

JACEK NOWAK, MAŁGORZATA LASIK

Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

## WYSOKOTEMPERATUROWA BIOREMEDIACJA ŚCIEKÓW Z PRZEMYSŁU ZIEMNIACZANEGO Z WYKORZYSTANIEM MIESZANEJ KULTURY BAKTERYJNEJ

**Streszczenie.** Celem badań była ocena możliwości biodegradacji ścieków przemysłu ziemniaczanego z użyciem mieszanych kultur bakterii rodzaju *Bacillus* w warunkach termofilnych. Do badań stosowano ścieki powstające w procesie odzysku białka z wód sokowych ziemniaków (nazwanych gorącymi) oraz powstające podczas produkcji skrobi ziemniaczanej. Stwierdzono istotny wpływ temperatury procesu na efektywność biodegradacji ścieków. Oczyszczenie obu rodzajów ścieków, wyrażone redukcją wskaźnika ChZT, zmniejszało się wraz z podwyższaniem temperatury procesu. Najlepsze efekty zmniejszenia obciążenia ścieków obserwowano w bioreaktorze STR w temperaturze 45°C (81±3% redukcji wskaźnika ChZT ścieków skrobiowych i 78±4% redukcji wskaźnika ChZT ścieków gorących), natomiast najslabsze – w temperaturze 62°C (63±2% redukcji wskaźnika ChZT ścieków skrobiowych i 65±3% redukcji wskaźnika ChZT ścieków gorących). Analiza przebiegu zmian poziomu tlenu rozpuszczonego w podłożu ściekowym podczas przeprowadzonych w warunkach napowietrzanych hodowli okresowych wykazała, że najwyższe tempo redukcji wskaźnika ChZT ścieków występowało w okresie intensywnego przyswajania przez stosowane kultury mikroorganizmów tlenu z podłoża.

**Słowa kluczowe:** *Bacillus*, ścieki, przemysł ziemniaczany, biodegradacja

### Wstęp

Systemy termofilne tlenowego biologicznego oczyszczania ścieków reprezentują unikalne i relatywnie nowe procesy, które mogą być szczególnie przydatne do biodegradacji ścieków silnie obciążonych lub ścieków o wysokiej temperaturze (gorących).

Termofilne tlenowe biologiczne oczyszczanie ścieków cechuje się większymi niż inne procesy szybkościami degradacji substratu, szybką inaktywacją mikroorganizmów patogennych i małą produkcją osadów czynnych (LASIK i NOWAK 2007). Szybkie tempo biodegradacji skraca czas procesu (przetrzymania ścieków w bioreaktorze),

a więc obniża również koszty inwestycyjne i eksploatacyjne oczyszczalni. Dodatkowo duża szybkość biodegradacji wpływa na polepszenie stabilności procesu poprzez szybkie wychodzenie z sytuacji krytycznych (KOSSEVA i IN. 2003).

Zdolność inaktywacji mikroflory patogennej może być szczególnie użyteczna podczas utylizacji, np. gnojowicy (COUILLARD i ZHU 1993). Nie znaczy to jednak, że termofilnego tlenowego biologicznego oczyszczania ścieków nie można wykorzystać do oczyszczania innych rodzajów ścieków, takich jak ścieki przemysłu spożywczego – silnie obciążonych, jednak o stosunkowo słabej koncentracji substancji biodegradowalnych (LAPARA i ALLEMAN 1999). Mikroflorę wykorzystywaną w procesach biodegradacji w podwyższonej temperaturze stanowią najczęściej kultury mieszane. Charakteryzują się one istotnie większą aktywnością biologiczną oraz mniejszymi wymaganiami pokarmowymi w porównaniu z mikroorganizmami występującymi pojedynczo. Jest to najprawdopodobniej wynikiem synergistycznych oddziaływań występujących pomiędzy drobnoustrojami podczas wzrostu w populacjach mieszanych. Ich brak, w przypadku pojedynczo występujących monokultur, istotnie wpływa na osłabienie aktywności, a zarazem zdolności biodegradacyjnych mikroflory procesu (SURUCU 1999, LAPARA i IN. 2002, LASIK i IN. 2002, KRZYWONOS i IN. 2009). Do mikroorganizmów, najczęściej wykorzystywanych w tlenowych termofilnych procesach biodegradacji, należą głównie bakterie rodzajów: *Bacillus*, *Thermus* lub *Actinomycetes*. Drobnoustroje są najczęściej izolowane z gorących źródeł, gleby, kompostów, wód powierzchniowych, ścieków oraz zepsutej żywności (BEAUDET i IN. 1990, TRIPATHI i ALLEN 1999, SUVILAMPI i IN. 2003).

