

WPLYW SPOSOBU KOMPOSTOWANIA ODPADÓW Z PRZEMYSŁU
TYTONIOWEGO NA WYBRANE PARAMETRY FIZYKO-CHEMICZNE
I ENZYMATYCZNE

*Agnieszka Piotrowska-Cyplik¹, Paweł Cyplik², Wojciech Białas²,
Zbigniew Czarnecki¹*

¹Zakład Fermentacji i Biosyntezy, Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego

²Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań

e-mail: apio@au.poznan.pl

Streszczenie. Celem pracy było określenie wpływu rozdrabniania brykietu tytoniowego na efektywność jego biodegradacji metodą kompostowania. Materiał badaczy stanowiły zbrykietowane odpady tytoniowe, które charakteryzowały się bardzo dużą twardością i suchością. Kompostowanie odpadu z przemysłu tytoniowego prowadzono w warunkach naturalnych, w systemie przyzmoym. Do utworzenia przyzmy użyte zostały następujące materiały: brykiet tytoniowy, przerobiony kompost (osad ze słomą), odwodniony osad czynny nadmierny. Przeprowadzone badania (C_{og} , N_{og} , temperatura, pH, przewodność właściwa, materia organiczna) i aktywności enzymatyczne wykazały, iż kompostowanie odpadu tytoniowego (zarówno zbrykietowanego jak i rozdrobnionego) z dojrzałym kompostem i osadem ściekowym, w przyjętym stosunku C:N jest alternatywną metodą zagospodarowania odpadu tytoniowego do dotychczas stosowanych metod. Stwierdzono, że skuteczniejszą metodą było kompostowanie brykietów rozdrobnionych, choć należy podkreślić, że możliwe jest również kompostowanie brykietów bez wcześniejszego rozdrobnienia.

Słowa kluczowe: kompostownie, brykiet tytoniowy, osad ściekowy, aktywności enzymatyczne

WSTĘP

Przyrodnicze wykorzystanie odpadów organicznych, w pełni uzasadnione ekonomicznie, niesie za sobą wiele pozytywnych zmian w środowisku. Do obiegu biologicznego zostają włączone, olbrzymie zasoby substancji organicznych i składników mineralnych, które w warunkach deponowania stanowią poważne zagrożenie dla środowiska. Do grupy odpadów przemysłowych pochodzenia or-

ganicznego należą odpady tytoniowe, które powstają w różnych procesach cyklu produkcyjnego tytoniu i papierosów. Najczęściej w ich skład wchodzi resztki liści tytoniu. W zależności od miejsca powstawania w technologicznym układzie produkcji papierosów, resztki te mają różną konsystencję. Mogą występować jako skrawki rośliny, wiórki, czy pył o zróżnicowanej ziarnistości (od kilkunastu mikronów do 1 mm). Odpady tytoniowe charakteryzują się potencjalnie dużą przydatnością do użytkowania przyrodniczego, dlatego też mogą być wykorzystywane na wiele różnych sposobów. Stosowanie pyłu tytoniowego bezpośrednio w nawożeniu jest najtańszym sposobem jego zagospodarowania. Mimo to, sposób ten nie jest wskazany ze względów technicznych tj. pylenie podczas transportu, podatność na erozję wietrzną, trudności z dokładnym wysiewem i wymieszaniem z glebą. Pył tytoniowy, jak każdy pył organiczny, jest również niebezpieczny dla zdrowia ludzi. Wdychanie go może prowadzić do powstawania chorób alergicznych i schorzeń immunotoksycznych. Dlatego też pył ten ulega sprasowaniu w brykiety, których zagospodarowanie stanowi poważny problem dla środowiska. Charakterystyczną cechą odpadów tytoniowych jest ich niska wilgotność. Właściwość ta powoduje, że do ich przeróbki celowe jest stosowanie procesów biologicznych lub termicznych. W odróżnieniu od procesów termicznych, przeróbka biologiczna odpadów przebiega w znacznie dłuższym czasie i w temperaturze niższej niż 80°C, stąd często nazywa się ją „procesem zimnym”. Najważniejszą zaletą metod biologicznych, w odróżnieniu od procesów termicznych, jest nieskomplikowana technologia, która charakteryzuje się niską awaryjnością i mniejszymi kosztami. Duże znaczenie ma też fakt, że sztucznie inicjowane procesy naturalne nie stwarzają zagrożenia powstawania nowych niebezpiecznych dla środowiska substancji chemicznych, jak ma to miejsce w przypadku ich spalania.

