Dofinansowane przez
Unię Europejską



METODA BOKASHI

PODRĘCZNIK

KAMİL EKİNCİ, EMİNE EKİNCİ, RIFAT YILDIRIM, YASEMİN KAVDIR,
AHMET EVREN ERGİNAL, MUZAFFER ÖZDEMİR,
ANNA KRAKOWIAK-BAL, MATEUSZ MALINOWSKI, STANISŁAW FAMIELEC, ZUZANNA BASAK

The Projekt ZEBRAS – Zero odpadów dzięki kompostowaniu Bokashi - produkcja kompostu dla zdrowej gleby
Nr projektu: KA210-VET-3F4E2C51, finansowany z programu Erasmus+ Unii Europejskiej

UNIVERSITY OF AGRICULTURE IN KRAKOW
ISPARTA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
PiriTeknoloji

Dofinansowane przez Unię Europejską

Wydawnictwo Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich

Redaktor ds. publikacji: *Roman Rolbiecki*
Redaktor merytoryczny: *Kamil Ekinci*
Korekta: *Mateusz Malinowski, Stanisław Famielec*

Projekt okładki i strony tytułowej: *Kamil Ekinci*

Recenzent 1: *Joanna Kocięcka*
Recenzent 2: *Agnieszka Petryk*



ISBN 978-83-966062-5-9

Wydanie I

Isparta, Kraków 2026

Ten materiał został wydany na licencji Creative Commons Uznanie Autorstwa 4.0 (CC BY 4.0).

Wydawca: Stowarzyszenie Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich
Ul. Św. Jana 28
31-018 Kraków
tel. 12 662 46 59

Skrypt jest dostępny w trzech wersjach językowych (angielskiej, polskiej i tureckiej)
tylko on-line na stronie: https://www.zerowastebokashi.org/

Dofinansowane ze środków UE.
Wyrażone poglądy i opinie są jedynie opiniami autora lub autorów i niekoniecznie odzwierciedlają poglądy i opinie Unii Europejskiej lub Fundacji Rozwoju Systemu Edukacji.
Unia Europejska ani Fundacja Rozwoju Systemu Edukacji nie ponoszą za nie odpowiedzialności.

The Projekt ZEBRAS – Zero odpadów dzięki kompostowaniu Bokashi - produkcja kompostu dla zdrowej gleby
Nr projektu: KA210-VET-3F4E2C51, finansowany z programu Erasmus+ Unii Europejskiej

UNIVERSITY OF AGRICULTURE IN KRAKOW
ISPARTA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
PiriTeknoloji

Dofinansowane przez
Unię Europejską

PRZEDMOWA

Niniejszy podręcznik powstał w ramach projektu Erasmus+ KA210 poświęconego edukacji środowiskowej, zrównoważonym praktykom stosowanym w gospodarstwach domowych oraz promowaniu świadomości ekologicznej w życiu codziennym.

Głównym celem niniejszego podręcznika jest dostarczenie przystępnej i praktycznej wiedzy na temat przetwarzania odpadów organicznych metodą Bokashi jako innowacyjnego sposobu gospodarowania odpadami kuchennymi, odpowiedniego dla gospodarstw domowych, szkół, rożnych grup społecznościowych oraz początkujących ogrodników. Bokashi jest hybrydową metodą przetwarzania odpadów ulegających biodegradacji łączącą elementy procesu beztlenowego (fermentacji) i kompostowania.

Współczesne społeczeństwa stają w obliczu narastających wyzwań środowiskowych związanych z marnowaniem żywności, degradacją gleby oraz nadmiernym zużyciem zasobów naturalnych. W tym kontekście rozwiązania na niewielką skalę, stosowane w gospodarstwach domowych, takie jak metoda Bokashi, mogą odegrać istotną rolę w budowaniu bardziej zrównoważonego stylu życia oraz we wspieraniu lokalnej odpowiedzialności za środowisko.

Niniejszy podręcznik przedstawia podstawowe zasady stosowania metody Bokashi, rolę mikroorganizmów, praktyczne metody wykorzystania uzyskanego materiału oraz porównania z tradycyjnymi systemami kompostowania. Szczególną uwagę poświęcono prostym i niskonakładowym rozwiązaniom, które można wdrożyć zarówno w gospodarstwach domowych zlokalizowanych w miastach, jak i na terenach wiejskich.

Autorzy mają nadzieję, że niniejsza publikacja zachęci czytelników do:

- ✓ ograniczania masy wytwarzanych odpadów organicznych,
- ✓ podnoszenia świadomości ekologicznej,
- ✓ wspierania zdrowia gleby i różnorodności biologicznej,
- ✓ oraz aktywnego uczestnictwa w praktykach zrównoważonego życia.

Mamy nadzieję, że niniejszy podręcznik będzie użytecznym źródłem inspiracji, praktycznej wiedzy oraz motywacji do odpowiedzialnych ekologicznie działań w życiu codziennym.



Dofinansowane przez Unię Europejską

Spis treści

1. Czym jest metoda Bokashi i jak działa? 5
1.1. Czym jest metoda Bokashi? 5
1.2. Różnice między Bokashi a tradycyjnym kompostowaniem 6
1.3. Zalety stosowania Bokashi w domu 9
2. Podstawy procesu Bokashi 11
2.1. Rola Efektywnych Mikroorganizmów (EM) 11
2.1.1. Bakterie kwasu mlekowego 11
2.1.2. Drożdże 12
2.1.3. Bakterie fotosyntetyzujące 13
2.1.4. Jak EM działa w kompostowaniu Bokashi 13
2.2. Otręby Bokashi 16
2.2.1. Czym są i jak działają? 16
2.2.2. Jak przygotować otręby Bokashi 16
2.2.3. Hodowla domowego roztworu bakterii kwasu mlekowego (LAB) 19
3. Sprzęt do Bokashi w warunkach domowych 22
3.1. System zagnieżdżonych pojemników 22
3.2. Pojemnik z kranem 24
3.2. Kompostowanie odpadów kuchennych metodą Bokashi 27
4. Surowce do procesu Bokashi 32
4.1. Odpady organiczne 32
4.2. Surowce, których należy unikać w procesie Bokashi 35
5. Wykorzystanie prekompostu Bokashi 36
5.1. Wprowadzanie do gleby 36
5.2. Wykorzystanie prekompostu Bokashi do nawożenia roślin 36
5.3. Wykorzystanie jako środka poprawiającego właściwości gleby 38
6. Produkcja prekompostu Bokashi w terenie 43
7. Praktyczne zalecenia dla gospodarstw domowych 44
7.1. Ważne zasady dla początkujących 44
7.2. Bezpieczeństwo i dobre praktyki 44
8. Znaczenie Bokashi 45
9. Podsumowanie 47
Bibliografia 49
Spis rysunków 51

1. Czym jest metoda Bokashi i jak działa?

1.1. Czym jest metoda Bokashi?

Gwałtowny wzrost masy wytwarzanych odpadów organicznych stanowi poważne wyzwanie środowiskowe w wymiarze globalnym, które przyczynia się do emisji gazów cieplarnianych, utraty składników odżywczych oraz nieefektywnego wykorzystania zasobów. Konwencjonalne praktyki gospodarowania odpadami, szczególnie deponowanie ich na składowiskach, prowadzą do emisji metanu oraz zaburzają naturalny obieg składników odżywczych. W odpowiedzi na te problemy opracowano zrównoważone metody gospodarowania odpadami, które umożliwiają odzysk materii organicznej i jej ponowne wprowadzenie do biosystemów. Jednym z takich podejść jest hybrydowa metoda Bokashi, czyli technika przetwarzania odpadów oparta na ich wstępnej fermentacji beztlenowej i późniejszym kompostowaniu w glebie, która przekształca odpady organiczne w bogaty w składniki odżywcze polepszacz glebowy.

Słowo *bokashi* pochodzi z języka japońskiego i oznacza „sfermentowaną materię organiczną". Bokashi to hybrydowa metoda polegająca na beztlenowej fermentacji materii organicznej z udziałem określonych grup mikroorganizmów, w wyniku której powstaje produkt końcowy łatwo rozkładany przez mikrobiotę glebową. Wykorzystuje ona w pierwszej fazie fermentację beztlenową, co oznacza, że proces przebiega bez dostępu tlenu. W szczelnym pojemniku mikroorganizmy prowadzą fermentację odpadów spożywczych zamiast je całkowicie rozkładać. W przeciwieństwie do tradycyjnego kompostowania, Bokashi nie wymaga dostarczania tlenu ani utrzymywania wysokich temperatur. Warunki procesu Bokashi umożliwiają tzw. Efektywnym Mikroorganizmom (EM) fermentację odpadów organicznych zamiast ich rozkładu (na drodze utleniania). Metoda ta pozwala na szybkie i wydajne przetwarzanie odpadów kuchennych przy jednoczesnym zachowaniu składników odżywczych, które często są tracone podczas kompostowania tlenowego.

Metoda Bokashi jest zgodna z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym, ponieważ przekształca odpady w zasób i zamyka obieg składników odżywczych między konsumpcją żywności a systemami produkcji glebowej. Technika ta rozpoczyna się od zebrania odpadów organicznych, takich jak resztki owoców i warzyw, pozostałości gotowanych potraw, fusy z kawy i produkty mleczne (odpady kuchenne). W systemie Bokashi do pojemnika można dodawać nie tylko resztki żywności, ale także gotowane potrawy, a nawet niewielkie ilości mięsa lub nabiału (Rysunek 1). W odróżnieniu od kompostowania, Bokashi może przetwarzać szeroką gamę odpadów spożywczych, w tym również materiały trudne do kompostowania w tradycyjnych systemach. Kolejnym etapem procesu jest fermentacja tych odpadów w dedykowanym pojemniku Bokashi. Każda warstwa odpadów spożywczych jest przykrywana otrębami Bokashi, które zawierają specjalne mikroorganizmy. Mikroorganizmy te inicjują proces fermentacji. Pojemnik jest szczelnie zamykany, aby utworzyć środowisko beztlenowe. Podczas fermentacji mikroorganizmy rozkładają cukry i związki organiczne, powstają kwasy organiczne, a składniki odżywcze są zachowane w materiale. Ten etap procesu trwa zwykle od 10 do 14 dni. Ostatnim etapem jest wprowadzenie sfermentowanej materii organicznej, czyli prekompostu, do gleby. Ten sfermentowany materiał organiczny powinien zostać wprowadzony do gleby, dodany do grządek ogrodowych lub mieszany z pryzmami kompostowymi. Mikroorganizmy glebowe kontynuują proces rozkładu, przekształcając sfermentowane odpady w składniki odżywcze dostępne dla roślin (Rysunek 1). Ten etap ze względu na udział mikroorganizmów tlenowych jest kompostowaniem.

Bokashi eliminuje konieczność mieszania zielonych i brązowych odpadów organicznych w ściśle określonych proporcjach, nie wytwarza ciepła, ani gazów cieplarnianych oraz zapobiega utracie składników odżywczych, ponieważ odpady przechowywane są w układzie zamkniętym. Technika Bokashi nie jest narażona na problemy takie jak gryzonie, owady czy nieprzyjemne zapachy pochodzące z odpadów spożywczych. Bokashi jest dobrą metodą dla obszarów mieszkalnych o ograniczonej przestrzeni życiowej. Na przykład, jeśli w mieszkaniu znajdzie się miejsce na 19-litrowy pojemnik, odpady kuchenne mogą być kompostowane metodą Bokashi, co zapobiega ich przekazywaniu na składowiska i pozwala wzbogacić ogród w dużą ilość dojrzałej materii organicznej.



Rysunek 1. Jak działa Bokashi

1.2. Różnice między Bokashi a tradycyjnym kompostowaniem

Tradycyjne kompostowanie to naturalny proces biologiczny, w którym mikroorganizmy, w tym grzyby, owady oraz tlen rozkładają materię organiczną do materiału przypominającego próchnicę, zwanego kompostem (humusem). Proces ten zazwyczaj zachodzi:

- w bioreaktorach betonowych lub kontenerowych,
- w pryzmach kompostowych,
- w kompostownikach ogrodowych (przydomowych),

Produktem końcowym procesu kompostowania jest ciemny, kruchy nawóz o ziemistym zapachu, bogaty w składniki odżywcze i materię organiczną.

Tradycyjne kompostowanie opiera się na rozkładzie tlenowym, co oznacza, że tlen jest niezbędny w procesie. Mikroorganizmy potrzebują powietrza, aby skutecznie rozkładać materię organiczną.