Wady tlenowego procesu termofilnego są związane ze znacznymi kosztami napowietrzania bioreaktorów, małą zdolnością mikroflory termofilnej do flokulacji i problemami z pienieniem. Mniejsza produkcja biomasy mikroorganizmów charakterystyczna dla tlenowych procesów termofilnych prowadzi do większego niż w procesach mezofilnych zapotrzebowania na tlen, ponieważ większa ilość substratu jest przetwarzana do dwutlenku węgla i wody zamiast do biomasy mikroorganizmów (CIBIS i IN. 2006, LASIK i NOWAK 2006).

## Material

Do badań użyto dwóch rodzajów ścieków pochodzących z Wielkopolskiego Przedsiębiorstwa Przetwórstwa Ziemniaczanego (WPPZ) w Poznaniu: ścieków powstających w procesie odzysku białka z wód sokowych ziemniaków metodą koagulacji kwasowo-termicznej, nazwanych gorącymi, i ścieków powstających w procesie produkcji skrobi ziemniaczanej, nazwanych skrobiowymi (tab. 1).

Procesy biodegradacji prowadzono, stosując mieszaną kulturę z rodzaju *Bacillus* (*B. laterosporus*, *B. circulans*, *B. filicolonicus*, *B. stearothermophilus*, *B. acidocaldarius*, *B. licheniformis*).

Tabela 1. Charakterystyka składu chemicznego ścieków gorących i ścieków skrobiowych  
Table 1. Composition of hot and starch wastewaters

Wskaźnik zanieczyszczenia ścieków	Ścieki gorące	Ścieki skrobiowe
pH	5,32±0,17	5,61±0,33
ChZT w 1 dm <sup>3</sup> (gO <sub>2</sub> )	33,21±5,08	20,43±4,69
BZT <sub>5</sub> w 1 dm <sup>3</sup> (gO <sub>2</sub> )	16,51±3,32	9,87±2,99
Ogólny węgiel organiczny (OWO) (g/dm <sup>3</sup> )	9,36±2,78	5,25±1,19
Substancje redukujące (g/dm <sup>3</sup> )	3,42±0,56	1,87±0,55
Azot ogólny (g/dm <sup>3</sup> )	2,11±0,26	1,24±0,11
Fosfor ogólny (g/dm <sup>3</sup> )	0,43±0,08	0,14±0,09
Sucha substancja (g/dm <sup>3</sup> )	31,17±5,41	18,35±4,83
ChZT : N : P	100 : 6,5 : 1,3	100 : 6 : 0,7

## Metody analityczne

Oznaczanie chemicznego zapotrzebowania tlenu (ChZT), ogólnego węgla organicznego (OWO), azotu ogólnego i fosforu ogólnego wykonywano metodą spektrofotometryczną z wykorzystaniem testów kuwetowych Dr Lange (Niemcy) z użyciem fotometru spektralnego CADAS 30s (TOMCZAK i IN. 2002). Oznaczenia wykonywano w podłożu hodowlanym po usunięciu osadów poprzez filtrowanie próbek przez filtr 0,45 μm (Millex-HV, Millipore).

