

MANAGEMENT OF MUSHROOMS SUBGRADE WASTE BY COMPOSTING PROCESS

Summary

Along with the Poland accession to the European Union, new legislations concerning waste management were introduced. The mushrooms subgrade is classified as an agricultural waste and because of this fact it has to be managed according with law rules. This waste is also potentially a good fertilizer. The experiments with composting of mushrooms subgrade mixed with other materials (sewage sludge, straw, liquid manure) were carried out in the Institute of Agricultural Engineering. The aim of this research was to obtain compost which can be used as an agricultural fertilizer. During the experiments with the usage of bioreactor the presence of thermophilic phase was noticed. This phase is also indispensable for pasteurization of waste material and to decrease the risk of transfer of potential pathogens into the soil. The obtained compost has good physical characteristic. Usage as an admixture only the liquid manure had worse temperature effect than addition of liquid manure, straw and sewage sludge.

ZAGOSPODAROWANIE ZUŻYTEGO PODŁOŻA Z PIECZARKARNI METODĄ KOMPOSTOWANIA

Streszczenie

Wraz z wejściem Polski do UE wdrożone zostały nowe normy prawne dotyczące postępowania z odpadami. Podłoże pieczarkowe jest klasyfikowane jako odpad z produkcji rolniczej i w związku z tym podlega wymaganiom postępowania zgodnym z normami prawnymi. W istocie jednak jest to również potencjalnie dobry materiał nawozowy. W Instytucie Inżynierii Rolniczej AR w Poznaniu przeprowadzono badania procesu kompostowania podłoża popieczarkowego z dodatkiem innych materiałów (osad ściekowy, słoma, gnojowica) w celu uzyskania kompostu, który mógłby być wykorzystywany w uprawach polowych.

W trakcie badań z wykorzystaniem bioreaktora stwierdzono występowanie fazy termofilnej, która jest niezbędna dla pasteryzacji materiału, a tym samym zmniejszenie ryzyka przeniesienia potencjalnych patogenów do gleby. Otrzymany kompost charakteryzował się dobrymi cechami fizycznymi. Zastosowanie jako domieszki samej tylko gnojowicy dawało gorszy efekt temperaturowy niż w przypadku gnojowicy, słomy i osadu ściekowego.

Wstęp

W ostatnich latach bardzo dynamicznie rozwinęła się w Polsce produkcja pieczarek. Wynika to z faktu, że koszty ręcznego zbioru pieczarek w Polsce są o wiele niższe niż w Europie Zachodniej, a dostęp do głównych rynków zbytu jest nieograniczony. Roczna produkcja pieczarek w Polsce wynosi obecnie 180 tys. ton, co plasuje nas na drugim miejscu w Europie i czwartym w świecie [10].

Pieczarki produkowane są na specjalnie przygotowanym do tego celu podłożu, potocznie zwanym kompostem, w którego skład wchodzi obornik koński lub kurzy o dużej zawartości słomy, torf, gips oraz woda. Do wyprodukowania 20 ton kompostu zużywa się ok. 18-19 ton świeżego nawozu naturalnego zawierającego wiele cennych składników organicznych. Po zakończeniu procesu produkcji pieczarek, który trwa od 6 do 8 tygodni, kompost nie nadaje się do ponownego użycia w tym samym celu i jest ubocznym produktem uprawy pieczarek zwanym odpadem popieczarkowym [4, 7].

Odpad popieczarkowy klasyfikowany jest wg rozporządzenia ministra środowiska z dnia 27 września 2001 r. (Dz.U. Nr 112, poz. 1206), w grupie odpadów z rolnictwa, sadownictwa, upraw hydroponicznych, rybołówstwa, leśnictwa, łowiectwa oraz przetwórstwa żywności pod pozycją 02 01 99 jako „Inne nie wymienione odpady” [6].

