

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық технологиялық зерттеу университеті

Қ. Тұрысов атындағы Геология және мұнай-газ ісі институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

Қабдраш Інжу Жанатқызы

Тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын өңдеу және биогаз
өндірісі кезінде метаногенезді математикалық жоспарлау және
оңтайландыру

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Специальность 5В701000 - Биотехнология

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық технологиялық зерттеу университеті

Қ. Тұрысов атындағы Геология және мұнай-газ ісі институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ



Химиялық және

Биохимиялық Инженерия

Кафедра меңгерушісі, Ph.D.

Амитова А.А.

2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын өңдеу және биогаз өндірісі кезінде метаногенезді математикалық жоспарлау және оңтайландыру»

5B070100 – «Биотехнология» мамандығы

Орындаған

 Кабдраш І.Ж.

а/ш ғылымдарының канд., доцент,
қауымд. профессоры

Ғылыми жетекші

 Джамалова Г.А.
«30» 05 2022 ж.

Жаратылыстану ғылымдарының
магистрі, ХжБИ кафедрасының

Ғылыми кеңесші

ассистенті
 Әкімбек А.Ө.
«30» 05 2022 ж.

Әл – Фараби атындағы ҚазҰУ
ОЗТҚмПХжТ кафедрасының

Пікір беруші

лекторы, хим. ғыл. канд.
 Рахметуллаева Р.К.
«30» 05 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық технологиялық зерттеу университеті

Қ. Тұрысов атындағы Геология және мұнай-газ ісі институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы



**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушыға: Қабдраш Інжу Жанатқызы

Тақырыбы: «Тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын өңдеу және биогаз өндірісі кезінде метаногенезді математикалық жоспарлау және оңтайландыру»

Университет ректорының 16.04.2022 ж. № 1163-б бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «01» маусым 2022 ж.

Дипломдық жұмысқа бастапқы деректер: эксперименттік жұмыстардың нәтижелері, олардың негізінде математикалық модельдеу бойынша есептік зерттеулер жүргізілді; ҚТҚ полигоны жағдайында тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын қайта өңдеу және биогаз өндірісі бойынша Биотехнология моделін әзірлеу.

Диссертацияның қысқаша мазмұны: метаногенез процесін оңтайлы режиммен жоспарлау үшін математикалық модельдеу әдісі қолданылды. ҚТҚ полигоны жағдайында тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын қайта өңдеу және биогаз өндіру бойынша биотехнологияның моделі жасалды

- а) ғылыми әдебиеттерге шолу
- б) зерттеу объектісі, материалы және әдістемесі
- в) зерттеу нәтижелері.

Қорытынды және тұжырымдар.

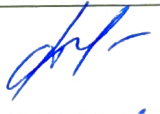
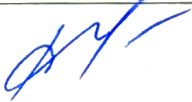
Ұсынылатын негізгі әдебиет 63 атаудан тұрады.

Дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімнің атауы, әзірленген мәселелер тізбесі	Ғылыми жетекшігіге ұсыну мерзімі	Ескерту
Кіріспе. Әдебиеттік шолу	08.02.2022	Теориялық зерттеулер ғылыми зерттеу әдебиеттің 63 негізделген
Зерттеу материалдары мен әдістемесі	21.03.2022	Зерттеулер талаптарға сәйкес жүргізілді ГОСТ Р 55571-2013; ГОСТ Р 53790-2010; ГОСТ Р 57700.22-2020
Зерттеу нәтижелері. Қорытынды және тұжырым	09.05.2022	Зерттеулер аяқталды және өңделді 10.05.2022

ҚОЛТАҢБАЛАР

жобаның тиісті бөлімдерін көрсете отырып, аяқталған дипломдық жобаның кеңесшілері мен нормативті бақылаушылары

Бөлімдер атауы	Консультанттар, А.Ә.Т (ғылым дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолтаңба
Негізгі бөлім	Г.А. Джамалова а.ш.ғ.к доцент, ассоц. профессор	11.05.2022	
Нормобақылау	Г.А. Джамалова а.ш.ғ.к доцент, ассоц. профессор	11.05.2022	

Ғылыми жетекші



Джамалова Г.А.

Тапсырманы білім
алушы орындауға
қабылдады



Қабдраш І.Ж

Күні

«30» мамыр 2021 ж.

АНДАТПА

Түйінді сөздер: органикалық қалдықтар, метаногенез, анаэробты биологиялық ыдырау, биогаз.

Мақсаты: тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын өңдеу және биогаз өндіру кезінде метаногенезді математикалық жоспарлау және оңтайландыру.

Зерттеу нысаны: тамақ өндірісінің органикалық қалдықтары.

Міндеттері.

1 Математикалық модельдеу әдісімен тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын өңдеу кезінде метаногенез процесін жоспарлау;

2 Биогаз құрамындағы метанның шығуын арттыру үшін ҚТҚ полигонының қоқыс тастайтын үйіндідегі метаногенез процесін оңтайландыру;

3 Модельдеу әдісімен алынған деректер негізінде ҚТҚ полигонының қоқыс тастайтын үйіндідегі органикалық тамақ қалдықтарын қайта өңдеу биотехнологиясының моделін әзірлеу.

Алынған нәтижелер. Метаногенез процесін математикалық жоспарлау және оңтайландыру әдісімен биогаз өндірісіне, атап айтқанда метаногенезге температура (X_1 , °C факторы), pH, органикалық жүктеме жылдамдығы, ұшпа май қышқылдары, C/N қатынасы сияқты көптеген факторлар әсер ететіні көрсетілген. факторлар X_2 , X_3 , X_4 , X_5 ; кг/м³ / күн, г/л). Алынған нәтижелер негізінде тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын қайта өңдеу және ҚТҚ полигоны жағдайында биогаз өндіру бойынша биотехнология моделі ұсынылды.

Дипломдық жұмыстың құрылымы және көлемі. Дипломдық жұмыс компьютерлік мәтіннің 32 беттерінде ресімделген, кіріспе (1 бет), үш тарау - әдебиетке шолу (5 бет), зерттеу материалдары мен әдістемесі (1 бет), зерттеу нәтижелері (9 бет) және қорытынды (1 бет), 6 сурет, 5 кестеден тұрады. Ғылыми әдебиет саны 63 дерекнамаға сілтемелер берілген.

АННОТАЦИЯ

Ключевые слова: органические отходы, метаногенез, анаэробное биологическое разложение, биогаз.

Цель: математическое планирование и оптимизация метаногенеза при переработке органических отходов пищевой промышленности и производстве биогаза.

Объект исследования: органические отходы пищевого производства.

Задачи.

1 Методом математического моделирования запланировать процесс метаногенеза при переработке органических отходов пищевой промышленности;

2 Оптимизировать процесс метаногенеза в свалочном теле полигона ТБО для увеличения выхода метана в составе биогаза;

3 Разработать модель биотехнологии переработки органических пищевых отходов в свалочном теле полигона ТБО на основе данных, полученных методом моделирования.