Oceny zawartości kwasu mlekowego, kwasu octowego i kwasu cytrynowego w podłożu hodowlanym dokonano metodą HPLC, stosując chromatograf Merck-Hitachi, wyposażony w kolumnę Aminex HPX-87H, 300 × 7,8 mm (BIO-RAD) oraz detektor RI (Merck-Hitachi, L-74900). Wymywanie prowadzono za pomocą 0,005 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, w temperaturze 30°C z prędkością 0,8 cm<sup>3</sup>/min.

Substancje redukujące, w przeliczeniu na glukozę, oznaczano spektrofotometrycznie metodą z kwasem 3,5-dwunitrosalicylowym (MILLER 1959).

Wstępną ocenę procesu biodegradacji ścieków przeprowadzono na podstawie hodowli prowadzonych w warunkach wstrząsanych w kolbach Erlenmeyera o pojemności 300 cm<sup>3</sup>, zawierających 100 cm<sup>3</sup> podłoża, przy szybkości mieszania 130 obr/min. Podłoża zaszczepiano inokulum tak, że stanowiło 10% (v/v) hodowli.

Podczas hodowli okresowych i ciągłych w bioreaktorach do pomiaru pH wykorzystano elektrodę kombinowaną (Ingold), a zmiany nasycenia podłoża hodowlanego tlenem kontrolowano z użyciem elektrody tlenowej (Ingold). Dzięki systemowi sterującemu bioreaktorów przez cały czas hodowli pH było rejestrowane i utrzymywane na stałym poziomie 7,0 z dokładnością ±0,02 poprzez automatyczne dodawanie roztworów 2,5 M NaOH i 2,5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Do badań użyto bioreaktorów typu STR (ang. *stirred-tank reactor*), o pojemności roboczej 1,5 dm<sup>3</sup> (Biostat B, firmy B. Braun Biotech International, Niemcy) oraz 3,5 dm<sup>3</sup> (Bioflo III, firmy New Brunswick Sci., USA). Podłoża ściekowe sterylizowano

termicznie (w kolbach stożkowych o pojemności 5 dm<sup>3</sup>, w temperaturze 121°C przez 40 min) i zaszczipiano 24-godzinnym inokulum, tak by stanowiło ono 10% (v/v) podłoża. Podczas wszystkich procesów hodowli okresowych stosowano takie same parametry mieszania (550 obr/min) oraz napowietrzania podłoża (1,4-1,6 dm<sup>3</sup>/dm<sup>3</sup>/min).

## Wyniki

Celem badań była ocena możliwości biodegradacji ścieków przemysłu ziemniaczanego z użyciem mieszanych kultur bakterii w warunkach termofilnych. Charakterystyki przebiegu procesu oraz oceny jego efektywności, czyli zdolności mikroorganizmów do biodegradacji ścieków, dokonano w warunkach hodowli wstrząsanych oraz w bioreaktorach laboratoryjnych typu STR.

Pierwsze procesy biodegradacji, prowadzone w warunkach hodowli wstrząsanych, pozwoliły na zmniejszenie obciążenia ścieków, wyrażone redukcją wskaźników ChZT, w zaledwie 30% (tab. 2). Było to najprawdopodobniej związane z dużym zapotrzebowaniem użytej kultury mieszanej na tlen, który w warunkach wstrząsanych był dostarczany do podłoża w niedostatecznych ilościach, dlatego procesy biodegradacji z użyciem mieszanej kultury *Bacillus* prowadzono w bioreaktorze STR przy intensywnym napowietrzaniu (1,4-1,6 dm<sup>3</sup>/dm<sup>3</sup>/min). Podczas prowadzonych procesów okresowych oceniono wpływ temperatury, w zakresie od 45 do 62°C, na efektywność i dynamikę przebiegu procesu biodegradacji oraz kierunek i intensywność przemian zarówno chemicznych (zmiany ChZT, zawartości ogólnego węgla organicznego, azotu, fosforu), jak i biochemicznych (powstawanie i rozkład kwasów organicznych).

