

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Қ. Тұрысов атындағы Геология және мұнай-газ ісі институты

«Химиялық және биохимиялық инженерия» кафедрасы

Қалмырза Гүлдана Нұрдәулетқызы

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

«Органикалық қалдықтарды аэробты өңдеу биотехнологиясын әзірлеу»

5B070100 – «Биотехнология» мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Қ. Тұрысов атындағы Геология және мұнай-газ ісі институты

«Химиялық және биохимиялық инженерия» кафедрасы



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС


Тақырыбы: «Органикалық қалдықтарды аэробты өңдеу биотехнологиясын әзірлеу»

5B070100 – «Биотехнология» мамандығы бойынша


Орындаған

 Қалмырза Г. Н.


Ғылыми жетекші

а/ш ғылымдарының канд., доцент,
қауымд. профессоры
 Джамалова Г.А.
«30» мамыр 2022 ж.

Ғылыми кеңесші

Жаратылыстану ғылымдарының
магистрі, ХЖБИ кафедрасының
ассистенті
 Әкімбек А.Ө.
«30» 05 2022 ж.

Пікір беруші

Әл – Фараби атындағы ҚазҰУ
ОЗТҚМПХЖТ кафедрасының
лекторы, хим. ғыл. канд.
 Рахметуллаева Р.К.
«30» мамыр 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Қ. Тұрысов атындағы Геология және мұнай-газ ісі институты

«Химиялық және биохимиялық инженерия» кафедрасы

Мамандығы 5В070100 – «Биотехнология»

БЕКІТЕМІН

Химиялық және
биохимиялық инженерия
Кафедра меңгерушісі Ph.D.
Амитова А.А.
« 30 » 03 2022 ж.



**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Қалмырза Гүлдана Нұрдәулетқызы

Тақырыбы: «Органикалық қалдықтарды аэробты өңдеу биотехнологиясын әзірлеу»

Университет ректорының 24.12.2021 ж. № 489-П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «8» маусым 2022 ж.

Дипломдық жұмысқа арналған бастапқы деректер: Органикалық қалдықтарды аэробты өңдеудің биотехнологиясын әзірлеу. Тұрмыстық қатты қалдықтардан бөлінген органикалық ағаш қалдықтарын компосттау процесін құру және зерттеу.



Дипломдық жұмыстың қысқаша мазмұны:

- а) Ғылыми әдебиеттерге шолу
 - б) Зерттеу әдістері және материалдары
 - в) Зерттеу нәтижелері. Қорытынды
- Ұсынылатын негізгі әдебиет 91 атаудан тұрады.

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелер тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімі	Ескерту
1 Әдеби шолу	20.03.2022 ж.	орындалды
2 Материал және зерттеу әдістемесі	2.04.2022 ж.	орындалды
3 Зерттеу нәтижелері. Қорытынды	30.04.2022 ж.	орындалды

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушыларының
аяқталған жұмысқа қойылған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Консультанттар, А.Ә.Т (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолтаңба
Дипломдық жұмыстың 1-3 бөлімдері	Джамалова Г.А., к.с.х.н., доцент; ассоциированный профессор	30.05.2022	
Норма бақылау	Джамалова Г.А., к.с.х.н., доцент; ассоциированный профессор	30.05.2022	

Ғылыми жетекші



Джамалова Г.А.

Тапсырманы орындауға
алған білім алушы



Қалмырза Г.Н.

Күні:

«30» мамыр 2022 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмысты орындау органикалық қалдықтарды аэробты өңдеудің биотехнологиясын әзірлеуге бағытталған.

Нәтижелер. Зерттеу процесі тұрмыстық қатты қалдықтардан бөлінген органикалық ағаш қалдықтарын компосттау процесін құруға және зерттеуге бағытталған. Компостталатын субстраттың физика-химиялық және микробиологиялық қасиеттері зерттелді. Компостталатын субстраттың культуралды қасиеттерін зерттеу жұмыстары жүргізілді.

Ғылыми жаңалық. «Байкал» биопрепаратының көмегімен ағаш қалдықтарының аэробты биодegradация процесі алғаш рет зерттелді.

Дипломдық жұмыс компьютерлік мәтіннің 36 бетінде жазылған, үш бөлімнен тұрады – бұл түсіндірме (тақырып 4 бет; үш тілде аңдатпа, 3 бет; кіріспе 1 бет), негізгі (әдебиеттік шолу 14 бет; материалдар және зерттеу әдістері 1 бет, зерттеу нәтижелері 5 бет, қорытынды 1 бет) бөлімдер мен пайдаланылған әдебиеттер тізімі көрсетілген бөлім (7 бет). Жұмыста 5 кесте, 7 сурет және 91 ғылыми әдебиет көздері бар.

АННОТАЦИЯ

Выполнение дипломной работы было нацелено на разработку биотехнологии аэробной переработки органических отходов.

Полученные результаты. Процесс выполнения исследований был направлен на постановку и изучение процесса компостирования древесных органических отходов, выделенных из состава ТБО. Изучены физико-химические и микробиологические свойства компостируемого субстрата. Проведено исследование по изучению культуральных свойств компостируемого субстрата.

Научная новизна. Впервые изучен процесс аэробного биоразложения древесных отходов с применением биопрепарата «Байкал».

Дипломная работы выполнена на 36 страницах компьютерного текста, включает три раздела – это пояснительный (титульные листы 4 стр.; аннотация на трёх языках, 3 стр.; введение 1 стр.), основной (обзор литературы 14 стр.; материалы и методы исследования 1 стр.; результаты исследования 5 стр.; заключение и выводы 1 стр.) разделы и раздел, указывающий на список использованных в работе литературы (7 стр.). В работе содержится 5 таблиц, 7 рисунков и 91 источников научной литературы.

ANNOTATION

The implementation of the thesis was aimed at the development of biotechnology for the aerobic processing of organic waste.

Results. The research process was aimed at setting up and studying the process of composting wood organic waste isolated from solid household waste. The physicochemical and microbiological properties of the compostable substrate have been studied. A study was carried out to study the cultural properties of the compostable substrate.

Scientific novelty. For the first time, the process of aerobic biodecomposition of wood waste was studied using the «Baikal» biopreparation.

The thesis is written on 36 pages of a computer text, includes three sections – this is explanatory (title pages 4 pages; abstract in three languages, 3 pages; introduction 1 page), main (literature review 14 pages; materials and research methods 1 pages; results of the study 5 pages; conclusion and conclusions 1 page) sections and a section indicating the list of references used in the work (7 pages). The work contains 5 tables, 7 figures and 91 sources of scientific literature.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	Әдебиетке аналитикалық шолу	10
1.1	Органикалық қалдықтар: түсінігі және классификациясы	10
1.2	Органикалық ағаш қалдықтары	10
1.3	Органикалық қалдықтарды өңдеудегі биотехнологиялық әдістер	13
1.4	Органикалық қалдықтарды аэробты өңдеу әдісі	17
1.5	Компосттау процесіне әсер ететін факторлар	17
1.6	Компост: сипаттамалары мен қасиеттері	20
2	Зерттеу әдістері мен материалдары	24
2.1	Зерттеу объектісі және материалдары	24
2.2	Зерттеу әдістері	24
3	Зерттеу нәтижелері	25
3.1	Органикалық қалдықтарды аэробты өңдеу биотехнологиясы бойынша модельдік эксперимент әзірлеу және жүргізу	25
3.2	Ағаш қалдықтарынан бөлінген микроорганизмдер штаммдарының культуралдық қасиеттері	27
	Қорытынды	30
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	31

КІРІСПЕ

Жұмыстың өзектілігі. Қазіргі заманғы жабық айналым экономикасы қалдықтарды өңдеуді ғана емес, сонымен қатар шикізат пен өнімдерді алудың, өндірудің және тұтынудың алдыңғы кезеңдерін қамтиды, себебі олар қалдықтарды утилизациялауға әсер етеді. Бөлшектеу жеңілдігі, ластаушы заттардың құрамы және ресурстарды тұтыну тұрғысынан қайта өңдеуге болатын өнімдерді әзірлеумен қатар, қалдықтарды өңдеудің әртүрлі нұсқалары да маңызды. Ресурстарды үнемдеу мүддесінде қалдықтарды өңдеу – қалдықтардың көлемін де, ластаушы заттардың құрамын да азайтуға бағытталған [1]. Қалдықтарды қайта өңдеу әлемнің көптеген дамыған елдерінің ресурстарды үнемдеу саясатының негізгі бағыты болып табылады. Көптеген елдерде қалдықтарды қайта өңдеуге үлкен көңіл бөлінеді, бірақ бүгінгі күнге дейін қалдықтарды өңдеудің негізгі әдісі өртеу болып табылады. Бұл әдістің тиімділігі өте төмен, сонымен қатар қоршаған ортаға зиянды. Қалдықтарды тиімдірек өңдеуге, сонымен бірге экономикаға пайдалы өнімдер мен балама отын түрлерін алуға болады [2]. Полигонда жинақтау және өртеу сияқты органикалық қалдықтарды басқарудың әртүрлі әдістерінің ішінде органикалық қалдықтарды биологиялық процестер арқылы ыдырату ең қолайлы шешім болып саналады. Компосттау – арзан, тиімді биодеградация процестерінің бірі. Компосттау процесі микробтардың белсенділігіне негізделген. Бұл процеске әсер ететін физика-химиялық параметрлерге температура, аэрация, ылғалдылық, C:N қатынасы және рН, т.б. жатады [3].

Мақсаты. Органикалық қалдықтарды аэробты өңдеу биотехнологиясын әзірлеу.

Міндеттері:

1 Тұрмыстық қатты қалдықтардан (ТҚҚ) бөлініп алынған ағаштың органикалық қалдықтарын компосттау процесін баяндау және зерттеу;

2 Компостталатын субстраттың физика-химиялық қасиеттерін зерттеу;

3 Компостталған субстраттың культуралды қасиеттерін зерттеу.

Ғылыми жаңалық. Алғаш рет «Байкал» биопрепаратының көмегімен қалдықтардың аэробты биодеградация процесі зерттелді.

Практикалық маңызы. Алынған нәтижелер ТҚҚ полигонында ТҚҚ-дан бөлініп алынған ағаш қалдықтарын өңдеуге негіз бола алады. Болашақта компосттың бұл түрін ТҚҚ полигонында қалдықтармен көмілген топырақтарды биоремедиациялауда қолдануға болады. Сонымен қатар, теориялық және зертханалық зерттеулер нәтижесінде алынған материалдарды «Биотехнология» мамандығының студенттері үшін оқу сабақтарында сәтті пайдалануға болады.

1 Әдебиетке аналитикалық шолу

1.1 Органикалық қалдықтар: түсінігі және классификациясы

Әлемнің көптеген елдерінде өнеркәсіптік өндіріс пен сауданың тұрақты өсуі соңғы онжылдықта тұрмыстық және өнеркәсіптік қалдықтардың пайда болуының қарқынды өсуіне әкелді [4]. Дүние жүзінде түзілетін қалдықтардың шамамен 50 %-ы органикалық заттардан тұрады, әдетте тамақ, адам және жануарлар қалдықтары, бақша және ағаш өнімдері [5]. Бұл қалдықтардың едәуір бөлігі полигондарға төгіледі және дұрыс өңделмеген жағдайда қоршаған орта мен адам денсаулығына айтарлықтай қауіп төндіруі мүмкін [6].

Негізгі өндірушілер – ауыл шаруашылығы және тамақ өнеркәсібі. Олардың қалдықтарын тұрақты өндіріске бірқатар мүмкіндіктер аша отырып, жоғары қосылған құны бар өнім өндіруге шикізат ретінде пайдалануға болады [7].

Қазіргі уақытта органикалық қалдықтардан органикалық тыңайтқыштарды биологиялық өңдеу арқылы алу – қайта пайдалану, қайта өңдеу және қайта қалпына келтіру арқылы кеңінен қолданылатын және ұзақ уақытқа жарайтын нұсқа болып табылады. Сонымен қатар, биологиялық процестерді дұрыс пайдалану және басқару тыңайтқыштың сапасын және өңдеудің жалпы экологиялық көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік береді [8]. Физикалық күйі бойынша қалдықтар қатты, сұйық және газ тәрізді болып бөлінеді. Шығу тегі бойынша қалдықтар тұрмыстық, өндірістік және ауылшаруашылық болып бөлінеді. Құрамы бойынша қалдықтарды органикалық және бейорганикалық деп бөлуге болады. Осылайша, органикалық қалдықтарға келесі тізімді жатқызуға болады [9]: көң мен құс саңғырығы, жиһаздар; өсімдік қалдықтары; еріген органикалық заттарға бай қалдықтар (көмірсулар, майлар, ақуыздар); қатты ақуыз және құрамында май бар қалдықтар; ағынды суларды тазарту қондырғыларынан түсетін жауын-шашын және белсенді тұнбалар; қатты тұрмыстық қалдықтардың органикалық фракциясы.