Полученные результаты. Методом математического планирования и оптимизации процесса метаногенеза показано, что на производство биогаза, в частности, на метаногенез, влияют многие факторы, как температура (фактор X_1 , °C), pH, скорость органической загрузки, летучие жирные кислоты, соотношение C/N факторы X_2 , X_3 , X_4 , X_5 ; кг/м³/день, г/л). На основе полученных данных предложена модель биотехнологии по переработке органических отходов пищевой промышленности и производства биогаза в условиях полигона ТБО.

Структура и объем. Дипломная работа оформлена на 32 страницах компьютерного текста, состоит из введения (1 стр.), трех глав – обзор литературы (5 стр.), материалы и методика исследования (1 стр.), результаты исследования (9 стр.) и заключения (1 стр.), включает 7 рисунков, 5 таблиц. Библиография содержит ссылки на 63 источников научной литературы.

ANNOTATION

Keywords: organic waste, methanogenesis, anaerobic biological decomposition, biogas.

Objective: mathematical planning and optimization of methanogenesis in the processing of organic waste from the food industry and the production of biogas.

Object of research: organic waste of food production.

Tasks:

1 Using mathematical modeling to plan the process of methanogenesis in the processing of organic waste from the food industry;

2 To optimize the process of methanogenesis in the landfill body of the landfill to increase the yield of methane in the composition of biogas;

3 To develop a model of biotechnology for processing organic food waste in the landfill body of a solid waste landfill based on data obtained by modeling.

The results obtained. By the method of mathematical planning and optimization of the methanogenesis process, it is shown that the production of biogas, in particular, methanogenesis, is influenced by many factors, such as temperature (factor X_1 , °C), pH, organic loading rate, volatile fatty acids, C/N ratio factors X_2 , X_3 , X_4 , X_5 ; kg/m³/day, g/l). Based on the data obtained, a model of biotechnology for processing organic waste from the food industry and biogas production in a landfill is proposed.

Structure and volume. The thesis is framed on 32 pages of computer text, consists of an introduction (1 page), three chapters - a literature review (5 pages), materials and methods of research (1 page), research results (9 pages) and conclusions (1 page), includes 7 figures, 5 tables. The bibliography contains references to 63 sources of scientific literature.

МАЗМҰНЫ

- Кіріспе
- 1 Әдебиеттік шолу
 - 1.1 Қазақстанның тамақ өнеркәсібі. ҚР сүт өнеркәсібін дамуының ерекшеліктері
 - 1.2 Тамақ өнеркәсібінің қалдықтары
 - 1.3 Сүт өнеркәсібінің органикалық қалдықтары. Тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын өңдеу әдістері
- 2 Зерттеу материалдары мен әдістемесі
- 3 Зерттеу нәтижелері
 - 3.1 Тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын өңдеу және биогаз өндірісі кезінде метаногенезді математикалық жоспарлау және оңтайландыру
 - 3.2 Органикалық тамақ қалдықтарын қайта өңдеу және ҚТҚ полигоны жағдайында биогаз өндіру биотехнологиясының моделін әзірлеу
- Қорытынды және тұжырым
- Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

КІРІСПЕ

Өзектілігі. Тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын математикалық әдіспен өңдеу кезінде метаногенез процесін зерттеу өзекті болып табылады, себебі: 1) өндірісте биогаз өндіру процесін жоспарлауға; 2) метаногенез процесін оңтайландыруға; 3) метанмен байытылған биогаз өндіру мақсатында қайта өңделетін шикізатты ұтымды пайдалануға; 4) тамақ өнеркәсібінің қалдықтарын қайта өңдеу технологияның рентабельділігін және метан өнімінің мөлшерін жоғарлатуға болады.

Мақсаты. Тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын өңдеу және биогаз өндірісі кезінде метаногенезді математикалық жоспарлау және оңтайландыру.

Міндеттері:

1 Математикалық модельдеу әдісімен тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын өңдеу кезінде метаногенез процесін жоспарлау;

2 Биогаз құрамындағы метанның шығуын арттыру үшін ҚТҚ полигонының қоқыс тастайтын үйіндідегі метаногенез процесін оңтайландыру;

3 Модельдеу әдісімен алынған деректер негізінде ҚТҚ полигонының қоқыс тастайтын үйіндідегі органикалық тамақ қалдықтарын қайта өңдеу биотехнологиясының моделін әзірлеу.

Зерттеу нысаны: тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтары.

Зерттеу тақырыбы: тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын өңдеу кезінде метанмен байытылған биогаз өндірудегі метаногенез процесі

Ғылыми жаңалығы. Ағаш рет біз бес факторды (температура, рН, органикалық жүктеме жылдамдығы, ұшпа май қышқылдары, C/N қатынасы) қарастырған кезде метаногенез және биогазды метанмен байыту процесін зерттедік.

Ғылыми және практикалық маңыздылығы. Өндіріс жағдайында математикалық модельдеу әдістерін қолданудың практикалық маңызы бар, өйткені биогаз құрамындағы метанның мөлшерін арттыру мақсатында тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын анаэробты биологиялық ыдырату процесін жеделдетуге және оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Дипломдық жұмыс компьютерлік мәтіннің 32 беттерінде ресімделген, кіріспе (1 бет), үш тарау - әдебиетке шолу (5 бет), зерттеу материалдары мен әдістемесі (1 бет), зерттеу нәтижелері (9 бет) және қорытынды (1 бет), 6 сурет, 5 кестеден тұрады. Ғылыми әдебиет саны 63 дерекнамаға сілтемелер берілген.

1 Әдебиеттік шолу

1.1 Қазақстанның тамақ өнеркәсібі. ҚР сүт өнеркәсібін дамуының ерекшеліктері

Қазақстанда тамақ өнеркәсібін дамыту экономиканы тұрақты дамыту және азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін стратегиялық маңызды [1]. Қазақстан экономикасының осы секторы неғұрлым дамыған елдер қатарында, өйткені әлемдік нарықтарда үн өндіру бойынша әлемнің жетекші 10 елінің құрамына кіреді [2]. Сондықтан, Қазақстан Тамақ өнеркәсібіне жаңа технологиялық шешімдерді енгізе отырып, табиғи тамақ өнімдері өндірісінде бәсекеге қабілеттілікке ие бола алатынын сенімді түрде атап өтуге болады [3].