Tabela 2. Redukcja wybranych parametrów ścieków gorących i skrobiowych w hodowlach wstrząsanych (temperatura 55°C, 72 h, 130 obr/min) (%)

Table 2. Reduction of some parameters of hot and starch wastewaters during shaken flasks cultivation (temperature 55°C, 72 h, 130 rpm) (%)

Parametr	Ścieki gorące	Ścieki skrobiowe
ChZT	29,1±5,0	26,8±6,3
Sucha substancja	22,0±5,8	18,5±4,9
Substancje redukujące	89,3±2,3	92,2±4,4

W badaniach prowadzonych z użyciem bioreaktora stwierdzono istotny wpływ temperatury procesu na efektywność biodegradacji ścieków. Oczyszczenie obu rodzajów ścieków, wyrażone redukcją wskaźnika ChZT, zmniejszało się wraz z podwyższaniem temperatury procesu. Najlepsze efekty zmniejszenia obciążenia ścieków obserwowano w temperaturze 45°C (81±3% redukcji wskaźnika ChZT ścieków skrobiowych i 78±4% ścieków gorących), natomiast najmniej korzystne – w temperaturze 62°C (63±2% redukcji wskaźnika ChZT ścieków skrobiowych i 65±3% ścieków gorących) (tab. 3).

Podobnie kształtowało się wykorzystanie obecnego w oczyszczanych ściekach ogólnego węgla organicznego. Podwyższanie temperatury procesu powodowało zmniejszanie zużycia przez mikroorganizmy węgla z podłoża.

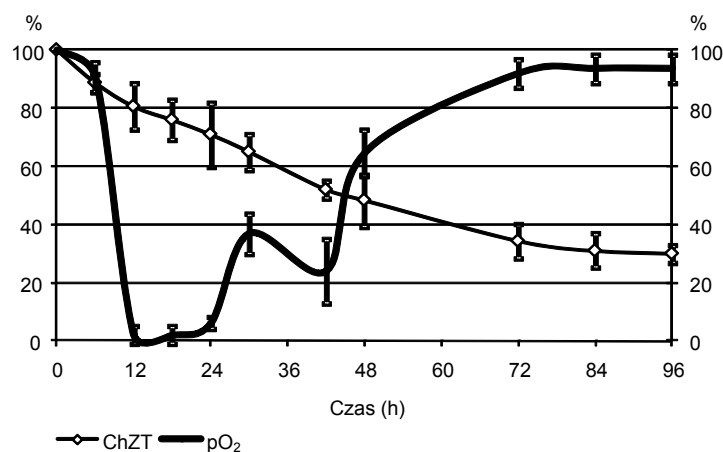
Tabela 3. Redukcja wskaźnika ChZT, zawartości OWO, azotu, fosforu i substancji redukujących uzyskane po 96-godzinnych procesach biodegradacji w bioreaktorze (%)

Table 3. COD, TOC, nitrogen, phosphorus and reducing substances decrease after 96 h biodegradation in bioreactor (%)

Parametr	Ścieki gorące				Ścieki skrobiowe			
	45°C	55°C	60°C	62°C	45°C	55°C	60°C	62°C
ChZT	78±4	71±3	70±4	65±3	81±3	73±2	64±4	63±2
OWO	73±4	63±3	59±5	60±2	89±3	73±4	69±2	63±2
Azot ogólny	21±2	19±3	16±2	18±3	19±3	17±2	22±4	24±3
Fosfor ogólny	27±3	28±2	25±4	23±4	27±4	28±2	25±2	24±4
Substancje redukujące (w przeliczeniu na glukozę)	95±4	92±5	92±2	90±4	95±3	93±3	89±2	91±4