W porównaniu do świeżego obornika, odpad popieczarkowy jest skondensowanym nawozem, bogatym w makro i mikroelementy, a zwłaszcza w azot. Jeden metr sześcienny

kompostu popieczarkowego zawiera taką ilość składników odżywczych, która odpowiada ilości 2-3 m³ świeżego obornika. Materiał ten zawiera nawet do 20% wapna nawozowego, więc niezależnie od pH posiada świetne zdolności odkwaszające glebę. Zawarte w nim składniki mineralne są bardzo dobrze przyswajane przez rośliny, szczególnie w dwóch pierwszych latach wzrostu [4, 7, 8]. Uśrednione wyniki dotyczące składu fizykochemicznego typowego podłoża pieczarkowego zamieszczono w tab. 1.

Po zakończeniu cyklu uprawowego pieczarek, kompost poddawany jest procesowi termicznej dezynfekcji polegający na utrzymaniu go przez 12 godzin w temperaturze 70°C. Ma to na celu przede wszystkim zminimalizowanie ryzyka przeniesienia jakichkolwiek grzybów, bakterii, pleśni oraz wirusów na kolejną partię produkcyjną jak i poprzez odpad do gleby [2, 3]. Na podstawie doniesień literaturowych oraz badań własnych [1, 2, 3, 5] wydaje się jednak, że możliwość przekompostowania odpadu poprodukcyjnego z pieczarkarni z innymi, powszechnie dostępnymi materiałami odpadowymi (osad ściekowy, gnojowica) mogłaby w wyniku wystąpienia fazy termofilnej być alternatywą dla kosztownej dezynfekcji termicznej.

Celem pracy było więc zbadanie możliwości kompostowania podłoża popieczarkowego z domieszką osadu ściekowego i/lub gnojowicy pod kątem uzyskania fazy termofilnej, niezbędnej do wystąpienia efektu pasteryzacji i zminimalizowania zagrożeń sanitarnych występujących w materiałach wyjściowych (podłoże popieczarkowe, osad, gnojowica).

Tab. 1. Zawartość składników nawozowych w odpadzie popieczarkowym [4]

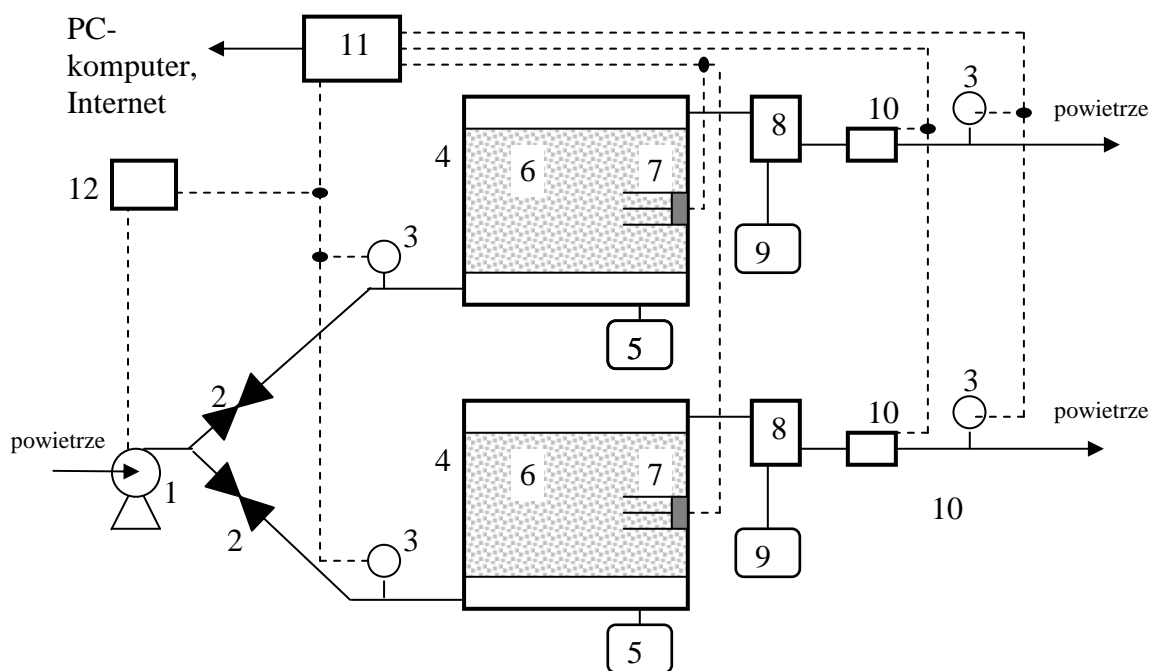
Table 1. Fertilizer elements content in mushrooms sub-grade waste