Қазақстанда бүгінгі таңда 450 мыңнан астам тамақ өнеркәсібі кәсіпорындары жұмыс істейді, олардың ең көп саны Алматы, Алматы және Қарағанды облыстарында, ең азы Атырау, Маңғыстау және Батыс Қазақстан облыстарында шоғырланған [4]. Сондықтан экономиканың зерттелетін саласын дамыту мәселелерін шешу өзекті болып табылады, өйткені халықтың азық-түлікпен қамтамасыз етілуі тұтынушылардың қанағаттанушылығын көрсетеді, бұл өз кезегінде өнім түрлерін кеңейту, өндірісті жаңғырту және тамақ өнеркәсібін әртараптандыру арқылы қамтамасыз етілуі мүмкін. Соңғысы республиканың барлық өңірлерінде жаңа кәсіпорындар ашу есебінен қамтамасыз етіледі [5].

Сүт және сүт өнімдері қоректік заттардың керемет көзі болып табылады және денсаулықты жақсартуға көмектеседі [6]. Сүт және сүт өнімдері нарығы күрделі және қарқынды дамып келе жатқан экономикалық жүйе болып табылады [7]. Сондықтан, бүгінгі таңда Қазақстанда жылына 1,9 млн тоннадан астам сүт өңдейтін 148-ден астам және ірімшік өндіретін 34 кәсіпорын бар. Қазақстан нарығында осы саладағы көшбасшы «Компания ФудМастер» АҚ болып табылады, ол Lactalis (Франция) халықаралық тобының құрамына кіреді [8].

1.2 Тамақ өнеркәсібінің қалдықтары

Қазіргі таңда әлем халқының өсуі жылына 1-2% құрайды [9], 2050 жылға қарай халық саны 9 миллиардтан астам адамға жетеді деп күтілуде [10], бұл өнеркәсіптік белсенділіктің артуына және тұрмыстық қатты қалдықтардың негізгі құрамдас бөлігі ретінде-өнеркәсіптік, қатты тұрмыстық және атап айтқанда, азық-түлік қалдықтарының кең ауқымының өсуіне әкеледі [11].

Тамақ өнеркәсібі тікелей кәсіпорындардан немесе жанама түрде халықтан қатты тұрмыстық қалдықтардың құрамында тамақ қалдықтарының үлкен көлемін, соның ішінде қайта өңдеу секторын өндіреді, олар қалдықтарды қайта өңдеу үшін биоотынға айналады [12]. Тамақ қалдықтарын дұрыс басқаруда бірқатар шешімдер жүзеге асырылуы мүмкін, олардың орындалуы қалдықтарды басқару жүйесіне ұқсас, атап айтқанда биоотын немесе биополимерлер

өндірісінің өнеркәсіптік процестерінде [13]. Осылайша, кең дәрежеде тамақ өнеркәсібінің қалдықтарын қайта құру келесідей: азық-түліктің шамамен 30 %-ы фермадан өңдеушіге, сатушыға және тұтынушыға дейін шығарылады, бұл азық-түлік жүйесінің қоршаған ортаға әсерінің шамамен 20 % құрайды. Азық-түлік қалдықтарының мәселесі жақсы сипатталған, бірақ шешім жоқ: тамақ қалдықтарын азайту жөніндегі іс-шаралардың шығындары мен пайдасын мұқият салыстыру аз жүргізілді [14]. Бұл мәселені шешудің бір жолы қалдықтарды өңдеудің биотехнологиялық әдістерін енгізу болып табылады [15]. Келесі онжылдықта тамақ қалдықтарының жаһандық әлемдік өндірісі 33 % артады деп күтілуде. Жыл сайынғы азық-түлік қалдықтары шамамен 1,6 миллиард тоннаны құрайды, бұл шамамен 1,2 триллион долларды құрайды. Оның 50-60 %-ы тұтынудан кейінгі қалдықтар [16]. Азық-түлік біздің өмір сүруіміз үшін өте маңызды, дегенмен Біріккен Ұлттар Ұйымының Азық-түлік және ауыл шаруашылығы ұйымы (ФАО) 2018 жылы шамамен 820 миллион адам тамақтанбаған деп есептейді. Бұл тұрғыда азық-түлік қалдықтарының пайда болуы ерекше өзекті мәселе болып табылады. Азық-түлікті ысырап ету - өсіп келе жатқан әлем халқын тамақтандыру мүмкіндіктерін ысырап ету және азық-түлікті өндіру, өңдеу, тарату және тұтыну кезінде пайдаланылатын жер, су және энергия сияқты тапшы ресурстарды тұтынуды білдіреді [17]. Тамақ өнеркәсібінің қалдықтарында көмірсулар, ақуыздар, липидтер және целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин сияқты лигноцеллюлоза бар. Бұл қалдықтар бүкіл әлемде көп мөлшерде өндіріледі және экологиялық проблемаларды тудырады [18] және олар биоэнергияда қолданылатын басқа органикалық немесе көміртегі бар қатты қалдықтармен (мысалы, ағаш биомассасы, ауылшаруашылық және муниципалды қатты қалдықтар) ұқсас, бірақ липидтерге (қаныққан майларға) және ақуызға қарағанда әлдеқайда бай, бұл оны биоотын мен химиялық заттарға қолдану үшін ерекше тартымды етеді. Алайда, липидтер метаногенез уақытының ұлғаюы есебінен метанның (CH_4) (мысалы, анаэробты ашыту) түзілуіне байланысты процестерге ингибиторлық әсер етуі мүмкін [19].

Тамақ қалдықтары биоэкономика жүйесі шеңберінде қалдықтар негізінде биоөңдеу зауыттары үшін үлкен маңызға ие. Биоэкономика – ауыл шаруашылығы мен өнеркәсіпте жаңартылатын ресурстарды тұрақты пайдалануға негізделген және биоәртүрлілік пен қоршаған ортаны қорғауды ескеретін экономиканың инновациялық моделі [20].

Еуропалық Одақтың мысалында мынаны атап өтуге болады:

- шамамен 30 миллион тонна жеке жиналған тамақ қалдықтары жыл сайын 3500-ге жуық тазарту қондырғыларында компост жасалады немесе өңделеді [21],
- қиынды қалдықтар 2000-нан астам компост зауыттарында өңделетін тамақ қалдықтарының 50 %-дан астамын құрайды, бұл анаэробты ашытуды басқаратын жүйе, бұл тамақ қалдықтарының 90 %-ын қайта өңдеуге әкеледі [22],
- жыл сайын бастапқы өндірістен бастап тұтынуға дейін шамамен 88 миллион тонна тамақ шығарылады, осыған байланысты шығындар 143 миллиард еуроға бағаланады. Бұл ретте тамақ қалдықтарының 72 %-ы тұрмыстық (47 млн т.) және қайта өңдеу (17 млн т.) секторларының үлесіне келеді [23],

- тамақ қалдықтары азық-түлік тізбегінің әр кезеңінде пайда болады және дамыған елдерде қалдықтардың 28 %-дан астамы (24 млн тонна) қоғамдық тамақтану кәсіпорындарына, бастапқы өндіріске және көтерме-бөлшек саудаға келеді [24].