1.2 Органикалық ағаш қалдықтары

Қазіргі уақытта әлеуметтік-экологиялық таза климаттық және энергетикалық саясатқа қол жеткізу үшін ағаш қалдықтарының биомассасын зерттеу оның жануын азайтуға және оның бағалы өнімге айналуын арттыруға бағытталған. Орман шаруашылығы мен механикалық ағаш өңдеу өнімдері болып табылатын ағаш үгінділері, қабықтары, жоңқалары, ағаш ұнтақтағы және т.б. түріндегі ағаш биомассасы қалдықтары еуропалық биоэкономикада шикізат ретінде маңызды рөл атқарады [10].

Тамақ және ағаш өңдеу өнеркәсібі жыл сайын зерттелетін аймақтағы әртүрлі көздерден алынатын биоқалдықтардың немесе жанама өнімдердің негізгі өндірушілері болып табылады [11].

Қайта өңделген ағаш анықтамасы: «Тұрмыстық қалдықтардан қалған ағаштар, сонымен бірге құрылыс және инженерлік жұмыстарда бұрын қолданылған ағаштар, олардың лас немесе таза болуы маңызды емес. Оларды қайта өңдеуге немесе материалдық, энергетикалық мақсаттарда қайта пайдалануға болады» деп құрастырылған [12].

Ағаш – қағаз, қаптама, жиһаз және ағаш өңдеу өнеркәсібінде, құрылыс секторында және т.б. әртүрлі мақсаттарда қолдануға болатын әмбебап шикізат. Алғашқы пайдаланғаннан кейін ағаш бұйымдарын қайта пайдалануға және қайта өңдеуге, сондай-ақ зауытта немесе қазандықта жағуға болады. Ағаш тұрақты түрде өндіріліп, ең жақсы түрде пайдаланылуы керек. Ағаш қалдықтарына бағалы ету қазба-минералды өнімді ауыстыруды, өнімді қайта пайдалануды және материалдарды қайта өңдеуді қамтиды. Осы аспектілердің әрқайсысы CO₂ шығарындарын азайту, көміртекті сақтау, ресурстарды пайдалану тиімділігі мен ресурстардың өнімділігі саласындағы мақсаттарға жетуге нақты әсер етеді [13].

Отын ретінде ағаш қалдықтары Ұлыбритания, Нидерланды, Германия, сондай-ақ Швеция сияқты көптеген елдерде қызығушылықты арттырды және ол таза ағаш жоңқалары сияқты дәстүрлі биомасса отындарымен тікелей бәсекелеседі, себебі бұл арзанырақ отын, сондықтан үлкен көлемдегі ағаш қалдықтарының саудасымен айналысатын елдерде көбірек сауда жасауға мүмкіндік береді [14]. Ағаш материалын өндіру және қызмет ету мерзімінің аяқталу кезеңіндегі қоршаған ортаға әсері, әдетте, бейорганикалық немесе қазбалы шикізаттан өндірілген балама материалдарға қарағанда әлдеқайда төмен [15]. Оның үстіне, ауылшаруашылық ресурстарынан айырмашылығы, ағаш тамақпен бәсекелеспейді. Нәтижесінде, 21 ғасырдың басынан бастап, дәстүрлі мақсаттардан басқа, жаңа мақсаттар үшін (энергия, құрылыс материалдары, химикаттар және т.б. өндіру) ағаш тұтыну қарқыны өсті [16]. Ағаш табиғи материал болғанына қарамастан, ағаш қалдықтарында әдетте қоспалар (желімдер, лактар мен бояулар), әртүрлі ластаушы заттар (ағаш өңдеу және ауыр металдар) және ластаушы материалдар (шыны, пластмасса, металдар және т.б.) болады. Бұл гетерогенділік өңдеу процестерін едәуір қиындатады. Демек, ағаш қалдықтарымен жұмыс істеудің заманауи стратегиялары негізінен (1) қалдықтарды көмуге, (2) энергияны кәдеге жаратуға және (3) материалдарды жоюға негізделген. Егер ол күрделірек болса да, қалпына келтірудің соңғы әдісін жасау керек, өйткені ол жаңа материалдарды шығару арқылы қайта өңдеуге негізделген [17].

Ағаш биотехнологиясы және ағаш жиһаз өндірісінде табиғи өнімдерді пайдаланудың өзіндік ұзақ тарихы бар және қазіргі уақытта дамып келеді. Олар жаңа сипаттамалары бар материалдарды, жиһаздың ерекше бөлшектерін жасауға қабілетті және қоршаған ортаға кері әсерін азайтуға көмектеседі. Ағаш

өңдеу өнеркәсібінде потенциалы бар организмдер мен олардың өнімдеріне негізделген қосымшаларды үш санатқа бөлуге болады [18]:

- 1) тірі организмдерді немесе олардың ферменттерін жаңа заттар алу үшін немесе каталитикалық мақсаттарда биотехнологиялық пайдалану;
- 2) сығындыларды немесе басқа каталитикалық емес өнімдерді пайдалану;
- 3) биомимикрия.

Ағаш қалдықтарын энергия алу үшін жағуға, басқа ағаш негізіндегі материалдарды өндіру үшін шикізат ретінде пайдалануға немесе қалдықтардың түріне байланысты химиялық процестер арқылы этанолға немесе газға айналдыруға болады. Пайдаланылған ағаш қалдықтарын тек тұрмыстық қатты қалдықтарын жағу қондырғыларында және түтін газдарын өңдейтін цемент зауыттарында жағуға болады. Екінші жағынан, табиғи ағаш пен ағаш қалдықтарын ағаш пештерінде және ағаш қалдықтарын жағу жүйелерінде де қолдануға болады [19]. Ағаш қалдықтарының құрамы мен сапасын жақсырақ білу өте маңызды. Қоспалар мен ластаушы заттар ағаш қалдықтарының шығу тегіне байланысты айтарлықтай өзгереді. Ағаш қалдықтарын біртекті материал ретінде емес, күрделі және ауыспалы материал ағыны ретінде қарастыру керек. Құрылыс/бұзу секторы ағаш қалдықтарының ең үлкен көзі болып табылады. Шын мәнінде, Еуропада ағаш фракциясы құрылыс/бұзу қалдықтарының 20-40 % құрайды. Жиһаз өнеркәсібі де қалдықтардың маңызды көзі болып табылады [20].

1-кестеде ағаш қалдықтарының шығу тегі бойынша жіктелуі көрсетілген.

Кесте-1. Ағаш қалдықтарының шығу тегі бойынша жіктелуі [20]

Шығу тегі	Түрлері	Класстары
Қаптама	Паллеттер мен жәшіктер (өңделмеген, ұсақ дисперсті фракциясыз)	1-2
	Паллеттер және жәшіктер (ұсақ дисперсті фракциямен/өңделген ағашпен)	3
Құрылыс/ бұзу	Құрылыс және қайта пайдаланудан кейінгі ағаш (өңделмеген, ұсақ дисперсті фракциясы жоқ)	1-2
	Бұзып, қалпына келтіргеннен кейінгі ескі ағаш (Ұсақ дисперсті фракциямен/өңделген ағашпен)	3
Жиһаздар	Жиһаз (өңделмеген)	1-2
	Жиһаз (өңделген ағаштан)	3
	Жұмсақ жиһаз	3
Басқалары	Имплантицияланған ағаш (ССА, креозот немесе РСР өңделген ағаш)	4
	Бұзылғаннан кейінгі композициялық құрылыс материалдары	3
	Өртүрлі (пластиктен, шыныдан, металдан, картоннан жасалған бұйымдар)	3

Ағашты қайта өңдеу көп жағдайда ұсақ бөлшектерге дейін (ұнтақтар, талшықтар және т.б.) ұсақтауды қажет етеді, оны қайта пайдалануға болады, соның ішінде композиттік материалдарды өндіру үшін қолданылады [21].

Ағаш қалдықтарын кәдеге жаратуды оңтайландырудың негізгі проблемаларының бірі олардың еуропалық деңгейде келісілмеген жіктелуіне байланысты. Жалпы алғанда, қауіпті емес және қауіпті қалдықтар екі түрлі класқа бөлінеді, ал олардың арасында аз немесе аз ластанған қалдықтар елге байланысты бір немесе екі класты білдіреді. Бұл кластар негізінен панельдерде немесе көбінесе энергияны қалпына келтірудің нормативтік шектеулерімен байланысты [22].

Францияны мысалға алсақ, онда әдеттегі классификация А, В және С кластарын көрсетеді, олар келесідей анықталады:

А класы: таза өнімдер (қоспаларсыз);

В класы: нашар араласқан өнімдер;

С класы: қатты араласқан өнімдер.

А класы таза немесе аздап өңделген ағашқа жатады, мысалы, ағаш-жаңқалы тақтасы бар өнімдер, оларға негізінен қораптар, паллеттер және т. б. орау материалдары кіреді. С класы қауіпті деп жіктелген заттары бар ықтимал қауіпті ағаш қалдықтарын білдіреді: негізінен құрамында ауыр металдар (мысалы, мыс-хром-мышьяк өңдеу) немесе креозот бар ағаштар. Осылайша, В класы құрамында А класының да, С класының да ағаш қалдықтарына жатпайтын қалған барлық қалдықтарды қамтитындығымен ерекшеленеді. Осылайша, бұл класс өте кең және желімдер, бояулар, әрлеу материалдары, фанер және т. б. сияқты қоспалары бар барлық ағаш қалдықтарын білдіреді. Осылайша, В класының ағаш қалдықтары бояулардың немесе лактардың іздері бар, сонымен қатар термопластикалық полимерден жасалған желіммен, жабындармен немесе тіпті қималармен қатты ластанған ағаш қалдықтары сияқты өте аз ластанған ағаш қалдықтар жатады [23].

1.3 Органикалық қалдықтарды өндеудегі биотехнологиялық әдістер

Пайда болған қалдықтарға биологиялық ыдырайтын қалдықтар өндірісі жатады. Дамыған елдер биологиялық ыдырайтын қалдықтардың 32 %-ын (тамақ, жасыл қалдықтар), ал аз дамыған елдер 50 %-дан астамын өндіреді. Қалдықтар санының тез өсуі оларды жоюды немесе утилизациялауды қажет етеді. Қалдықтарды басқарудың ең танымал әдісі – органикалық қалдықтарды термиялық өңдеу, оларды залалсыздандыру және қоршаған ортаға қауіпсіз етіп қайта енгізу. Екінші әдіс қазіргі уақытта Еуропалық Одақта жүзеге асырылып жатқан «жасыл келісім» саясатына сәйкес келеді [24]. Алайда, қалдықтардың пайда болған массасын жоюдың негізгі бағыты оларды термиялық өңдеу болып табылады. Қалдықтарды өндеудің бұл әдісінің бірқатар артықшылықтары бар: оны жүзеге асыру оңай, алынған қалдықтардың мөлшерін бірнеше – он есе азайтады, нәтижесінде көптеген қайта өңдеу элементтерін алуға болады, соңғы

өнімді оңай өңдеуге болады және өңдеуден кейін оны қоршаған ортаға қайта енгізуге болады, термиялық өңдеу энергияны қалпына келтіруге мүмкіндік береді. Органикалық қалдықтарды қайта өңдеудің тағы бір әдісі олардың табиғи ресурстарды пайдалануы болып табылады. Еуропалық классификацияда көптеген топырақтар бұзылған немесе шекті болып жіктеледі [25]. Жеңіл топырақтың өнімділігін арттырудың немесе сақтаудың бір әдісі – өңделген органикалық заттардың қалдықтарын тиісті түрде енгізу. Мұндай шара қалдықтарды өндірудің қазіргі «сызықтық моделін» айналмалы экономика тұжырымдамасына, яғни «айналмалы жүйе» деп аталатын тұжырымдамаға өзгертетін Еуропалық Одақтың негіздік нұсқауларына сәйкес келеді [26].