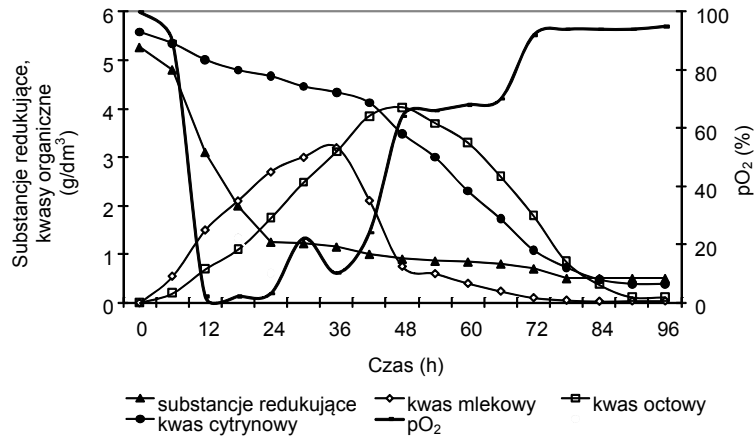
Wykorzystanie substancji redukujących było porównywalne w zakresie wszystkich analizowanych temperatur hodowli i sięgało 89-95%. Wykorzystanie azotu ogólnego z obu podłoży ściekowych wynosiło średnio 20%, a fosforu ogólnego – średnio 25%.

Procesy biodegradacji ścieków przemysłu ziemniaczanego scharakteryzowano także pod kątem tworzenia i rozkładu kwasów organicznych. Podczas wszystkich przeprowadzonych hodowli napowietrzanych w bioreaktorach stwierdzano, że kierunek i intensywność zmian ilościowych kwasów organicznych są ściśle związane z dynamiką wykorzystywania przez mikroorganizmy tlenu i substancji redukujących z podłoża. Od początku procesu obserwowano bardzo intensywne wykorzystywanie przez mikroorganizmy tlenu rozpuszczonego w podłożach ściekowych, aż do wytworzenia się w bioreaktorze warunków mikrotlenowych ( $pO_2$  bliskie zero) (rys. 1).



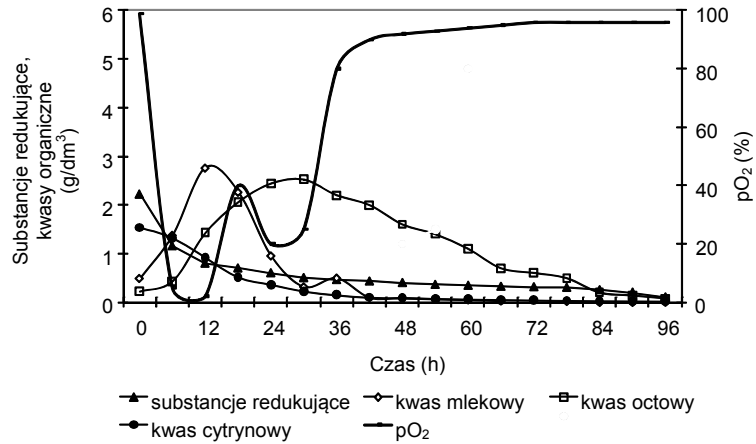
Rys. 1. Przebieg zmian ChZT oraz poziomu tlenu rozpuszczonego w podłożu podczas biodegradacji ścieków gorących w bioreaktorze

Fig. 1. The course of COD and dissolved oxygen changes during biodegradation of hot wastewaters in bioreactor



Rys. 2. Przebieg zmian stężenia tlenu rozpuszczonego, zawartości substancji redukujących oraz stężenia kwasów mlekowego, octowego i cytrynowego podczas prowadzenia napowietrzanych hodowli okresowych z użyciem ścieków gorących (średnie z wartości uzyskanych podczas hodowli prowadzonych w temperaturach 45, 55, 60 i 62°C)

Fig. 2. The course of dissolved oxygen, reducing substances and lactic, acetic and citric acids concentration during hot wastewater biodegradation (mean values from results at 45, 55, 60 and 62°C)



Rys. 3. Przebieg zmian stężenia tlenu rozpuszczonego, zawartości substancji redukujących oraz stężenia kwasów mlekowego, octowego i cytrynowego podczas prowadzenia napowietrzanych hodowli okresowych z użyciem ścieków skrobiowych (średnie z wartości uzyskanych podczas hodowli prowadzonych w temperaturach 45, 55, 60 i 62°C)

