	0,01	0,92	0,03
K4	72	0,20	0,03	0,02	0,03
Termin VI – po 669,5 h					
K1	29	0,89	0,36	0,09	0,03
K2	29	13,33	2,75	0,40	0,23
K3	25	23,34	2,03	0,40	0,23
K4	25	19,61	2,12	5,42	0,98

Wolna-Maruwka A., Piotrowska M., Nizewski P., 2010. Zmiany liczebności grzybów pleśniowych oraz aktywności proteolitycznej osadu ściekowego kompostowanego w warunkach kontrolowanych. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 1, #6.



Rys. 1. Zmiany temperatury w bioodpadach podczas procesu kompostowania  
Fig. 1. Changes of temperature in biowastes during composting process



Rys. 2. Zmiany pH w bioodpadach podczas procesu kompostowania  
Fig. 2. Changes of pH in biowastes during composting process

poniędzy wzrostem wartości temperatury i pH kompostów a zmniejszaniem się liczby omawianych drobnoustrojów. Jednakże, z wyjątkiem kompostu K2, powyższy związek miał charakter słaby, zgodnie bowiem z założeniami WYSOCKIEGO i LIRY (2003) silna korelacja liniowa Pearsona pomiędzy danymi czynnikami zachodzi wówczas, gdy  $0,75 \leq |r| < 0,95$ .

Tabela 4. Współczynnik korelacji pomiędzy liczebnością grzybów mezofilnych i termofilnych a wartością temperatury i pH kompostów

Table 4. Correlation coefficient between the number of mesophilic and thermophilic fungi and the value of temperature and pH of composts

Rodzaj kompostu	Grzyby mezofilne		Grzyby termofilne	
	temperatura	pH	temperatura	pH
K1	-0,36 <sup>n.s.</sup>	-0,31 <sup>n.s.</sup>	-0,09 <sup>n.s.</sup>	0,07 <sup>n.s.</sup>
K2	-0,61 <sup>n.s.</sup>	-0,56 <sup>n.s.</sup>	0,12 <sup>n.s.</sup>	0,18 <sup>n.s.</sup>
K3	-0,41 <sup>n.s.</sup>	-0,31 <sup>n.s.</sup>	0,05 <sup>n.s.</sup>	0,16 <sup>n.s.</sup>
K4	-0,48 <sup>n.s.</sup>	-0,31 <sup>n.s.</sup>	0,05 <sup>n.s.</sup>	0,38 <sup>n.s.</sup>

n.s. – różnice nieistotne statystycznie przy  $\alpha_{0,05}$ .

Z badań WONGA i IN. (1996) wynika, że wzrost wartości pH w kompostowanym materiale jest jednym z głównych czynników wpływających inhibicyjnie na rozwój mikroorganizmów. Badania przeprowadzone przez NAKASAKI i IN. (1985) informują o destrukcyjnym wpływie pH powyżej wartości 11 na rodzime mikrobiota osadów ściekowych poddanych procesowi wapnowania.

MCKINLEY i VESTAL (1984) podają z kolei, że temperatura jest dominującym czynnikiem fizycznym kontrolującym liczebność i aktywność mikroorganizmów w procesie kompostowania. Zdaniem HASSENA i IN. (2001) rozwój grzybów pleśniowych w procesie kompostowania jest hamowany przez inne czynniki aniżeli duże wartości pH czy wysoka temperatura. Zdaniem tych autorów to procesy mikrobiologicznego antagonizmu, w tym antybiozy, mogą się przyczyniać do hamowania rozwoju grzybów w kompostowanej masie.

Rozpatrując zmiany liczebności grzybów mezofilnych w omawianym układzie doświadczalnym, stwierdzono, że po 24 h kompostowania (termin II) nastąpił wzrost liczebności omawianych mikroorganizmów we wszystkich kompostach. Efekt ten był najsilniej dostrzegalny w komorze K1, w której kompostowana masa składała się w 45% z osadu ściekowego, w 50% z kory i w 5% ze słomy. Przyczyną tego zjawiska mogła być duża ilość kory zastosowana w omawianej kombinacji.