Азық-түліктің көгеруі, шіруі, ауру тудыруы және метан бөліп шығаруы – бұл тамақ қалдықтарының адамдарға және қоршаған ортаға қалай әсер ететіндігінің мысалдары [25]. Ғаламдық масштабта жердің 43 %-ы, тұщы судың үштен екісі азық-түлік өндірісі үшін пайдаланылады және парниктік газдардың антропогендік шығарындыларының 26 %-ы өндіріледі [26]. Азық-түлік қалдықтарының 42 %-ы үй шаруашылықтарының қызметі нәтижесінде пайда болады, шығындардың 39 %-ы тамақ өнеркәсібіне және 14 %-ы тамақтану саласында (дайын тамақ, тамақтану және мейрамханалар), ал 5 %-ы бөлу кезінде жоғалады [27]. Парниктік газдар шығарындыларын азайту үшін жаһандық жылыну және қазбалы отынға тәуелділік жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды және биомасса мен органикалық қалдықтарды энергия көздеріне айналдыруды ынталандыру өте маңызды [28].

Ұлыбританияда жыл сайын 20 миллион тонна тамақ қалдықтары шығарылады және бұл қалдықтардың көп бөлігі полигондарға төгіледі. Азық-түлік қалдықтарының әр тоннасы 4,5 тонна CO₂ шығарындыларына сәйкес келеді [29].

Соңғы жылдары азық-түлік қалдықтарына көбірек көңіл бөлінуде және көптеген кәсіпорындар ресурстардың үлкен көлемін ысырап етуде [30]. Бұл «жаһандық тұрақтылыққа ауыр зардаптар әкелуі мүмкін күрделі, салааралық және халықаралық проблема» деп кеңінен танылған [31].

Сонымен қатар, анаэробты ашыту биомассаны биогазға айналдыратын және сүт қалдықтарының қоршаған ортаға әсерін төмендететін жақсы дәлелденген технология болып табылады [32]. Анаэробты ашыту нәтижесінде алынған биогаз құрамы метан мөлшері 40-60 %, әдетте, электр энергиясын және жылуды алу үшін қолданылады [33].

1.3 Сүт өнеркәсібінің органикалық қалдықтары. Тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын өңдеу әдістері

Бүкіл әлемде сүт және сүт өнімдерін қайта өңдеу сүт өнеркәсібінің тазартылған ағынды суларының үлкен көлемінің пайда болуына әкеледі. Қазіргі таңда білім беру жүйесінде оларды қайта өңдеу көлеміне қатысты олқылықтар бар [34]. Жарамдылық мерзімі өтіп кеткен сүт, ірімшік сарысуы және басқа да сүт өнімдері олардың бай құрамымен бірге арзан материалдар ретінде қарастырылды және микробтық өндіріс процестерінде (мысалы, биоэнергетика, ферменттер, органикалық қышқылдар, биополимерлер, биомасса және т.б.) балама субстрат ретінде бағаланды [35].

Тамақ өнімдерінің тамақ қалдықтарына айналуын алдын алатын шаралар [36]:

1 Азық-түліктің артық мөлшерін тұтынуды азайтуға бағытталған алдын-алу шаралары, мысалы, азық-түліктің артық өндірілуіне жол бермеу және қажет болған жағдайда көп мөлшерде сатып алуға жол бермеу;

2 Артық азық-түлікті мұқтаж адамдарға қайта бағыттау немесе қайырымдылық шаралары;

3 Азық-түлік өнімдерінің құндылығын арттыру және азық-түлік жеткізу тізбегінен алынған тамақ өнімдерінің жеуге болмайтын бөліктерді, мысалы, тамақ қалдықтарын биотехнологиялық өнеркәсіпке немесе мал азығына қайта бағыттау;

4 Тамақ қалдықтарымен жұмыс істеу жөніндегі шаралар: үйінділерде көмуді болдырмау үшін тамақ өнімдерін жеткізу тізбегінен алынған тамақ өнімдерін және тамақ өнімдерінің жеуге болмайтын бөліктерін қайта өңдеу (анаэробты ашыту немесе компосттау) және қалпына келтіру (энергияны қалпына келтіру).

Биотехнологиялық процестер ең соңғы баламалы шешім болып табылады және сүт сарысуынан алынған өнімдер, биопластика, биоотын, биоэнергия, органикалық қышқылдар, биоактивті пептидтер, ферменттер және т.б. сияқты өнеркәсіп үшін маңызды өнімдер шығарылуына алып келуі мүмкін [37].

Анаэробты ашытуды енгізудің электр және жылу энергиясына қажеттілігіне әсерін атап өту үшін жеке сүт кәсіпорындарында энергияны тұтыну келесі артықшылыққа әсер етуі мүмкін: сарысудың анаэробты ашытуына байланысты сүт кәсіпорындарының энергияға деген қажеттілігінің көп бөлігін қамтамасыз етуге болады, өйткені электр және жылу энергиясын нақты тұтыну сәйкесінше 0,009–0,133 кВтсағ/кг аралығында бағаланды сүт және 0,247–0,557 МДж / кг сүт, ал энергияның нақты құны 0,0079–0,0308 €/кг сүт ретінде есептелген [38].

Сүт өнеркәсібінің қалдықтары әртүрлі типтегі қазіргі заманғы қайнату қазандықтарында анаэробты әдістермен бейтараптандырылады [39]. Оларға UASB (жоғары ағынды анаэробты тұнба қабаты), ABR (барьерлі анаэробты реактор), AMBR (ауысып тұратын қабаты бар анаэробты реактор), ASBR (мерзімді анаэробты секвенирлеу реакторы), AnMBR (анаэробты мембраналы биореактор), EGSB (түйіршікті тұнбаның кеңейтілген қабатты), M-SHFAR (көп секциялы көлденең ағынды реактор) және FAF-R (белсенді толтырылған флюидтелген реактор) [40].

Биогаздың негізгі компоненттері метан және көмірқышқыл газы, мұнда метан фракциясы пайдалы энергия көзі болып табылады. Сонымен қатар, биогазда (0-10 %), күкірт қосылыстарының (H_2S , меркаптандар, сульфидтер және т.б.), кремний қосылыстары (силоксандар, силандар), аммиак, галогені бар қосылыстар және басқа ұшпа органикалық қосылыстары аз мөлшерде болуы мүмкін. Сонымен қатар, биогаз табиғи газға қарағанда әлдеқайда ылғалды, әдетте анаэробты қайнату температурасы кезінде ылғалмен қаныққан (мезофильді пештер үшін 35-40 °C, термофильді пештер үшін >50 °C) немесе соңғы процестердің температурасы (мысалы, метантенктен кейін қоршаған ауаның әсеріне ұшыраған газды беру желісі) [41].