Składnik	Zawartość w odpadzie popieczarkowym
Substancja organiczna % s.m.	22-34
Składniki mineralne % s.m.	78-66
pH w H ₂ O	5.8-6.2
Azot ogólny % s.m.	1.3-1.8
Fosfor ogólny (P) % s.m.	0.1-0.4
Potas ogólny (K) % s.m.	0.5-1.8
Wapń ogólny (Ca) % s.m.	6-15
Magnez ogólny (Mg) % s.m.	0.2-0.4
Sód ogólny (Na) % s.m.	0.05-0.2
Miedź ogólna (Cu) ppm	4-12
Żelazo ogólny (Fe) ppm	1000-2500
Mangan ogólny (Mn) ppm	100-300
Cynk ogólny (Zn) ppm	50-200
Molibden ogólny (Mo) ppm	1-2
Bor ogólny (B) ppm	6-15
Nikiel ogólny (Ni) ppm	2-6
Ołów ogólny (Pb) ppm	1-2
Kadm ogólny (Cd) ppm	0.05-0.1
Chrom ogólny (Cr) ppm	3-10

Metodyka badań

Badania przeprowadzono na dwukomorowym izotermicznym bioreaktorze do badań procesów rozkładu materiałów organicznych (rys. 1), zbudowanym w Instytucie Inżynierii Rolniczej AR w Poznaniu w ramach grantu KBN (projekt nr 6 P06R 047 21). Bioreaktor ten zapewnia w czasie doświadczeń przebieg rozkładu podobny jak w warunkach rzeczywistych w czasie kompostowania z zastosowaniem aeratora ciągłowego, a jednocześnie pozwala na bardzo dokładną kontrolę zmian zachodzących w czasie procesu.

Do badań użyto podłoża popieczarkowego z pieczarkarni w Gowarzewie, osadu ściekowego z oczyszczalni ścieków w Szamotułach oraz gnojowicy świńskiej. Przeprowadzono trzy doświadczenia z różnymi wariantami domieszek, które zestawiono w tab. 2. Przy ustalaniu proporcji odpadów kierowano się przede wszystkim otrzymaniem odpowiedniej struktury kompostowanej mieszanki (stąd niezbędny dodatek słomy przy użytym osadzie ściekowym) jak i stosunkiem C/N (musiał zawierać się w przedziale 15-25). W celu zachowania właściwej proporcji C/N przygotowywanej mieszanki uznano konieczność zbadania poziomu zawartych w odpadzie popieczarkowym składników nawozowych.



Rys. 1. Schemat bioreaktora: 1. pompa, 2. regulator przepływu, 3. przepływomierz, 4. izolowana komora, 5. zbiornik na odcieki, 6. kompostowana masa, 7. zespół czujników temperatury, 8. chłodnica powietrza, 9. zbiornik na skropliny, 10. kolumna z sensorami gazowymi, 11. 16-kanałowy rejestrator, 12. system sterowania pompą

Fig. 1. Schematic diagram of the bioreactor: 1. pump, 2. flow regulator, 3. flow meter, 4. isolated chamber, 5. drained liquids container, 6. composted mass, 7. temperature sensors set, 8. air cooling system, 9. condensates container, 10. column of gases content analysis (NH₃, O₂/CO₂, CH₄), 11. 16-channel recorder, 12. air pump steering system

Tab. 2. Skład mieszanki poddanej kompostowaniu w doświadczeniu 1, 2 i 3

Table 2. Composition of materials used for composting in the experiment 1, 2 and 3