Po 69,5 h kompostowania (termin IV) zaobserwowano, że dalszy wzrost temperatury w kompostowanych materiałach spowodowany wzrostem aktywności metabolicznej mikroorganizmów przyczynił się do gwałtownego zmniejszenia liczby mezofilnych grzybów pleśniowych. Powyższe obserwacje potwierdzają badania przeprowadzone przez WONGA i FANGA (2000).

Z badań własnych wynika, że ponowna gwałtowna stymulacja rozwoju grzybów pleśniowych zaczęła się dopiero w terminie VI, co odpowiadało spadkowi temperatury w kompostach poniżej 30°C.

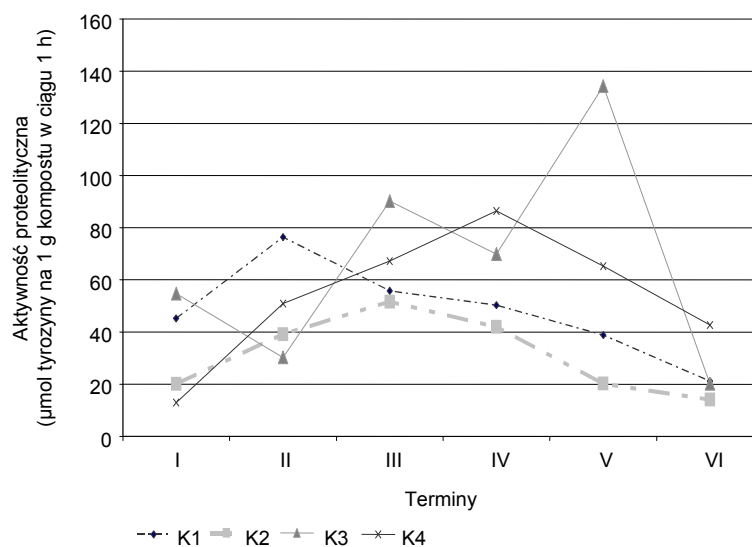
Zdaniem BŁASZCZYKA i FIT (2004) w fazie schładzania kompostu rozwijają się mikroorganizmy degradujące spolimeryzowaną materię organiczną, celulozę, hemicelulozę i ligniny. W fazie tej dominują promieniowce i grzyby pleśniowe, a także drożdże rodzaju *Candida*. Również GAUR i IN. (1982) informują w swych badaniach, że mikologiczny rozkład celulozy w kompostach przebiega intensywnie w temperaturze niższej niż 45°C.

W przypadku grzybów termofilnych (tab. 3) również stwierdzono, że 24-godzinny proces kompostowania (termin II) przyczynił się do wzrostu ich liczebności. W kolejnych dwóch terminach badań (III i IV) liczebności grzybów utrzymywały się na wysokim poziomie. Przeprowadzona analiza statystyczna (tab. 4) wykazała brak korelacji liniowej Pearsona pomiędzy liczebnością grzybów termofilnych a wartościami temperatury. Analogiczne wnioski wyciągnięto w przypadku wpływu pH na zmiany liczebności omawianych mikroorganizmów.

Z badań BŁASZCZYKA i FIT (2004) wynika, że w zakresie temperatur od 55 do 60°C liczba żywych grzybów maleje, a prawie kompletnie znikają one w temperaturze powyżej 65°C. Zdaniem MAHESHWARIEGO i IN. (2000) w fazie termofilnej procesu kompostowania dominują m.in. rodzaje *Thermomyces*, *Chaetomium*, *Geotrichum*, *Hamigera* i *Neurospora*. Z badań REINTHALERA i IN. (1997) wynika, że w fazie termofilnej procesu kompostowania do atmosfery może trafiać dużo zarodników pleśni *Aspergillus fumigatus*. Spory tego gatunku grzyba wdychane przez człowieka mogą się przyczyniać do poważnych schorzeń układu oddechowego.

Analizując pozostałe dwa terminy badań, przedstawione w tabeli 3, stwierdzono, że liczba termofilnych grzybów pleśniowych utrzymywała się już do końca trwania doświadczenia na niskim poziomie, zbliżonym do terminu I.

Interpretując dane zebrane na rysunku 3, zaobserwowano, że największa aktywność proteolityczna w kompoście K1 występowała po 24 h kompostowania (termin II). 46-godzinny proces kompostowania bioodpadów w powyższej kombinacji (termin III) przyczynił się do spadku aktywności enzymatycznej. Stan taki utrzymywał się do końca trwania doświadczenia.