Термиялық өңдеу биомассадан әртүрлі энергия түрлерін алу үшін қолданылатын үш термиялық процесті қамтиды. Оларға жану, пиролиз және газификация жатады. Жану – биомассадан энергия алудың ең қарапайым және көне әдісі. Жану процесі бір-бірімен тығыз байланысты үш кезеңнен тұрады:

– кептіру – артық ылғалды буландыруға және органикалық материалды күйдірудің келесі кезеңдеріне дайындауға бағытталған;

– дегазация – әдетте 100-ден 300 °C-қа дейінгі төмен температурада жүреді, көмірсутектер бөлінеді және кептіру және газификация процестерінің жылдамдығы тек берілген жылуға байланысты болады;

– инсинерация – жылу бөлінумен органикалық байланыстардың бұзылуы.

Биомасса күлі – бұл биомасса отыны толық жанғаннан кейін қалған отынның бейорганикалық жанғыш бөлігі [27].

Пиролиз – бұл жану және газификация процесінің кезеңі. Пиролиз процесі кезінде органикалық отын құрылымының термиялық ыдырауы биокөмірдің, сонымен қатар шайыр мен газ өнімдерінің түзілуіне әкеледі. Ағаш өңдеу барысында көмір, ағаш шайыры және скипидар түріндегі еріткіш алынады. Пиролиз нәтижесінде қатты отын екі басқа түрге айналады: газ тәрізді отын және сұйық отын. Олардың үлесі биомассаның түрі мен құрамына, сондай-ақ пиролиз процесін жүргізу әдісіне байланысты. Қазіргі уақытта энергетикада пиролиз пайдалы отын түрлерін алудың перспективті әдісі ретінде қарастырылады [28]. Органикалық материалдарды пиролиздеу процесінің міндеті шикізатты (көмір, биомасса) энергияның пайдалы түрлеріне өңдеу, шикізатты (полимер қалдықтары) өңдеу және одан әрі пайдалану үшін шикізатты құрайтын аралық өнімдерді өндіру болып табылады [29].

Биомасса энергиясын пайдалы энергияға айналдырудың үшінші тәсілі – оны газификация, яғни биомассаны синтездік газға айналдыру. Қазіргі уақытта әлемде бірнеше жүздеген көмірді газификация реакторлары жұмыс істейді, олардың 90 %-ы Қытайда орналасқан. Биомассаны газдандыру процесінің өзі оның газдандырғыштың әсерінен жанғыш газтәрізді заттарға айналуының жоғары температуралық процесі болып табылады. Медициналық қалдықтардан бастап ағаш қалдықтары мен пластмассаларға дейін әр түрлі заттар газификацияға ұшырауы мүмкін. Газификация – бұл отынды газға айналдыру процесі, оның негізгі компоненттері көміртегі оксиді және сутегі болып табылады [30]. Газдандыру қоршаған ортаға зиян келтірместен органикалық

қалдықтарды жоюдың тиімді әдісі болып табылады. Үгінділерді газдандыру нәтижесінде 82,6 % көмірқышқыл газы, 12, 8% сутегі және 4,6 % метан алынады [31].

Әдеби деректер бойынша тамақ қалдықтарын газдандыру жүргізілді. Мұндай қалдықтар органикалық заттардың жоғары құрамымен сипатталады. Тамақ қалдықтары әртүрлі реакция уақытында (20-60 мин) және әртүрлі температурада (400-450 °С) және тағамға әртүрлі қоспалармен (NaOH, NaHCO₃ және NaCl) газдандырылады, себебі, осы факторлардың синтез-газдың тиімділігі мен құрамына әсері тексерілді. Газификация температурасы мен уақытының артуы газдандыру тиімділігін арттыратыны анықталды [32]. Қалдық неғұрлым жақсы бөлінсе, газдың тиімділігі соғұрлым жоғары болады. Қалдықтарды бөлу арқылы алдын-ала өңдеу газификация және өртеу арқылы қатты тұрмыстық қалдықтардан электр энергиясын өндірудің тұрақты әдісін әзірлеудің практикалық әдісі бола алады. Алдыңғы жағдайлардағыдай, газификацияның жанама өнімдері негізінен күл, кейде күл қалдығы болып табылады [33].

Физикалық, химиялық және биологиялық процестер арқылы қалдықтардың азаюы әрдайым қайта өңдеуді қажет ететін басқа қалдықтардың пайда болуына әкеледі. Қалдықтарды басқару «тазалау желісінің» соңында қандай қалдықтар түсетінін және оны қалай өңдеуге болатынын қарастыруы керек. Ауылшаруашылық өнімдерін, мал фермаларын немесе коммуналдық шаруашылық өнімдерін өңдеу кезінде пайда болатын қалдықтардың бірқатар түрлері қайта өндіру үшін айтарлықтай потенциалға ие және оларды ауыл шаруашылығында тікелей пайдалануға болады. Алайда, нәтижесінде пайда болған жаңа тыңайтқыштар қоршаған ортаны қорғау мақсатында пайдаланудың заң талаптарына сәйкес болуы керек [34].

Қалдықтар санының тұрақты өсуі залалсыздандыру мен кәдеге жаратудың жаңа және бұрыннан белгілі әдістерін оңтайландыруды қажет етеді. Қазіргі уақытта қалдықтарды өңдеудің негізгі әдістері ретінде компосттау, вермикомпосттау, өртеу, престоу, анаэробты және аэробты ферментация және т.б. қолданылады.

Әрбір нақты әдіс өзінің артықшылықтары мен кемшіліктеріне ие және оны жергілікті жағдайларға байланысты қолдануға болады [35].

Вермикомпосттау – бұл бағалы өнімді шығаруға мүмкіндік беретін жылдам, қарапайым, оңай басқарылатын, энергияны үнемдейтін және тиімді компосттау процесі. Бұл шашыраңқы қалалық жасыл қалдықтарды пайда болу орнында кәдеге жарату үшін өте қолайлы. Зерттеулер вермикомпосттау жасыл қалдықтарды пайдалы компостқа айналдыра алатынын көрсетті. Вермикомпосттау – бөлме температурасында және аэробты жағдайда жауын құрттары мен микроорганизмдердің өзара әрекеттесуі кезінде органикалық заттардың биохимиялық тотығу және түрлену процесі [36]. Вермикомпосттау кезінде органикалық заттар бастапқы субстратта жауын құрттары мен микроорганизмдердің көмегімен ыдырайды. Саңырауқұлақтар жасыл қалдықтарда көп кездесетін лигноцеллюлозаның және басқа деградацияға

төзімді заттардың ыдырауы үшін ерекше маңызды. Бұдан шығатыны, жауын құрттарының микроорганизмдер қауымдастығының белсенділігіне, санына және құрылымына әсерін зерттеу вермикомпосттау туралы түсінігімізді кеңейте алады. Өсімдік қалдықтары мен сиыр тезегін вермикомпосттау микробтар санының азайғанын анықтады, бірақ жауын құрты ішек транзитінен өткен сайын микробтардың әртүрлілігі артады. Жасыл қалдықтарды вермикомпосттау кезінде микробтар қауымдастығындағы өзгерістер әлі де қосымша зерттеуді қажет етеді [37].

Қалдықтарды басқару жүйесінде, әдетте, қозғалатын қалдықтар ағындары арқылы бір-бірімен байланысқан әр түрлі функциялары бар қалдықтарды басқару объектілерінің әртүрлі типтері (мысалы, иннераторлар, полигондар, компост зауыттары және қайта өңдеу орталықтары) болады [38].

Органикалық қалдықтарды аэробты және анаэробты ыдырату (биогаз өндіру) арқылы биологиялық тазарту, оның ішінде энергия балансы, қоректік заттарды қайта пайдалану, жаһандық жылынудың әсерін азайту мүмкіндігі, ксенобиотикалық қосылыстардың шығарындылары және экономиканы қоса алғанда, бірқатар қоршаған ортаға әсерлері мен тұрақтылық критерийлері тұрғысынан салыстырылды [39].

Еуропалық Одақтың биоэкономикаға қатысты стратегиясының негізгі элементі органикалық қалдықтарды аэробты немесе анаэробты жағдайда биологиялық өңдеу болып табылады. Қалдықтарды қайта өңдеудің биологиялық процестері органикалық заттарды ыдырату, трансформациялау және тұрақтандыру қабілетін қолдана отырып биохимиялық ыдырауға жатады [40].

Компосттау процесін компост алу үшін оттегінің қатысуымен және бақыланатын жағдайларда микро- және макро- организмдермен таңдамалы түрде жиналған биоқалдықтардың автотермиялық және термофильді биологиялық ыдырауы ретінде анықтауға болады. Компост деп іріктеп жиналған биоқалдықтарды микробиологиялық түрлендіру процесінде алынатын тұрақты, гигиеналық, гумус тәрізді, органикалық заттарға бай және жағымсыз иіс шығармайтын материал деп анықтауға болады [41].

Органикалық қалдықтарды оның физика-химиялық қасиеттерін жақсарту үшін микробтық белсенділік арқылы топырақтың жағдайын сақтау үшін компостқа айналдыруға болады. Биодеградацияны ауаның қатысуымен немесе бақыланатын ауа жағдайында жүзеге асырылатын аэробты және анаэробты процестерге бөлуге болады [42].

Компосттау – бұл аралас органикалық қалдықтардың тотықтырғыш микробтардың әсерінен ыдырау процесі, сонымен бірге компосттау қалдықтарды азайтуға және органикалық қалдықтарды қайта өңдеу, қайта пайдалану арқылы полигондарды басқаруға көмектеседі. Бұл экзотермиялық процесс салыстырмалы түрде үлкен көлемде энергия шығарады. Ыдырау кезінде болатын биохимиялық өзгерістер жасырын фаза (микробтар компост үйіндісінде бейімделіп, колонизацияланады), өсу фазасы, термофильді фаза және жетілу фазасы сияқты әртүрлі фазалармен сипатталады [43].

1.4 Органикалық қалдықтарды аэробты өңдеу әдісі

Аэробты компосттау кезінде органикалық қалдықтар аэробты жағдайда микроорганизмдер арқылы компостқа айналады. Микроорганизмдердің түрлері мен саны компосттау процесіне және өнімнің физикалық және химиялық қасиеттеріне әсер етуі мүмкін. Аэробты компост сапасы мен ашыту тиімділігін арттыру үшін микробтық агенттер мен арнайы мақсаттағы реттегіштерді қосу сияқты бірнеше әдістер зерттелді. Әдебиет бойынша құрамында *Trametes versicolor* және *Phanerochaete chrysosporium* бар компост қоспалары лигнин мен целлюлозаның ыдырау жылдамдығын жоғарылататынын, компосттың пісіп-жетілуіне қажетті уақытты қысқартатынын, қоректік заттардың мазмұнын арттыратынын және соңғы өнімдегі фитоуыттылықты жойғанын байқалды [44].

Компост материалдарына *Trichoderma viride*, *Aspergillus niger* және *Aspergillus flavus* саңырауқұлақтарын қосу С және N минерализациясын арттырды және тұрақты және фитоуытты емес компостқа әкелінді. Сиыр тезегі мен кофе ұнтағы сияқты органикалық қоспалардың құрамында микроорганизмдер бар және бірқатар артықшылықтарға ие: аэробты компосттау кезінде жасыл қалдықтарда бұрыннан бар микроорганизмдердің белсенділігін арттыруы мүмкін; бұл қоспалар глюкоза, метоксифенол және супероксидті анионды топтар сияқты төмен молекулалық қосылыстардың концентрациясын арттыра алады; дегидрогеназалардың, целлюлазалардың және фосфатазалардың белсенділігін арттыру; және өсімдіктің су ұстау қабілеті мен аэрациясын сақтау үшін бөлшектердің мөлшерін бөлуді жақсарту [45].

Аэробты компосттаудың мақсаты органикалық қалдықтарды ауыл шаруашылығында, бау-бақша және орман шаруашылығында қолдануға жарамды, құрамында ауыр металдары аз құнды компостқа айналдыру болып табылады [46]. Аэробты тыныс алу анаэробты ферментацияға қарағанда тиімдірек, ол көп энергия шығарады, жоғары температурада жұмыс істейді және бірдей мөлшерде иісті қосылыстар шығармайды. Аэробтар, сондай-ақ, энергия көзі ретінде органикалық қалдықтардың көбірек түрлерін пайдалана алады, нәтижесінде компост материалының толық ыдырауы мен тұрақтануына әкеледі [47].

1.5 Компосттау процесіне әсер ететін факторлар

Компосттау кезінде пайда болатын нақты құбылыстар үшін ең қолайлы тәжірибелік жағдайларда процесті жүргізу арқылы соңғы өнімнің жоғары сапасын қамтамасыз ету үшін оңтайландыру өте маңызды [48].