MATERIAŁ I METODY

Do badań wykorzystano zbrykietowany pył tytoniowy, który kształtem przypominał prostopadłościany o wymiarach 12×7×5cm. W skład odpadów tytoniowych wchodziły żyły z liści tytoniu, okruchy z blaszki liścia tytoniowego oraz pyły powstałe w trakcie procesu produkcji papierosów. Odpady te zawierają wszystkie związki chemiczne występujące w liściu tytoniowym, ale nie mogą być zastosowane bezpośrednio w procesie produkcji do mieszanek tytoniowych, ze względu na ich strukturę fizyczną. Brykiety charakteryzowały się bardzo dużą twardością i suchością, dlatego w jednym wariantcie kompostu, przed przystąpieniem do badań namoczono je w wodzie, a następnie rozkruszono. Drugi wariant kompostu przygotowano z nierozkruszonych brykietów wymieszanych podobnie jak w wariantcie pierwszym z komunalnym osadem ściekowym, słomą pszenną oraz przerobionym kompostem. Komposty

przygotowano biorąc pod uwagę stosunki masowe, w przeliczeniu na ilości węgla i azotu jakie zostały wniesione w każdym z komponentów.

Układ doświadczenia

Kompostowanie odpadu z przemysłu tytoniowego prowadzono w warunkach naturalnych, tlenowych, w systemie pryzmowym. Pryzmy kompostowe założone zostały w miejscu osłoniętym od wiatru, uprzednio wyrównanym i przykrytym grubą warstwą słomy (aby uniknąć mieszania się materiału badawczego z glebą w czasie napowietrzania pryzmy).

Do utworzenia pryzm użyte zostały następujące materiały:

- Pryzma I: 3 m³ – rozkruszonych brykietów tytoniowych, 6 m³ przerobionego kompostu (osad ze słomą), 3 m³ – odwodnionego osadu czynnego nadmiernego z poletka osadowego.
- Pryzma II: 3 m³ – nierozkruszonych brykietów tytoniowych, 6 m³ przerobionego kompostu (osad ze słomą), 3 m³ – odwodnionego osadu czynnego nadmiernego z poletka osadowego. Wilgotność wyjściową pryzm ustalono na poziomie 70-75%.

Metody analityczne

W celu pomiaru pH i przewodności właściwej przygotowywano zawiesinę 10 g próby w wodzie bidestylowanej w stosunku 1:10 i wytrząsano przez godzinę przy 150 obrotów na minutę. Oznaczanie wilgotności wykonano metodą suszarkową, poddając materiał suszeniu dwustopniowemu w 60°C i w 105°C do uzyskania stałej masy. Oznaczanie zawartości materii organicznej polegało na wagowym określeniu straty przy prażeniu próby w temperaturze 500°C. Oznaczanie zawartości ogólnego węgla organicznego metodą miareczkową z dwuchromianem potasowym. Oznaczanie zawartości azotu ogólnego metodą Kjeldahla. Destylację przeprowadzano na aparacie KJELTEC SYSTEM 1026 Distilling Unit Tecator. Pomiar twardości wykonywano za pomocą teksturometru TA – XT2i (Stable Microsystems, UK) o głowicy 25 kg i następujących parametrach: prędkość przed testem: 0,5 mm·s⁻¹, prędkość testowa: 5,0 mm·s⁻¹, prędkość po teście: 0,5 mm·s⁻¹, głębokość penetracji: 15,0 mm.

Oznaczanie aktywności katalazy. Oznaczenie polega na dodawaniu do próby 3% H₂O₂, który jest substratem dla katalazy. KMnO₄ utlenia pozostały H₂O₂, nie rozłożony przez katalazę, o czym świadczy pojawienie się różowego zabarwienia. Ilość KMnO₄ zużytego na utlenienie H₂O₂ wyraża aktywność katalazy w kompoście.