Rys. 3. Zmiany aktywności proteolitycznej w bioodpadach podczas procesu kompostowania

Fig. 3. Changes of proteolytic activity in biowastes during composting process

Inaczej kształtowały się zmiany aktywności omawianych enzymów w materiale kompostowanym w komorze K2, gdzie odnotowano wzrastającą aktywność proteazy w dwóch początkowych terminach analiz (termin II i III). Maksimum aktywności zaobserwowano w III terminie badań, po 46 h trwania procesu kompostowania, przy wzroście temperatury do wartości 43°C. W kolejnych trzech terminach analiz (termin IV-VI) odnotowano inaktywację aktywności enzymów.

W powyższych dwóch kombinacjach (K1 i K2) odnotowano dodatnią korelację (tab. 5) pomiędzy zmianami poziomu aktywności proteazy a liczbą grzybów mezofilnych. Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej (tab. 6) stwierdzono, że zarówno zmiany wartości temperatury, jak i pH nie korelowały z poziomem aktywności proteazy w obiektach K1 i K2. W związku z powyższym domniemywać można, że zmniejszanie poziomu aktywności omawianych enzymów było związane z zawartością w bioodpadach substancji białkowej.

Tabela 5. Współczynnik korelacji pomiędzy liczebnością grzybów mezofilnych i termofilnych a aktywnością proteolityczną kompostów

Table 5. Correlation coefficient between the number of mesophilic and thermophilic fungi and the proteolytic activity of composts

Rodzaj kompostu	Grzyby mezofilne	Grzyby termofilne
K1	0,80 <sup>n.s.</sup>	0,23 <sup>n.s.</sup>
K2	0,82 <sup>*</sup>	0,51 <sup>n.s.</sup>
K3	0,21 <sup>n.s.</sup>	0,50 <sup>n.s.</sup>
K4	0,35 <sup>n.s.</sup>	0,42 <sup>n.s.</sup>

n.s. – różnice nieistotne statystycznie przy  $\alpha_{0,05}$ .

\* – różnice istotne statystycznie przy  $\alpha_{0,05}$ .

Tabela 6. Współczynnik korelacji pomiędzy aktywnością proteazy a wartością temperatury i pH kompostów

Table 6. Correlation coefficient between the protease activity and the value of temperature and pH of composts

Rodzaj kompostu	Temperatura	pH
K1	-0,27 <sup>n.s.</sup>	-0,27 <sup>n.s.</sup>
K2	0,27 <sup>n.s.</sup>	0,10 <sup>n.s.</sup>
K3	0,70 <sup>n.s.</sup>	0,67 <sup>n.s.</sup>
K4	0,83 <sup>*</sup>	0,70 <sup>n.s.</sup>

n.s. – różnice nieistotne statystycznie przy  $\alpha_{0,05}$ .

\* – różnice istotne statystycznie przy  $\alpha_{0,05}$ .

W przypadku kombinacji K4 dynamika zmian aktywności omawianych enzymów w kompostowanych bioodpadach przebiegała podobnie jak w komorze K2. Aktywność proteolityczna w kombinacji K4 wzrastała sukcesywnie do terminu IV (po 69,5 h), w którym osiągnęła wartość maksymalną. Również w tej kombinacji odnotowano dodatnią korelację pomiędzy zmianami wartości temperatury i pH a poziomem aktywności proteazy (tab. 6). Zdaniem MARGESINA i IN. (2006) wzrost temperatury do 55-60°C inaktywuje proteazę. Powyższe stwierdzenie jest zgodne z rezultatami badań MCKINLEY i VESTALA (1984), według których maksymalna aktywność mikroorganizmów w procesie kompostowania osadów ściekowych ma miejsce w zakresie temperatur od 25 do 45°C, podczas gdy w temperaturze 55-74°C odnotowano relatywnie mniejszą ich aktywność. Można więc przypuszczać, że jednym z głównych czynników wpływających na zmniejszanie aktywności omawianych enzymów w kombinacji K4 także był skład chemiczny kompostowanej masy bądź dostępność rozkładalnej substancji białkowej. Z badań KUCHARSKIEGO (1997) wynika, że obecne w osadach ściekowych pestycydy, metale ciężkie, PCB, PAH i inne związki mogą wpływać inhibicyjnie na aktywność enzymów.