Nr doświadczenia Experiment number	1.	2.	3.
Skład mieszanki - mixture composition	11 kg – odpad popieczarkowy 11 kg – osad ściekowy świeży, 0,5 kg – słoma, 3 kg – gnojowica	10 kg – odpad popieczarkowy 16 kg – osad ściekowy świeży 0,5 kg – słoma	30 kg – odpad popieczarkowy 7 kg – gnojowica

Materiały stałe (podłoże, osad, słoma) przed włożeniem do komory bioreaktora mieszane były w kuwecie o pojemności 100 l. Dodawanie gnojowicy odbywało się stopniowo wraz z układaniem warstw wymieszanego materiału w komorze. Dość luźna struktura odpadu popieczarkowego będąca wynikiem rozkładu znacznej części materii organicznej podczas przygotowania podłoża jak i samej uprawy pieczarek [9], pozwala na dokładne wymieszanie go wraz z osadem ściekowym i słomą. Może to mieć duże znaczenie przy łączeniu odpadów w warunkach polowych.

W trakcie badań mierzono zmiany masy kompostowanego materiału, objętość, wilgotność, pH oraz oceniano wygląd i homogeniczność. Za zakończenie doświadczenia przyjmowano obniżenie się temperatury kompostu do wartości poniżej 25°C.

Wyniki badań i dyskusja

Zestawienie parametrów fizycznych uzyskanych kompostów zamieszczono w tabeli 3. Stwierdzono, że spadek masy w czasie kompostowania był najwyższy w doświadczeniu 3. Miało na to jednakże wpływ wypłynięcie 1,99 l odcieków już na początku doświadczenia, co świadczyło o niedostatecznej retencji gnojowicy w podłożu popieczarkowym. W pozostałych doświadczeniach nie zanotowano wypływu odcieków, straty masy odbywały się zaś jedynie poprzez emisje gazowe (głównie CO₂ i H₂O). We wszystkich kompostowanych materiałach zanotowano spadek objętości, przy czym największy w przypadku mieszanek z dodatkami osadów ściekowych i słomy. Może to świadczyć o tym, iż rozkład słomy w wysokiej temperaturze powodował silniejsze zapadanie się materiału. Mogło to utrudniać jego przewietrzanie i odparowywanie wilgoci, a tym samym spowodować, że w doświadczeniu 1 i 2 spadek masy był znacznie niższy.

Stwierdzono również efekt wielkości dodatku osadu ściekowego na spadek masy. W trzecim doświadczeniu, w którym nie dodawano osadu ściekowego, zanotowano dużo większy spadek masy, niż w pierwszym i drugim, gdzie był on znaczącym składnikiem i stanowił 43 i 60% początkowej masy kompostowanego materiału. Odpowiednio spadek masy wyniósł 6 i 3,8%, co jest niedużą stratą w stosunku np. do kompostowanego obornika. Efekt ten może wynikać z większej higroskopijności osadu ściekowego jak i jego tendencji do zwiększania osiadania materiału, a tym samym utrudniania odparowywania wody.

Podobnie jak w przypadku spadku masy, odmienne tendencje między doświadczeniem 1 i 2 a 3 zanotowano dla przebiegu temperatury. Wykresy zmian temperatur podczas pierwszych siedmiu dni przeprowadzanych badań przedstawiono na rys. 2.