W trakcie pracy mikroorganizmów wytwarzane jest ciepło. Temperatura wewnątrz pryzmy kompostowej może osiągnąć 40–60°C podczas aktywnego rozkładu, a w systemach reaktorowych nawet więcej. Ciepło to pomaga niszczyć wiele patogenów, nasion chwastów oraz szkodliwych mikroorganizmów. W zależności od temperatury, wilgotności, składu i rozdrobnienia odpadów, stosunku węgla do azotu, dostępu tlenu oraz sposobu zarządzania pryzmą, tradycyjne kompostowanie może trwać od kilku miesięcy do ponad roku. W systemie kompostowania przydomowego zaleca się, aby nie dodawać:

- mięsa,
- produktów mlecznych,
- gotowanych potraw,
- tłuszczów i olejów,
- ryb,
- dużych ilości cytrusów,
- ani odpadów pochodzenia zwierzęcego.

Materiały te mogą przyciągać szkodniki, wywoływać nieprzyjemne zapachy i zaburzać równowagę procesu kompostowania.

Bokashi jest hybrydową metodą łączącą proces wstępnej fermentacji beztlenowej i późniejszego kompostowania odpadów w glebie lub pryzmie, dedykowana do przetwarzania odpadów organicznych. Metoda została opracowana w Japonii. Słowo „Bokashi" tłumaczy się jako „sfermentowana materia organiczna". W przeciwieństwie do tradycyjnego kompostowania, Bokashi nie opiera się głównie na tlenowym rozkładzie. Zamiast tego wykorzystuje pożyteczne mikroorganizmy, które fermentują odpady kuchenne i zielone w środowisku pozbawionym dostępu do powietrza.

Bokashi jest procesem częściowo beztlenowym, co oznacza, że w pierwszej fazie prowadzony jest bez dostępu tlenu. Resztki żywności umieszcza się w szczelnym pojemniku i przesypuje warstwami otrąb Bokashi. W ciągu około 10–14 dni odpady ulegają fermentacji, a nie gniciu. Materiał wytwarzany metodą Bokashi nie jest w pełni gotowym kompostem. Jest to wstępnie sfermentowana masa organiczna, która wymaga:

- wprowadzenia do gleby,
- dodania do tradycyjnej pryzmy kompostowej,
- lub dalszego dojrzewania.

Po wprowadzeniu do gleby rozkład postępuje szybko i wzbogaca glebę w składniki odżywcze. Tabela 1 oraz rysunek 2 przedstawiają kluczowe różnice między tradycyjnym kompostowaniem, a przetwarzaniem odpadów metodą Bokashi.

Tabela 1. Bokashi a tradycyjne kompostowanie

Cecha	*Tradycyjne kompostowanie*	*Kompostowanie Bokashi*
Rodzaj procesu	Rozkład tlenowy	Fermentacja beztlenowa
Zapotrzebowanie na tlen	Wymaga tlenu i przepływu powietrza	Wymaga warunków beztlenowych (szczelności)
Główne mikroorganizmy	Bakterie i grzyby rozkładające	Efektywne Mikroorganizmy (EM)
Szybkość przetwarzania	Powolna (3–12 miesięcy)	Szybka (10–14 dni + dojrzewanie w glebie)
Odpowiednia lokalizacja	Głównie na zewnątrz	Wewnątrz i na zewnątrz
Wymagania przestrzenne	Wymaga ogrodu lub podwórka	Odpowiednie do mieszkań i małych kuchni
Akceptowane rodzaje odpadów	Głównie odpady roślinne	Niemal wszystkie odpady spożywcze, w tym mięso i nabiał
Poziom zapachu	Zapach ziemisty; przy nieprawidłowym zarządzaniu może być nieprzyjemny	Lekko kwaśny, fermentacyjny zapach
Konieczność przerzucania/mieszania	Wymaga regularnego przerzucania	Nie wymaga przerzucania
Produkt końcowy	Gotowy kompost	Wstępnie sfermentowany materiał organiczny
Konieczność dodatkowego przetwarzania	Zwykle nie	Tak, zakopanie w glebie lub wtórne kompostowanie
Zachowanie składników odżywczych	Możliwa umiarkowana utrata składników odżywczych	Lepsze zachowanie składników odżywczych
Produkcja nawozu płynnego	Zwykle brak (powstają odcieki)	Wytwarza się płyn Bokashi
Poziom kosztów	Niski	Umiarkowany (wymaga otrąb Bokashi i pojemnika)
Najlepiej sprawdza się	W ogrodach i dużych przestrzeniach zewnętrznych	W gospodarstwach miejskich i do użytku wewnątrz pomieszczeń

Zarówno Bokashi, jak i tradycyjne kompostowanie są wartościowymi systemami ograniczania masy odpadów organicznych i wspierania zrównoważonego rozwoju. Działają one jednak w oparciu o odmienne mechanizmy biologiczne i są odpowiednie dla różnych środowisk oraz potrzeb użytkowników. Tradycyjne kompostowanie opiera się na rozkładzie tlenowym i wytwarza dojrzały kompost w dłuższym okresie (Rysunek 2). Bokashi wykorzystuje fermentację beztlenową do szybkiego przetwarzania odpadów spożywczych w niewielkich systemach przeznaczonych do użytku wewnątrz

pomieszczeń. Zrozumienie tych różnic pomoże gospodarstwom domowym wybrać najodpowiedniejszą strategię gospodarowania odpadami organicznymi i zachęci do odpowiedzialnych ekologicznie zachowań. Obie metody przyczyniają się do:

- ograniczania ilości odpadów trafiających na składowiska,
- poprawy "zdrowia gleby",
- recyklingu składników odżywczych,
- promowania świadomości ekologicznej w życiu codziennym.

W miarę jak zrównoważony styl życia staje się coraz ważniejszy na całym świecie, zarówno Bokashi, jak i tradycyjne kompostowanie będą prawdopodobnie odgrywać coraz większą rolę w edukacji środowiskowej gospodarstw domowych oraz w praktycznym zarządzaniu ekologicznym.



Rysunek 2. Różnice pomiędzy metodą Bokashi a tradycyjnym kompostowaniem

1.3. Zalety stosowania Bokashi w domu

Współczesne gospodarstwa domowe wytwarzają codziennie znaczne ilości odpadów organicznych, w tym obierki warzyw, resztki owoców, pozostałości posiłków, fusy z kawy oraz gotowane potrawy. Tradycyjne metody usuwania odpadów często kierują te materiały na składowiska, gdzie przyczyniają się do zanieczyszczenia środowiska i emisji gazów cieplarnianych. Metoda Bokashi oferuje rozwiązanie alternatywne, które jest praktyczne, higieniczne i odpowiednie nawet dla niewielkich przestrzeni mieszkalnych.

Jedną z największych zalet Bokashi jest możliwość stosowania tego procesu wewnątrz pomieszczeń. W przeciwieństwie do tradycyjnych systemów kompostowania, Bokashi nie wymaga dużego ogrodu, zewnętrznych pryzm kompostowych ani rozległej otwartej przestrzeni. Szczelny pojemnik Bokashi z łatwością mieści się w kuchni, na balkonie, w mieszkaniu, pod zlewem lub w pomieszczeniu gospodarczym. Sprawia to, że Bokashi jest szczególnie cenne dla osób mieszkających w środowisku miejskim, gdzie kompostowanie na zewnątrz może być niemożliwe.

Za pomocą pojemników Bokashi można przetwarzać znacznie więcej rodzajów odpadów organicznych. Do akceptowalnych materiałów należą:

- resztki owoców i warzyw,
- gotowane potrawy,
- pieczywo,
- ryż i makaron,
- mięso,
- ryby,
- produkty mleczne,
- skorupki jaj,
- fusy z kawy,
- oraz drobne kości.

Ponieważ proces zachodzi w środowisku pozbawionym dostępu powietrza, nieprzyjemne zapachy gnilne są ograniczone do minimum, co czyni Bokashi wygodną i higieniczną metodą zagospodarowania uciążliwych odpadów, odpowiednią do codziennego użytku wewnątrz pomieszczeń.

Systemy Bokashi są proste w obsłudze, nawet dla początkujących. Nie wymagają skomplikowanego przerzucania, mieszania ani napowietrzania. Ta prostota sprawia, że Bokashi jest bardzo łatwo dostępne dla osób o niewielkim doświadczeniu ogrodniczym. Co więcej, fermentacja Bokashi przebiega skutecznie wewnątrz pomieszczeń niezależnie od pory roku, umożliwiając przetwarzanie odpadów organicznych przez cały rok.

Dodatkowo dzieci i pozostali członkowie rodziny mogą uczestniczyć w tym procesie, co czyni Bokashi cennym narzędziem edukacyjnym promującym nawyki ekologiczne w życiu codziennym.

2. Podstawy procesu Bokashi

2.1. Rola Efektywnych Mikroorganizmów (EM)

Efektywne Mikroorganizmy (EM) to grupa mikroorganizmów, które wspomagają fermentację materiałów organicznych. Koncepcja technologii EM została opracowana w latach 80. XX wieku przez profesora Teruo Higę na Uniwersytecie Ryukyu w Japonii. Technologia EM łączy różne naturalnie występujące mikroorganizmy, które współdziałają ze sobą, aby wzmacniać aktywność mikrobiologiczną w glebie i w systemach odpadów organicznych. W kompostowaniu Bokashi mikroorganizmy EM są wykorzystywane do wstępnej fermentacji odpadów organicznych, takich jak resztki żywności, pozostałości roślinne i produkty uboczne rolnictwa. W przeciwieństwie do tradycyjnego kompostowania, które opiera się na tlenie (rozkład tlenowy), hybrydowa metoda Bokashi opiera się na procesie fermentacji beztlenowej prowadzonej w szczelnie zamkniętych pojemnikach. Proces ten przekształca odpady organiczne w materiał bogaty w składniki odżywcze, który można następnie wprowadzić do gleby, aby wspierać wzrost roślin i poprawiać żyzność gleby w wyniku przekompostowania tych odpadów bezpośrednio w glebie.

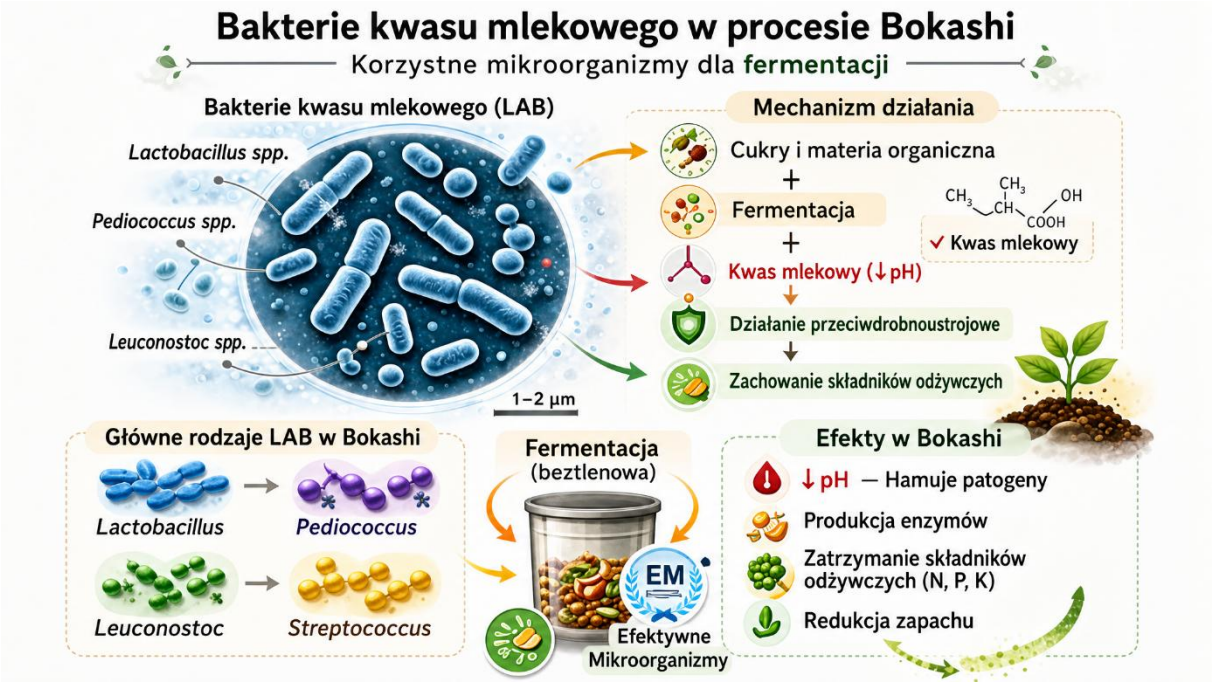
Efektywne Mikroorganizmy nie są pojedynczym rodzajem drobnoustrojów. Są mieszaniną pożytecznych mikroorganizmów, które współdziałają ze sobą w zrównoważonej społeczności mikrobiologicznej. Najpowszechniejszymi rodzajami mikroorganizmów w EM są bakterie kwasu mlekowego (LAB), drożdże oraz bakterie fotosyntetyzujące. Mikroorganizmy te wspierają się nawzajem poprzez interakcje symbiotyczne, wytwarzając podczas fermentacji korzystne związki, takie jak kwasy organiczne, enzymy, witaminy i aminokwasy. Substancje te pomagają rozkładać materiały organiczne, hamują rozwój szkodliwych mikroorganizmów i zwiększają różnorodność mikrobiologiczną gleby.