Analizując zmiany aktywności proteolitycznej w kompoście K3, stwierdzono, że w tej kombinacji wystąpiła największa, w porównaniu z pozostałymi, trzema kombinacjami, aktywność omawianych enzymów. Ponadto kompost K3, podobnie jak i K4, charakteryzował się występowaniem dodatniego współczynnika korelacji liniowej Pearsona pomiędzy aktywnością proteazy a wartością pH czy temperatury.

Z powyższej prezentacji poglądów wynika, że nie ma jednoznacznego wyjaśnienia przyczyn zmian aktywności proteolitycznej osadu ściekowego w czasie kompostowania. Odmienne obserwacje są prawdopodobnie wynikiem zróżnicowanego składu kompostowanej materii organicznej. Otrzymane wyniki nie upoważniają do wyciągnięcia definitywnych wniosków, lecz są kolejnym głosem w trwającej dyskusji na temat zmian liczebności i aktywności mikroorganizmów w osadzie ściekowym poddanym procesowi kompostowania.

## Wnioski

1. Stwierdzono, że zmiany liczebności grzybów mezofilnych w dużym stopniu były uzależnione od wartości temperatury i pH kompostowanych bioodpadów. Powyższego zjawiska nie odnotowano w przypadku grzybów termofilnych.

2. Największą liczbę grzybów mezofilnych i termofilnych w dniu założenia doświadczenia odnotowano w kompoście K2, który składał się w 45% z osadu ściekowego, w 15% z trocin, w 5% ze słomy i w 35% z kory.

3. Największą, średnią liczbę grzybów mezofilnych w trakcie trwania doświadczenia odnotowano w kompoście K3 (45% osad ściekowy + 35% trociny + 5% słoma + 15% kora), z kolei grzybów termofilnych – w K2.

4. Proces kompostowania przyczynił się do znacznej redukcji liczebności grzybów mezofilnych. Liczba grzybów termofilnych w kompostach w ostatnim terminie analiz wykazywała wartości zbliżone do tych z terminu I.

5. Największą, średnią aktywność proteolityczną odnotowano w kompoście K3, najmniejszą zaś w K2.

6. Nie stwierdzono hamującego wpływu wysokiej temperatury i dużej wartości pH w kompostowanych bioodpadach na aktywność proteazy (z wyjątkiem kombinacji K1).

7. Głównym czynnikiem wpływającym na zmiany poziomu aktywności proteolitycznej w bioodpadach był najprawdopodobniej zróżnicowany skład kompostowanej materii organicznej.