Азық-түлік қалдықтарын жою мен өңдеудің кең таралған әдістері, мысалы, көму және жағу қоршаған ортаны ластайды, судың, топырақтың және ауаның сапасына теріс әсер етеді, климаттың өзгеруіне және халықтың денсаулығына қауіп төндіреді [42].

Қалдықтарды өңдеуді басқару және бағалау үшін қолдануға болатын көптеген нұсқалар бар, ал анаэробты ашыту оның артықшылықтарына байланысты ең қолайлы шешімдердің бірі болып табылады, соның ішінде биогаз түрінде жаңартылатын энергия өндірісі [43]. Жағу, әрине, қалдықтарды толығымен жағудан, олардың көлемін органикалық күлге айналдырудан және энергияны өндіру үшін бөлінетін жылуды пайдаланудан тұратын ең жетілген технологиялардың бірі. Осыған қарамастан, FW бұл технология үшін онша қолайлы емес және оның ылғалдылығы мен су мөлшері жоғары болғандықтан оны қолдануы шектеулі [44].

Осылайша:

- азық-түлік қалдықтарын кәдеге жарату қоршаған ортаның ластануының негізгі себебі болып табылады [45];

- өнеркәсіптік қалдықтарды басқару әдістерін үш нұсқаға бөлуге болады: қайта өңдеу кәсіпорнын өзгерту арқылы шығын көзі санын азайту, қалдықтарды кәдеге жарату, қосымша құнды өнімдерді алу үшін қалдықтарды қайта өңдеу немесе қайта өңдеп экологиялық таза детоксикация немесе қажет емес компоненттерді бейтараптандыру [46];

- ультрадыбыстық экстракция, микротолқынды экстракция, биореакторлар, ферменттерді иммобилизациялау арқылы экстракция және олардың комбинациясы сияқты озық технологиялар тамақ қалдықтарын дұрыс пайдаланбаудан туындаған жаһандық алаңдаушылықты жеңілдетеді. Алдыңғы қатарлы технологияларды қолдана отырып, тамақ қалдықтарын теріс деңгейге дейін ыдырату тамақ қалдықтарын биологиялық белсенді қосылыстар (антиоксиданттар, пигменттер, полисахаридтер, полифенолдар және т.б.) сияқты биологиялық негіздегі өнімдерге айналдырады; биоотын (биодизель, биометан, биодидор); және биопластика [47].

2 Зерттеу материалдары мен әдістемесі

Зерттеу нысаны: тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтары.

Зерттеу пәні: тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын өңдеу кезінде метанмен байытылған биогаз өндірудегі метаногенез процесі.

Зерттеу әдістері. Есептерді шешу зерттеудің теориялық және есептік әдістерін орындауға негізделген.

Зерттеу әдістемесі экспериментті математикалық жоспарлау әдісін қолдануға негізделген. Қойылған міндеттерді шешуде пайдаланылған формулалар мен теңдеулер төменде келтірілген:

Сызықтық емес бірнеше корреляция формуласы [48, 49]:

$$R = \sqrt{1 - \frac{(N-1) \times \sum (Y_{\text{э}} - Y_m)^2}{(N-K-1) \times \sum (Y_{\text{э}} - Y_{\text{ср}})^2}} \quad (1)$$

Белгілеулер:

N – сипатталған нүктелер саны,

K – жұмыс істеп тұрған факторлар саны,

$Y_{\text{э}}$ – тәжірбиелік нәтиже,

Y_m – теориялық (есептік) нәтиже,

$Y_{\text{ср}}$ – орташа эксперименталды мән.

Егер шарт орындалса, нақтылық мына формуламен анықталады:

$$t_R = \frac{R \times \sqrt{N-K-1}}{1-R^2} > 2 \quad (2)$$

$N = 5, K = 1$.

Жуықтау функциясын таңдау ең кіші квадраттар әдісін қолдануға негізделген.

Түзу сызық теңдеуі:

$$Y = a + b \times X. \quad (3)$$

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}, \quad a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n} \quad (4)$$

Жеке функциялардың маңыздылығын анықтағаннан кейін жалпыланған теңдеу алынады: $Y_{\text{об}}$:

$$Y_{\text{об}} = \frac{Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_n}{Y_{\text{ср}}^{n-1}} \quad (5)$$

Белгілеулер: ,

$Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$ – жеке функциялар,

$Y_{\text{ср}}$ – жалпыланған функцияның барлық есептелген мәндерінің жалпы орташа мәні.

3 Зерттеу нәтижелері

3.1 Тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын өңдеу және биогаз өндіру кезінде метаногенезді математикалық жоспарлау және оңтайландыру

Анаэробты биодеградацияны жүзеге асыратын бактериалды консорциумдар субстраттың сипаттамасы (мысалы, C/N қатынасы, биодеградация, су мөлшері), температура, рН, қоспаның химиялық компоненттерінің қатынасы, қоспаларды қосу және т.б. сияқты жұмыс параметрлеріне әсер етеді [50]:

1 Анаэробты биодеградация J. Ryue (2020) [51] сәйкес үш режимде жүруі мүмкін: психрофильді (10-20 °C), мезофильді (30-40 °C) және термофильді (50-60 °C).

2 Анаэробты биодеградация кезінде қышқыл күйі бастапқы сатыда (ацидогенез) сақталады, одан әрі метаногенез кезінде метан өндіру процесі рН – 6,5–7,5 оңтайлы мәндерінде жүзеге асырылады [52].

3 Үздіксіз жұмыс істейтін жүйелерде анаэробты биоыдырау өнімдерін (биогаз, метан) өндіру органикалық заттардың (ОЗЖЖ) жүктелу жылдамдығымен айқындалады. Қатты фазалық биодеградация кезінде органикалық заттардың жүктелуі ағынды сулармен (8,5 кг/м³/күн) салыстырғанда жоғары (9 - 19 кг/м³/күн) [53].

4 Белгілі болағандай [54, 55], өңделген субстраттағы ұшпа май қышқылдарының (ҰМК) мөлшері 8 г/л-ден асуы мүмкін, бұл метаногенді микроорганизмдерге зиянды әсер етеді.

5 Субстраттағы C/N 20-30-дан 1-ге қатынасы биогазды максималды өндіру үшін оңтайлы болып табылады [56].

Жоғарыда аталған жағдайларды ескере отырып, бес факторлы кеңістіктің ауданы анықталды (1 кесте).

1 кесте. Бес факторлы кеңістіктің ауданы

Факторы		Факторлар деңгейі				
		1	2	3	4	5
X ₁	Температура, °C	30	32	34	36	38
X ₂	рН	6,5	6,7	6,9	7,1	7,4
X ₃	Органикалық жүктеу жылдамдығы кг/м ³ /күн	9	11	13	15	17
X ₄	Ұшпа май қышқылдары, г/л	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
X ₅	C/N қатынасы	20	22	24	26	28

Бағалау критерийі метан өндірісі болып табылады, оның құрамы биогаз құрамында эксперименттік деректер массивінен анықталды (заттың өзгеру дәрежесі - Y, %).