Podczas fermentacji pożyteczne mikroorganizmy wytwarzają w wyniku swojego metabolizmu użyteczne substancje, takie jak alkohol, aminokwasy, kwasy organiczne i przeciwutleniacze. Część procesu fermentacji obejmuje wytwarzanie kwasów organicznych, takich jak kwas octowy, masłowy, propionowy, mlekowy i inne. Te kwasy organiczne obniżają pH, zatrzymując gnicie i inicjując proces fermentacji. Środowisko o niskim pH ma zdolność hamowania i eliminowania patogenów. Produkty uboczne powstające w wyniku fermentacji przyczyniają się do wartości odżywczej produktu końcowego (kompostu). Podczas procesu fermentacji mikroorganizmy wytwarzają produkty uboczne, które mogą hamować mikroorganizmy wywołujące gnicie i choroby.

2.1.1. Bakterie kwasu mlekowego

Bakterie kwasu mlekowego (LAB) to taksonomicznie ogólne określenie opisujące bakterie, które przekształcają składniki odpadów w kwas mlekowy w drodze fermentacji mlekowej (Rysunek 3). Bakterie LAB obniżają również pH odpadów. Kwas mlekowy pomaga zapobiegać rozwojowi mikroorganizmów chorobotwórczych i ogranicza powstawanie nieprzyjemnych zapachów podczas fermentacji, hamując tym samym rozwój różnorodnych drobnoustrojów. W systemach Bokashi bakterie kwasu mlekowego tworzą środowisko kwaśne, które wspiera zachowanie i przekształcanie odpadów organicznych. Są one powszechnie znane z zastosowania w produkcji naturalnie konserwowanych żywności fermentowanych, takich jak ser i jogurt.

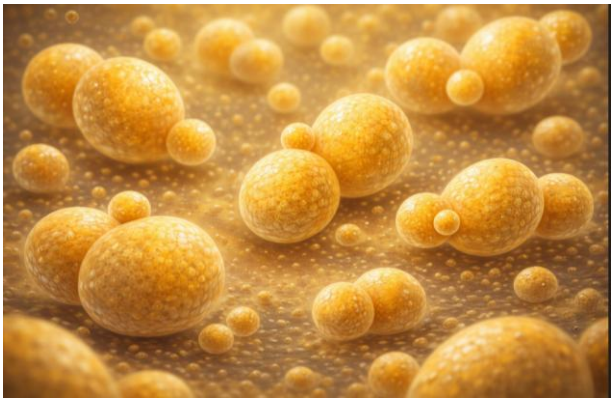
Bakterie LAB pełnią wiele funkcji w obrębie konsorcjum mikrobiologicznego. Zakwaszają sfermentowaną zawartość, obniżając jej pH z poziomu umiarkowanego (6-7) do wartości tak niskich jak 3. Tworzy to środowisko, w którym nie mogą przeżyć zarówno bakterie chorobotwórcze, jak i wytwarzające metan, co pozwala zachować składniki odżywcze zawarte w odpadach spożywczych i zapobiega ich utracie do atmosfery.



Rysunek 3. Bakterie kwasu mlekowego w procesie Bokashi

2.1.2. Drożdże

Drożdże to jednokomórkowe grzyby, które można spotkać w powietrzu, glebie, na roślinach, u ludzi, w skrócie wszędzie (Rysunek 4). Poprzez wydzielanie wytwarzanych przez siebie enzymów drożdże rozkładają materię organiczną, rozdzielając cukry, takie jak monosacharydy, na formy, które mogą być ponownie wchłaniane przez ściany komórkowe. Podczas tego procesu rozkładu wytwarzają korzystne produkty uboczne. Drożdże odgrywają istotną rolę w wytwarzaniu enzymów i witamin, które pobudzają aktywność mikrobiologiczną. Pomagają rozkładać materię organiczną i wytwarzają substancje sprzyjające rozwojowi innych pożytecznych mikroorganizmów. Drożdże przyczyniają się również do wytwarzania związków bioaktywnych poprawiających żyzność gleby. Drożdże wykorzystują materię organiczną, korzenie oraz aminokwasy i cukry wydzielane przez bakterie fototroficzne do syntezy substancji przeciwdrobnoustrojowych i innych korzystnych związków niezbędnych do wzrostu roślin. Substancje bioaktywne wytwarzane przez drożdże, takie jak hormony i enzymy, aktywnie pobudzają podział komórek i korzeni (niezbędny dla wzrostu roślin).



Rysunek 4. Drożdże w procesie Bokashi

2.1.3. Bakterie fotosyntetyzujące

Bakterie fotosyntetyzujące (Rysunek 5) to wyjątkowe mikroorganizmy, które wykorzystują światło słoneczne i substancje organiczne do wytwarzania użytecznych związków, takich jak aminokwasy i cząsteczki bioaktywne. Związki te wspierają wzrost roślin i przyczyniają się do obiegu składników odżywczych w ekosystemie glebowym. Purpurowe bakterie bezsiarkowe to grupa bakterii, które potrafią przeżyć w różnych warunkach i dostosowywać sposób wytwarzania energii do dostępnych warunków. Pozyskują energię na przykład poprzez fotosyntezę, jeśli dostępne jest światło, oraz poprzez wykorzystanie związków organicznych, gdy światła brakuje.



Rysunek 5. Bakterie fotosyntetyzujące w procesie Bokashi

2.1.4. Jak EM działa w kompostowaniu Bokashi

Proces przetwarzania odpadów z wykorzystaniem metody Bokashi rozpoczyna się, gdy odpady organiczne zostają wymieszane z otrębami Bokashi, które zawierają EM. System Bokashi działa skutecznie, ponieważ mikroorganizmy te współdziałają ze sobą synergicznie. Zamiast konkurować, wspierają się nawzajem, tworząc stabilne warunki fermentacji, które przyspieszają zachowanie i przekształcanie odpadów organicznych. Ta współpraca mikrobiologiczna skutkuje szybką fermentacją, minimalną produkcją zapachów, zachowaniem składników odżywczych oraz wytwarzaniem biologicznie aktywnego materiału organicznego korzystnego dla zdrowia gleby.

Zrównoważona interakcja między mikroorganizmami jest jednym z kluczowych powodów, dla których Bokashi uznaje się za wydajną i przyjazną dla środowiska metodę gospodarowania odpadami organicznymi.

Proces Bokashi przebiega w kilku etapach (Rysunek 6).

1. Odpady organiczne umieszcza się w szczelnym pojemniku.
2. Dodaje się otręby Bokashi zawierające mikroorganizmy EM.
3. Mikroorganizmy rozpoczynają fermentację materiału organicznego.
4. Wytwarzane są kwasy organiczne i enzymy.
5. Sfermentowany materiał staje się prekompostem, który należy umieścić w glebie celem przekompostowania.

Podczas tego procesu składniki odżywcze zawarte w odpadach organicznych są zachowywane, a nie tracone w wyniku utleniania lub działania ciepła. Sfermentowany materiał można następnie zakopać w glebie, gdzie mikroorganizmy glebowe kontynuują proces rozkładu i przekształcają go w składniki odżywcze dostępne dla roślin.



Rysunek 6. Schemat procesu Bokashi

2.2. Otręby Bokashi

2.2.1. Czym są i jak działają?

Odpady spożywcze w procesie Bokashi są w istocie poddawane wstępnej fermentacji. Do odpadów spożywczych wprowadza się określoną grupę mikroorganizmów (konsorcjum), aby regulować proces fermentacji i uzyskać zamierzone rezultaty. Do wytwarzania prekompostu Bokashi zwykle stosuje się otręby Bokashi. Otręby Bokashi to bogaty w węgiel nośnik EM zaszczepiony określoną grupą pożytecznych mikroorganizmów. Otręby Bokashi mają dwa główne składniki: składnik mikrobiologiczny (część biologiczna) obejmuje Efektywne Mikroorganizmy (EM), takie jak: bakterie kwasu mlekowego (wytwarzające kwasy organiczne), drożdże (wytwarzające enzymy i witaminy) oraz bakterie fotosyntetyzujące (wspierające przekształcanie składników odżywczych). Mikroorganizmy te odpowiadają za fermentację, kontrolę zapachu i hamowanie patogenów. Materiał nośnikowy (mikroorganizmy potrzebują powierzchni do życia) stanowią otręby pszenne (najpowszechniejsze), otręby ryżowe, trociny i sucha materia organiczna. Materiał ten pochłania wilgoć, równomiernie rozprowadza mikroorganizmy i pomaga utrzymać warunki beztlenowe. Ponadto otręby Bokashi zawierają również melasę (źródło cukru) oraz wodę do aktywacji mikroorganizmów. Melasa dostarcza energii potrzebnej mikroorganizmom do wzrostu i namnażania. Do wytworzenia otrąb Bokashi potrzebny jest inokulant mikrobiologiczny. Najpowszechniej stosowanym inokulantem jest komercyjnie produkowana kultura macierzysta EM (koncentrat EM-1). Kilku producentów sprzedaje te roztwory podstawowe pod własną marką. Dopóki jest wytwarzana przez wiarygodnych producentów, każda kultura macierzysta typu EM-1 zapewni porównywalne rezultaty w zastosowaniach. Poniżej wyjaśniono, jak wytwarza się otręby Bokashi EM zgodnie ze „standardami przemysłowymi". Wymaga to kilku podstawowych składników, z których wiele jest łatwo dostępnych lokalnie, takich jak melasa i otręby pszenne, a także kultury macierzystej EM, którą można łatwo nabyć przez sieć Internet.

2.2.2. Jak przygotować otręby Bokashi

Do przygotowania otrąb Bokashi potrzebne są: 5,5 kg otrąb pszennych, 84 ml kultury macierzystej EM (EM-1), 84 ml melasy, 3,8 dm^3 wody (w zależności od konsystencji) oraz dwie miski/pojemniki lub inne naczynia o pojemności min. 19 dm^3. Procedura jest następująca:

1. Wlej 2,8 litra wody do jednego z 19-litrowych pojemników/misek.
2. Zagotuj kolejny 1 litr wody.
3. Dodaj 84 ml melasy do wrzącej wody i wymieszaj. Następnie wlej tę mieszaninę do 19-litrowego pojemnika/miski zawierającego już 2,8 litra wody.
4. Dodaj 84 ml kultury macierzystej EM do wody z melasą i wymieszaj.
5. Wsyp 5,5 kg otrąb pszennych do drugiego 19-litrowego naczynia (Rysunek 7).
6. Powoli wlej mieszaninę kultury macierzystej EM, melasy i wody do pojemniki lub miski zawierającego otręby pszenne.
7. Dokładnie wymieszaj zawartość, upewniając się, że wszystkie otręby pszenne są wystarczająco nawilżone (Rysunek 7).