Oznaczanie aktywności dehydrogenaz za pomocą testu z użyciem chlorku tryfenylotetrazoliowego (TTC). Do 3 g próby dodawano 15 ml TTC oraz 20 ml buforu fosforanowego. Mieszaninę inkubowano przez okres 30 minut w temperaturze pokojowej. Następnie próbę wirowano na wirówce (Haeraus, Niemcy) przez 15 minut przy 3000 obr·min⁻¹. Odwirowaną próbę ekstrahowano 20 ml alkoholu etylowego i wirowano kolejny raz przez 15 minut przy 3000 obr·min⁻¹. Na koniec mierzono ekstynkcję na spektrofotometrze Specord 205 (Jena Analytic, Niemcy) przy długości fali 490 nm. Aktywność dehydrogenaz wyrażono w $\mu\text{mol TF g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, mierząc ilość powstałego trifenyłu formazanu (TF).

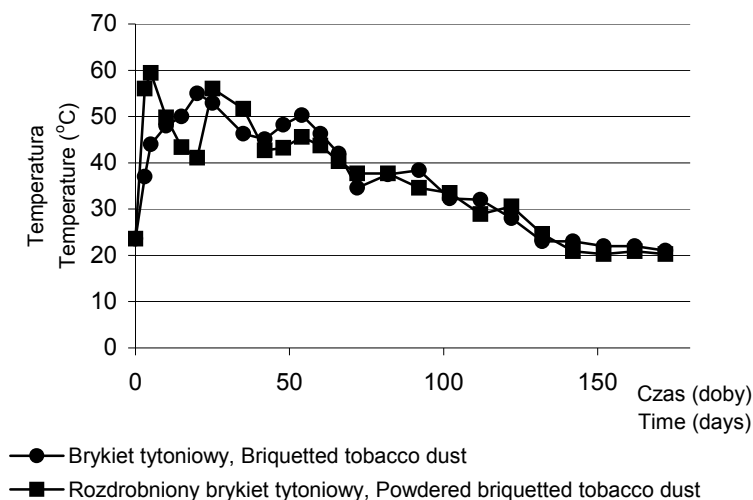
Oznaczanie aktywności ureazy. Do 2 g próbki kompostu dodawano 2 ml buforu fosforanowego o pH = 7,0 i 0,5 ml 6,4% mocznika, mieszano i inkubowano w temperaturze 30°C przez 90 minut. Następnie uzupełniono wodą destylowaną do objętości 45 ml i wirowano na wirówce 3-krotnie przez okres 10 minut przy 3000 obr·min⁻¹ (reakcję przeprowadza się dodając 0,1 ml 10 M NaOH). Ilość jonów amonowych oznaczamy metodą Nesslera. Próbę zerową wykonano analogicznie bez udziału mocznika.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wpływ czasu kompostowania na zmiany temperatury kompostu

Temperatura jest ważnym czynnikiem wpływającym na wydajność kompostowania i kluczowym parametrem charakteryzującym jego przebieg. Zmiany temperatury zależą od szybkości i stopnia mineralizacji materii organicznej oraz od aktywności procesów mikrobiologicznych.

W dniu założenia doświadczenia temperatura obu pryzm wynosiła 26°C. W trakcie kolejnych dni kompostowania obserwowano wyraźny wzrost temperatury. W pryzmie z dodatkiem brykietu rozdrobnionego maksymalna temperatura została osiągnięta w 5 dobie procesu i wyniosła na 59°C. Następnie temperatura zaczęła spadać i w 20 dobie osiągnęła 41°C. W tym dniu pryzmę przerzucono w wyniku czego temperatura ponownie wzrosła do 56°C. Drugie przerzucanie przeprowadzono w 42 dobie procesu jednak nie spowodowało ono już znacznego wzrostu temperatury. Natomiast w pryzmie z dodatkiem brykietu tytoniowego wzrost temperatury był wolniejszy, wartość maksymalna została osiągnięta w 20 dobie kompostowania i wyniosła 55°C. Pierwsze przerzucenie pryzmy przeprowadzono w 42 dobie procesu, kiedy temperatura spadła do 45°C. W następstwie tego temperatura wzrosła do 50°C w 54 dobie procesu. Drugie przerzucanie przeprowadzono w 72 dobie procesu, jednak podobnie jak w poprzedniej pryzmie nie spowodowało to już znacznego wzrostu temperatury (rys. 1).