Кесте 2.1. Экспериментті жоспарлаудың бес факторлы матрицасы

тәжіри бе №	Экспериментті жоспарлаудың бес факторлы матрицасы										СН ₄ , %
	X ₁		X ₂		X ₃		X ₄		X ₅		
	Деңге йі	Мән і	Деңге йі	Мән і	Деңге йі	Мән і	Деңге йі	Мән і	Деңге йі	Мән і	
1	1	30	1	6,5	5	17	1	6,0	5	28	55
2	1	30	2	6,7	4	15	3	7,0	4	26	56
3	1	30	3	6,9	3	13	2	6,5	1	20	58
4	1	30	4	7,1	2	11	4	7,5	2	22	61
5	1	30	5	7,4	1	9	5	8,0	3	24	64
6	2	32	1	6,5	5	17	1	6,0	5	28	60
7	2	32	2	6,7	4	15	3	7,0	4	26	70
8	2	32	3	6,9	3	13	2	6,5	1	20	68
9	2	32	4	7,1	2	11	4	7,5	2	22	55
10	2	32	5	7,4	1	9	5	8,0	3	24	56
11	3	34	1	6,5	5	17	1	6,0	5	28	62
12	3	34	2	6,7	4	15	3	7,0	4	26	60
13	3	34	3	6,9	3	13	2	6,5	1	20	64
14	3	34	4	7,1	2	11	4	7,5	2	22	55
15	3	34	5	7,4	1	9	5	8,0	3	24	56
16	4	36	1	6,5	5	17	1	6,0	5	28	60
17	4	36	2	6,7	4	15	3	7,0	4	26	65
18	4	36	3	6,9	3	13	2	6,5	1	20	56
19	4	36	4	7,1	2	11	4	7,5	2	22	57
20	4	36	5	7,4	1	9	5	8,0	3	24	64
21	5	38	1	6,5	5	17	1	6,0	5	28	55
22	5	38	2	6,7	4	15	3	7,0	4	26	56
23	5	38	3	6,9	3	13	2	6,5	1	20	65
24	5	38	4	7,1	2	11	4	7,5	2	22	68
25	5	38	5	7,4	1	9	5	8,0	3	24	70

Біз нақты функциялардың тәжірбиелік мәндерін есептейміз (3 кесте)

3 кесте. Жеке функциялардың тәжірбиелік мәндерін есептеу

Фактор №	Деңгейі					Орташа мәні
	1	2	3	4	5	
X ₁	58,8	61,8	59,4	60,4	62,8	60,64
X ₂	58,4	61,4	62,2	59,2	62	60,64
X ₃	62	59,2	62,2	61,4	58,4	60,64
X ₄	58,4	62,2	61,4	59,2	62	60,64
X ₅	62,2	59,2	62	61,4	58,4	60,64

4 кесте. Зерттелетін функциялардың есептік мәндері

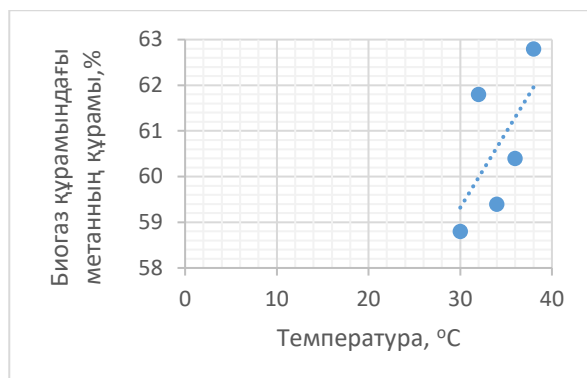
Тәжірибе №	X ₁				X ₂						
	X	Y	X ²	XY	X	Y	X ²	XY			
1	30	58,8	900	1764	6,5	58,4	42,25	379,6			
2	32	61,8	1024	1977,6	6,7	61,4	44,89	411,38			
3	34	59,4	1156	2019,6	6,9	62,2	47,61	429,18			
4	36	60,4	1296	2174,4	7,1	59,2	50,41	420,32			
5	38	62,8	1444	2386,4	7,4	62	54,76	458,8			
Σ	170	303,2	5820	10322	34,6	303,2	239,92	2099,28			
X ₃				X ₄				X ₅			
X	Y	X ²	XY	X	Y	X ²	XY	X	Y	X ²	XY
9	62	81	558	6,0	58,4	36	350,4	20	62,2	400	1244
11	59,2	121	651,2	6,5	62,2	42,25	404,3	22	59,2	484	1302,4
13	62,2	169	808,6	7,0	61,4	49	429,8	24	62	576	1488
15	61,4	225	921	7,5	59,2	56,25	444	26	61,4	676	1596,4
17	58,4	289	992,8	8,0	62	64	496	28	58,4	784	1635,2
65	303,2	885	3931,6	35	303,2	247,5	2124,5	120	303,2	2920	7266

5 кесте. Зерттелетін функцияларды жуықтау

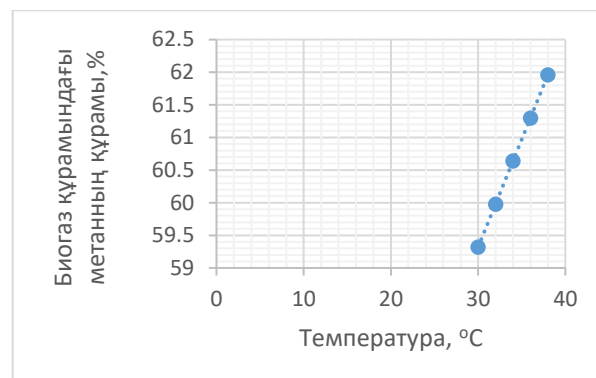
Формулалар	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$	0,33	2,33	- 0,25	0,84	-0,27
$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n}$	49,42	44,53	63,89	54,76	67,12
$Y = a + b \times X$	Y ₁ = 49,42 +0,33· X ₁	Y ₂ = 44,53+2,33·X ₂	Y ₃ = 63,89+ (- 0,25·X ₃)	Y ₄ = 54,76+0,84·X ₄	Y ₄ = 67,1+ (-0,27·X ₅)
Жеке функциялардың теориялық мәні					
Y _{n1} =a+b · X _{n1}	59,32	59,675	61,64	50,9476	61,72
Y _{n2} =a+b · X _{n2}	59,98	60,141	61,14	55,1476	61,18
Y _{n3} =a+b · X _{n3}	60,64	60,607	60,64	59,3476	60,64
Y _{n4} =a+b · X _{n4}	61,3	61,073	60,14	63,5476	60,1
Y _{n5} =a+b · X _{n5}	61,96	61,772	59,64	67,7476	59,56