Rysunek 7. Mieszanie wszystkich składników otrąb Bokashi EM

8. Wilgotność mieszaniny otrąb powinna wynosić około 50%. Gdy uformujesz z otrąb kulkę w dłoni i delikatnie podrzucisz ją w górę i w dół, nie powinna się rozpadać. Jeśli nie możesz uformować z mieszaniny kulki, spróbuj ją uformować, powoli dodając niewielkie ilości wody.
9. Po dokładnym wymieszaniu wszystkich składników i doprowadzeniu wilgotności do odpowiedniego poziomu mieszaninę umieszcza się w dwuwarstwowym worku foliowym (dwa worki foliowe tego samego rozmiaru włożone jeden w drugi) (Rysunek 8). W tym celu, dla ułatwienia przygotowania i dobrej funkcjonalności, można również użyć worków na śmieci. Po dodaniu mieszaniny wewnętrzny worek jest ściskany, aż do całkowitego usunięcia powietrza, po czym jest szczelnie zamykany. Ten sam proces stosuje się do worka zewnętrznego, aby upewnić się, że nie pozostało w nim powietrze.
10. Umieść worki w ciepłym miejscu, tj. w temperaturze 18–32°C, i pozostaw je do fermentacji na co najmniej dwa tygodnie (ekspozycja na światło jest dopuszczalna; worków nie trzeba przechowywać w ciemności). Podczas dwutygodniowego procesu fermentacji worków nie należy otwierać ani ponownie mieszać ich zawartości. Po pomyślnym sfermentowaniu otrąb i przekształceniu ich w produkt końcowy gotowy do użycia istnieją dwie możliwości: otręby Bokashi można wysuszyć (Rysunek 9) lub użyć ich, gdy są jeszcze wilgotne. W pierwszej opcji, po dwóch tygodniach, rozkłada się je cienką warstwą i pozostawia do wyschnięcia w cieniu maksymalnie na jeden dzień. W drugiej opcji można użyć wilgotnych otrąb. W takim przypadku muszą być przechowywane w kontrolowanych warunkach. Zaleca się szybkie zużycie otrąb, ponieważ jeśli wilgotne otręby nie są szczelnie zamknięte (bez dostępu powietrza) są podatne na rozwój szkodliwych pleśni.



Rysunek 8. Mieszanina umieszczona w dwuwarstwowym worku foliowym



Rysunek 9. Suszenie otrąb Bokashi

Otręby powinny pachnieć słodko-kwaśno/serowato/octowo. Mogą też mieć lekki zapach alkoholu. Jeśli wyczujesz stęchłą woń (przypominającą wilgotną piwnicę) lub nieprzyjemny, gnilny odór, oznacza to, że fermentacja się nie powiodła. Ponieważ po zapachu łatwo odróżnić dobre otręby Bokashi od złych, można szybko określić, jaki produkt się uzyskało. Jeśli na otrębach pojawi się biała, pleśniopodobna grzybnia, jest to dopuszczalne. Jeśli wykryje się zieloną lub czarną pleśń, oznacza to, że coś poszło nie tak podczas procesu fermentacji.

Ponieważ otręby pszenne są produktem ubocznym przemysłu młynarskiego, można je znaleźć na całym świecie. Można je kupować w dowolnych ilościach. Większe ilości można nabyć w sklepach z paszami dla zwierząt w standardowych 50-kilogramowych workach, natomiast niewielkie ilości otrąb pszennych można znaleźć w działach spożywczych wielu sklepów. Otręby pszenne można zastąpić innymi źródłami węgla jako substratami. Innym odpowiednim substratem są na przykład otręby ryżowe. Po zmianie wilgotności fusów z kawy można je również wykorzystać jako substrat. Do fusów z kawy o wysokiej wilgotności można dodać otręby pszenne lub ryżowe. Do otrąb Bokashi można dodać łatwo przyswajalne składniki odżywcze, takie jak melasa, w szczególności melasa z trzciny cukrowej, aby przyspieszyć wzrost mikroorganizmów. Melasa z trzciny cukrowej to skoncentrowany produkt uboczny procesu rafinacji w cukrowniach. Jest bogata w węglowodany i zawiera wiele witamin, minerałów i pierwiastków śladowych, których brakuje w białym rafinowanym cukrze.

Należy unikać melasy zawierającej siarkę lub inne konserwanty. Wszelkie dodatki do melasy hamują fermentację otrąb i wzrost mikroorganizmów. Należy preferować czystą melasę, niezależnie od tego, czy jej źródło jest ekologiczne, czy nie. Innym ważnym szczegółem jest zapewnienie, aby do melasy nie został dodany żaden środek buforujący pH jako konserwant. Taki dodatek może bowiem zakłócić proces fermentacji podczas fermentowania otrąb Bokashi lub aktywacji EM, ograniczając tym samym ich skuteczność. Można stosować wodę wodociągową pozbawioną chloru, wodę źródlaną lub wodę filtrowaną.

2.2.3. Hodowla domowego roztworu bakterii kwasu mlekowego (LAB)

Do kompostowania Bokashi można również użyć domowego roztworu bakterii kwasu mlekowego (LAB). Jednak komercyjnie produkowane koncentraty EM (takie jak EM1) są wysoce złożonymi zestawami mikroorganizmów, a doprowadzenie wszystkich z nich do współdziałania w konsorcjum wymaga skomplikowanych procedur. Jest to trudne do osiągnięcia nawet w najlepszych warunkach domowych. W rzeczywistości w domowym roztworze EM obecne są wyłącznie bakterie kwasu mlekowego (LAB), podczas gdy w EM-1 występują dodatkowo inne drobnoustroju, m.in. bakterie fotosyntetyzujące, czy drożdże. Domowe warunki mogą zapewnić jedynie rozwój pojedynczej grupy mikroorganizmów. Tak uzyskany roztwór określa się to mianem domowego EM.

Chociaż bakterie kwasu mlekowego potrafią fermentować odpady spożywcze, mogą nie mieć takiej samej zdolności do redukcji zapachu jak inne mikroorganizmy z listy EM-1. W niektórych przypadkach ilość domowego EM potrzebna do kompostowania Bokashi może być większa niż komercyjnie produkowanego EM-1.

Domowy roztwór bakterii kwasu mlekowego (LAB) można przygotować w następujący sposób (Rysunek 10):

1. Jedną szklankę ryżu (ze świeżo otwartego opakowania o aktualnej dacie ważności) płucze się dwiema szklankami wody (pozbawionej chloru) i pozostawia do namoczenia na 15 minut. Wodę po ryżu odcedza się, a odcedzony płyn pozostawia w ciemnym miejscu na tydzień. Po tygodniu delikatnie się go odcedza. Odcedzoną dolną część przelewa się do większego, czystego słoika.



Rysunek 10. Wytwarzanie domowego roztworu LAB

2. Dodaje się osiem lub dziesięć szklanek mleka (mleka może być pasteryzowane). Słoik pozostawia się odkryty na około tydzień. Po tygodniu białka zbierają się w grudki na powierzchni słoika, tworząc serowatą warstwę, którą można podać zwierzętom domowym. Na dnie pozostaje żółtawy, kwaśno pachnący płyn. Płyn ten to laktoserum, czyli kultura macierzysta Bokashi (Rysunek 11).



Rysunek 11. Kultura matczyna/czysta Bokashi

3. Po odcedzeniu dodaje się 2 łyżki melasy do części płynnej. W ten sposób powstaje domowy roztwór bakterii kwasu mlekowego (LAB). Można sprawdzić, czy został przygotowany prawidłowo, wykonując test zapachowy; powinien pachnieć octem. Uzyskany roztwór można przechowywać w lodówce w temperaturze +4°C przez 6 miesięcy. W tej temperaturze fermentacja trwa nadal, ale bardzo powoli. Pokrywkę słoika należy od czasu do czasu poluzowywać, aby uwolnić gaz (Rysunek 12).




Rysunek 12. Czystą kulturę można wymieszać z melasą i przechowywać w temperaturze pokojowej, poza lodówką

3. Sprzęt do Bokashi w warunkach domowych

Bokashi to regulowany proces fermentacji beztlenowej, który wymaga specjalistycznych narzędzi, aby zagwarantować maksymalną aktywność mikrobiologiczną i skuteczne przekształcanie odpadów. Mikroorganizmy oraz pojemnik Bokashi, czyli naczynie fermentacyjne, są kluczowymi elementami w produkcji prekompostu Bokashi. Ponieważ Bokashi, w odróżnieniu od tradycyjnych systemów kompostowania, zależy od warunków beztlenowych i zarządzania odbiorem odcieków, konstrukcja pojemnika kompostującego ma kluczowe znaczenie.

Pojemnik musi pozostawać zamknięty i szczelny przez cały czas trwania udanej fermentacji beztlenowej odpadów. Dopóki pojemniki są szczelne, mogą być stosowane w różnych rozmiarach, niezależnie od tego, czy są wykonane samodzielnie, czy zakupione komercyjnie. Pod względem łatwości użytkowania, funkcjonalności i trwałości komercyjnie produkowane pojemniki Bokashi są niemal identyczne, różniąc się jedynie nieznacznie konstrukcją.

Najpopularniejszymi systemami są konstrukcja z podwójnym (zagnieżdżonym) pojemnikiem oraz pojemnikiem z kranikiem. Konstrukcje te ułatwiają zbieranie odcieku Bokashi, sprzyjają fermentacji mikrobiologicznej i zapobiegają przedostawaniu się tlenu. W zależności od częstotliwości użytkowania konstrukcje te umożliwiają oddzielenie frakcji stałej i płynnej podczas fermentacji oraz wykorzystanie odcieku Bokashi.

Ponieważ tlen hamuje fermentację i sprzyja rozkładowi tlenowemu, wydajny system Bokashi musi być szczelny, aby nie dopuścić tlenu. Podczas fermentacji odpady organiczne uwalniają płyn (odciek). Aby uniknąć gnicia, zapobiec nadmiernej wilgotności i utrzymać idealne warunki fermentacji, system musi umożliwiać skuteczne odprowadzanie odcieku. Efektywne Mikroorganizmy (EM) wymagają stabilnego środowiska w pojemniku, które obejmuje kontrolowaną wilgotność, ograniczony przepływ powietrza i stałą temperaturę.

3.1. System zagnieżdżonych pojemników

Do zbierania odcieku Bokashi jest to najprostsza konstrukcja. Do tej konstrukcji niezbędne są dwa pojemniki o podobnej pojemności, min. 19 dm^3 (pięciu galonów) oraz szczelna pokrywa (Rysunek 13). Konstrukcja z dwoma wiadrami zagnieżdżonymi jedno w drugim jest odpowiednia, jeśli odciek Bokashi ma być przechowywany na dnie wiadra przez dłuższy czas. Wewnętrzne wiadro (perforowane na dnie) i zewnętrzne wiadro (komora zbierająca płyn) systemu zagnieżdżonego są umieszczone jedno w drugim.



Rysunek 13. Konstrukcja systemu podwójnie zagnieżdżonego pojemnika

Wewnętrzny pojemnik posiada na dnie wywiercone małe otwory, które umożliwiają przepływ odcieku (Rysunek 14). Rozmiar ani liczba otworów nie ma decydującego znaczenia; zaleca się, aby były one wystarczająco duże, by umożliwić odprowadzanie płynu (np. otwór o średnicy 6 – 7 mm). Taki rozmiar otworu nie spowoduje zatykania i umożliwi wystarczające odprowadzanie odcieku z odpadów. Wewnętrzne wiadro ma perforowane dno, mieści odpady organiczne i umożliwia odprowadzanie płynu. Zewnętrzny pojemnik nie posiada otworów i zbiera odciek.



Rysunek 14. Wiercenie otworu w dnie pojemnika

Oba pojemniki powinny idealnie pasować do siebie, pozostawiając na dnie szczelinę powietrzną między nimi, w której można zbierać odciek Bokashi. Aby pozyskać odciek Bokashi, należy zdjąć górny pojemnik i wylać odciek z dolnego. Konstrukcja ta wspiera grawitacyjne oddzielanie płynu i poprawia wydajność fermentacji. Nadmierne gromadzenie się płynu (odcieku) może prowadzić do zaburzenia warunków beztlenowych i powstawania nieprzyjemnych zapachów, dlatego oddzielanie jest niezbędne. Do utrzymania szczelności zewnętrznego pojemnika można zastosować gwintowaną pokrywę z szczelną uszczelką gumową (Rysunek 15).



Rysunek 15. Gwintowana pokrywa pojemnika ze szczelną uszczelką gumową

3.2. Pojemnik z kranem

Innym sposobem pozyskiwania odcieku Bokashi jest użycie samodzielnie wykonanego pojemnika Bokashi, czyli ok. 19-litrowego (5-galonowego) wiadra z zamontowanym kranikiem (Rysunek 16). Kranik (Rysunek 17) należy umieścić na dnie pojemnika. Jeśli kran zostanie zamontowany zbyt blisko dna, niemożliwe będzie ustawienie systemu Bokashi na równej powierzchni, ponieważ końcówka kranika będzie niżej niż dno i będzie dotykać podłoża. Wewnątrz wiadra należy zamontować uszczelkę gumową, aby zapobiec wyciekom. Następnie należy dokręcić nakrętkę kranu. Umieszczając wewnątrz podwyższoną platformę (sito) (Rysunek 18), można utworzyć na dnie przestrzeń do zbierania odcieku Bokashi. Odciek Bokashi powinien mieć możliwość spływania dzięki zastosowaniu podwyższonego, przepuszczalnego podłoża utrzymującego odpady organiczne na górze.