Rys. 1. Zmiany temperatury pryzm kompostowych
Fig. 1. Temperature changes in tobacco waste composting piles

Przedstawiony powyżej przebieg temperatury sugeruje prawidłowy przebieg procesu kompostowania, a dynamika jej zmian jest efektem biochemicznych przemian substancji organicznych. Początkowy wzrost temperatury jest skutkiem szybkiego rozkładu i mineralizacji prostych związków organicznych i następuje niezależnie od warunków otoczenia. Wzrost temperatury o każde 10°C podwaja szybkość reakcji biologicznych, w tym przypadku rozkład substancji organicznych i tworzenie substancji humusowych. Spadek temperatury świadczy natomiast o zmniejszającej się liczbie bakterii termofilnych i wskazuje na spadek w masie kompostowej łatwo przyswajalnych substancji organicznych, a tym samym wzrost związków mineralnych (Gea i in. 2005, Zhang i He 2006).

Zmiany pH podczas kompostowania

Utrzymanie właściwej wartości pH zapewnia dogodne warunki środowiska dla rozwoju mikroorganizmów oraz zabezpiecza masę kompostową przed stratami azotu, a także może być dobrym wskaźnikiem przebiegu procesu dojrzewania. Podczas analizowanego procesu kompostowania wartości pH rosły do 45 doby trwania procesu i osiągnęły wartości maksymalne wynoszące 8,0 i 8,5 (tab. 1). Po 45 dobie procesu, nastąpił spadek pH w obu pryzmach do końcowej wartości 7,5-7,6.

Tab. 1. Zmiany wybranych parametrów fizyko-chemicznych w pryzmach z brykietami tytoniowym rozdrobnionymi i bez rozdrobnienia

Tab. 1. Changes of selected physicochemical parameters in compost piles of briquetted and powdered tobacco dust

Parametry Parameters	Doby – Days					
	0	10	20	45	90	180
Kompost z rozdrobnionego brykietu pyłu tytoniowego Compost of powdered tobacco dust briquette						
Materia organiczna Organic matter (g·kg ⁻¹ d.m.)	760±18	710±21	697±12	671±13	653±11	645±15
C:N	17	16,1	15,3	14,7	13,3	13
Przewodność Conductivity mS·cm ⁻¹	1,89	2,35	2,61	2,73	2,62	2,60
pH	6,4	7,2	8,0	8,1	7,5	7,5
Kompost z nierozdrobnionego brykietu pyłu tytoniowego Compost of briquetted tobacco dust						
Materia organiczna Organic matter (g·kg ⁻¹ d.m.)	791±21	745±16	710±15	689±13	680±17	669±12
C:N	17,3	16,5	15,4	15,1	14,4	14
Przewodność Conductivity mS·cm ⁻¹	1,64	2,11	2,31	2,31	2,40	2,33
pH	6,4	7,9	8,5	7,9	7,5	7,6

Wpływ czasu kompostowania na zmiany wartości przewodności właściwej kompostu

Wartość przewodnictwa właściwego jest wskaźnikiem określającym tempo uruchamiania się przyswajalnych form składników nawozowych z odpadów oraz miarą intensywności zachodzących przemian. W pryzmie z dodatkiem rozdrobnionego odpadu tytoniowego począwszy od dnia założenia doświadczenia do 45 doby procesu, przewodność właściwa charakteryzowała się tendencją wzrostową osiągając wartość maksymalną 2,73 mS·cm⁻¹. Natomiast w pryzmie z dodatkiem nierozdrobnionych brykietów tytoniowych przewodność osiągnęła wartość maksymalną w 90 dobie procesu (2,40 mS·cm⁻¹), co było efektem stopniowego rozpa-

