

PARAMETRY PROCESU KOMPOSTOWANIA

Streszczenie

Kompostowanie to procesy mikrobiologiczne zachodzące w warunkach tlenowych. W wyniku tych procesów następuje unieszkodliwianie i zagospodarowanie odpadów, polegające na rozkładzie substancji organicznej z wytworzeniem humusu. Poza humusem powstaje dwutlenek węgla, woda, amoniak uwalnianie do atmosfery oraz ciepło w przemyśle kompostowej.

Wprowadzenie

Kompostowanie to „biologiczna dekompozycja i stabilizacja surowców organicznych w warunkach, które pozwalają na występowanie temperatur termofilnych jako wynik biologicznej produkcji ciepła, z końcowym produktem dostatecznie stabilnym do magazynowania i wykorzystywania do użytkowania gleb bez niekorzystnych skutków w środowisku” [3]. Procesy te intensyfikuje się, stwarzając optymalne warunki do przemian metabolicznych mikroorganizmów [5].

Cel kompostowania

Celem budowy systemu do kompostowania jest zapewnienie zdrowego i bogatego w składniki odżywcze środowiska życia dla bakterii. W procesie mineralizacji materii organicznej powstający humus zawiera również zwiększone ilości związków mineralnych. Do głównych składników humusu można zaliczyć kwasy fulwonowe, kwasy huminowe i huminy. Natomiast związkami mineralnymi są produkty pełnego utlenienia H_2O , CO_2 , jony NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , Ca^{2+} , K^+ i inne. W przybliżeniu zakłada się, że między 3/4 a 4/5 substancji organicznej ulega procesom mineralizacji, pozostała część 1/4 do 1/5 przekształca się w związki humusowe. Przebieg sumaryczny reakcji zachodzących podczas procesów kompostowania niezależnie od substancji organicznej można przedstawić następująco:

materia organiczna ($C_aH_bO_cN_dS_e$) + O_2 z powietrza + P + N + mikroorganizmy = H_2O + CO_2 + NH_3 + energia cieplna + kompost (humus + związki mineralne)

Przebieg kompostowania zależy od wielu czynników, m. in. od wielkości odpadów - ich rozdrobnienia, zawartości wody, ilości tlenu (powietrza), pH, temperatury oraz rodzaju i liczby mikroorganizmów. W celu osiągnięcia dobrej jakości kompostu i zapewnienia procesowi odpowiedniej efekty-

wności wyżej wymienione parametry powinny być pod ścisłą kontrolą.

Podział odpadów, które można poddać procesowi kompostowania

Dowolny biodegradowalny materiał może podlegać kompostowaniu. Surowce o dużej zawartości węgla zapewniają celulozę niezbędną bakteriom do produkcji ciepła i cukrów, podczas gdy surowce o dużej zawartości azotu są źródłem najbardziej skoncentrowanych białek, które pozwalają na rozwój bakterii. Szybkość rozkładu resztek roślinnych uzależniona jest od zawartości ligniny, której udział wpływa hamująco na procesy rozkładu. Najłatwiej ulegają rozkładowi cukry, skrobia i proteiny, najtrudniej zaś lignina, woski i garbniki. Tempo rozkładu tkanek poszczególnych grup roślin rośnie w następującej kolejności: drzewa iglaste, drzewa liściaste, krzewy liściaste, trawy i rośliny motylkowe. W tab. 1 przedstawiono pochodzenie odpadów wraz z przykładami. Natomiast tab. 2 przedstawia podział ze względu na szybkość rozkładu substancji organicznych.

Etapy procesu kompostowania

W przyrodzie jest szereg substancji chemicznych i nie wszystkie z nich są jednakowo podatne na rozkład. Powoduje to, że w procesie kompostowania wyróżnia się kilka etapów. W warunkach zoptymalizowanych kompostowanie przebiega zasadniczo w czterech etapach. Kolejne etapy charakteryzują się różną aktywnością poszczególnych grup mikroorganizmów.

Etap 1: trwa do kilku dni, etap niskotemperaturowy - mezofilny lub wzrostu temperatury, obejmuje procesy hydrolizy i utleniania substancji organicznej.

Etap 2: trwa od kilku dni do kilku tygodni, etap wysokotemperaturowy termofilny, następuje rozkład substancji orga-

Tab. 1. Podział odpadów organicznych
Table 1. The division of organic wastes

Pochodzenie odpadów:	Przykłady odpadów
z rolnictwa	słoma, obornik zwierzęcy, gnojowica, resztki warzyw i owoców, liście, gałęzie
z przemysłu spożywczego	odpady słodowe, mleczarskie, mięsne, rybne, pozostałości po rafinacji, wywar gorzelniany
komunalne	osad ściekowy, trawa, liście, gałęzie
z zakładów rzemieślniczych	z piekarni, ciastkarni, stołówek, kwaciarni, warzywniaków, stolarni, tytoń
z zakładów produkujących biopaliwa	gliceryna, makuchy, pulpa pofermentacyjna

Tab. 2. Podział ze względu na szybkość rozkładu substancji organicznych
Table 2. The division with regard on speed of decomposition of organic substances

Szybko ulegające procesowi rozkładu	Wolno ulegające procesowi rozkładu	Bardzo wolno ulegające procesowi rozkładu
białka	celuloza	związki aromatyczne
węglowodory		związki alifatyczne
tłuszcze	hemiceluloza	lignina
cukry		garbniki

Tab. 3. Liczebność mikroorganizmów w masie kompostowej z odpadów komunalnych kompostowanych w pryzmach z aeracją
Table 3. Microorganisms' number in composting mass from municipal wastes composted in piles with airing

Organizmy		Liczba organizmów w 1g świeżego kompostu		
		mezofilna do 40°C	termofilna do 70°C	mezofilna do wychłodzenia
B ak	mezofilne	10 ⁸	10 ⁶	10 ¹¹
	termofilne	10 ⁴	10 ⁹	10 ⁷
C rz	mezofilne	10 ⁶	10 ³	10 ³
	termofilne	10 ³	10 ⁷	10 ⁶

nicznych szybko ulegających biodegradacji, produktami rozkładu są NH₃, CO₂ i H₂O, wysoka temperatura przyspiesza rozkład białek, tłuszczów i złożonych węglowodorów, takich jak celuloza i hemiceluloza [4].