Нүктелік графиктердің үлгісін анықтаймыз. Экспериментте зерттелген X₁ – X₅ факторларының әсерін есептейміз:

Зерттелетін функциялардың есептелген мәндеріне және олардың жуықтауына сәйкес біз нүктелік графиктерге үлгіні анықтайтынымызды көрсеттік. Экспериментте зерттелген X₁ – X₅ факторларының әсерін есептейміз:



а) жеке функциялардың эксперименттік мәндері

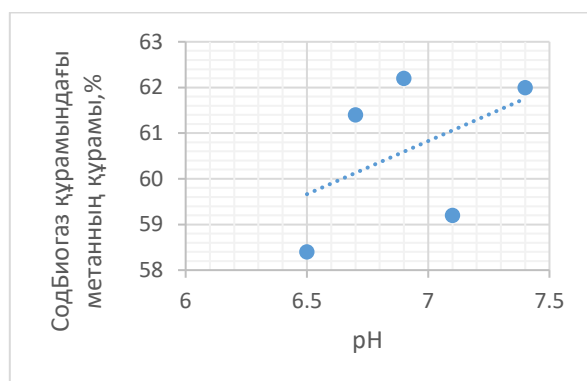


б) жеке функциялардың теориялық мәндері

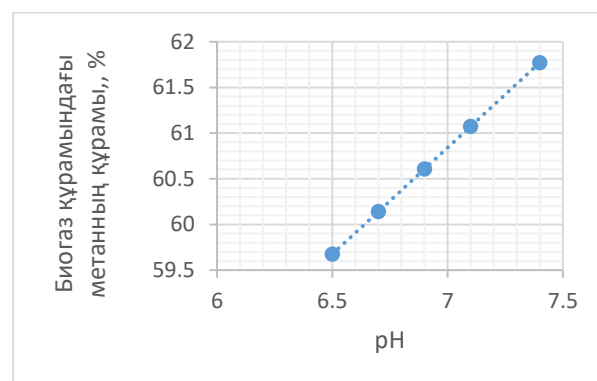
Сурет 1. Биогаздағы метан құрамының температураға тәуелділігі

Сурет 1 (а), көріп тұрғанымыздай, эксперименттік мәндер биогаз құрамында метаногенез және метан түзілу процесінің жоспарлы ағымының жоқтығын көрсетеді. Математикалық жоспарлау әдісі метаногенез процесінің барысын жоспарлауды болжауға және қарастырылған факторларға байланысты биогаз құрамындағы метанның жоғары шығуын оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Сурет 1 (b), көрініп тұрғандай, метаногенез кезінде биогаз құрамындағы метанның жоғары шығымдылығын қамтамасыз етудің оңтайлы шешімі 38 °C деңгейіндегі температура болып табылады, бұл жағдайда биогаз құрамындағы метанның мөлшері ең жоғары болады (61,96 %). Сондықтан мезофильді жағдайлар (температура және инокулят) метанның пайда болуы үшін тамақ қалдықтарының қоспаларын өңдеуге өте қолайлы [57].



а) жеке функциялардың эксперименттік мәндері

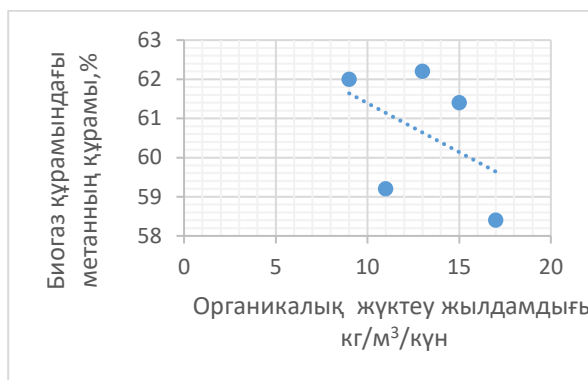


б) жеке функциялардың теориялық мәндері

Сурет 2. Биогаздағы метан құрамының рН-ға тәуелділігі

Сурет 2 (b), көрініп тұрғандай, рН-ның оңтайлы шешімі - 7,4 деңгейіндегі көрсеткіш. Бұл жағдайда биогаз құрамындағы метанның мөлшері ең жоғары болады (62,2 %). рН анаэробты процестердегі рН 6,0–7,5 диапазонында көміртегі

жүйесі мен таза негіздің өзара әрекеттесуімен реттеледі. pH және CO_2 парциалдық қысымын өлшеу арқылы, қайтану қазанының қышқылдық-сілтілік күйін бақылауға болады. Негіздер мен карбонаттардың шектен тыс үлкен мөлшері CO_2 уақытша қанықтылығын және pH-ның тым жоғары деңгейін тудырады. Бикарбонаттың мөлшерныс CO_2 ерігіштігінің тепе-теңдігін өзгеріссіз қалдырады. CaCO_3 тұнбасын түзілуіне кедергі келтіретін агент болмаған кезде. CaCO_3 ерігіштігі pH-ны шектейді, ал Ca(OH)_2 мөлшері pH-ны айтарлықтай арттыра алмайды [58].