du brykietów, który nastąpił pomiędzy 45 a 90 dniem procesu. Po osiągnięciu wartości maksymalnych wartości przewodności w obydwu pryzmach zaczęły maleć, przy czym wartość końcowa w pryzmie z dodatkiem rozdrobnionych brykietów tytoniowych była większa, niż w pryzmie z dodatkiem brykietów tytoniowych nierozdrobnionych (tab. 1). Zaobserwowany wzrost wartości przewodności właściwej w pryzmie z dodatkiem odpadu rozdrobnionego, przypadł na okres największego ubytku substancji organicznej. Stały wzrost przewodności właściwej w wyżej wspomnianej pryzmie, aż do 90 doby wynikał z obserwowanego systematycznego rozpadu brykietów. Wzrost omawianego parametru wskazuje na dużą intensywność uwalniania się składników z postaci organicznej i przechodzenia ich w formę mineralną. Wyższe wartości przewodnictwa właściwego informują o większej intensywności przebiegających procesów uwalniania mineralnych form składników. Spadki wartości przewodnictwa właściwego mogą świadczyć natomiast o przewadze procesów wiązania składników mineralnych z kompleksem sorpcyjnym kompostu.

Wpływ czasu kompostowania na zmiany zawartości substancji organicznej w kompoście

Podczas kompostowania ilość i właściwości substancji organicznej podlegają ogromnym przemianom, głównie w wyniku rozkładu łatwo degradowalnych składników, które wykorzystywane są przez mikroorganizmy jako źródło węgla i azotu. Zmiany ilości substancji organicznej w obserwowanym okresie następowały w kierunku jej zmniejszania się, co wyraźnie świadczyło o postępującym procesie rozkładu. Najwyższy stopień redukcji substancji organicznej w ciągu 45 dni procesu wystąpił w pryzmie z dodatkiem rozdrobnionego odpadu tytoniowego i wyniósł 17%. Tempo zmian ilościowych materii organicznej w pryzmie z dodatkiem odpadu nierozdrobnionego było wolniejsze i wyniosło 12% w 45 dobie. W dalszym etapie kompostowania następował powolny spadek zawartości materii organicznej, który był bardziej intensywny w pryzmie z dodatkiem nierozdrobnionego odpadu tytoniowego. Końcowy ubytek zawartości substancji organicznej w odniesieniu do wartości początkowej nie różnił się od siebie istotnie w obu pryzmach i wyniósł 25% (tab. 1).

Wpływ czasu kompostowania na zmiany zawartości węgla i azotu ogólnego w kompoście

Węgiel i azot to dwa najważniejsze składniki decydujące o mikrobiologicznym rozkładzie materii organicznej i zwykle najbardziej limitujące ten proces.

Podczas prowadzonego doświadczenia, w wyniku postępującego procesu mineralizacji następowały zmiany ilościowe węgla i azotu ogólnego. W pryzmie z dodatkiem brykietu rozdrobnionego ilość węgla ogólnego uległa zmniejszeniu z 410 do 340 g·kg⁻¹ s.m., natomiast ilość azotu wzrosła z 24 do 24,7 g·kg⁻¹ s.m. Podobne zmiany zachodziły w pryzmie z dodatkiem nierozdrobnionego odpadu tytoniowego, gdzie stwierdzono ubytek węgla z 397 do 326 g·kg⁻¹ s.m., ilość azotu nie uległa zmianie i utrzymywała się na poziomie 23 g·kg⁻¹ s.m. W procesie kompostowania zmiany zawartości azotu zależą od zmian zawartości węgla i spadku materii organicznej jak również od strat azotu spowodowanego jego emisją w postaci amoniaku. W badaniach Vuorinen i Saharinen (1997), nad kompostowaniem obornika znacznie ograniczono emisję amoniaku, co przy szybkim spadku zawartości węgla spowodowało wzrost zawartości azotu z 19 do 28 g·kg⁻¹ s.m. Natomiast w badaniach Benitez i in. (1999) nad kompostowaniem osadów ściekowych silna emisja amoniaku spowodowała stratę azotu z 42,6 do 29,4 g N·kg⁻¹ s.m.