## Literatura

- BŁASZCZYK M., FIT M., 2004. Sukcesja mikroorganizmów w czasie kompostowania odpadów organicznych. W: *Materiały VII Konferencji Naukowo-Technicznej pt. „Woda–ścieki–odpady w środowisku. Biologiczne przetwarzanie stałych odpadów organicznych”*. Zielona Góra, 9-10 września 2004. 24-29.
- CZYŻYK F., KUCZEWSKA M., SIERADZKI T., 2001. Wstępne wyniki badań kompostowania płynnych osadów ściekowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 475: 263-269.
- GAUR A.C., SADASIVAM K.V., MATHUR R.S., MAGU S.P., 1982. Role of mesophilic fungi in composting. *Agric. Wastes* 4: 453-460.
- GBOLAGADE J.S., 2006. Bacteria associated with compost used for cultivation of Nigerian edible mushrooms *Pleurotus tuber-regium* (Fr.) Singer, and *Lentinus squarrosulus* (Berk.). *Afr. J. Biotechnol.* 5, 4: 338-342.
- HASSEN A., BELGUTH K., JEDIDI N., CHERIF A., CHERIF M., BOUDABOUS A., 2001. Microbial characterization during composting of municipal solid waste. *Bioresour. Technol.* 80, 3: 217-225.
- JANDA K., FALKOWSKI J., 2003. Termofilny grzyb *Thermomyces lanuginosus*: występowanie i właściwości. *Post. Mikrobiol.* 42, 1: 55-66.
- KUCHARSKI J., 1997. Relacje między aktywnością enzymów a żyznością gleby. W: *Drobnoustroje w środowisku. Występowanie, aktywność i znaczenie*. KBN i Wydział Rolniczy AR w Krakowie, Kraków: 327-347.
- LADD N., BUTLER J.H.A., 1972. Short-term assays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates. *Soil Biol. Biochem.* 4: 19-30.
- MAHESHWARI R., BHARADWAY G., BHAT M.K., 2000. Thermophilic fungi: their physiology and enzymes. *Mol. Biol. Rev.* 64, 3: 461-488.
- MARGESIN R., CIMADOM J., SCHINER F., 2006. Biological activity during composting of sewage sludge at low temperatures. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 57: 88-92.
- MARTIN J.P., 1950. Use of acid, rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil Sci.* 69: 215-232.
- McKINLEY V.L., VESTAL R., 1984. Biokinetic analyses of adaptation and succession: microbial activity in composting municipal sewage sludge. *Appl. Environ. Microbiol.* 47: 933-941.
- NAKASAKI K., SHODA M., KUBOTA H., 1985. Comparison of composting of two sewage sludge. *J. Ferment. Technol.* 63, 6: 537-543.
- REINTHALER F.F., MARTH E., EIBEL U., ENAYAT U., FEENSTRA O., FRIEDL H., KOCK M., PICHLER-SEMMLEROCK F.P., PRIDNIG G., SCHLACHER R., 1997. The assessment of airborne microorganisms in large-scale composting facilities and their immediate surroundings. *Aerobiologia* 13: 167-175.
- TUOMELA M., VIKMAN M., HATAKKA A., ITÄVAARA M., 2000. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. *Bioresour. Technol.* 72, 2: 169-183.
- URBANIAK M., MOKRZYCKA B., 1996. Badania nad kompostowaniem osadów ściekowych jako element gospodarki osadowej dużej oczyszczalni. *Zesz. Nauk. P. Łódz.* 756: 91-102.
- WONG J.W.C., FANG M., 2000. Effects of lime addition on sewage sludge composting process. *Water Res.* 34, 15: 3691-3698.

Wolna-Maruwka A., Piotrowska M., Niżewski P., 2010. Zmiany liczebności grzybów pleśniowych oraz aktywności proteolitycznej osadu ściekowego kompostowanego w warunkach kontrolowanych. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 1, #6.

WONG J.W.C., LI G.X., WONG M.H., 1996. The growth of *Brassica chinensis* in heavy-metal-contaminated sewage sludge compost from Hong Kong. *Bioresour. Technol.* 58, 3: 309-313.

WYSOCKI F., LIRA J., 2003. *Statystyka opisowa*. Wyd. AR, Poznań.

#### CHANGES OF THE MOLDS NUMBER AND THE PROTEOLYTIC ACTIVITY OF SEWAGE SLUDGE IN CONTROLLED CONDITIONS COMPOSTING

**Summary.** The paper presents microbiological characteristics of sewage sludge from the sewage treatment plant, in controlled conditions with biowastes (straw, sawdust, bark). In the experiment the material was mixed in the appropriate weight proportions and located in bioreactor chambers with a constant air flow. The performed composting process aimed at the determination of the development dynamics of mesophilic and thermophilic fungi (molds) and proteolytic activity of sewage sludge, composted with different additions in a cybernetic bioreactor. Compost samples were taken for laboratory analysis with reference to the temperature value in biowastes. Microbiological analyses were carried out on selective medium using the plate method, and the activity of protease was identified by spectrophotometric method. It was estimated that the composition of compost did not interact with the number of mesophilic and thermophilic fungi while composting process, but it interacted with protease activity in compost. Existence of relation between the decrease of microorganisms number and increase of values of temperature and pH was observed. In case of thermophilic fungi, this phenomenon was not noted.

**Key words:** molds, proteolytic activity, sewage sludge, biowastes, compost, bioreactor

*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:*

*29.11.2009*

*Do cytowania – For citation:*

*Wolna-Maruwka A., Piotrowska M., Niżewski P., 2010. Zmiany liczebności grzybów pleśniowych oraz aktywności proteolitycznej osadu ściekowego kompostowanego w warunkach kontrolowanych. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 1, #6.*