Rysunek 16. Pojemnik z kranem (samodzielnie wykonany pojemnik Bokashi)



Rysunek 17. Kranik



Rysunek 18. Sito

Niezależnie od rozmiaru, odpady organiczne w Bokashi należy ubijać tak mocno, jak to możliwe. Najprostszym sposobem zagęszczenia odpadów jest użycie worka foliowego. Ponadto można również zastosować komercyjnie produkowaną pokrywę dociskową (Rysunek 19). Bezpośrednio po dodaniu odpadów do pojemnika połóż worek foliowy płasko na wierzchu odpadów. Worek utworzy barierę tlenową między sfermentowanymi odpadami spożywczymi a poduszką powietrzną nad nimi, a także zapewni czystą powierzchnię do ubijania odpadów. Po prostu połóż worek płasko i dociskaj go ciężarem własnego ciała. Kranik umożliwia regularne usuwanie odcieku, utrzymanie optymalnego poziomu wilgotności oraz zapobieganie niepowodzeniu fermentacji beztlenowej. Odciek należy odprowadzać co 1–3 dni, aby utrzymać stabilność systemu. Należy zaznaczyć, że pokrywa musi pozostawać zamknięta, aby utrzymać warunki beztlenowe i zapobiec zanieczyszczeniu.



Rysunek 19. Pokrywa dociskowa

Komercyjnie produkowane pojemniki Bokashi są zasadniczo takie same; różnią się jedynie nieznacznie konstrukcją pod względem łatwości użytkowania, funkcjonalności i trwałości. Wszystkie mają szczelną pokrywę, podwyższenie utrzymujące odpady spożywcze na górze, komorę umożliwiającą spływ herbaty Bokashi na dno oraz kran do opróżniania odcieku Bokashi. Jeśli potrzebny jest wysokiej jakości system Bokashi, można nabyć komercyjnie zaprojektowane i wyprodukowane pojemniki (Rysunek 20).



Rysunek 20. Komercyjnie produkowany pojemnik Bokashi

Jeśli ilość odpadów jest znacząca zamiast 19-litrowego (5-galonowego) pojemnika można użyć plastikowego pojemnika o pojemności ponad 190 litrów (ponad 50 galonów) lub kosza na kółkach. Należy jednak uwzględnić masę pełnego pojemnika. Pojemnik o objętości ponad 190 litrów będzie ciężki i trudny do przemieszczenia, gdy zostanie wypełniony wilgotnymi odpadami organicznymi (Rysunek 21). Bardziej praktyczne może być używanie kilku mniejszych pojemników zamiast jednego dużego. Niektóre restauracje i zakłady przemysłowe stosują jednak 190-litrowe pojemniki plastikowe lub kosze na kółkach ze względu na dużą ilość codziennych odpadów kuchennych. Przy doborze wielkości systemu należy uwzględnić ilość wytwarzanych odpadów. Zaleca się, aby pojemnik fermentacyjny był na tyle duży, by zapełnić go odpadami w nie więcej niż dwa tygodnie. Krótszy czas jest korzystniejszy, ponieważ każdorazowe otwieranie pojemnika w celu dodania świeżych odpadów spożywczych powoduje przedostawanie się tlenu do systemu (proces Bokashi w pierwszej fazie powinien przebiegać w warunkach beztlenowych).

Prawdopodobieństwo zepsucia i gnicia rośnie wraz z liczbą otwarć i zamknięć pojemnika, opóźniając fermentację i zmniejszając szansę na uzyskanie dominacji mikroorganizmów beztlenowych. Fermentacja zwykle kończy się niepowodzeniem, jeśli pokrywa jest nieustannie otwierana i zamykana przez ponad dwa tygodnie. Jeśli pojemnik fermentacyjny jest zbyt duży, należy go zastąpić mniejszym.

Dla przeciętnej rodziny idealne jest 19-litrowy pojemnik. Większość rodzin zapełnia je w mniej niż tydzień. Dysponując czterema różnymi pojemnikami, uzyskuje się system ciągły, który umożliwia nieprzerwane wytwarzanie środka użyźniającego glebę oraz zbieranie nowo powstających odpadów kuchennych w ramach rotacji.



Rysunek 21. Dostępny w sprzedaży pojemnik Bokashi o pojemności 220 litrów

3.2. Kompostowanie odpadów kuchennych metodą Bokashi

W kompostowaniu Bokashi symbiotyczna społeczność mikroorganizmów przekształca materię organiczną (odpady) w środek użyźniający glebę (prekompost), zapobiegając jednocześnie jej fermentacji do niebezpiecznych produktów ubocznych. Ponieważ mikroorganizmy te działają poza laboratorium, w swoim „rzeczywistym, naturalnym" środowisku, rezultaty zawsze będą w pewnym stopniu się różnić wraz ze zmianą warunków. Chociaż oczekuje się, że wszystko przebiegać będzie zgodnie z założonym planem, nie zawsze tak się dzieje, ponieważ czynniki takie jak temperatura, rodzaj i kombinacja odpadów kuchennych, wilgotność oraz jakość otrąb mogą mieć wpływ na proces. Całkowite niepowodzenie procesu jest niezwykle trudne, ponieważ jest on ogólnie dość tolerancyjny. Materia organiczna nadal będzie odżywiać glebę, nawet jeśli fermentacja zakończy się niepowodzeniem.

Elementy biotyczne zawarte w glebie rozkładają prekompost po wprowadzeniu go właśnie do gleby, przekształcając go w ciemną, czarną próchnicę. Początkowa fermentacja ma za zadanie przyspieszyć etap końcowego kompostowania.

Odpady na potrzeby kompostowania Bokashi należy rozdrobnić. Wraz ze zmniejszaniem rozmiaru rośnie ich całkowita powierzchnia wystawiona na działanie mikroorganizmów. Cięcie i rozdrabnianie materiałów zapewnia również mikroorganizmom miejsca do przyczepiania się. Naturalne substancje zawarte w skórkach owoców i warzyw zapobiegają ich fermentacji. W rezultacie cięcie i rozdrabnianie skórek ułatwia ich rozkład oraz przenikanie mikroorganizmów przez warstwę ochronną. Mikroorganizmy szybciej przetwarzają owoce, które zostały rozgniecione, a ich skórki rozdrobnione. Dlatego, dodając odpady do pojemnika Bokashi, znacznie lepiej jest rozdrobnić je na małe kawałki, niż pozostawić w całości i dużych fragmentach.

Proces fermentacji można przyspieszyć, rozdrabniając odpady spożywcze nożem na mniejsze kawałki przed dodaniem ich do pojemnika Bokashi. Podejście to odpowiada powszechnej praktyce stosowanej w małych przedsiębiorstwach kompostujących, które chcą przyspieszyć prowadzony tam proces przetwarzania odpadów. Wielu drobnych rolników chce szybko przekształcać odpady spożywcze w przydatny kompost, a cykl jego wytwarzania można przyspieszyć poprzez wstępną obróbkę odpadów.

Aby odpady spożywcze mogły ulec fermentacji, muszą zostać wystawione na działanie mikroorganizmów. Zwykle mikroorganizmy dodaje się do otrąb Bokashi, które są stałym nośnikiem materii organicznej.

Poniższe kroki opisują, jak fermentować odpady kuchenne przy użyciu otrąb Bokashi oraz samodzielnie wykonanego lub komercyjnego pojemnika Bokashi.

1. Rozsyp warstwę otrąb Bokashi na dnie sita. Wystarczy, aby pokryła dno cienką, sypką warstwą (Rysunek 22).



Rysunek 22. Rozsypanie warstwy otrąb Bokashi na dnie sita

2. Dodaj na wierzch warstwę odpadów kuchennych. Zaleca się, aby odpady były pokrojone na małe kawałki (Rysunek 23). Odpady organiczne z naszych gospodarstw domowych rozdrabnia się na małe kawałki o długości około 3–5 cm. Ułatwia to pożytecznym mikroorganizmom dostęp do odpadów i ich przekształcanie. Warstwa powinna mieć grubość około 2,5 cm (jeden cal).



Rysunek 23. Odpady kuchenne pokrojone nożem na mniejsze kawałki

3. Rozsyp garść otrąb Bokashi na wierzchu warstwy odpadów kuchennych (o grubości około 2,5–3 mm); wystarczy cienka warstwa (Rysunek 24). Jeśli wśród odpadów znajdują się produkty mięsne, rozsyp w tym miejscu dodatkową ilość otrąb. Lepiej dodać więcej otrąb. Jeśli po dodaniu odpadów do pojemnika wyczuwalny jest nieprzyjemny zapach, należy dodać dodatkową ilość otrąb.





Rysunek 24. Rozsypanie otrąb Bokashi na wierzchu warstwy odpadów kuchennych

4. Delikatnie wymieszaj i ubij zawartość (Rysunek 25). Ubijanie zawartości zwiększa kontakt między mikroorganizmami w otrębach Bokashi, a odpadami spożywczymi. Pomaga również zmniejszyć ilość szczelin powietrznych między składnikami i wymusza odprowadzanie nadmiaru płynu w dół systemu.




Rysunek 25. Ubijanie odpadów kuchennych pokrywą dociskową

5. Przykryj warstwę odpadów kuchennych posypaną otrębami Bokashi workiem foliowym (Rysunek 26) i dociśnij. Krok ten nie jest obowiązkowy, jednak pomaga utrzymać odpady w bardziej szczelnym środowisku, dopóki pojemnik nie zostanie całkowicie zapełniony. Innym opcjonalnym krokiem jest umieszczenie na worku cegły, worka z kamieniami lub innego ciężkiego przedmiotu, aby ułatwić ubijanie warstw.



Rysunek 26. Zabezpieczenie odpadów workiem foliowym

6. Pokrywa pojemnika następnie powinna zostać szczelnie domknięta (Rysunek 27). Przy dodawaniu kolejnej partii odpadów pokrywa jest otwierana, odpady są dodawane do pojemnika, posypuje się je pożytecznymi mikroorganizmami, ubija i ponownie zamyka pokrywę. Proces ten jest kontynuowany, aż pojemnik się zapełni.



Rysunek 27. Zamknięty pojemnik Bokashi w kuchni

7. Gdy pojemnik jest szczelnie wypełniony odpadami, umieszcza się je w środowisku o temperaturze 16–32°C, z dala od bezpośredniego światła słonecznego, i pozostawia na ok. 15 dni, aby umożliwić fermentację odpadów. W zależności od temperatury powietrza odciek Bokashi należy opróżniać z kranu na dnie pojemnika raz lub dwa razy w tygodniu. Odciek (Rysunek 28) można rozcieńczyć 100-krotnie i wylać do gleby lub nierozcieńczony wlać bezzwłocznie do zlewu jako środek do czyszczenia odpływów.



Rysunek 28. Odciek Bokashi

Po okresie dwóch tygodni należy otworzyć pojemnik. Wyczuwalny będzie kwaśny zapach przypominający ocet jabłkowy. Jeśli zapach nie jest nieprzyjemny, oznacza to, że fermentacja przebiegła pomyślnie. Różnicę między nieprzyjemnie pachnącym produktem, a pomyślnie sfermentowanym produktem (przypominającym w zapachu ocet jabłkowy) łatwo rozpoznać.

Po udanej fermentacji zwykle widać białą, przypominającą watę grzybnię pokrywającą powierzchnię odpadów kuchennych (Rysunek 29).

Biała grzybnia jest oznaką, że wszystko przebiegało prawidłowo. Należy pamiętać, że biała grzybnia jednak nie zawsze będzie występowała, więc nie jest to jednoznaczna oznaka udanej fermentacji.



Rysunek 29. Udana fermentacja

4. Surowce do procesu Bokashi

4.1. Odpady organiczne

Surowce sadowe pełnią funkcję substratu, źródeł składników odżywczych, nośników mikroorganizmów oraz składników strukturalnych w procesie Bokashi.

A. Odpady kuchenne i organiczne odpady spożywcze

Są to materiały najczęściej dodawane do typowego pojemnika Bokashi. Jeśli kawałki odpadów spożywczych są duże, należy je pokroić na mniejsze, najlepiej do wielkości poniżej 5 cm, aby zapewnić lepsze przetwarzanie i rozkład.

- Resztki owoców i warzyw: skórki, gniazda nasienne i obierki warzyw oraz owoców, takie jak skórki bananowe, skórki granatu, skórki pomarańczy i jabłek.