Fig. 3. The course of dissolved oxygen, reducing substances and lactic, acetic and citric acids concentration during starch wastewater biodegradation (mean values from results at 45, 55, 60 and 62°C)

W tym okresie, wraz z równie intensywnym wykorzystywaniem substancji redukujących, obserwowano najpierw zwiększanie się w podłożu stężenia kwasu mlekowego (maksymalnie do  $5,1 \text{ g/dm}^3$ ), a następnie kwasu octowego (maksymalnie do  $5,71 \text{ g/dm}^3$ ). W efekcie wykazano, że przeprowadzanie okresowych 96-godzinnych procesów biodegradacji skutkowało prawie całkowitym wykorzystaniem powstających, w formie przejściowych metabolitów tlenowej fermentacji termofilnej, kwasu mlekowego i octowego (rys. 2, 3).

## Dyskusja

Wielu badaczy (LAPARA i ALLEMAN 1999, CHIANG i IN. 2001, CIBIS i IN. 2006, NOWAK i IN. 2002) wykazało, że bardzo istotnym elementem procesu oczyszczania ścieków w wysokotemperaturowych warunkach tlenowych jest intensywność napowietrzania podłoża hodowlanego. Efektywność biodegradacji, wyrażana zmniejszeniem ChZT, była ściśle związana z możliwościami napowietrzania oczyszczanych ścieków. Wraz z podwyższaniem poziomu tlenu rozpuszczonego w podłożu, czyli ze zmniejszeniem zapotrzebowania użytych mieszanych kultur mikroorganizmów na tlen, obserwowano istotne zahamowanie tempa redukcji ChZT. Zapotrzebowanie na tlen zostało ocenione na większe o 14% niż w konwencjonalnym procesie tlenowym (SURUCU 1999). Podczas hodowli kultur mieszanych odnotowywano często dwa etapy intensywnego wykorzystywania tlenu z podłoża. Mogło to być efektem sekwencyjnej aktywności poszczególnych grup mikroorganizmów występujących w kulturze mieszanej (BOMIO i IN. 1989, SURUCU 1999, LAPARA i IN. 2002, LASIK 2004). Tlenowym termofilnym procesom oczyszczania ścieków towarzyszy powstawanie kwasów organicznych – metabolitów pośrednich, powstających na drodze biodegradacji składników podłoża. Wielu badaczy analizujących przemiany biochemiczne zachodzące podczas tlenowego oczyszczania ścieków zgodnie stwierdzało występowanie warunków mikrotlenowych oraz zjawiska powstawania kwasów organicznych (CHU i IN. 1997, YU i HWANG 2003). Zjawisko tworzenia kwasów organicznych występujące podczas oczyszczania ścieków w warunkach mikrotlenowych opisali m.in.: MASON i IN. (1992), CHU i IN. 1997, MALLADI i INGHAM 1993 oraz CIBIS i IN. 2006). Wszyscy ci autorzy stwierdzili, że duża koncentracja lotnych kwasów tłuszczowych była obserwowana tylko w warunkach mikrotlenowych, czyli wtedy, kiedy prawie cały tlen dostarczany do podłoża był na bieżąco wykorzystywany przez zastosowane w procesie kultury drobnoustrojów.

Analiza dynamiki wykorzystywania przez mieszaną kulturę mikroorganizmów tlenu z podłoża oraz przebiegu procesów powstawania i rozkładu kwasów organicznych przeprowadzona w prezentowanej pracy wskazała na szybsze osiągnięcie największych przemian metabolicznych w ściekach skrobiowych. Całkowite wykorzystanie tlenu obserwowano w ściekach skrobiowych już około 6. godziny procesu, podczas gdy w ściekach gorących tlen był obecny w podłożu jeszcze do 12. godziny (rys. 2, 3). Intensywne wykorzystywanie substancji redukujących odnotowano również szybciej, bo do 6. godziny fermentacji, w ściekach skrobiowych, natomiast w ściekach gorących – do 24. godziny. Podobnie tworzenie się kwasów mlekowego i octowego obserwowano wcześniej podczas obróbki ścieków skrobiowych.