Wpływ czasu kompostowania na zmiany aktywności mikrobiologicznej kompostu

Według Ma i in. (2003), efektywność kompostowania, jako procesu biodegradacji w dużej mierze zależy od składu biomasy i aktywności metabolicznej mikroorganizmów, której ważnym czynnikiem są enzymy mikrobiologiczne, świadczące o ich aktywności biochemicznej. Pomiar aktywności enzymatycznej pozwala wyjaśnić mechanizm i dynamikę procesu kompostowania. W związku z powyższym, w celu prawidłowej oceny stanu fizjologicznego mikroorganizmów badanego kompostu, dokonywano pomiaru aktywności katalazy, ureazy oraz aktywności dehydrogenaz. Dehydrogenazy należą do grupy oksydoredukcyjnych i odzwierciedlają stopień aktywności metabolicznej wszystkich mikroorganizmów tlenowych. Analizując przedstawione wyniki (tab. 2) stwierdzono, iż najwyższa aktywność enzymu dehydrogenazy w obu pryzmach zanotowana została pomiędzy 10 a 45 dniem kompostowania. Po zakończeniu kompostowania aktywność enzymu spada we wszystkich przypadkach do poziomu ok. 1,05-1,12 μmol TF g⁻¹·h⁻¹ i nie ulega znaczącej zmianie na końcu trwania doświadczenia. Podobne aktywności dehydrogenazy uzyskano podczas kompostowania obornika. Najwyższą aktywność obserwowano w fazie termofilnej procesu, która trwała do trzeciego tygodnia kompostowania, następnie zaobserwowano stopniowy spadek aktywności do piątej doby procesu, po której aktywność nie zmieniała się aż do 15 tygodnia kompostowania (Ros i in. 2006).

Ureaza jest enzymem z klasy hydrolaz. Katalizuje reakcję hydrolitycznego rozkładu mocznika na amoniak i dwutlenek węgla. Ureaza jest stałym wewnątrzkomórkowym enzymem i jej ilość wzrasta wraz z biomasą drobnoustrojów. Na

podstawie przedstawionych wyników można zauważyć, iż aktywność enzymu wrastała systematycznie w obu pryzmach osiągając w obu pryzmach maksymalną aktywność na końcu procesu wynoszącą 3,55 oraz 3,72 mmol N-NH₄⁺·g⁻¹·h⁻¹. Katalaza jest jednym z enzymów oksydoredukcyjnych i stanowi element odpowiedzi komórki na szok tlenowy. Jej rola (wraz z innymi enzymami tego typu) polega na ograniczeniu gromadzących się aktywnych tlenów, które są produkowane podczas metabolizmu tlenowego. Katalazy obniżają wewnątrz komórkowe stężenie nadtlenu wodoru przez jego katalityczny rozkład na wodę i tlen. Aktywność katalazy może być powiązana z aktywnością metaboliczną organizmów tlenowych i może być użyta jako wskaźnik aktywności glebowej (Wong i Fang 2000).

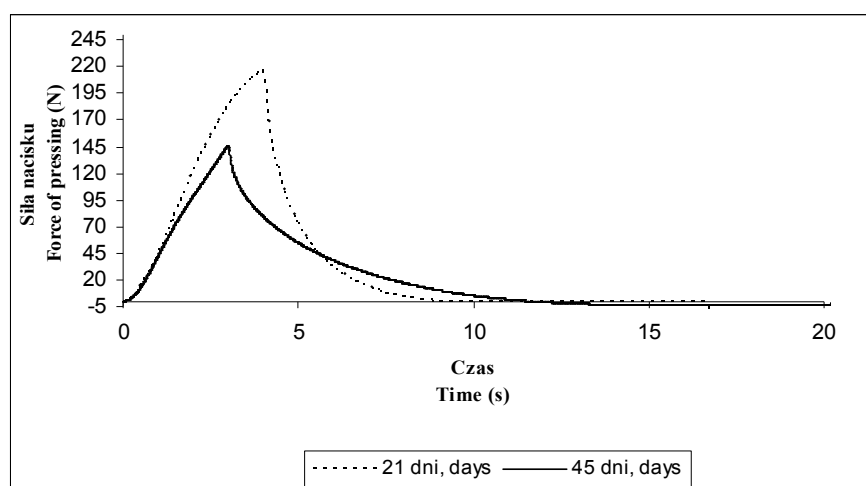
Tabela 2. Zmiany wybranych aktywności enzymatycznych w kompostach z odpadów tytoniowych
Table 2. Changes of selected enzymatic activities in piles of tobacco waste