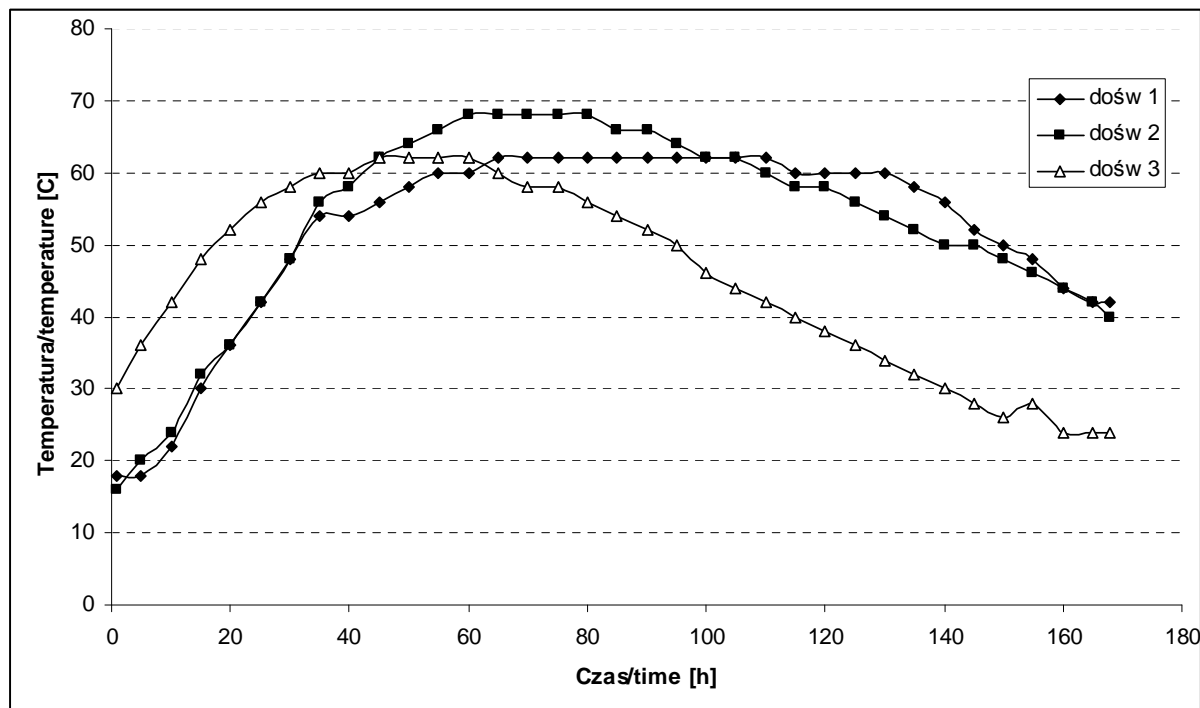
Analizując wykresy temperatur wszystkich trzech doświadczeń można stwierdzić, że w każdym z nich kompostowanie przebiegło prawidłowo i została uzyskana faza termofilna oraz odpowiednia jej temperatura procesu (min. 60°C). W przypadku jednak doświadczeń pierwszego i drugiego trwała ona dwa razy dłużej (80h) niż w doświadczeniu trzecim (40h), w którym ochładzanie kompostowanej masy miało znacznie szybszy przebieg. Zjawisko to ponownie sugerowałoby pozytywny wpływ obecności osadu ściekowego na przebieg kompostowania. Warto też zwrócić uwagę, że w doświadczeniu drugim, gdzie osad ściekowy miał największy wagowy udział w mieszance, uzyskana została wyższa temperatura maksymalna (68°C), niż w dwóch kolejnych (62°C).

Przebieg zmian temperatury wskazuje, że przy zastosowaniu dodatku innych odpadów możliwe jest uzyskanie fazy termofilnej z wysoką temperaturą (powyżej 60°C) na okres co najmniej doby. W literaturze [1, 5] podkreśla się, że osiągnięcie przez kompostowaną masę takiej temperatury na okres co najmniej 48 h, jest wystarczające do zniszczenia większości patogenów obecnych w świeżych odpadach. Poddanie podłoża popieczarkowego termofilnemu kompostowaniu może więc być bardziej ekonomicznym rozwiązaniem niż jego termiczna dezynfekcja metodą 12-godzinnego parowania w halach produkcyjnych. Dodatkowo uzyskany na bazie zastosowanych odpadów kompost może być wykorzystany do celów nawozowych jako bezpieczny i wysokowartościowy produkt.