Компосттау процесінің барысы және алынған өнімнің, яғни компосттың сапасы көптеген факторларға, мысалы: компост шикізатының сапасы, атап айтқанда C/N қатынасы, макроэлементтер мен ауыр металдардың мөлшері, рН, шикізаттың бөлінуі, ылғалдылық, оттегінің қол жетімділігі және т.б. байланысты. Микроорганизмдер өз популяциясын сақтау үшін метаболизмді

және қоректік заттарды (N, P, K) энергиямен қамтамасыз ету үшін органикалық қосылыстарды ыдыратады. С және N ең маңызды болып табылады: көміртек энергия көзі ретінде қолданылады, ал азот жасуша құрылымын құру үшін қолданылады [49].

C/N қатынасы. 25–30:1 C/N қатынасы компосттау үшін оңтайлы болып саналады, дегенмен жақсы компосттау тиімділігін бастапқы C/N қатынасы 20-40:1 болғанда алуға болады [50]. Жоғары C/N қатынасы (ұсынылғанмен салыстырғанда) компосттау жылдамдығын бәсеңдетеді және субстраттың шамадан тыс жинақталуына байланысты микробиотаның қоректік заттардың жетіспеушілігі байқалды. Сонымен қатар, төменгі C/N қатынасы көміртегі (ыдырайтын) және бейорганикалық азоттағы N мөлшерінің жоғарылауына әкелді, ол аммиак түрінде ұшып кету немесе шаймалау арқылы жоғалуы мүмкін [51]. Осылайша, компосттауда C/N қатынасын оңтайландыру үшін қалдық қоспалар ретінде толтырғыштардың кең ауқымы (мысалы, ағаш үгінділері, күріш қауызы, жержаңғақ қабығы) ұсынылады. Олар шикізаттың кеуектілігін арттырады және компосттау алдында қалдықтарды гомогенизациялайды (біртекті етеді) [52].

Ылғалдылық мөлшері. Ылғалдылық компосттау процесінде маңызды параметр болып табылады. Ол оттегінің сіңіру жылдамдығына, микробтардың белсенділігіне және процесс температурасына әсер етеді. Ылғалдылық, тиімді компосттау үшін оңтайлы, 50-60 % диапазонында болуы керек. Ылғалдылық 30 %-дан төмен болса, бактериялардың белсенділігі шектеледі, ал 65 %-дан жоғары компосттың кеуектілігі азаяды, нәтижесінде анаэробты жағдай және иіс шығады [53]. рН-тан айырмашылығы, ылғалдылық пен температура арасында кері байланыс бар, ылғалдылық азайған сайын температураның жоғарылауын көрсетеді [54]. Ерекшелік ретінде, күріш сабаны сияқты шикізатпен лигноцеллюлозды компосттау қатты талшықты материалды жұмсарту үшін жоғары ылғалдылықты қажет етеді, бұл процеске оң әсер етеді [55].

рН. рН компосттау процесінде маңызды параметр болып табылады, себебі ол компосттау кезінде микроорганизмдердің белсенділігіне әсер етеді. Биомассаның ыдырауы үшін оңтайлы 6,0-8,0 аралығындағы рН мәні болып табылады. Төмен рН, әдетте, тағам қалдықтарын компосттау кезінде мәселе тудырады. Микробиологиялық белсенділікті шектеуге, биомассаның ыдырауын бәсеңдетуге ықпал етеді. Төмен рН тұрмыстық қалдықтарды компосттау процесінің бастапқы кезеңінде температураның жоғарылауына да кері әсер етеді [56]. РН деңгейінің жоғарылауы компост массасының сілтіленуіне әкеледі, бұндай рН деңгейі сезімтал микроорганизмдердің өмір сүруіне кедергі келтіруі мүмкін [57]. Сонымен қатар, РН және температура қалдықтардың ыдырау процесіне жалпы әсер етуі мүмкін, себебі әртүрлі рН мәндерінде және әртүрлі өңдеу жағдайларында көптеген микробтық қауымдастықтар бірге өмір сүреді [58].

Аэрация/O₂ беру. Компосттау – бұл O₂ пайдаланатын және H₂O және CO₂ газдарын шығаратын аэробты процесс. Сондықтан аэрация компосттың сапасына және компосттау процесіндегі микроорганизмдердің белсенділігіне

әсер ететін маңызды фактор болып табылады. Аэрация сонымен қатар органикалық қалдықтардың термофильді ыдырауы жағдайында компосттың температурасын сақтауға көмектеседі. Оттегінің мөлшері компост призмасының кеуектілігіне байланысты, оған бөлшектердің мөлшері мен пішіні, сонымен қатар компостталған материалдың ылғалдылығы әсер етеді [59]. Компосттаудың ерте сатысында аэрация жеткілікті болса процесс уақытын қысқартады (қалдықтар тұрақтанады), бұл көміртектің (C) көмірқышқыл газына (CO₂) толық айналуына және метан шығарындыларының төмендеуіне әкеледі. Егер, аэрация шамадан тыс болатын болса дұрыс емес компосттау процесіне әкеліп, бұл қалдықтардың ыдырау жылдамдығына күрт әсер етеді [60]. Зерттеуде қалдықтарды компосттау кезінде жоғары аэрация жылдамдығы (0,2-0,6 л/мин - 1 кг - 1 ОМ) C/N қатынасын, NH₃ түзілуін және иіс шығарылуын төмендетті, бірақ компосттың жетілуіне теріс әсер етті [61]. Аэрацияның төменгі жылдамдығындағы (<0,2 л мин/кг/м) компосттау процесі органикалық заттардың баяу ыдырауына, температураның, ылғалдың және жылудың айтарлықтай төмендеуімен NH₃ түзілуінің төмендеуіне әкеліп соқты, нәтижесінде микробтар популяциясына әсер етті [62]. Призмадағы CO₂ концентрациясы процестің дұрыс өтуі үшін қажетті деңгейде оттегі концентрациясының сақталуын қамтамасыз ету үшін 15 % аспауы керек, яғни ыдырау сатысында 15-20 % және жетілу сатысында 5-10 % [63].

Толтырғыштар. Компосттау кезінде қатты тұрмыстық қалдықтардың қасиеттерінің өзгеруі толтырғыштардың қосылуынан туындайды. Бұл жағдайда ағаш жоңқалары, үгінділер, күріш қауызы және жүгері сабағы қалдықтарды компосттау процесінде тиімді әрі көлем беретін қарапайым қоспалар болып табылады. Дегенмен, ағаш үгінділері емес, үлкен ағаш жоңқалары компост үйіндісі арқылы жақсы аэрацияны күшейтеді және масса бірлігіне аз көміртек береді. Тұрмыстық қатты қалдықтардың органикалық фракциясын ағашпен көлемді қалдықтар ретінде компосттау 28 күн ішінде жақсы жетілген компост береді [64].

Температура. Ылғалдылық пен аэрация сияқты, температура компост массасындағы микробтық қауымдастықтың өсуі мен метаболикалық белсенділігіне оң әсер береді. Бұл компосттау процесінде органикалық заттардың биодеградация жылдамдығына тікелей әсер етуі мүмкін [65]. Сондықтан температураны реттеу үшін процестің жылдамдығын бақылау ұсынылады. Қоршаған орта температурасы органикалық субстраттардың ыдырауын тездетіп, тұрмыстық қатты қалдықтарды компосттау кезінде олардың биодеградация жылдамдығын арттырды [66]. 50-ден 55 °C-қа дейінгі температура қалдықтардың ыдырауына ықпал етеді және компосттау кезінде максималды санитарлық тазартуды қамтамасыз етеді [67]. Процестің температурасы мен уақыты компост массасындағы қоздырғыштардың толық жойылуына ықпал етеді [68]. Керісінше, шамадан тыс жылу (яғни, 70 °C-тан жоғары) компосттау кезінде микроорганизмдерді (саңырауқұлақтар, актиномицеттер және бактериялар) жоя алады, бұл температура режимін сақтауды қажет екендігін көрсетеді [69]. Артық жылуды салқындату мен

температураны қайта бөлуді жақсарту үшін компост массасының мөлшері мен пішінін өзгерту арқылы алып тастауға болады [70].

Бөлшектердің өлшемі. Компост массасындағы бөлшектердің өлшемі қолайлы аэрацияны қамтамасыз ету және газ-су алмасуды реттеу үшін кеуектілік деңгейін қамтамасыз етеді. Бөлшектердің тиісті өлшемі мен пішіні процестің операциялық шығындарын бағалау үшін маңызды фактор болып табылады [71]. «Үгіту» компост массасындағы бөлшектердің мөлшерінің оңтайлы таралуын анықтаудың негізгі әдісі ретінде қарастырылады [72]. Бөлшектердің тиісті өлшеміне қалдықтарды ұсақтау арқылы қол жеткізуге болады. Бұл компосттау кезінде жақсырақ микробтық белсенділік үшін қолжетімді аймағын қамтамасыз етеді, нәтижесінде ыдырау жылдамырақ болады. Бөлшектердің шағын мөлшері (қалыптымен салыстырғанда) шикізаттың бастапқы нығыздалуын тудырды, кейіннен анаэробты жағдайлардың басым болу қаупін тудырды (кіші ауа кеңістерінің сумен бітелуіне байланысты). Үлкен бөлшектер бетінің ауданын аз өңдеген кезде, микробтардың әсеріне азырақ қолжетімді болды және матрицаның температурасын төмендетіп, органикалық заттардың баяу ыдырауына әкелетін үлкен ауа қалталарын құрады [73].

Нашар орындалған компосттау процесі топырақ ортасы мен өсімдіктердің өсуіне әсер ететін, ауру көзі бола алатын және фитоуыттылыққа байланысты дақылдарға зиян келтіретін жеткіліксіз тұрақтандырылған органикалық заттарға немесе жетілмеген компост процесіне әкеледі [74].

1.6 Компост: сипаттамалары мен қасиеттері

Компосттауды органикалық фракцияның қарашірік тәрізді тұрақты және дезинфекцияланған қалдыққа гидролизін қамтитын аэробты, биохимиялық және микробтық процесс ретінде анықтауға болады [75].

Биологиялық ыдырайтын органикалық материалдарды өнеркәсіптік компосттау 1970 жылдардан бастап кең таралып, қатты органикалық қалдықтардың алуан түрлілігін аэробты тұрақтандырудың жетілген процесіне айналды. Сонымен қатар, компост биофилтсрдің айқын матрицалық материалы болып табылады, өйткені [76]:

- онда көбінесе болжамды консорциумға қажетті микробтық штамдар болады; субстратты таңдау қысымы өңдеуге қажет емес заттарды береді;
- оның нақты беті 80-500 м²/г топыраққа жақындады;
- оның бетінде биопленка оңай түзіледі;
- оның материалында баяу шығарылатын түрдегі биопленканың түзілуі үшін қосымша қоректік заттар бар.

Компосттау дегеніміз:

1 Қатты қалдықтарды басқарудың балама жүйесі, оны органикалық заттарды пайдалы өнімдерге өңдеу үшін пайдалануға болады. Сонымен қатар, оны қалдықтардың көбеюін бақылау үшін де пайдалануға болады. Бұл процесс

ең тиімді, экологиялық таза және агрономиялық тұрғыдан тиімді болып саналады, ал компостты топырақты кондиционер, органикалық тыңайтқыш ретінде, сонымен қатар топыраққа бай қоректік зат ретінде пайдалануға болады [77];

2 Органикалық қалдықтарды қайта өңдеу және оны органикалық тыңайтқышқа айналдыру үшін экологиялық таза және үнемді алмастырғыш. Бұл органикалық қалдықтардың құрамындағы полимер қалдықтары саңырауқұлақтар мен бактериялардың жылдам өсуіне байланысты ыдырайтын биологиялық процесс [78].

Шын мәнінде, бұл өте күрделі механизм, оның ішінде көптеген процестер (микробиологиялық, физика-химиялық және термодинамикалық) өзара байланысты болып көрінеді. Компосттау процесінің өнімдері органикалық заттардың ыдырауы мен минералдануына және гуминді заттардың түзілуіне әкелетін көмірқышқыл газы және көміртегінің тұрақты түрлері болып табылады [79].