Enzymy Enzyme	Doby-Days					
	0	10	20	45	90	180
Kompost z rozdrobnionego brykietu tytoniowego Compost of powdered tobacco dust briquette						
Katalaza Catalase ml 0,1N KMnO ₄ ·g ⁻¹ s.m.	1,23	0,64	0,47	1,35	1,32	1,43
Dehydrogenaza Dehydrogenase (μmol TF g ⁻¹ h ⁻¹)	0,54	2,72	2,41	2,49	1,61	1,12
Ureaza Urease mmol N-NH ₄ ⁺ ·g ⁻¹ h ⁻¹	0,23	1,07	2,41	3,40	3,61	3,72
Kompost z nierozdrobnionego brykietu tytoniowego Compost of briquetted tobacco dust						
Katalaza Catalase ml 0,1 N KMnO ₄ ·g ⁻¹ s.m.	1,11	0,72	0,52	1,47	1,42	1,41
Dehydrogenaza Dehydrogenase (μmol TF g ⁻¹ h ⁻¹)	0,62	1,48	2,11	2,30	1,42	1,05
Ureaza Urease mmol N-NH ₄ ⁺ ·g ⁻¹ h ⁻¹	0,25	1,09	2,25	3,36	3,48	3,55

Na podstawie zamieszczonych wyników stwierdzono, iż tak jak w przypadku dehydrogenaz, najwyższą aktywność katalaza w obu pryzmach wykazała pomiędzy 10 a 20 dniem eksperymentu gdzie jej wartość osiągnęła 0,47-0,72 ml 0,1 N $\text{KMnO}_4 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s.m.}$ Enzym ten, w miarę postępu procesu we wszystkich przypadkach zmniejszał swoją aktywność, aż do osiągnięcia poziomu w zakresie 1,41-1,43 ml 0,1N $\text{KMnO}_4 \cdot \text{g}^{-1}$. Prowadzone doświadczenie potwierdziło również, że profil temperatury jest bezpośrednio skorelowany z aktywnością mikroorganizmów (Yamada i Kawase 2006). Wzrost aktywności mikrobiologicznej i wzrost temperatury notowano, bowiem w tym samym czasie.

Zmiany twardości brykietu tytoniowego podczas kompostowania

Należy podkreślić, że brykiet tytoniowy po sprasowaniu charakteryzował się bardzo wysoką twardością, wykraczającą znacznie poza zakres oznaczenia przy użyciu stosowanego teksturometru (twardość powyżej 300 N). Przeprowadzone badania wykazały, że proces kompostowania istotnie wpływał na zmiany twardości brykietu tytoniowego. Począwszy od dnia założenia doświadczenia, twardość brykietu tytoniowego wyraźnie zmniejszała się, co prowadziło do jego stopniowego rozpadu. W 21 dobie procesu stwierdzono, że twardość brykietu tytoniowego zmniejszyła się o 27%. W 45 dobie odnotowano dalszy jej spadek wynoszący 52% ($p < 0,009$). Postępujący spadek twardości brykietu powodował stopniowe rozluźnianie i rozpad brykietu, który odnotowano po 45 dobie procesu.