- Pieczywo, produkty zbożowe oraz resztki mieszanych posiłków, takie jak białe lub pełnoziarniste pieczywo, bułki, makaron, ryż, bulgur, kuskus, kluski, płatki śniadaniowe, resztki kanapek, brzegi pizzy, gotowane dania zbożowe oraz mieszane potrawy, takie jak zapiekanki, pilaw czy dania smażone zawierające produkty zbożowe.
- Mięso, ryby, produkty mleczne, takie jak surowa lub gotowana wołowina, kurczak, jagnięcina i indyk, ryby oraz owoce morza, przetworzone mięsa, takie jak kiełbasy czy plastry wędlin, produkty mleczne, w tym mleko, ser, jogurt, masło i śmietana, a także resztki posiłków zawierających te składniki.
- Fusy z kawy i torebki herbaty,



- Skorupki jaj i drobne kości,



B. Otręby i materiały nośnikowe (do wytworzenia otrąb Bokashi / startera)

Otręby Bokashi to baza nośnikowa zaszczepiona mikroorganizmami, takimi jak bakterie kwasu mlekowego i drożdże, niezbędnymi do fermentacji. Badania pokazują, że otręby pszenne i ryżowe są najpowszechniejszymi nośnikami startera Bokashi, często łączonymi z otrębami o wyższej zawartości- azotu (rycynus, nasiona bawełny lub rośliny strączkowe). Często wytwarza się je z:

- Otrąb pszennych,



- Otrąb ryżowych lub łusek ryżowych,
- Otrąb z nasion rycynusa,
- Otrąb z nasion bawełny / roślin strączkowych,
- Innych otrąb lub łusek (owies, jęczmień czy proso),
- Wysłodzin browarnianych,
- Fusów z kawy,
- Trocin.

Zapewniają one strukturę i węgiel oraz pełnią rolę środowiska życia dla startera mikrobiologicznego podczas fermentacji. Melasa lub roztwory cukru mogą być stosowane jako łatwo fermentujące źródło węgla.

C. Materiały bogate w węgiel

Niektóre systemy Bokashi uwzględniają również stosowanie suchych materiałów bogatych w węgiel, aby poprawić strukturę fermentowanych odpadów. Należą do nich:

- Włókno kokosowe (rozdrobnione),
- Wióry drewniane lub trociny (z drewna nieimpregnowanego)
- Suche liście lub słoma
- Tektura/papier w niewielkich ilościach (do kontroli wilgotności)

Materiały te odgrywają istotną rolę w procesie, pomagając zrównoważyć ogólną wilgotność i stanowią cenne źródło węgla. Jako surowce wsadowe w różnych proporcjach można stosować obornik kozi, odpady ściółki końskiej, biowęgiel z łusek ryżowych oraz obornik krowi.

Na przykład dobrej jakości nawóz Bokashi można wyprodukować, łącząc 60% odpadów ściółki końskiej, 20% obornika krowiego i 20% biowęgla z łusek ryżowych; można go uzyskać po 30 dniach dojrzewania. Kombinacja ta nie wykazywała fitotoksyczności, co potwierdził test fitotoksyczności kiełkowania nasion. Biowęgiel wytwarzany z pestek owoców (pestki wiśni, oliwek, moreli i brzoskwiń) można również skutecznie wykorzystać jako składnik mieszanek surowców wsadowych Bokashi.

D. Materiały bogate w azot

Powodem stosowania surowców wsadowych o wysokiej zawartości azotu jest utrzymanie prawidłowego stosunku C/N (około 25–30:1 w mieszaninie początkowej, 10–20:1 w gotowym prekompoście Bokashi). Należą do nich obornik bydła mlecznego, drobiu, trzody chlewnej, krów, kóz, koni i owiec oraz mączka rybna i odpady rybne.

E. Specjalistyczne dodatki i zasoby lokalne

W bardziej złożonych lub specjalistycznych mieszaninach można stosować dodatkowe składniki:

- Melasa lub brązowy cukier (źródło pożywienia dla mikroorganizmów),
- Węgiel drzewny / biowęgiel (powierzchnia dla mikroorganizmów, zatrzymywanie składników odżywczych),
- Obornik lub iły glebowe (różnorodność mikrobiologiczna i składniki odżywcze),
- Mączka skalna / popiół drzewny (źródła minerałów),
- Lokalne resztki pożniwne (łuski ryżowe, łodygi kukurydzy itp.).

Dodawanie melasy jako dodatkowego źródła węgla może ograniczyć utratę N-NH_3 (azotu amonowego) podczas kompostowania odpadów mlecznych i słomy pszennej.

4.2. Surowce, których należy unikać w procesie Bokashi

Nadmiar wilgoci w systemie Bokashi może być problematyczny. Płyny takie jak piwo, mleko, sok i olej mogą powodować nadmierną wilgotność. Należy unikać stosowania:

- Melasy zawierającej siarkę,
- Spleśniałej lub zgniłej żywności,
- Dużych i twardych spleśniałych lub zgniłych otrąb spożywczych,
- Dużych kawałków kości,
- Odpadów nieorganicznych (plastik, metal),
- Nadmiaru suchego węgla bez wystarczającej wilgotności, na przykład dużych ilości suchego pieczywa, suchego ryżu lub liści herbaty bez wymieszania ich z wilgotnymi resztkami żywności.



Rysunek 30. Czego unikać w Bokashi

5. Wykorzystanie prekompostu Bokashi

Po zakończeniu procesu fermentacji Bokashi powstały materiał nie jest jeszcze w pełni dojrzałym kompostem. Jest to natomiast bogata w składniki odżywcze, wstępnie sfermentowana masa organiczna, która wymaga dalszego przetwarzania poprzez wprowadzenie go do gleby lub dodatkowego procesu rozkładu. Właściwe zarządzanie sfermentowanym materiałem jest niezbędne, aby uzyskać największe korzyści środowiskowe i rolnicze. W niniejszym rozdziale przedstawiono praktyczne metody wykorzystania sfermentowanego materiału Bokashi w gospodarstwach domowych, ogrodach oraz w uprawie pojemnikowej.

5.1. Wprowadzanie do gleby

Najpowszechniejszą metodą wykorzystania sfermentowanych odpadów Bokashi jest bezpośrednie zakopanie ich w glebie. Sfermentowany materiał (prekompost) należy:

1. Zakopać w dołku o głębokości około 15–30 cm,
2. Całkowicie przykryć glebą,
3. Pozostawić na kilka tygodni przed sadzeniem w tym miejscu roślin.

Na tym etapie:

- mikroorganizmy kontynuują rozkład,
- materia organiczna integruje się z glebą,
- składniki odżywcze stają się dostępne dla roślin.

Świeży materiał Bokashi jest kwaśny w wyniku procesu wstępnej fermentacji. Bezpośredni kontakt z korzeniami bezpośrednio po zakopaniu może chwilowo obciążyć młode rośliny. Pozostawienie materiału do ustabilizowania się w glebie na 2–4 tygodnie zwykle zapewnia wystarczający czas na bezpieczne przekształcenie składników odżywczych. Zakopywanie materiału Bokashi poprawia żyzność gleby, różnorodność mikrobiologiczną, zatrzymywanie wilgoci oraz strukturę gleby. Metoda ta jest szczególnie odpowiednia dla:

- ogrodów warzywnych,
- rabat kwiatowych,
- sadów,
- oraz podwyższonych grządek.

5.2. Wykorzystanie prekompostu Bokashi do nawożenia roślin

Materiał Bokashi można wykorzystać w ogrodach przydomowych i w uprawie pojemnikowej. W ogrodach prekompost Bokashi można:

- zakopać między rzędami roślin,
- dodać do dołków sadzeniowych,
- wprowadzić do pustych grządek,
- lub wymieszać z glebą ogrodową przed sezonem wegetacyjnym.

Wielu ogrodników wykorzystuje Bokashi do poprawy produkcji warzyw, roślin kwitnących, krzewów i drzew owocowych. W przypadku roślin doniczkowych należy ostrożnie stosować mniejsze ilości. Zalecane praktyki obejmują:

- zakopywanie niewielkich porcji głęboko poniżej strefy korzeniowej,
- mieszanie sfermentowanego materiału z glebą przed sadzeniem,
- unikanie bezpośredniego kontaktu z delikatnymi korzeniami.

Rośliny pojemnikowe mogą odnieść korzyści z wykorzsytania prekompostu Bokashi ze wzgledu na lepszą dostępność składników odżywczych, lepsze zatrzymywanie wody i zwiększoną aktywność mikrobiologiczną. Jednak nadmierne ilości mogą chwilowo zwiększyć kwasowość lub wytworzyć warunki beztlenowe w małych doniczkach. Bokashi jest środkiem organicznym podobnym do kompostu, dostarczającym materię organicznej i składników odżywczych, takich jak azot, ale można go wytworzyć szybciej dzięki zastosowaniu inokulantów mikrobiologicznych. W zależności od materiałów i metody produkt końcowy może jednak niekiedy być jedynie częściowo ustabilizowany.

Bokashi może poprawić wzrost roślin, plon i zawartość azotu w liściach, jednak niewłaściwe zarządzanie, zwłaszcza wysoki poziom azotu amonowego może prowadzić do zagrożeń środowiskowych lub fitotoksyczności. Dlatego przed użyciem ważna jest ocena dojrzałości i bezpieczeństwa Bokashi (np. formy azotu i testy kiełkowania nasion).

Badania nad stosowaniem Bokashi na ogół wykazują pozytywny wpływ na wzrost i plon roślin. Na przykład badania ze szpinakiem wykazały, że Bokashi nie tylko poprawił wzrost i produktywność roślin, ale także zapewnił bardziej zrównoważone zaopatrzenie w azot niż wermikompost czy kompost termofilny. Ponadto Bokashi zwiększył zawartość niezbędnych składników odżywczych, takich jak potas, żelazo, mangan i cynk.

Odciek Bokashi, czyli tzw. „herbata" lub „sok" Bokashi, pochodzi z procesu wstępnej fermentacji w pojemniku Bokashi, który obejmuje beztlenową fermentację materiału organicznego połączonego z mieszanką Bokashi. Odciek ten jest mieszaniną wszystkich materiałów umieszczonych w pojemniku, w tym wody, odpadów organicznych, otrąb Bokashi, mikroorganizmów i ich produktów ubocznych. Płyn ten ma zwykle żółtopomarańczową barwę i octowy zapach. Najlepiej wykorzystać go w ciągu kilku godzin od zebrania.

Ponieważ odciek Bokashi jest kwaśny, ***należy go rozcieńczyć w stosunku co najmniej 1:100*** wodą przed zastosowaniem do gleby. Bezpośrednie zastosowanie na liście roślin może powodować poparzenia. Bardziej rozcieńczony roztwór (1:500) można również stosować do moczenia nasion.

Stosowanie Bokashi konsekwentnie poprawia plon i wzrost roślin u wielu gatunków, w tym kawy, sałaty, orzecha ziemnego, czy pomidora. Badania pokazały, iż np. plon szalotki wzrósł nawet o 145%. W przypadku sałaty dodatek prekompostu Bokashi zwiększył plon całkowity i handlowy, a także wielkość główek. Prekompost Bokashi wykazał pozytywny wpływ na kilka roślin. Zwiększył przeżywalność sadzonek (87–100%) i wysokość u *Pinus pseudostrobus* poprzez zmniejszenie szoku przesadzeniowego. W przypadku kawy (*Coffea arabica* odm. ‚Bourbon') zastosowanie Bokashi na poziomie 60–66% poprawiło plon. W przypadku marakui (*Passiflora edulis*) zastosowanie 16% Bokashi zapewniło najlepszy wczesny wzrost i rozwój.

Pietruszka: Zastosowanie Bokashi do gleby w stężeniach 15% i 30% zwiększyło indeks chlorofilu i masę suchej substancji liści pietruszki. Dawka 30% zwiększyła również poziom fosforu (P) w liściach pietruszki oraz zawartość P w glebie. Aby wspomagać wzrost pietruszki, zaleca się stosowanie do gleby co najmniej 15% wagowo (**150 g prekompostu na 1 kg gleby**).

Sałata: Prekompost Bokashi dokładnie wymieszano z glebą i wstępnie inkubowano przez 60 dni. Po zakończeniu okresu inkubacji glebę zhomogenizowano ręcznie, w celu zapewnienia jednorodności. Następnie do każdej doniczki przesadzono jedną sadzonkę sałaty, a rośliny pozostawiono do wzrostu na dwa miesiące. Wyniki wykazały, że Bokashi z obornika bydła mlecznego było najskuteczniejszym wariantem dla sałaty, poprawiając wzrost i pobieranie składników odżywczych, zwłaszcza przy dawce **7,5 t/ha.** Kompostowanie obornika do postaci Bokashi dało lepsze wyniki niż stosowanie surowego obornika.