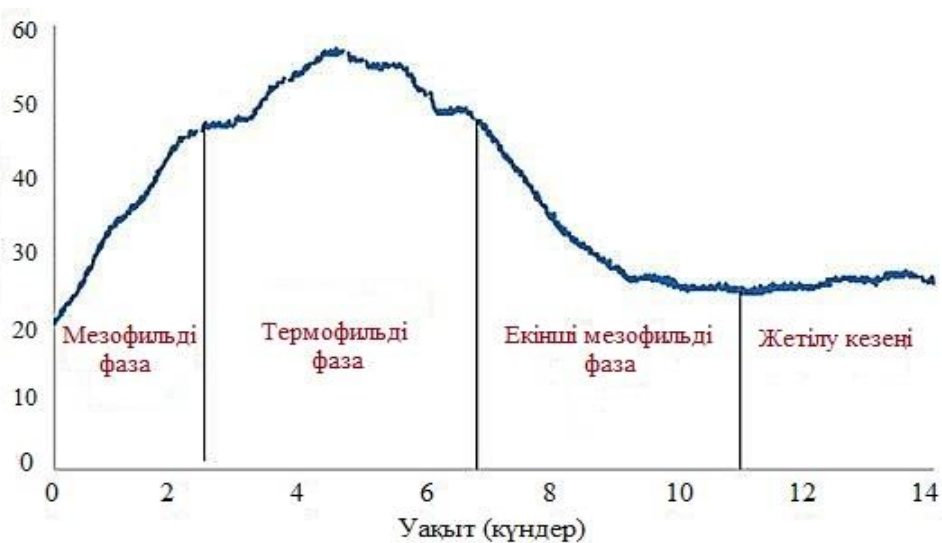
Компосттау процесінде микроорганизмдер материалдың ыдырауы кезінде жылу мен энергияны бөледі. Пайда болған жылу компост үйіндісінің температурасын жоғарылатады, бұл патогендік микроорганизмдердің инактивациясын қамтамасыз етеді. Осы себепті компосттау процесін бағалау кезінде үйінді температурасын өлшеу өте маңызды [80]. Температура, рН, ылғалдылық, C/N қатынасы, бөлшектердің өлшемі, қоректік заттардың мөлшері және оттегімен қамтамасыз ету сияқты факторлар компосттау процесінің өнімділігіне әсер етеді [81]. Тізімделген процесс айнымалылары компосттау процесі кезінде жиі өзгеруі мүмкін. Температураның ең үлкен және маңызды өзгеруі процестің термофильді фазасында байқалады. Компосттау кезінде рН өзгеруі микроорганизмдердің өсуімен байланысты. Сонымен қатар, ылғалдылық компостталған субстраттың физикалық және химиялық қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді. Микроорганизмдердің көбеюі үшін C/N қатынасы мен аэрация да өте маңызды [82].

Осылайша, компосттаудың максималды тиімділігіне жету үшін осы факторлардың барлығын және олардың өзара әрекеттесуін ескеру қажет. Жоғары сапалы және жоғары тұрақтандырылған компост алу үшін процестерді орнату және олардың тиімділігін арттыру үшін өте маңызды болып табылатын еңбек жағдайларын оңтайландыру қажет [83].

Компосттың сапасы оның тұрақтылығы мен жетілуіне байланысты. Тұрақтылық – бұл өнімнің органикалық затының ауқымды ыдырауға немесе микробиологиялық белсенділіктің жоғарылауына төзімділігін білдіретін термин, ал жетілу – өнімнің ауыл шаруашылығында тиімді пайдалану қабілетін сипаттайды және өсімдіктің өсуі мен фитоуыттылығы аспектілеріне қатысты. Компосттың тұрақтылығы мен пісіп жетілуін бағалау үшін көптеген физикалық, химиялық және биологиялық сынақтар ұсынылды, бірақ осы уақытқа дейін процесті бақылау үшін қажетті ақпаратты қамтамасыз ететін екі параметрді де бағалау үшін жалпы қабылданған бірыңғай сынақ жоқ [84].

Компосттау – өзара байланысты факторлардың үлкен санымен сипатталатын динамикалық процесс. Компосттың негізгі кезеңдері келесі графикте көрсетілген (1 сурет).

Бірінші фазада (мезофильді фаза) энергияға бай, қант пен белок сияқты оңай ыдырайтын қосылыстар саңырауқұлақтар, актинобактериялар және бактериялармен ыдырайды. Температураны 45 °С-тан жоғары көтеру термофильді фаза деп аталатын компост жасаудың басқа фазасына әкеледі, бұл патогендердің, паразиттердің жойылуына және максималды санитарияны қамтамасыз етуіне байланысты маңызды. Мезофильді микроорганизмдер термофильді микроорганизмдермен ауыстырылады, өйткені олар жоғары температураға бейімделеді және күрделі қосылыстарды ыдыратады. Компосттың температурасы 65 °С-тан аспауы керек, өйткені бұл барлық дерлік микроорганизмдерді өлтіреді және компост жасау процесін тоқтатуы мүмкін ферменттердің денатурациясын тудырады. Термофильді микроорганизмдердің белсенділігі субстраттың азаюына байланысты төмендеген кезде температура төмендей бастайды. Бұл крахмалды немесе целлюлозаны ыдырататын организмдер санының көбеюімен сипатталатын екінші мезофильді фазаның басталуы. Жетілу кезеңінде компост үйіндісі өсімдіктердің пайдалануы үшін тұрақтанады, ал саңырауқұлақтардың үлесі артып, бактериялардың саны азаяды. Сондай-ақ пісу кезеңінде одан әрі ыдырауға бейім емес қосылыстар түзіледі, мысалы, лигнин-гумус кешендері [86].



Сурет 1. Компосттау процесінің негізгі фазалары [85]

Жоғарыда айтылғандай, компосттау көптеген өзара байланысты физикалық, химиялық және биологиялық құбылыстарды қамтитын өте күрделі процесс. Арнайы байланыстар көбінесе сызықты емес, сондықтан көптеген әсерлерді эксперименттік және теориялық тұрғыдан зерттеуге тура келеді. Осылайша, математикалық модельдеу құралдары күрделі динамикалық өзара

әрекеттесулерді түсіндіру және процесті жобалау логикасын әзірлеу үшін пайдалы болуы мүмкін [87].

Компосттау кезіндегі микробтық қауымдастықтың динамикасы немесе реттілігі олардың компост қоспасын ыдырату қабілетін көрсетеді. Процесс барысында микробиомада болатын вариациялар негізінен шикізат пен тағамдық қоспалардың құрамына, қоршаған орта жағдайларына (қоршаған орта немесе тәжірибелік) және барлық осы факторлардың өзара әрекеттесуіне байланысты. Мұнда бактериялар мен саңырауқұлақтар ең көп және компосттау кезінде тез пайда болатын микроорганизмдер болып табылады. Пайдаланылатын субстраттар мен процеске қатысатын микробиоталар түзілген компосттың сапасына үлкен әсер етеді. Олар суда еритін қосылыстар түзу үшін күрделі құрылымды молекулаларды ыдырататын әртүрлі субстрат негізіндегі гидролитикалық ферменттерді шығару арқылы компосттау кезінде органикалық заттардың ыдырауына ықпал етеді. Олар органикалық заттарды метаболизмнен басқа, топыраққа қосылған кезде ауылшаруашылық мүмкіндіктерін жақсартатын және табиғи экожүйені тұрақтандыратын қарапайым пайдалы қосылыстар шығарады [88].

Компосттау кезінде әртүрлі физиологиялық микробтық профильдерді картаға түсіру компосттың жетілу оқиғаларының жақсы бейнесін бере алады. Бастапқы профильдеу компостталған массаның C/N қатынасы мен температурасының өзгеруіне байланысты микроб биомассасының күтілетін төмендеуін көрсетті. Компосттың ортаңғы мезофильді сатысында бактериялар популяциясы көбірек ферменттердің өндірілуімен көбеюін жалғастырды, нәтижесінде дұрыс гумификация болды. Ақырында, микробтық масса қалдықтарды компост жасаудың салқындату немесе пісіп-жетілу кезеңінде бірте-бірте азаяды. Әдетте, бүкіл процесте байқалған саңырауқұлақтардың саны бактериялық популяциямен салыстырғанда төмен болды. Толтырғыштарды субстрат қоспалары ретінде біріктіру кезінде белгілі бір модификациялар (мысалы, күріш қабығы, үгінділер, ағаш үгінділері және т.б.) тиімді микробиотаны жасай алады. Бұл одан әрі C/N қатынасын оңтайландырады және компосттың сапасын сақтайды [89].

Компосттау процесі туралы құнды мәліметтер алу үшін математикалық модельдер кеңінен қолданылды [87]. Компосттау процесінің математикалық модельдері әр түрлі процесс айнымалылары мен жағдайлары, мысалы, субстрат құрамы, оттегі концентрациясы, ластаушы заттардың концентрациясы, компосттау уақыты, температура және т.б. процесстегі компост сапасына қалай әсер ететіні туралы ақпарат береді [79]. Математикалық модельдер жаңа процестерді зерттеу кезінде эксперименттік жұмыс қажеттілігін азайта алады немесе тіпті алмастыра алады. Зертханалық және тәжірибелік эксперименттерді жүргізуге байланысты қиындықтар мен шығындарды ескере отырып, модельдерді пайдалана отырып, жаңа процестерді зерттеу қабілетін жақсарту қажет. Құрамдық процесті сипаттау үшін модель процестің кинетикасын, сондай-ақ массалық және жылу баланстарын қамтуы керек [91].

2 Зерттеу әдістері мен материалдары

2.1 Зерттеу объектісі және материалдары

Зерттеу объектісі – тұрмыстық қатты қалдықтардан (ТҚҚ) оқшауланған ағаш қалдықтары.

Зерттеу негізі органикалық ағаш қалдықтарынан бөлінген микроорганизмдердің биологиялық қасиеттерін зерттеу болып табылады.

Зерттеу материалдары.

Зерттеу жұмысы барысында мыналар пайдаланылды:

- аспаптар мен жабдықтар: автоклав, термостат, ламинарлық қорап, магнитті араластырғыш, мөлшерлегіш;
- қоректік орта: Plate Count Agar;
- зертханалық шыны ыдыстар: колбалар, Петри табақшалары, пробиркалар, Дригалский шпательі.

2.2 Зерттеу әдістері

Жұмыстың реттілігі ГОСТ 7.32-2001 [92] талаптарына сәйкес орындалды және келесі процедуралардан тұрды:

1 Зертханалық құрал-жабдықтарды, ыдыс-аяқтар пен қажетті материалдарды дайындау.

2 Ағаш қалдықтары мен топырақ қоспасын дайындау.

3 Ламинарлы бокста жүргізілетін жұмыс.

24 сағаттан кейін жасаған жұмыстарымызды тексеріп, суретке түсіреміз.

3 Зерттеу нәтижелері

3.1 Органикалық қалдықтарды аэробты өндеу биотехнологиясы бойынша модельдік эксперимент әзірлеу және жүргізу

Модельдік экспериментті дайындау үшін ағаш қалдықтары мен топырақтың құрамы әзірленді. Бұл композит 1:1 қатынасында жасалды. Ағаш қалдықтары мұқият ұсақталды. Содан кейін топырақ біртекті консистенция болғанға дейін ұсақталған ағаш қалдықтарымен араластырылды. Әр тәжірибе үшін салмағы 25 г қоспа таңдалды.



а) бақылау



б) тәжірибе-1 40 мл/кг
мөлшердегі
биокоспамен



в) тәжірибе-2 80 мл/кг
мөлшердегі
биокоспамен

Сурет 2. Модельдік эксперименттің үлгісі

Әрбір тәжірибеде «Байкал» биологиялық препараты әртүрлі концентрацияда қосылды. Бірінші тәжірибеге 40 мл/кг, екіншісіне 80 мл/кг алынды. Бақылау үлгісіне биологиялық өнім қосылмаған.

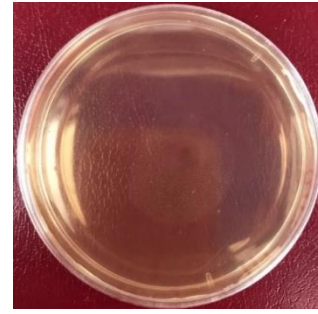
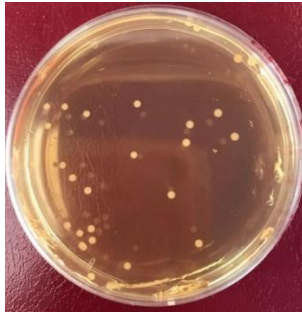
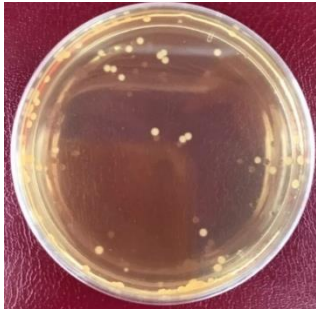
Бұл тәжірибедегі келесі қадам микроорганизмдерді отырғызу (себу) болды.