Wszystkie uzyskane komposty posiadały ładny, jednorodny i brunatny wygląd. Mimo wysokiego dodatku osadu ściekowego w doświadczeniu 2, rozkład termofilny pozwolił na dobre ujednorodnienie materiału, bowiem w końcowym produkcie nie można było jednoznacznie wyróżnić obecności osadu. Również słoma wykazywała duży stopień rozkładu. Homogeniczność uzyskanych kompostów jest szczególnie ważna przy późniejszym rozrzucaniu na polu przy zastosowaniu rozrzutników z adapterami talerzowymi, bowiem pozwala na uzyskanie małej nierównomierności poprzecznej i dobrego stopnia pokrycia pola.

Tab. 3. Cechy uzyskanych kompostów
Table 3. Characterisation of obtained composts

Nr doświadczenia <i>Experiment number</i>	1	2	3
Spadek masy - <i>mass decreasing</i> [%]	6	4	21
Spadek objętości - <i>volume decreasing</i> [%]	34.5	26.7	14.5
Końcowa zawartość suchej masy - <i>dry mass final content</i> [%]	b.d.	b.d.	29,2
pH końcowe - <i>final pH</i> wygląd - <i>appearance</i>	8.47 brunatny, jednorodny, widoczne strzępki grzybni, zapach ściółki leśnej oraz lekki amoniaku	8,23 brunatny, jednorodny, widoczne strzępki grzybni, zapach ściółki leśnej	7,73 brunatny, jednorodny, widoczne strzępki grzybni, zapach ściółki leśnej oraz lekki amoniaku



Rys. 2. Przebieg temperatur dla kompostowania mieszanek odpadów w doświadczeniach nr 1, 2 i 3
 Fig. 2. Evolution of temperatures during wastes composting in experiment nr 1, 2 and 3

Wnioski

1. Uzyskana faza termofilna podczas kompostowania mieszanki odpadów pozwoliła uzyskać produkt finalny w postaci jednolitego, pełnowartościowego kompostu, pozbawionego patogenów znajdujących się w świeżych odpadach.
2. Obecność osadu ściekowego miała pozytywny wpływ zarówno na długość fazy termofilnej jak i wysokość temperatury uzyskanej w czasie jej trwania. Jest więc on najlepszym materiałem gwarantującym uzyskanie efektu pasteryzacji w czasie kompostowania.
3. Waloryzacja osadu ściekowego oraz podłoża popieczarkowego może być tanią i ekologiczną metodą recyklingu powyższych odpadów dając w efekcie wartościowy i bezpieczny sanitarnie nawóz.

Literatura

[1] Dach J. Zbytek Z.: Badania tlenowej i beztlenowej technologii kompostowania obornika, *Inżynieria Rolnicza* 5 (38), 2002
 [2] Dach. J. Zbytek Z.: Produkcja kompostów na bazie materiałów organicznych dostępnych w gospodarstwie

ekologicznym, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, vol. 48 nr 2, 2003, s. 16-18

[3] Dach, J., Zbytek, Z., Kowalik, I., Przybył, J., Sęk, T.: The Optimisation of Manure Management in the Agricultural Farms - Directions of Development, w: Myczko, A.(red.), *Elim. Agric. Risks Health Envir.* 2003, r.1 *Basick Problems in Agriculture*. Wyd. Center of Excellence Tragen, Poznań 2003
 [4] Gapiński M.: *Kompost popieczarkowy*. Biuletyn Producenta Pieczarek: Pieczarki nr 3/1996, Warszawa 1996
 [5] Mustin M. 1987 *Le compost, gestion de la matiere organique*. Edition Francois Dubuse-Paris, ss. 947
 [6] ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów.(Dz.U. Nr 112, poz. 1206)
 [7] Szudyga K.: *Pieczarka*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1987
 [8] Uliński Z.: *Mikrobiologiczne aspekty przygotowania podłoża*. Biuletyn Producenta Pieczarek: Pieczarki nr 3/1999, Warszawa 1999
 [9] Uliński Z.: *Właściwości fizyczne a zasobność wodna okryw*. Biuletyn Producenta Pieczarek: Pieczarki nr 1/2002, Warszawa 2002
 [10] Portal Hodowcy Grzybów: <http://grzyby.grzybnia.pl/content/view/130/1/>