Okra: zastosowanie 10 g/roślinę prekompostu Bokashi sprzyjało zarówno wegetatywnym, jak i reprodukcyjnym wynikom plonowania okry, dając grubsze łodygi i więcej owoców. Najlepszym podejściem jest połączenie zmniejszonej dawki NPK z prekompostu Bokashi, aby osiągnąć zrównoważony wzrost i bardziej zrównoważoną produkcję.

Kakao: Najskuteczniejszym wariantem było **2 kg Bokashi na drzewo** rocznie, co znacząco poprawiło chemiczną żyzność gleby i zwiększyło plon kakao. Ponadto prekompost Bokashi dostarczał niezbędnych składników odżywczych i poprawiał jakość gleby, jednocześnie ograniczając mobilność szkodliwych pierwiastków, takich jak glin, który w wysokich stężeniach może być toksyczny.

Podsumowując, zalecane dawki prekompostu Bokashi wynoszą około 5 t/ha dla szpinaku, 7,5 t/ha dla sałaty, 3 t/ha dla rukoli i 3 t/ha dla cebuli, natomiast dla roślin doniczkowych można zalecić co najmniej 10 g na roślinę.

5.3. Wykorzystanie jako środka poprawiającego właściwości gleby

Jedną z najważniejszych zalet materiału Bokashi jest jego rola jako środka poprawiającego właściwości gleby. W przeciwieństwie do nawozów syntetycznych, Bokashi dostarcza nie tylko składników odżywczych, ale także materii organicznej i pożytecznych mikroorganizmów. Dodanie sfermentowanego materiału organicznego pomaga:

- spulchnić zbite gleby,
- poprawić napowietrzenie,
- zwiększyć zdolność zatrzymywania wody,
- oraz wspierać zdrowy rozwój korzeni.

Bokashi wspiera pożyteczne organizmy glebowe, takie jak: bakterie, grzyby, dżdżownice i inne organizmy rozkładające. Zdrowa aktywność mikrobiologiczna przyczynia się do obiegu składników odżywczych, hamowania chorób oraz długotrwałej produktywności gleby. Sfermentowany materiał Bokashi zawiera składniki odżywcze, w tym: azot, fosfor, potas, wapń oraz mikroelementy. Składniki te stają się stopniowo dostępne w miarę postępowania rozkładu w glebie.

Prekompost Bokashi z pojemnika należy zakopać w glebie na etapie wstępnego kompostowania, zanim zostanie zastosowany do roślin. Zalecane kroki przedstawiono poniżej.

Jak stosować prekompost Bokashi w glebie

- Wykop rów o głębokości około 30 cm i szerokości łopaty. Długość powinna być mniej więcej dwukrotnie większa niż wysokość pojemnika,
- Odprowadź nadmiar płynu Bokashi z pojemnika (jeśli występuje) i zachowaj go do późniejszego użycia,
- Wysyp prekompost Bokashi do rowu i równomiernie go rozłóż,
- Dodaj na wierzch cienką warstwę gleby (około 2,5 cm) i dokładnie wymieszaj z prekompostem,
- Wypełnij rów glebą, pozostawiając około 15 cm warstwy gleby, aby uniemożliwić dostęp zwierzętom,
- Poczekaj na rozkład: sadzenie jest możliwe po około 2 tygodniach. Większość materiału staje się nierozpoznawalna w ciągu 4 tygodni.

Prekompost zakopuje się w glebie, ponieważ kwaśne środowisko rozkłada ściany komórkowe odpadów, umożliwiając ich dalszy rozkład i przyswojenie w glebie. Podnosi to również i równoważy pH gleby. Łącząc się z pożytecznymi mikroorganizmami w glebie, ustanawiają one dominację nad szkodliwymi mikroorganizmami wywołującymi choroby. W procesie wstępnego kompostowania odpady wychodzą z pojemnika, wyglądając dokładnie tak samo jak przy wkładaniu, ale jako sfermentowane odpady spożywcze. Podobnie jak w przypadku kiszonych ogórków, proces fermentacji nie zmienia zewnętrznego wyglądu odpadów, lecz zmienia ich wewnętrzną strukturę chemiczną (Rysunek 31). Można je sadzić między rzędami roślin, w odległości 30 cm od korzeni. Można je zakopać, kopiąc dołek o głębokości 30 cm (Rysunek 32). Można je sadzić w doniczce (po 15 dniach można otworzyć pokrywę i sadzić rośliny na wierzchu) (Rysunek 33 i 34).



Rysunek 31. Prekompost Bokashi



Rysunek 32. Sadzenie między rzędami roślin, w odległości 30 cm od korzeni, z zakopaniem w wykopanym dołku o głębokości 30 cm



Rysunek 33. Schemat stosowania Bokashi w doniczce



Rysunek 34. Sadzenie w doniczce

Sadzenie można przeprowadzić na obszarze, w którym zakopano prekompost, najwcześniej po 2 tygodniach. Prekompost Bokashi ulegnie całkowitemu przekształceniu w ciągu około 2–4 tygodni. Ramy czasowe różnią się w zależności od rodzaju odpadów, warunków glebowych i temperatury powietrza (Rysunek 35).

Poza zakopaniem prekompostu w glebie materiał Bokashi można również:

- dodać do tradycyjnych pryzm kompostowych,
- wprowadzić do podwyższonych grządek,
- wykorzystać w uprawie szklarniowej,
- lub zastosować w systemach permakultury.

Dodawanie materiału Bokashi do tradycyjnego kompostu często przyspiesza rozkład i zwiększa aktywność mikrobiologiczną.

Podsumowanie korzyści wynikających z wykorzystania prekompostu Bokashi przedstawiono na Rysunku 36.



Rysunek 35. Dojrzały kompost w glebie



Rysunek 36. Wykorzystanie prekompostu Bokashi

6. Produkcja prekompostu Bokashi w terenie

Kompostowanie metodą Bokashi można przeprowadzić w systemach wielkoskalowych. Prowadzono badania m.in. z wykorzystaniem odpadów z przetwarzania olejku różanego (Rysunek 37). Masa materiału wsadowego wynosiła 500 kg. Utworzono pryzmę odpadów z 6–7 warstw, o średnicy i długości 1 metra, w następującej kolejności: otręby Bokashi + LAB + 15 cm odpadów. Następnie pryzmę zwilżono mieszaniną 4 litrów wody pozbawionej chloru + 400 ml melasy + 400 ml LAB za pomocą 5-litrowego opryskiwacza plecakowego, zapewniając 60% wilgotność każdej warstwy. Należy zaznaczyć, że pryzmę można utworzyć również z otrąb Bokashi. Można utworzyć pryzmę o wysokości 1–1,5 metra, umieszczając na dnie kilka łopat otrąb Bokashi, następnie 15–20 cm odpadów organicznych na wierzchu, a potem kolejne kilka łopat otrąb Bokashi warstwami.

Aby uzyskać jednorodną mieszaninę, można ją wymieszać łopatą, przykryć grubą, nieprzezroczystą folią i obciążyć ciężarkami. Zabieg można wykonać na pochyłych powierzchniach betonowych lub glebowych. Przesiąkająca woda nie zanieczyści wód gruntowych.






7. Praktyczne zalecenia dla gospodarstw domowych

7.1. Ważne zasady dla początkujących

Dla początkujących zainteresowanych ekologicznym gospodarowaniem odpadami organicznymi metoda Bokashi przydatne są następujące zalecenia:

- Utrzymuj pojemnik szczelnie zamknięty,
- Regularnie odprowadzaj odciek,
- Dodawaj otręby Bokashi po każdej warstwie,
- Unikaj nadmiernego gromadzenia się odcieku,
- Niezwłocznie zakopuj sfermentowane odpady w glebie.

Konsekwencja i właściwe zarządzanie są ważniejsze niż sama metoda. Nowi użytkownicy często napotykają drobne problemy w trakcie nauki. Najczęstsze błędy obejmują:

- zbyt częste pozostawianie otwartej pokrywy,
- dodawanie nadmiernej ilości płynu,
- niewystarczającą ilość otrąb Bokashi,
- zbyt długie przechowywanie odpadów przed fermentacją,
- lub wystawianie sfermentowanego materiału bezpośrednio na powierzchnię gleby.

Większość problemów można łatwo rozwiązać poprzez lepszą kontrolę wilgotności i właściwe uszczelnienie.

7.2. Bezpieczeństwo i dobre praktyki

Aby uzyskać najlepsze rezultaty, należy przestrzegać kilku praktycznych zaleceń:

- Nie pozostawiaj sfermentowanego materiału odsłoniętego na powierzchni gleby.
- Zawsze przykrywaj materiał glebą.
- Unikaj bezpośredniego kontaktu z młodymi korzeniami bezpośrednio po zastosowaniu.
- Stosuj umiarkowane ilości w małych pojemnikach.
- Przechowuj sfermentowany materiał tylko przez krótki czas po fermentacji.

Właściwe zarządzanie zapewnia efektywny recykling składników odżywczych i minimalizuje problemy z zapachem lub szkodnikami. Sfermentowany materiał Bokashi jest niezwykle cennym zasobem organicznym, który przy prawidłowym stosowaniu może znacząco poprawić jakość gleby i wzrost roślin. Najskuteczniejsze zastosowania obejmują:

- zakopanie w glebie ogrodowej,
- stosowanie w podwyższonych grządkach,
- ostrożne wprowadzanie do doniczek i pojemników,
- oraz wykorzystanie jako biologicznego środka poprawiającego właściwości gleby.

8. Znaczenie Bokashi

Wzbogacenie gleby w makroelementy

Badania pokazują, że stosowanie Bokashi zwiększa zawartość kluczowych składników odżywczych w glebie, w tym azotu (N), fosforu (P) i potasu (K). Bokashi wprowadza zróżnicowaną mieszaninę Efektywnych Mikroorganizmów (EM), w tym bakterie kwasu mlekowego i drożdże, które stymulują rozkład materii organicznej i poprawiają mineralizację składników odżywczych. Zwiększa również aktywność enzymów glebowych (takich jak fosfataza i ureaza), która ma kluczowe znaczenie dla obiegu składników odżywczych

Prekompost Bokashi wytwarzany z odpadów spożywczych jest skutecznym organicznym środkiem użyźniającym glebę, który zapewnia trwalsze zaopatrzenie w azot dostępny dla roślin w porównaniu z kompostem termofilnym i wermikompostem. Poprawia wzrost roślin i biomasę dzięki stałemu uwalnianiu składników odżywczych (N, P, K). Ponadto proces fermentacji beztlenowej tworzy środowisko, które zwiększa dostępność mikroelementów aktywnych redoks, takich jak żelazo (Fe) i mangan (Mn). Bokashi zapewniało dłuższe zaopatrzenie roślin w azot nieorganiczny. Ogólnie rzecz biorąc, prekompost Bokashi można uznać za odpowiedni nawóz uzupełniający lub alternatywny dla systemów ekologicznej produkcji warzyw.

Wieloletnie badania wykazały, że Bokashi może znacząco poprawić zawartość niezbędnych minerałów w glebie. Chociaż Bokashi można stosować samodzielnie, jego efekty stają się wyraźniejsze w połączeniu z innymi środkami glebowymi, takimi jak biowęgiel, ze względu na interakcje synergiczne. Na przykład łączne zastosowanie Bokashi i biowęgla znacząco zwiększa całkowitą zawartość azotu w glebie. Dostępny fosfor może wzrosnąć nawet o 80% w wariantach Bokashi + 2% biowęgla w porównaniu z kontrolą oraz o około 58% w porównaniu z samym Bokashi. Podobnie poziom przyswajalnego potasu może być nawet czterokrotnie wyższy niż w glebach nietraktowanych. Ogólnie wyniki te wskazują, że połączenie Bokashi z biowęglem zwiększa dostępność składników odżywczych i poprawia żyzność gleby skuteczniej niż stosowanie samego Bokashi.

Zatrzymywanie wody

Prekompost Bokashi oraz mieszanki Bokashi–biowęgiel są również bardzo skuteczne w poprawie zatrzymywania wody w glebie i zwiększaniu efektywności wykorzystania wody przez rośliny w warunkach ograniczonego dostępu do wody. Połączenie to pomaga zmniejszyć stres wodny i wspiera lepsze funkcjonowanie roślin. Ponadto łączne zastosowanie przyczynia się do wzrostu pH gleby i węgla organicznego, dodatkowo poprawiając jakość gleby.