Себу жұмыстарын жүргізу үшін қажет болды:

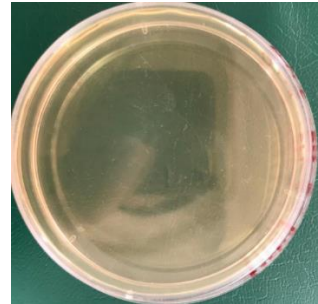
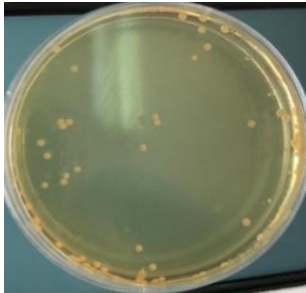
1. Топырақты алдымен сұйық фазаға ауыстырамыз. Ол үшін электронды таразы көмегімен 1 г топырақ үлгісі алынып, стерильді жағдайда 100мл тазартылған суы бар колбаға құямыз. 15 минут бойы айналдыру арқылы араластырылды.

2. Қоректік орта дайындалды. Plate Count Agar қоректік ортасын дайындау үшін нұсқауларға сәйкес 5,875 г ұнтақ алынып, 250 мл тазартылған суда сұйылтылды. Осыдан кейін қоректік орта автоклавта 120 °C температурада 45 минут бойы зарарсыздандырылды. Стерилденген қоректік орта Петри табақшаларына құйылды

Себу жұмыстары ламинарлы жәшікте Дригалский әдісімен жүргізілді. Ол үшін әрбір Петри табақшасы үшін құрамында топырақ бар ерітіндіден 1 мкл алынды. Осыдан кейін әдіске сәйкес стерильді Дригалский шпательмен себу жұмыстары жүргізілді.



Бірінші қайталау

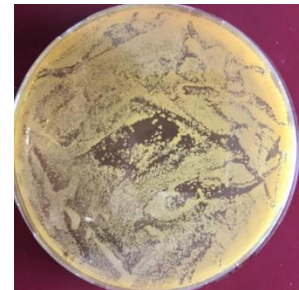
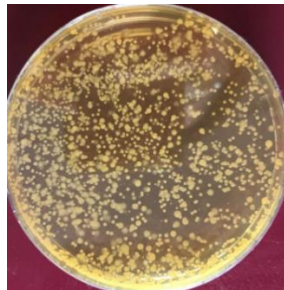
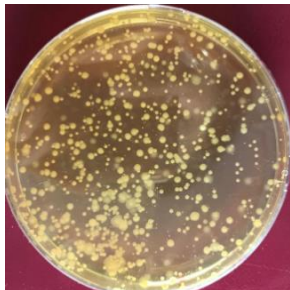


а) бақылау

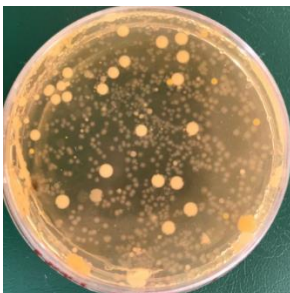
Екінші қайталау
б) тәжірибе-1

в) тәжірибе-2

Сурет 5. Бастапқы кезеңде 24 сағаттан кейінгі қатты қоректік ортадағы микроорганизмдердің өсінділері



Бірінші қайталау



а) бақылау

Екінші қайталау
б) тәжірибе-1

в) тәжірибе-2

Сурет 6. Соңғы кезеңдегі 24 сағаттан кейінгі қатты қоректік ортадағы микроорганизмдердің өсінділері

Себу жұмыстары аяқталғаннан кейін Петри табақшалары 28,5 °C температурадағы термостатқа жіберілді.

24 сағат өткеннен кейін 5 және 6 суреттерде көрсетілген колониялардың өсуі тіркелді.

3.2 Ағаш қалдықтарынан бөлінген микроорганизмдер штамдарының культуралдық қасиеттері

Нәтижелерді бекіткеннен кейін олардың өсу қарқынын (24 сағат өсіру арқылы), ластану мен химиялық анализі зерттелді. Өскен колониялардың сандық есебі 3 кестеде келтірілген.

Кесте 2. Өскен колониялардың сандық есебі

Тәжірибелік топ	Эксперименттің басталуы			Эксперименттің соңы		
	Cu, мг/кг	Ластану		Cu, мг/кг	Ластану	
$\bar{X} \pm m_x$, КОЕ/г		C_v , %	$\bar{X} \pm m_x$		C_v , %	
Бақылау	6,4	$(6,3 \pm 0,2) \times 10^3$	3,4	6,12	$(1,1 \pm 0,01) \times 10^4$	6
Тәжірибе-1	6,4	$(3,1 \pm 0,3) \times 10^5$	29,0	2,93	$(1,8 \pm 0,1) \times 10^6$	8
Тәжірибе-2	6,4	0	0	2,93	$(1,2 \pm 0,1) \times 10^6$	9

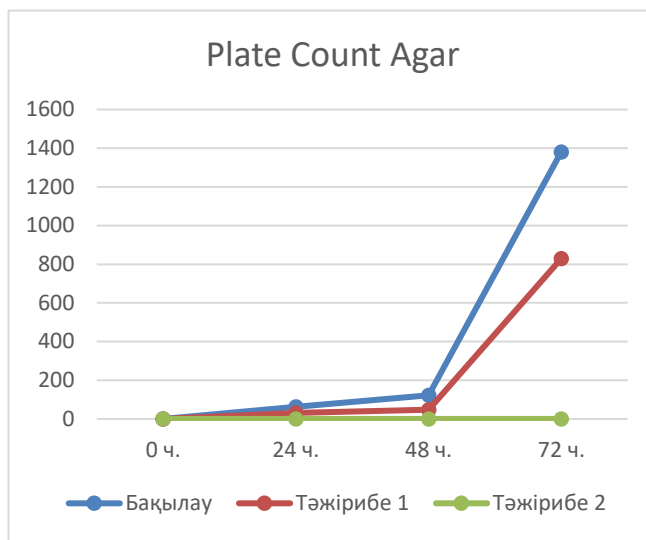
2 кестеден көріп отырғанымыздай, зерттелген үлгілердің жалпы таралуы эксперименттің басында үшінші (бақылау тобы) және бесінші (1-тәжірибе) өсіру деңгейінде болды. Ал 2-тәжірибеде біз колониялардың өсуі болмағанын көреміз. Бұл ретте зерттелетін сынамалар үшін өзгергіштік салыстырмалы түрде төмен болғанын (1-тәжірибе) және бақылау тобының өзінде айтарлықтай байқалмады. Эксперимент соңында, яғни 10 күннен кейін біз тұқым себудің айтарлықтай өзгерістерін байқаймыз. Сонымен, себуден кейін 24 сағаттан кейін 1 см²-ге себу төртінші (бақылау) және алтыншы (тәжірибе 1 және 2) сұйылту деңгейі болды. Өзгергіштік салыстырмалы түрде төмен болды.

Тығыз қоректік ортадағы микроорганизмдердің оқшауланған штамдарының өсу қарқыны колониялар санының өзгеру динамикасын тіркеу арқылы зерттелді. Бұл деректер 3 кестеде және 6 суретте көрсетілген.

Кесте 3. тығыз қоректік ортада микроорганизмдердің бөлінген штамдарының өсу жылдамдығы

Тәжірибелік топ	Бақылау уақыты			
	24 сағ.	48 сағ.	72 сағ.	Екінші себу 24 сағ.
Бақылау	61/64	120/125	1368/1393	1007/1015
Тәжірибе-1	28/34	46/49	824/834	1761/1784
Тәжірибе-2	-	-	-	115/117

3 кестеден көріп отырғаныңыздай, өсу динамикасы барлық тәжірибелер үшін әр түрлі. 2-тәжірибе нөлдік динамиканы көрсетті және 72 сағаттан кейін де өсу байқалмады. 1-тәжірибе сәйкесінше 48 және 72 сағатта 18 және 778 колониялардың бірінші қайталануының ұлғаюын көрсетеді. Бұл пайыздық мәнде +164 % және +1791 % құрайды. Бақылау үшін бұл көрсеткіштер +196 % (59 колониядағы дельта) және 1140 % (1248 колониядағы дельта) болады. 6-суретте көрсетілген кестеге сәйкес, «бақылау» және «тәжірибе-1» 48 сағатқа дейінгі жағдайларға бейімделуді көрсетеді, содан кейін олардың өсуі экспоненциалды болады.



Сурет 6. тығыз қоректік ортада микроорганизмдердің бөлінген штаммдарының өсу жылдамдығы

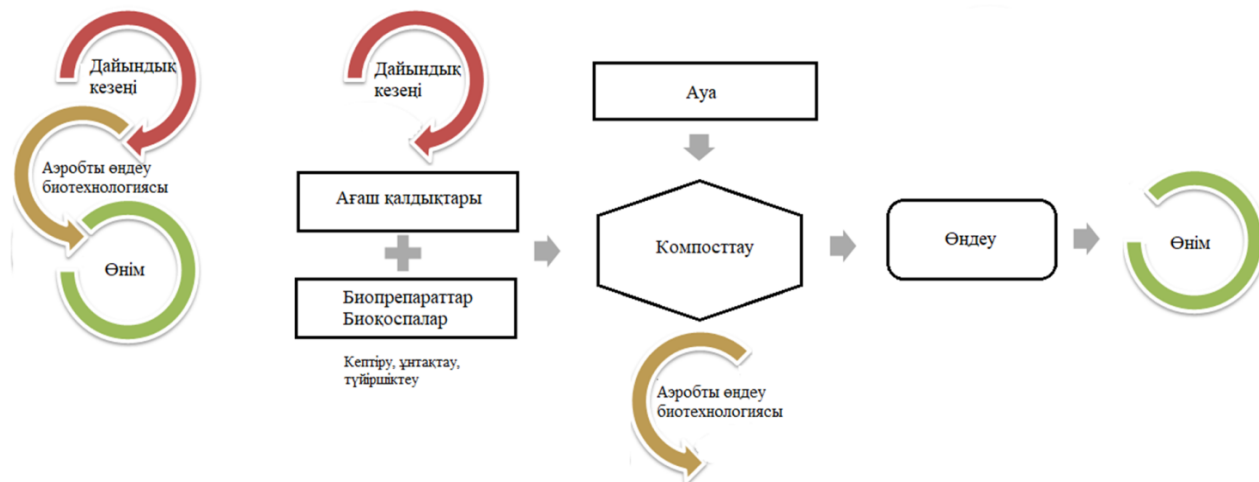
Кесте 4. *Pseudomonas* тектес бактериялардың культуралық қасиеттері

Топ	Культуралық құрамы							
	Колония формасы	Колония өлшемі	Мөлдірлігі	Жиек контуры	Колония профилі	Беткейі	Түсі	Құрылымдары
Бақылау	Дөңгелек	Нүктелі, кішкентай	Мөлдір	Тегіс	Жазық	Тегіс	Ақ	Біркелкі
Тәжірибе 1	Дөңгелек	Нүктелі	Мөлдір	Түкті	Жазық	Тегіс	Ақ	Біркелкі
Тәжірибе 2	Дөңгелек	Нүктелі	Мөлдір	Тегіс	Жазық	Тегіс	Ақ	Біркелкі

4 кестеден көріп отырғанымыздай, *Pseudomonas* туысының бактерияларының дақылдық қасиеттері зерттелетін топтарда жиек контурының тек бір көрсеткішінде ерекшеленді, өйткені 1-тәжірибеде колониялардың сұлбасы жұмсақ болды, ал бақылау тобында және 2-тәжірибеде олар тегіс

контурға ие болды. Басқа белгілер бойынша сәйкестік байқалады: пішіні бойынша – дөңгелек, колониялардың мөлшері бойынша және басқа белгілері бойынша – нүктелі, мөлдір, жалпақ, тегіс, ақ және біркелкі.