## Wnioski

Podsumowując, można stwierdzić, że procesy wysokotemperaturowej tlenowej biodegradacji mogą być wykorzystywane do oczyszczania silnie obciążonych ścieków przemysłu ziemniaczanego. Efektywność i wydajność oczyszczania ścieków są uzależnione głównie od temperatury prowadzenia procesu oraz intensywności napowietrzania materiału przeznaczonego do utylizacji. Zastosowanie mieszanej kultury bakterii rodzaju *Bacillus*, pozwoliło na usunięcie od 63 do 81% zanieczyszczeń (wyrażonych wartością ChZT) w ściekach ziemniaczanych. Dotychczasowe badania oraz pierwsze przemysłowe próby zastosowania tej technologii dowodzą, że może ona być z powodzeniem stosowana w celu szybkiego wstępnego oczyszczenia ścieków, ze szczególnym uwzględnieniem ich stabilizacji i higienizacji. Jednak jej zastosowanie na szerszą skalę wymaga jeszcze wielu badań, z jednej strony nad sposobami regulacji i kontroli procesu, z drugiej natomiast – nad bliższym poznaniem mikroflory biorącej w nim udział, interakcji zachodzących pomiędzy drobnoustrojami oraz ich wymaganiami środowiskowymi.

## Literatura

- BEAUDET R., GAGNON C., BISAILLON J.G., ISHAQUE M., 1990. Microbial aspects of aerobic thermophilic treatment of swine waste. *Appl. Environ. Microbiol.* 56: 971-976.
- BOMIO M., SONNLEITNER B., FIECHTER A., 1989. Growth and biocatalytic activities of aerobic thermophilic populations in sewage sludge. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 32: 356-362.
- CHIANG C.F., LU C.J., SUNG L.K., WU Y.S., 2001. Full-scale evaluation of heat balance for autothermal thermophilic aerobic treatment of food processing wastewater. *Water Sci. Technol.* 43: 251-258.
- CHU A., MAVINIC D.S., KELLY H.G., GUARNASCHELLI G., 1997. The influence of aeration and solids retention time on volatile fatty acid accumulation in thermophilic aerobic digestion of sludge. *Environ. Technol.* 18: 731-738.
- CIBIS E., KRZYWONOS M., MIŚKIEWICZ T., 2006. Aerobic biodegradation of potato slops under moderate thermophilic conditions: effect of pollution load. *Biores. Technol.* 97, 4: 679-685.
- Couillard D., Zhu S., 1993. Thermophilic aerobic process for the treatment of slaughterhouse effluents with protein recovery. *Environ. Pollut.* 79: 121-126.
- KOSSEVA M.R., KENT C.A., LLOYD D.R., 2003. Thermophilic bioremediation strategies for a dairy waste. *Biochem. Eng. J.* 15: 125-130.
- KRZYWONOS M., CIBIS E., LASIK M., NOWAK J., MIŚKIEWICZ T., 2009. Thermo- and mesophilic aerobic batch biodegradation of high-strength distillery wastewater (potato stillage) – utilisation of main carbon sources. *Biores. Technol.* 100, 9: 2507-2514.
- LAPARA T.M., ALLEMAN J.E., 1999. Thermophilic aerobic biological wastewater treatment. *Water Res.* 33, 4: 895-908.
- LAPARA T.M., NAKATSU C.H., PANTEA L.M., ALLEMAN J.E., 2002. Stability of the bacterial communities supported by a seven-stage biological process treating pharmaceutical wastewater as revealed by PCR-DGGE. *Water Res.* 36: 638-646.
- LASIK M., 2004. Możliwości biodegradacji ścieków przemysłu ziemniaczanego przy użyciu mieszanych kultur bakterii w warunkach termofilnych. *Maszynopis. Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego AR, Poznań.*



Nowak J., Lasik M., 2009. Wysokotemperaturowa bioremediacja ścieków z przemysłu ziemniaczanego z wykorzystaniem mieszanej kultury bakteryjnej. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 4, #145.