Etap 3: trwa od 20 do 35 dni, następuje spadek temperatury, rozkład opornych substancji chemicznych, zmniejszenie objętości kompostu.

Etap 4: trwa nawet kilka miesięcy, tworzy się stabilny humus, kompost wychładza się.

Kompost przed jego zagospodarowaniem powinien być stabilny i dojrzały. Jeśli kompost jest stabilny, to nie zachodzą procesy mineralizacji. Bardzo ważnym jest, aby kompost nie zawierał drobnocząsteczkowych kwasów organicznych, toksycznych dla roślin. Jeśli występują jakiekolwiek kwasy drobnocząsteczkowe wówczas taki kompost jest złej jakości i nie nadaje się do nawożenia gleby. Dojrzały kompost powinien mieć barwę od ciemnobrązowej do czarnej, niezależnie od składu odpadów organicznych. Temperatura oznaczona w warunkach standardowych nie powinna przekraczać 30°C, natomiast zapach powinien być bardzo podobny do zapachu ściółki leśnej.

Warunki prowadzenia procesu

Podczas kompostowania aktywność przejawiają różne organizmy. Jako pierwsze odpady zasiedlają bakterie. Są one przygotowane do szybkiego rozkładu substancji szybko biodegradowalnych, takich jak węglowodany, czy proste białka. W późniejszym etapie pojawiają się grzyby, które konkurują z bakteriami o pożywienie. Tolerują one środowisko bardziej suche i zgłaszają mniejsze zapotrzebowanie na azot. Grzyby są zdolne do rozkładu celulozy, z czym bakterie sobie nie radzą. Pierwszy etap jest zdominowany przez mikroorganizmy mezofilne do około 48 godzin. W tym czasie pryzma nagrzewa się do temperatury powyżej 45°C i przewagę zaczynają stanowić organizmy termofilne. Mezofile obumierają lub stają się nieaktywne, w oczekiwaniu na powrót warunków im dogodnych. Temperatura w okresie ich dominacji rośnie do 55-60°C i więcej, następują procesy sterylizacji z organizmów patogennych dla człowieka i zwierząt. Następuje dezaktywacja nasion chwastów. Termofile żyją tak długo, dopóki źródła energii są obfite, następnie obumierają, a na ich miejsce z powrotem pojawiają się organizmy mezofilne. Równocześnie pojawiają się promieniowce, które są znakiem, że kompost jest dojrzały [4]. W tab. 3 przedstawiono liczebność mikroorganizmów

w masie kompostowej w zależności od temperatury [2].

Ważnym dla prawidłowego procesu kompostowania jest odpowiednia ilość dostępnego tlenu. Tlen jest niezbędny do zapewnienia biologicznej aktywności mikroorganizmów oraz do usuwania nadmiernych ilości wody. Mikroorganizmy „wykonujące” proces kompostowania wymagają tlenu. Brak odpowiedniej ilości tlenu skutkuje obumieraniem organizmów tlenowych, których miejsce zajmują beztlenowce. Stężenie tlenu zawartego w powietrzu powinno być na poziomie od 13 do 21%. Dostarczanie tlenu odbywa się poprzez aerację pryzm. W zależności od materiału, który podlega kompostowaniu, napowietrzanie musi być zróżnicowane. W początkowym etapie należy intensywnie dostarczać tlen. Natomiast, gdy kompost dojrzewa, napowietrzanie można mocno ograniczyć. Materiał organiczny poddany procesowi kompostowania zawierający duże ilości azotu musi być intensywnie napowietrzany. Należy również zwrócić uwagę na to, że zapotrzebowanie na tlen rośnie wraz ze wzrostem nagrzewania się kompostu [6].

Wnioski

1. Dla prawidłowego przebiegu kompostowania istotne jest odpowiednie przygotowanie materiału organicznego.
2. Zasadnicze znaczenie na proces kompostowania ma ilość dostarczanego tlenu do pryzmy.
3. Szybkość rozkładu materii organicznej przez mikroorganizmy zależy również od jej składu chemicznego.

Literatura

- [1] Bilitewski B., Härde G., Marek K.: Podręcznik gospodarki odpadami. Teoria i praktyka. Siedel - Przywecki sp. z o. o., Warszawa 2003.
- [2] Haug R. T.: Compost Engineering. Principles and Practice. Ann Arbor Science Publishers, Inc., Ann Arbor 1980.
- [3] Haug R. T.: The practical hand book of composting engineering. Florida, Lewis Publishers 1993.
- [4] Golueke C. G.: Bacteriology of composting. Bio Cycle 1992, 33: 55-57.
- [5] Kempa E. S.: Gospodarka odpadami miejskimi. Arkady, Warszawa 1983.
- [6] Shultz K.L.: Rate of oxygen consumption and respiratory quotients during aerobic decomposition of a synthetic garbage. Compost Science 1960, 1: 36-40.

PARAMETERS OF COMPOSTING PROCESS

Summary

By composting we mean microbiological processes occurring in oxygenic conditions. They are resulting in neutralizing and management of wastes, consisting in decomposition of organic substance and producing humus. Besides, comes into being freed to atmosphere carbon dioxide, water and ammonia as well as warmth in pile.