Жүргізілген зерттеулердің негізінде органикалық қалдықтарды аэробты өңдеу биотехнологиясының келесі моделі ұсынылған:



Сурет 7. Органикалық ағаш қалдықтарын аэробты өңдеу биотехнологиясы

7-суреттен көрініп тұрғандай, тұрмыстық қатты қалдықтардың құрамынан бөлінген органикалық ағаш қалдықтарын өңдеудің биотехнологиясы үш негізгі кезеңді қамтиды: дайындық, аэробты өңдеу, өнімді алу және оны пайдалану.

Дайындық кезеңінде тұрмыстық қатты қалдықтардан ағаш қалдықтарын іріктеп алу, ұнтақтау, биотолтырғыштарды (топырақ, тамақ қалдықтары, биологиялық өнімдер және т.б.) қосу және барлығын араластыру қажет.

Тұрмыстық қатты қалдықтар полигоны аумағындағы үйінділерде ГОСТ 7.32-2001 талаптарын сақтай отырып, аэробты өңдеу үшін дайындалған қалдықтарды ыдыратылады.

Қажетті уақыттан кейін өндірілген өнім, 7 суретінен көрініп тұрғандай, пайдалы органикалық тыңайтқыш өнімі ретінде қолданылады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қазіргі уақытта қаланың қатты тұрмыстық қалдықтарынан шыққан ағаш қалдықтары полигондар мен полигондарға тасымалдануда, ал олардан өңдеу арқылы бағалы органикалық тыңайтқыш алуға болады. Органикалық қалдықтарды кәдеге жаратудың ең қауіпсіз жолы табылды – компосттау, оның барысында қоректік биомасса қалыптасады – оны қалалық топырақты қалпына келтіру мәселесін шешуге пайдалануға болады. Компосттау – арзан биодеградация процестерінің бірі. Компост жасау процесі микробтардың белсенділігіне негізделген. Бұл процесс әсер ететін физика-химиялық параметрлерге температура, аэрация, ылғалдылық, C:N қатынасы және рН жатады.

Компостталатын субстраттың физика-химиялық және микробиологиялық қасиеттері зерттелді.

Компостталатын субстраттың мәдени қасиеттерін зерттеу үшін зерттеу жүргізілді.

Органикалық ағаш қалдықтарын аэробты өңдеудің биотехнологиясы әзірленді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), Public Relations Division. – Berlin. Germany, 2013. – P. 256.
- 2 Energy-saving technology for processing wood waste / Safin R. G., Sotnikov V. G., Karimov I. R., Miftahov R. A., Il'yasov I. R. // Proceedings of the All-Russian scientific and technical conference "Environmental and resource-saving technologies in science and technology". 2022. – P. 192-196.
- 3 An Overview of Organic Waste in Composting Aeslina. / Abdul Kadir, Nur Wahidah Azhari and Siti Noratifah Jamaludin. // Malaysia 2016. – P. 6.
- 4 Landfill impacts on the environment—Review. / Vaverkova M. D. // Geosciences 2019, 9, 431. – P. 16.
- 5 A review of mathematical models for composting / Walling, E., Trémier, A., Vaneeckhaute, C. // Waste Manag. 113. – 2020. – P. 379–394.
- 6 Assessment of biowaste composting process for industrial support tool development through macro data approach. / Giron-Rojas, C.; Gil, E.; Garcia-Ruiz, A.; Iglesias, N.; Lopez, M. // Waste Manag. 2020, 105. – P. 364–372.
- 7 From waste to sustainable industry: How can agro-industrial wastes help in the development of new products. / Freitas, L.C.; Barbosa, J.R.; Caldas da Costa, A.L.; Bezerra, F.W.F.; Pinto, R.H.H.; Junior, R.N.C. // Resources, Conservation and Recycling. – 2021. – Т. 169. – P. 1054-1066.
- 8 Greenhouse gas emissions and environmental impact from recycling the organic fraction of solid waste: Comparison of different treatment schemes from a life cycle perspective. / Maria F. D., Sisani F. // Recycling. – 2017. – Т. 2. – №. 3. – P. 13.
- 9 Экобиотехнологии переработки органических отходов / В.В. Миронов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства, 2018. – №1. – P. 60-65.
- 10 Korhonen J., Honkasalo A., Seppälä J. / Circular economy: the concept and its limitations //Ecological economics. – 2018. – Т. 143. – P. 37-46.
- 11 Chaher N. E. H. et al. / Potential of Sustainable concept for handling organic waste in Tunisia //Sustainability. – 2020. – Т. 12. – №. 19. – С. 8167.
- 12 Joint F. A. O., Party U. W. / Economic commission food and agriculture for europe organization //Agenda. – 2010. – Т. 24. – P. 25.
- 13 Potential of wood waste in Portugal. A bio-based ecosystem model. / Costa, J., Fernando, A. N. / 7th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation. – Prague, Czech Republic 2018. – P. 662-668.
- 14 Trans boundary flow of solid biomass waste streams in Europe and its effect on the country's energy system / Dadhich P. et al. // Nordic Master Programme in Innovative and Sustainable Energy Engineering, 2017. – P. 65.
- 15 Höglmeier K., Weber-Blaschke G., Richter K. Utilization of recovered wood in cascades versus utilization of primary wood—a comparison with life cycle assessment using system expansion //The International Journal of Life Cycle Assessment. – 2014. – Т. 19. – №. 10. – P. 1755-1766.

16 Bernstein A. et al. Renewables need a grand-challenge strategy //Nature. – 2016. – T. 538. – №. 7623. – P. 30-30.

17 Lykidis C., Grigoriou A. Hydrothermal recycling of waste and performance of the recycled wooden particleboards //Waste management. – 2008. – T. 28. – №. 1. – P. 57-63.

18 Burgert I. et al. Bio-inspired functional wood-based materials–hybrids and replicates //International Materials Reviews. – 2015. – T. 60. – №. 8. – P. 431-450.

19 Hameed Z. et al. Gasification of municipal solid waste blends with biomass for energy production and resources recovery: current status, hybrid technologies and innovative prospects //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2021. – T. 136. – P. 110375.

20 Faraca G., Boldrin A., Astrup T. Resource quality of wood waste: The importance of physical and chemical impurities in wood waste for recycling //Waste Management. – 2019. – T. 87. – P. 135-147.

21 Ihnat V. et al. Size reduction downcycling of waste wood. Review //Wood Res. – 2020. – T. 65. – P. 205-220.

22 European Panel Federation Standard for Delivery Conditions of Recycled Wood. / European Panel Federation. // Brussels, Belgium, 2018. – P. 7.

23 The Use of Recycled Wood for Wood-Based Panels. / European Panel Federation. // Brussels, Belgium, 2018. – P. 2.

24 A European Green Deal. [Electronic resource]: – Access mode: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/actions-being-taken-eu_en (date of access: 17/03/2022).

25 Schröder P. et al. Intensify production, transform biomass to energy and novel goods and protect soils in Europe—A vision how to mobilize marginal lands //Science of the Total Environment. – 2018. – T. 616. – P. 1101-1123.

26 Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003. Off. J. Eur. Union 2019, 19.

27 Tarelho L. A. C. et al. Characteristics of distinct ash flows in a biomass thermal power plant with bubbling fluidised bed combustor //Energy. – 2015. – T. 90. – P. 387-402.

28 Duong T. L. et al. Fast pyrolysis of Vietnamese waste biomass: relationship between biomass composition, reaction conditions, and pyrolysis products, and a strategy to use a biomass mixture as feedstock for bio-oil production //Journal of Material Cycles and Waste Management. – 2019. – T. 21. – №. 3. – P. 624-632.

29 Budianto A. et al. The production of activated carbon from Indonesian mangrove charcoal //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2019. – T. 462. – №. 1. – P. 012006.

30 Messerle V. E., Mosse A. L., Ustimenko A. B. Processing of biomedical waste in plasma gasifier //Waste management. – 2018. – T. 79. – P. 791-799.

31 Chinweoke O. U. et al. Gasification of organic waste for renewable gas production systems //Transactions on Engineering Technologies. – Springer, Singapore, 2021. – P. 119-135.

32 Su W. et al. Supercritical water gasification of food waste: Effect of parameters on hydrogen production //International Journal of Hydrogen Energy. – 2020. – Т. 45. – №. 29. – P. 14744-14755.

33 Thomsen T. P. et al. Low temperature circulating fluidized bed gasification and co-gasification of municipal sewage sludge. Part 2: Evaluation of ash materials as phosphorus fertilizer //Waste Management. – 2017. – Т. 66. – P. 145-154.

34 Szulc W. et al. Possibilities of using organic waste after biological and physical processing—An overview //Processes. – 2021. – Т. 9. – №. 9. – P. 1501.

35 Денисенко, А. Н. Использование методов биотехнологии при переработке органических отходов / А. Н. Денисенко, Н. Н. Максимюк. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2014. — № 9 (68). — P. 81-84.

36 Gong X. et al. Bamboo biochar amendment improves the growth and reproduction of *Eisenia fetida* and the quality of green waste vermicompost //Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2018. – Т. 156. – P. 197-204.

37 Anastasi A., Varese G. C., Filipello Marchisio V. Isolation and identification of fungal communities in compost and vermicompost //Mycologia. – 2005. – Т. 97. – №. 1. – P. 33-44.

38 Beliën J., De Boeck L., Van Ackere J. Municipal solid waste collection and management problems: a literature review //Transportation Science. – 2014. – Т. 48. – №. 1. – P. 78-102.

39 Reeh U., Møller J. Evaluation of different biological waste treatment strategies //Urban Areas-Rural Areas and Recycling-The organic way forward. – 2002.

40 European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A Sustainable Bioeconomy for Europe: Strengthening the Connection between Economy, Society and the Environment; European Commission: Brussels, Belgium, 2018.

41 Ayilara M. S. et al. Waste management through composting: Challenges and potentials //Sustainability. – 2020. – Т. 12. – №. 11. – P. 4456.

42 De Mandal S., Passari A. K. (ed.). Recent Advancement in Microbial Biotechnology: Agricultural and Industrial Approach. – Elsevier, 2021.

43 Diaz L. F., Savage G. M. Factors that affect the process //Waste management series. – Elsevier, 2007. – Т. 8. – P. 49-65.

44 Gong X. et al. Maturation of green waste compost as affected by inoculation with the white-rot fungi *Trametes versicolor* and *Phanerochaete chrysosporium* //Environmental Technology. – 2017. – Т. 38. – №. 7. – P. 872-879.

45 Zhang L., Sun X. Using cow dung and spent coffee grounds to enhance the two-stage co-composting of green waste //Bioresource technology. – 2017. – Т. 245. – P. 152-161.

46 Jakobsen S. T. Aerobic decomposition of organic wastes I. Stoichiometric calculation of air change //Resources, conservation and recycling. – 1994. – T. 12. – №. 3-4. – P. 165-175.47 Part 637 Environmental Engineering National Engineering Handbook. Composting. 210-VI-NEH, February 2000.

48 Onwosi C. O. et al. Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects //Journal of environmental management. – 2017. – T. 190. – P. 140-157.

49 Iqbal M. K. et al. Optimization of process parameters for kitchen waste composting by response surface methodology //International Journal of Environmental Science and Technology. – 2015. – T. 12. – №. 5. – P. 1759-1768.

50 Cerda A. et al. Composting of food wastes: Status and challenges //Bioresource technology. – 2018. – T. 248. – P. 57-67.

51 Kutsanedzie F., Ofori V., Diaba K. S. Maturity and safety of compost processed in HV and TW composting systems //International Journal of Science, Technology and Society. – 2015. – T. 3. – №. 4. – P. 202-209.

52 Wang X. et al. Relationship between bacterial diversity and environmental parameters during composting of different raw materials //Bioresource Technology. – 2015. – T. 198. – P. 395-402.

53 Yeh C. K. et al. Optimizing food waste composting parameters and evaluating heat generation //Applied Sciences. – 2020. – T. 10. – №. 7. – P. 2284.

54 Sudharsan Varma V., Kalamdhad A. S. Evolution of chemical and biological characterization during thermophilic composting of vegetable waste using rotary drum composter //International Journal of Environmental Science and Technology. – 2015. – T. 12. – №. 6.

55 Kádár Z., Xu J., Schmidt J. E. Optimization of microwave pretreatment on wheat straw //Advanced Biofuels in a Biorefinery Approach: Conference. – Forest & Landscape, University of Copenhagen, 2012. – P. 75-75.

56 Zhang L., Sun X. Improving green waste composting by addition of sugarcane bagasse and exhausted grape marc //Bioresource technology. – 2016. – T. 218. – P. 335-343.