- LASIK M., NOWAK J., 2006. Wysokotemperaturowa tlenowa biodegradacja zanieczyszczeń w ściekach przemysłu spożywczego. *Biotechnologia* 3, 74: 98-112.
- LASIK M., NOWAK J., 2007. Effect of pollution load and oxygen availability on thermophilic aerobic continuous biodegradation of potato processing wastewater. *Eng. Life Sci.* 7, 2: 187-191.
- LASIK M., NOWAK J., KENT CH.A., CZARNECKI Z., 2002. Assessment of metabolic activity of single and mixed microorganism population assigned for potato wastewater biodegradation. *Pol. J. Environ. Stud.* 11, 6: 719-725.
- MALLADI B., INGHAM S.C., 1993. Thermophilic aerobic treatment of potato-processing wastewater. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 9: 45-49.
- MASON C.A., HANER A., HAMER G., 1992. Aerobic thermophilic waste sludge treatment. *Water Sci. Technol.* 25, 1: 113-118.
- MILLER G.L., 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31, 3: 426-428.
- NOWAK J., LASIK M., MIŚKIEWICZ T., CZARNECKI Z., 2002. Biodegradation of high temperature wastewater from potato starch industry. W: *Waste management and the environment*. Red. D. Almorza, C.A. Brebbia, D. Sales, V. Popov. WIT Press, Southampton: 655-663.
- SURUCU G., 1999. Growth requirements of thermophilic aerobic microorganisms in mixed cultures for the treatment of strong wastes. *Water Sci. Technol.* 40: 53-60.
- SUVILAMPI J., LEHTOMAKI A., RINTALA J., 2003. Comparison of laboratory-scale thermophilic biofilm and activated sludge processes integrated with a mesophilic activated sludge process. *Biores. Technol.* 88: 207-214.
- TOMCZAK E., CZARNECKI Z., NOWAK J., 2002. Przydatność testów kuwetowych do analizy składu i obciążenia ścieków z przemysłu spożywczego. *Apar. Bad. Dydak.* 7, 1: 43-49.
- TRIPATHI C.S., ALLEN D.G., 1999. Comparison of mesophilic and thermophilic aerobic biological treatment in sequencing batch reactors treating bleached kraft pulp mill effluent. *Water Res.* 33: 836-846.
- YU Y., HWANG S., 2003. Augmentation of secondary organics for enhanced pretreatment of thermomechanical pulping wastewater in biological acidogenesis. *Process Biochem.* 38: 1489-1495.

## HIGH TEMPERATURE BIOREMEDIATION OF POTATO INDUSTRY WASTEWATERS BY BACTERIA MIXED CULTURE

**Summary.** The potentials of potato industry wastewaters biodegradation using mixed culture of *Bacillus* in thermophilic temperatures were determined. Hot waste after protein recovery from potato juice, as well as wastewaters from potato starch production were used. The bioremediation effectiveness expressed as COD reduction decreased with increasing process temperatures from 81±3% reduction for starch wastewaters and 78±4% for hot wastewaters at 45°C, to 63±2% and 65±3% reduction of COD respectively at 62°C. The course of changing of pO<sub>2</sub> during batch aerated process showed that the highest COD reduction was connected with intensive consumption of oxygen by mixed culture.

**Key words:** *Bacillus*, wastewaters, potato industry, biodegradation

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Jacek Nowak, Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31/33, 60-624 Poznań, Poland, e-mail: jacnow@up.poznan.pl*

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*

*4.11.2009*

*Do cytowania – For citation:*

*Nowak J., Lasik M., 2009. Wysokotemperaturowa bioremediacja ścieków z przemysłu ziemniaczanego z wykorzystaniem mieszanej kultury bakteryjnej. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 4, #145.*