Zastosowanie kompostu Bokashi do gleby znacząco poprawiło zatrzymywanie wody w glebie, szczególnie w sezonie zimowym. W glebach bielicowych Bokashi zwiększyło zatrzymywanie wody nawet o 77%.

Stabilność agregatów glebowych i CEC

Bokashi zwiększa pojemność wymiany kationowej gleby (CEC), ułatwiając roślinom dostęp do składników odżywczych. Poprawia również strukturę gleby i zdolność zatrzymywania wody. Zastosowanie 50 t/ha prekompostu Bokashi znacząco poprawiło stabilność agregatów glebowych (średnią ważoną średnicę), zwiększając ją o około 0,73 mm (40,5%) zimą w stanowisku bielicowym. W skali wielu sezonów Bokashi wykazało jeszcze silniejszą poprawę, ze wzrostem nawet o 1,21 mm od lata do zimy, co wskazuje na istotny pozytywny wpływ na strukturę gleby w porównaniu z kontrolą. Bokashi poprawia strukturę gleby i stabilność agregatów, co fizycznie chroni węgiel organiczny przed rozkładem i dodatkowo zwiększa zatrzymywanie glebowego węgla organicznego (SOC).

Sekwestracja węgla

Bokashi może być uznane za lepszą metodę gospodarowania węglem w porównaniu z tradycyjnym kompostowaniem tlenowym. Ponieważ Bokashi jest procesem częściowo beztlenowym, zatrzymuje więcej pierwotnej materii organicznej. Może zwiększyć zawartość węgla organicznego w glebie nawet o 17% bardziej niż tradycyjne metody kompostowania. Prekompost Bokashi zawiera cukry, kwasy organiczne i biomasę mikrobiologiczną, które przyczyniają się do pul węgla labilnego. Z czasem część tego węgla zostaje przekształcona w bardziej stabilne formy, takie jak substancje humusowe, przyczyniając się do długotrwałej sekwestracji węgla.

Ograniczenie emisji

Tradycyjne kompostowanie często uwalnia wyższe poziomy gazów cieplarnianych, w szczególności metanu. Natomiast fermentacja Bokashi wytwarza minimalne ilości metanu, skutecznie „zatrzymując" węgiel w stabilnej formie w glebie.

9. Podsumowanie

Kompostowanie Bokashi to innowacyjna i przyjazna dla środowiska metoda gospodarowania odpadami organicznymi, która umożliwia gospodarstwom domowym wydajny, higieniczny i zrównoważony recykling odpadów spożywczych. W przeciwieństwie do tradycyjnego kompostowania, Bokashi wykorzystuje fermentację beztlenową wspieraną przez pożyteczne mikroorganizmy, aby przekształcać odpady kuchenne w bogaty w składniki odżywcze materiał organiczny. Najważniejsze etapy procesu przedstawia Rysunek 37.



Rysunek 37. Przebieg procesu Bokashi

Bokashi jest szczególnie cenne dla:

- gospodarstw domowych zlokalizowanych w miastach,
- mieszkańców domów wielorodzinnych,
- osób rozpoczynających swoją przygodę z kompostowaniem,
- rodzin świadomych ekologicznie,
- oraz osób poszukujących prostych metod ograniczania odpadów.

Metoda ta pokazuje, że nawet drobne codzienne czynności domowe mogą przyczyniać się do zrównoważonego życia i ochrony środowiska.

Udane kompostowanie Bokashi zależy od kilku podstawowych zasad:

1. Udanego procesu wstępnej fermentacji beztlenowej,
2. Wykorzystania Efektywnych Mikroorganizmów (EM),
3. Właściwego gospodarowania odpadami,
4. Wtórnej integracji materii organicznej z glebą.

Rozpoczęcie kompostowania Bokashi jest stosunkowo proste i wymaga jedynie kilku podstawowych materiałów. Aby uruchomić domowy system Bokashi, użytkownicy zwykle potrzebują:

- pojemnika Bokashi ze szczelną pokrywą,
- otrąb Bokashi lub inokulantu mikrobiologicznego,
- niewielkiego pojemnika kuchennego do zbierania resztek,
- oraz dostępu do gleby, grządek ogrodowych lub kompostu do końcowego przetwarzania.

Komercyjne zestawy Bokashi są powszechnie dostępne i zaprojektowane z myślą o początkujących.

Proces dla początkujących krok po kroku obejmuje:

Krok 1 — zbierz odpady spożywcze (kuchenne),
Krok 2 — dodaj otręby Bokashi,
Krok 3 — ubij i zamknij szczelnie,
Krok 4 — regularnie odprowadzaj odciek,
Krok 5 — zakończ fermentację,
Krok 6 — przenieś do gleby.

W wielu regionach odpady spożywcze stanowią poważne wyzwanie środowiskowe. Domowe systemy Bokashi pozwalają osobom prywatnym bezpośrednio uczestniczyć w lokalnych działaniach na rzecz ochrony środowiska. Praktyki kompostowania na małą skalę mogą wspólnie przynieść znaczące korzyści ekologiczne.

Kompostowanie Bokashi to nie tylko proces techniczny, ale także działalność edukacyjna. Rodziny, szkoły, ogrody społecznościowe i organizacje edukacyjne coraz częściej wykorzystują Bokashi jako praktyczne narzędzie dydaktyczne w edukacji środowiskowej. Kompostowanie Bokashi pokazuje, że zrównoważone praktyki środowiskowe mogą być proste, praktyczne i dostępne dla niemal każdego.

Przekształcając odpady kuchenne w wartościowy materiał organiczny, gospodarstwa domowe mogą:

- zmniejszyć negatywny wpływ na środowisko,
- poprawić zdrowie gleby,
- wspierać wzrost roślin,
- oraz aktywnie uczestniczyć w trosce o środowisko.

Metoda Bokashi łączy tradycyjną wiedzę biologiczną ze współczesnymi praktykami zrównoważonego rozwoju, oferując skuteczne rozwiązanie współczesnych wyzwań związanych z gospodarowaniem odpadami. Nawet drobne działania w gospodarstwie domowym mogą przyczynić się do zdrowszych ekosystemów i bardziej zrównoważonej przyszłości.

Bibliografia

Christel, D. M. (2017). *The use of bokashi as a soil fertility amendment in organic spinach cultivation*. The University of Vermont and State Agricultural College.

Dhakal, G., Fujino, T., Magar, S. T., & Araki, Y. (2025). Co-application of Bokashi and biochar alleviates water stress, improves soil fertility and enhances wheat production under water-deficit conditions. *Soil Systems*, *9*(2), 33.

Erdal, I., Ekinci, K., Kumbul, B. S., & Madenli, E. C. (2025). Effect of dairy manure derived bokashi prepared from different organic materials on lettuce growth and mineral nutrition. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *25*(2), 2923-2936.

Fall, M., Gueye, N., Mbaye, A., Sene, A. D., & Ndiaye, P. A. (2026). Valorization of Agricultural Waste through Bokashi Production: A Review. *Journal of Applied Life Sciences International*, *29*(1), 1-16.

Footer, A. (2013). Bokashi composting: scraps to soil in weeks. New society publishers.

Gashua, A. G., Sulaiman, Z., Yusoff, M. M., Samad, M. Y. A., Ramlan, M. F., & Salisu, M. A. (2022). Assessment of fertilizer quality in horse waste-based bokashi fertilizer formulations. *Agronomy*, *12*(4), 937.

Higa, T., & Parr, J. F. (1994). Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment (Vol. 1, pp. 16-16). Atami, Japan: International Nature Farming Research Center.

Kok, D. J. D., Scherer, L., de Vries, W., & van Bodegom, P. M. (2023). Temporal variability in organic amendment impacts on hydro-physical properties of sandy agricultural soils. *Soil Science Society of America Journal*, *87*(4), 963-984.

Maass, V., Céspedes, C., & Cárdenas, C. (2020). Effect of bokashi improved with rock phosphate on parsley cultivation under organic greenhouse management. *Chilean journal of agricultural research*, *80*(3), 444-451.

Manhounou, K. J. A., Zoumana, K., Alain, K. A. J., Yacouba, K., & Sidiky, B. (2024). Effects of''Bokashi''Organic Fertilizer on Physico-chemical Soil Fertility and the Yield of Cocoa Trees (Theobroma cacao L.) in Daloa (Central-Western Ivory Coast). *International Journal of Agriculture and Biosciences*, *13*(2), 190-195.

Merfield, C. N. (2012). Treating food preparation 'waste'by Bokashi fermentation vs. composting for crop land application: A feasibility and scoping review. *Report commissioned by Gisborne District Council. Canterbury: Lincoln University: The BHU Future Farming Centre*.

Mohamad, Z., & Shahruddin, S. (2025). Effect of Organic Fertilizer Vermicompost and Effective Microorganisms (EM) Bokashi on Okra (Abelmoschus esculentus) Growth. *AgroTech-Food Science, Technology and Environment*, *4*(1), 7-13.

Öz, S. (2025). A Bibliometric Analysis on Bokashi Technique which is used for Implementing Circular Economy in Food Waste. Journal of İstanbul School of Technology, 1(1), 98-118.

Phooi, C. L., Azman, E. A., & Ismail, R. (2022). Role of organic manure Bokashi improving plant growth and nutrition: A review. *Sarhad Journal of Agriculture*, *38*(4), 1478-1484.

Quiroz, M., & Céspedes, C. (2019). Bokashi as an amendment and source of nitrogen in sustainable agricultural systems: A review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *19*(1), 237-248.

Tojo, S. (Ed.). (2020). Recycle Based Organic Agriculture in a City. Springer.

Spis rysunków

Rysunek 1. Jak działa Bokashi 6
Rysunek 2. Różnice pomiędzy metodą Bokashi a tradycyjnym kompostowaniem 9
Rysunek 3. Bakterie kwasu mlekowego w procesie Bokashi....12
Rysunek 4. Drożdże w procesie Bokashi 13
Rysunek 5. Bakterie fotosyntetyzujące w procesie Bokashi....13
Rysunek 6. Schemat procesu Bokashi....15
Rysunek 7. Mieszanie wszystkich składników otrąb Bokashi EM 17
Rysunek 8. Mieszanina umieszczona w dwuwarstwowym worku foliowym....18
Rysunek 9. Suszenie otrąb Bokashi....18
Rysunek 10. Wytwarzanie domowego roztworu LAB 20
Rysunek 11. Kultura matczyna/czysta Bokashi....20
Rysunek 12. Czystą kulturę można wymieszać z melasą i przechowywać w temperaturze pokojowej, poza lodówką 21
Rysunek 13. Konstrukcja systemu podwójnie zagnieżdżonego pojemnika 23
Rysunek 14. Wiercenie otworu w dnie pojemnika 23
Rysunek 15. Gwintowana pokrywa pojemnika ze szczelną uszczelką gumową....24
Rysunek 16. Pojemnik z kranem (samodzielnie wykonany pojemnik Bokashi)....24
Rysunek 17. Kranik 24
Rysunek 18. Sito 25
Rysunek 19. Pokrywa dociskowa 25
Rysunek 20. Komercyjnie produkowany pojemnik Bokashi 25
Rysunek 21. Dostępny w sprzedaży pojemnik Bokashi o pojemności 220 litrów....26
Rysunek 22. Rozsypanie warstwy otrąb Bokashi na dnie sita 28
Rysunek 23. Odpady kuchenne pokrojone nożem na mniejsze kawałki 28
Rysunek 24. Rozsypanie otrąb Bokashi na wierzchu warstwy odpadów kuchennych....29
Rysunek 25. Ubijanie odpadów kuchennych pokrywą dociskową 29
Rysunek 26. Zabezpieczenie odpadów workiem foliowym....30
Rysunek 27. Zamknięty pojemnik Bokashi w kuchni....30
Rysunek 28. Odciek Bokashi 31
Rysunek 29. Udana fermentacja 31
Rysunek 30. Czego unikać w Bokashi....35
Rysunek 31. Prekompost Bokashi 39
Rysunek 32. Sadzenie między rzędami roślin, w odległości 30 cm od korzeni, z zakopaniem w wykopanym dołku o głębokości 30 cm 40
Rysunek 33. Schemat stosowania Bokashi w doniczce 40
Rysunek 34. Sadzenie w doniczce....41
Rysunek 35. Dojrzały kompost w glebie 42
Rysunek 36. Wykorzystanie prekompostu Bokashi....42
Rysunek 37. Przebieg procesu Bokashi....47