Rys. 2. Wpływ czasu kompostowania na zmiany twardości brykietu tytoniowego
Fig. 2. Changes of briquette tobacco hardness during composting process

WNIOSKI

1. Wszystkie analizowane parametry (C, N, materia organiczna, temperatura, pH, przewodność właściwa) aktywność enzymów, świadczą o prawidłowym przebiegu procesu kompostowania.
2. Oznaczenie twardości brykietów przy użyciu teksturometru możliwe było tylko do 45 doby kompostowania. Po tym czasie nastąpił całkowity rozpad zbrykietowanego odpadu.
3. Prawidłową aktywność metaboliczną mikroorganizmów tlenowych w kompostach obrazowano zmianami aktywności enzymów z grupy oksydoreduktaz.
 - Wysoka aktywność katalazy i ureazy, świadczy o wysokim poziomie aktywności glebowej uzyskanych kompostów.
 - Aktywność dehydrogenaz najwyższa między 10 a 45 dniem kompostowania, świadczy o wysokiej dynamice procesu mineralizacji, czego potwierdzeniem były najwyższe temperatury i rozpad brykietów w tym samym okresie.
4. Przeprowadzone badania wykazały przydatność i skuteczność metody kompostowania do zagospodarowania sprasowanych brykietów tytoniowych.
5. Skuteczniejszą metodą jest kompostowanie brykietów rozdrobnionych (np. poprzez wcześniejsze namoczenie ich w wodzie lub osadzie ściekowym), choć należy podkreślić, że możliwe jest również kompostowanie brykietów nierozdrobnionych, choć wymaga to częstszego mieszania pryzm.

PIŚMIENNICTWO

- Benitez E., Nogales R., Elvira C., Masciandaro G., Ceccanti B., 1998. Enzyme activates as indicators of the stabilization of sewage sludge's composting with *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology*, 67, 297-303.
- Gea T., Artola A., Sanchez A., 2005. Composting of de-inking sludge from the recycled paper manufacturing industry. *Bioresource Technology*, 96, 1161-1167.
- Ma Y., Zhang J.Y., Wong M.H., 2003. Microbial activity during composting of anthracene-contaminated soil. *Chemosphere*, 52, 1505-1513.
- Ros M., Garcia C., Hernandez T., 2006. A full-scale study of treatment of pig slurry by composting: Kinetic changes in chemical and microbial properties. *Waste Management*, 26, 1108-1118.
- Vuorinen A. H., Saharinen M. H., 1997. Evolution of microbiological and chemical parameters during manure and straw co-composting in a drum composting system. *Agriculture Ecosystem and Environment*, 66, 19-29.
- Wong J.W.C., Fang M., 2000. Effect of lime addition on sewage sludge composting process. *Water Research*, 34, 3691-3698.
- Yamada Y., Kawase Y., 2006. Aerobic composting of waste activated sludge: Kinetic analysis for microbiological reaction and oxygen consumption. *Waste Management*, 26, 49-61.
- Zhang Y., He Y., 2006. Co-composting solid swine manure with pine sawdust as organic substrate. *Bioresource Technology*, 97, 2024-2031.

INFLUENCE OF COMPOSTING TECHNOLOGY OF TOBACCO INDUSTRY
SOLID WASTES ON SELECTED PHYSICO-CHEMICAL
AND ENZYMATIC PARAMETERS

*Agnieszka Piotrowska-Cyplik¹, Paweł Cyplik², Wojciech Białas²,
Zbigniew Czarnecki¹*

¹Department of Fermentation and Biosynthesis, Institute of Food Technology of Plant Origin,

²Department of Biotechnology and Food Microbiology,

University of Life Sciences in Poznań

ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań, Poland

e-mail: apio@au.poznan.pl

Abstract. The aim of this study was investigation of the influence of powdering of briquetted tobacco dust on efficiency of aerobic composting process. The research materials were briquette tobacco dust characterised by exceptional hardness and dryness. The composting process of tobacco waste was conducted in natural conditions and in the pile system. The piles consisted of: pile I: briquetted tobacco dust with mature compost (municipal sewage sludge + wheat straw) and fresh municipal aerobic sewage sludge, and variant II of pile consisted of powdered tobacco dust briquette and additions like in the first variant of pile. The performed analysis (C_T , N_T , temperature, pH, conductivity, organic matter) and enzymatic activities indicated that composting of tobacco waste (both briquetted and powdered) with mature compost and sewage sludge in estimated C:N ratio is advisable alternative of this waste management to methods used so far. The composting process of powdered tobacco waste was more efficient, but it is important to emphasize that briquetted tobacco dust is also possible to compost.

Keywords: composting, briquette tobacco dust, sewage sludge, enzymatic activity