57 Hachicha S. et al. Biological activity during co-composting of sludge issued from the OMW evaporation ponds with poultry manure—Physico-chemical characterization of the processed organic matter //Journal of Hazardous Materials. – 2009. – T. 162. – №. 1. – P. 402-409.

58 Sundberg C. et al. Effects of pH and microbial composition on odour in food waste composting //Waste Management. – 2013. – T. 33. – №. 1. – P. 204-211.

59 Azim K. et al. Composting parameters and compost quality: a literature review //Organic agriculture. – 2018. – T. 8. – №. 2. – P. 141-158.

60 Awasthi M. K. et al. Evaluation of thermophilic fungal consortium for organic municipal solid waste composting //Bioresource technology. – 2014. – T. 168. – P. 214-221.

61 Zhang L., Sun X. Influence of bulking agents on physical, chemical, and microbiological properties during the two-stage composting of green waste //Waste Management. – 2016. – T. 48. – P. 115-126.

62 Guo X. et al. Effects of Cu on metabolisms and enzyme activities of microbial communities in the process of composting //Bioresource technology. – 2012. – T. 108. – P. 140-148.

63 Zhang H. et al. Influence of aeration on volatile sulfur compounds (VSCs) and NH₃ emissions during aerobic composting of kitchen waste //Waste management. – 2016. – T. 58. – P. 369-375.

64 Awasthi M. K. et al. Co-composting of organic fraction of municipal solid waste mixed with different bulking waste: characterization of physicochemical parameters and microbial enzymatic dynamic //Bioresource Technology. – 2015. – T. 182. – P. 200-207.

65 Waszkielis K. M. et al. The effect of temperature, composition and phase of the composting process on the thermal conductivity of the substrate //Ecological engineering. – 2013. – T. 61. – P. 354-357.

66 Rastogi M., Nandal M., Nain L. Seasonal variation induced stability of municipal solid waste compost: an enzyme kinetics study //SN Applied Sciences. – 2019. – T. 1. – №. 8. – P. 1-16.

67 Salama Y. et al. A review of compost produced from biological wastes: sugarcane industry waste //International Journal of Food Science and Biotechnology. – 2016. – T. 1. – №. 1. – P. 24-37.

68 Pandey P. K. et al. A new closed loop heating system for composting of green and food wastes //Journal of cleaner production. – 2016. – T. 133. – P. 1252-1259.

69 Sudharsan Varma V., Kalamdhad A. S. Evolution of chemical and biological characterization during thermophilic composting of vegetable waste using rotary drum composter //International Journal of Environmental Science and Technology. – 2015. – T. 12. – №. 6.

70 Chowdhury A.K., Akratos C.S., Vayenas D.V., Pavlou S. Olive mill waste composting: a review. // Int. Biodeterior. Biodegrad. – 2013. – T.85. – P. 108–119.

71 Wang Y., Ai P. Integrating particle physical geometry into composting degradation kinetics //Bioresource technology. – 2016. – T. 200. – P. 514-520.

72 Ge J. et al. Modeling of oxygen uptake rate evolution in pig manure–wheat straw aerobic composting process //Chemical Engineering Journal. – 2015. – T. 276. – P. 29-36.

73 Lata Verma S., Marschner P. Compost effects on microbial biomass and soil P pools as affected by particle size and soil properties //Journal of soil science and plant nutrition. – 2013. – T. 13. – №. 2. – P. 313-328.

74 Siles-Castellano A. B. et al. Compost quality and sanitation on industrial scale composting of municipal solid waste and sewage sludge //Applied Sciences. – 2021. – T. 11. – №. 16. – P. 7525.

75 Wei Y. et al. Environmental challenges impeding the composting of biodegradable municipal solid waste: A critical review //Resources, Conservation and Recycling. – 2017. – T. 122. – P. 51-65.

76 Szelényi G., Bakonyi P., Nemestóthy N. Aerobic stabilization of organic waste effluents from anaerobic treatment for agricultural use //Desalination Water Treat. – 2020. – T. 192. – P. 424-430.

77 Rama L. et al. Market waste management using compost technology //International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences,(IJPAAES). – 2014. – T. 4. – №. 4. – P. 57-61.

78 Walling E., Trémier A., Vaneeckhaute C. A review of mathematical models for composting //Waste Management. – 2020. – T. 113. – P. 379-394.

79 Ajmal M. et al. A review on mathematical modeling of in-vessel composting process and energy balance //Biomass Conversion and Biorefinery. – 2020. – P. 1-13.

80 Külücü R., Yaldiz O. The composting of agricultural wastes and the new parameter for the assessment of the process //Ecological Engineering. – 2014. – T. 69. – P. 220-225.

81 Barros E. S. C. et al. Composting of winery waste and characteristics of the final compost according to Brazilian legislation //Journal of Environmental Science and Health, Part B. – 2021. – T. 56. – №. 5. – P. 447-457.

82 Li Z. et al. Experimental and modeling approaches for food waste composting: A review //Chemosphere. – 2013. – T. 93. – №. 7. – P. 1247-1257.

83 Echarrafi K. et al. Mixture design formulation for optimized composting with the perspective of using artificial intelligence optimization algorithms //Journal of Applied Science and Environmental Studies. – 2018. – T. 1. – №. 2. – P. 53-64.

84 Oviedo-Ocaña E. R. et al. Stability and maturity of biowaste composts derived by small municipalities: Correlation among physical, chemical and biological indices //Waste Management. – 2015. – T. 44. – P. 63-71.

85 Sokač T. et al. An enhanced composting process with bioaugmentation: Mathematical modelling and process optimization //Waste Management & Research. – 2021. – C. 0734242X211033712.

86 Salgado M. M. M. et al. Grape pomace compost as a source of organic matter: Evolution of quality parameters to evaluate maturity and stability //Journal of Cleaner Production. – 2019. – T. 216. – P. 56-63.

87 Papračnin, E.; Pertic, I. Mathematical modeling and simulation of the composting process in a pilot reactor. //Glas. Hem. Tehnol. Bosne Herceg. – 2017. – T. 47. – P. 39-48.

88 Rastogi M., Nandal M., Khosla B. Microbes as vital additives for solid waste composting //Heliyon. – 2020. – T. 6. – №. 2. – C. e03343.

89 Yuan J. et al. Use of additive and pretreatment to control odors in municipal kitchen waste during aerobic composting //Journal of Environmental Sciences. – 2015. – T. 37. – P. 83-90.

90 Sokač T. et al. Application of Optimization and Modeling for the Composting Process Enhancement //Processes. – 2022. – T. 10. – №. 2. – P. 229.

91 ГОСТ 7.32-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

РЕЦЕНЗИЯ

на ДИПЛОМНУЮ РАБОТУ

ҚАЛМЫРЗА ГҮЛДАНА НҮРДӘУЛЕТҚЫЗЫ

5В070100 - «Биотехнология»

На тему: «Разработка биотехнологии аэробной переработки органических отходов»

Выполнено:

- а) графическая часть на 7 листах;
- б) пояснительная записка на 36 страницах.

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Выполнение дипломной работы было нацелено на разработку биотехнологии аэробной переработки органических отходов. Для этого автором проанализированы основные источники литературы по данному вопросу. В работе дана подробная характеристика исследуемого вопроса, систематическая характеристика видов.

Дипломная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы.

Процесс выполнения исследований был направлен на постановку и изучение процесса компостирования древесных органических отходов, выделенных из состава ТБО. Изучены физико-химические и микробиологические свойства компостируемого субстрата. Проведено исследование по изучению культуральных свойств компостируемого субстрата. Существенных замечаний к работе нет.

Оценка работы

Дипломная работа оценена на «отлично», считаю, что автор Қалмырза Гүлдана Нұрдаулетқызы достойна степени бакалавра по направлению 5В070100 – «Биотехнология».

Рецензент

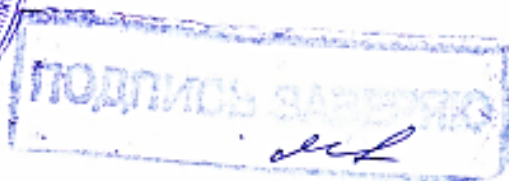
Канд. х. н., ст. преподаватель

кафедры ХиТОВПСиП

КазНУ имени Аль-Фараби;

Рахметуллаева Р.К.

_____ 2022 г.



ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

На дипломную работу

ҚАЛМЫРЗА ГҮЛДАНА НҮРДӘУЛЕТҚЫЗЫ

Биотехнология - 5В070100

Тема: «Разработка биотехнологии аэробной переработки органических отходов»

Тема данной дипломной работы соответствует профилю специальности и является достаточно актуальной. Выполнение дипломной работы было нацелено на разработку биотехнологии аэробной переработки органических отходов. Для этого студентом проанализированы основные источники литературы по данному вопросу. В работе дана подробная характеристика исследуемого вопроса, систематическая характеристика.

Процесс выполнения исследований был направлен на постановку и изучение процесса компостирования древесных органических отходов, выделенных из состава ТБО. Изучены физико-химические и микробиологические свойства компостируемого субстрата. Проведено исследование по изучению культуральных свойств колоний микроорганизмов, выращенных на плотной питательной среде.


В целом содержание и объем работы полностью соответствуют заданию и профилю специальности, характеризуют достаточную теоретическую подготовку исполнителя, соответствуют требованиям высшей школы. Все части дипломной работы написаны и оформлены в соответствии с ГОСТами, аккуратно и грамотно. Таблицы, графики и рисунки выполнены достаточно качественно и корректно.

Работу можно представить к внешнему рецензированию и допустить к защите.

Замечаний к работе нет.

Оцениваю дипломную работу на 98 %. ҚАЛМЫРЗА ГҮЛДАНА заслуживает присвоения академической степени «бакалавр техники и технологий»

Научный руководитель
канд. с/х. наук, доцент,
ассоц. профессор


(подпись) Джамалова Г.А.

«30» май 2022 г.



Metadane

Tytuł

2022_БАК_Қалмырза Гүлдана Нұрдәулетқызы.docx

Autor/zy

Қалмырза Гүлдана Нұрдәулетқызы

Promotor



Гуля Джамалова

Jednostka organizacyjna

ИГинГД

Alerty

W tej sekcji znajdują się statystyki występowania w tekście zabiegów edytorskich, które mogą mieć na celu zaburzenie wyników analizy. Niewidoczne dla osoby zapoznającej się z treścią pracy na wydruku lub w pliku, wpływają na frazy porównywane podczas analizy tekstu (poprzez celowe błędy pisowni) w celu ukrycia zapażyczeń lub obniżenia wyników w Raporcie podobieństwa. Należy ocenić, czy zaznaczone wystąpienia wynikają z uzasadnionego formatowania tekstu (nadwrażliwość systemu), czy są celową manipulacją.

Znaki z innego alfabetu		2
Rozstrzelenia		0
Mikrospacje		0
Białe znaki		0
Parafrazy		0

Metryka podobieństw

Należy pamiętać, że wysokie wartości Współczynników nie oznaczają automatycznie plagiatu. Raport powinien zostać przeanalizowany przez kompetentną / upoważnioną osobę. Wyniki są uważane za wymagające szczegółowej analizy, jeśli WP 1 wynosi ponad 50%, a WP 2 ponad 5%.



25
Długość frazy dla WP 2



5993
Liczba słów



49916
Liczba znaków

Aktywne listy podobieństw

Uwagi wymagają szczególnie fragmenty, które zostały włączone do WP 2 (zaznaczone pogrubieniem). Użyj linku "Pokaż w tekście" i zobacz, czy są to krótkie frazy rozproszone w dokumencie (przypadkowe podobieństwa), skupione wokół siebie (parafraza) lub obszerne fragmenty bez wskazania źródła (tzw. "kryptocytaty").

10 najdłuższych fragmentów

Kolor w tekście

LP	TYTUŁ LUB ADRES URL ŹRÓDŁA (NAZWA BAZY)	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)
----	---	--------------------------------

z bazy RefBooks (0.00 %)



LP	TYTUŁ	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)
----	-------	--------------------------------

z bazy macierzystej (0.00 %)



LP	TYTUŁ	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)
----	-------	--------------------------------

z Programu Wymiany Baz (0.00 %)



LP	TYTUŁ	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)
----	-------	--------------------------------

z Internetu (0.00 %)



LP	ADRES URL ŹRÓDŁA	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)
----	------------------	--------------------------------

Lista zaakceptowanych fragmentów (brak zaakceptowanych fragmentów)

LP	TREŚĆ	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)
----	-------	--------------------------------