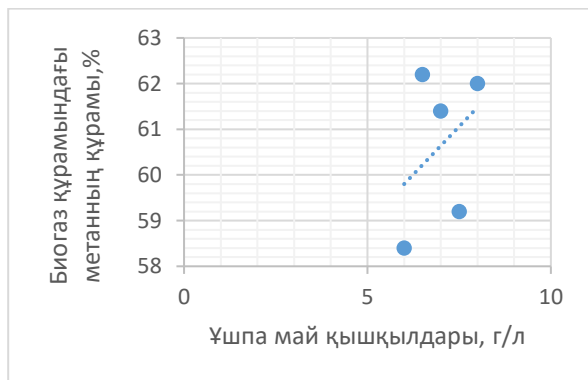


а) жеке функциялардың эксперименттік мәндері

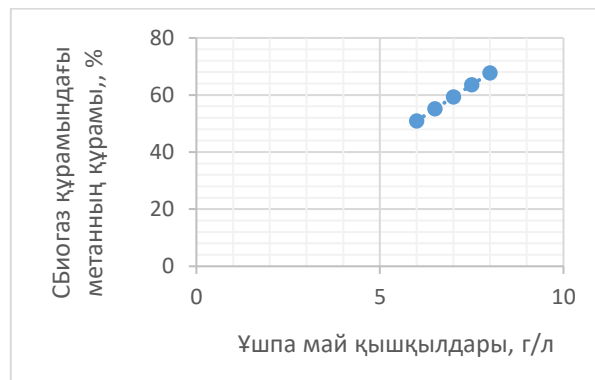


б) жеке функциялардың теориялық мәндері

Сурет 3. Биогаздағы метан құрамының органикалық жүктеу жылдамдығына тәуелділігі



а) жеке функциялардың эксперименттік мәндері



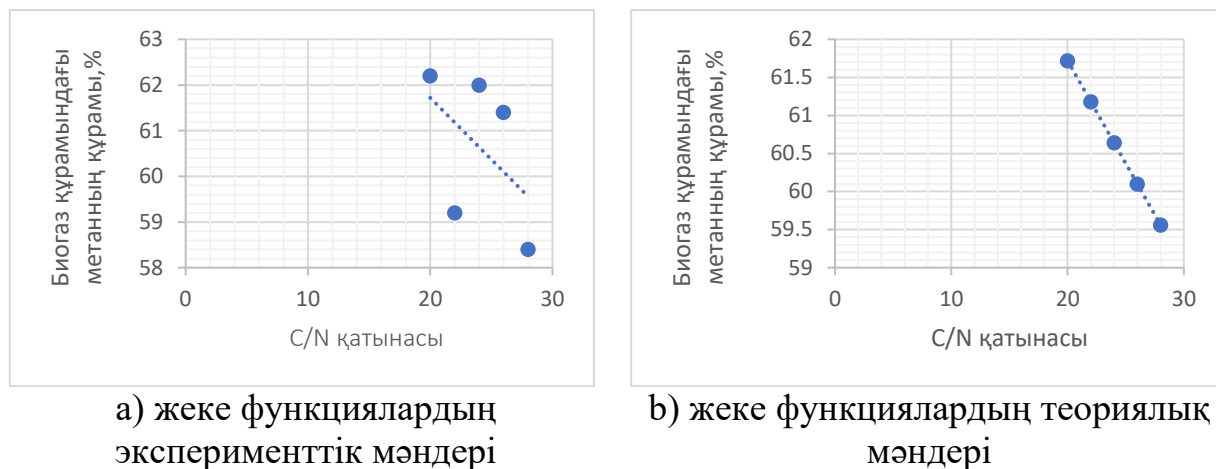
б) жеке функциялардың теориялық мәндері

Сурет 4. Биогаздағы метанның құрамының ұшпа май қышқылдарының құрамына тәуелділігі

Сурет 3, көрініп тұрғандай, органикалық жүктеу жылдамдығының оңтайлы шешімі - $9 \text{ кг/м}^3/\text{күн}$ жылдамдығы, онда метанның шығуы максимумға жетеді (61,64 %).

Графиктен биогаздағы метанның мөлшері 6 г/л-ден 8 г/л-ге дейін екенін көруге болады (сурет. 4, а) шамамен 3,6 %-ға артады (58,4 %-дан 62 %-ға дейін).

Теориялық тұрғыдан ұшпа май қышқылдарының құрамы 6 г/л-ден 8 г/л-ге дейін болған кезде биогаздағы метанның мөлшері (сурет.4, б) 16,8 %-ға (50,9476 %-дан 67,7476 %-ға дейін) ұлғаяды. Бұл ретте айтып өту керек, графиктің кескіні метан өндіруде ең сезімтал фактор екендігін көрсетіп тұр.



Сурет 5. Биогаздағы метан құрамының C/N қатынасына тәуелділігі

5 суреттен көріп отырғанымыздай, C/N қатынасы 20 деңгейінде болған кезде органикалық қалдықтардың құрамы оңтайлы шешім болады, өйткені метанның мөлшері 61,72 % жетеді.

Теориялық тұрғыдан алынған, биогаздың құрамындағы метан қатынасына C/N 20-28 болған кезде максималды болды, яғни 61,72-59,56 %. Жүргізілген тәжірибиеге сәйкес C/N қатынасының оңтайлы мәні 20-28, себебі биогаздағы метанның мөлшері максимумға жетеді (сәйкесінше 62,2-58,4 %).

Графиктерден көріп отырғанымыздай, температура (X_1 , °C), pH, X_2 , органикалық жүктеу жылдамдығы, ұшпа май қышқылдары, C/N қатынасы факторлар X_3 , X_4 , X_5 ; кг/м³/күн, г/л) сияқты тәуелсіз факторлардың әсері зерттелді.

Жалпылама алынған теңдеуді талдау тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарын өңдеу және биогаз өндірісі кезінде берілген технологиялық параметрлер кезінде (температуралық режим 30-38 °C, pH 6,5 – 7,4, органикалық жүктеу жылдамдығы 9-17 кг/м³/күн және ұшпа май қышқылдары 6-8 г/л, C/N қатынасы 20-28) құрамында метанның ең көп мөлшері биогаз келесі мәндердің аралығында болады: 74-95,7 %.

5,5-тен 6,0 pH метанның ең төменгі деңгейіне ие екендігі байқалды [59].

Функцияларды талдау мыналарды көрсетті:

1) pH (X_2), ұшпа май қышқылдары (X_4 , г/л) көрсеткіштерінің әсері көрініп тұр, өйткені Y_2 , Y_4 мәндерінің өзгеруі диапазонда айтарлықтай байқалады;

2) X_2 және X_4 факторларының әсерін сипаттайтын Y_2 , Y_4 мәндерінің функциялары айқын, яғни белсенді әсер ететіндігі көрсетілген, өйткені 6,5-7,4 және 6,0-8,0 г/л интервал аралығында өзгерген кезде жоғары тік сызықтығымен сипатталады.

3) Температура (X_1 , °C факторы) 30-38 °C мәндері аралығында жоғары болған сайын биогаз құрамындағы метанның мөлшері артты. Органикалық жүктеу жылдамдығы (X_3 , кг/м³/күн) мен C/N қатынасы (X_5) 9-17 кг/м³/күн мен 20-28 аралығында мөлшері аз болған сайын биогаздағы метанның құрамы артты.

3.2 Органикалық тамақ қалдықтарын қайта өңдеу және ҚТҚ полигоны жағдайында биогаз өндіру биотехнологиясының моделін әзірлеу.

Органикалық қалдықтарды қайта өңдеу биотехнологиясының моделін жасау кезінде мыналарды ескеру қажет:

- ҚТҚ полигонына шығарылатын органикалық тамақ қалдықтарын қайта өңдеу қалдықтардың басқа түрлерімен бірге жинақталады;

- биогаз өндірісі ҚТҚ полигонының қоқыс тастайтын үйіндісінен жүзеге асырылады;

- өндірілген жылу энергиясын ішкі тұтыну үшін пайдалануға болады.

Басқа органикалық қалдықтардың құрамындағы тамақ қалдықтарын қайта өңдеу технологиясы ҚТҚ полигоны жағдайында қоқыс тастайтын үйінді деңгейінде жүргізіледі.

ҚТҚ полигонындағы қоқыс үйіндісі технологиялық карталар бойынша бөлінгені мына дәлелдермен негізделген:

- ҚТҚ полигонында 20-40 жылдық пайдалану процесінде климатқа-географиялық жағдайларға, экономикалық сектордың жергілікті дамуына, полигонның халқы мен алаңына, ҚТҚ депозиттеу бойынша 4-6-дан 10-12 технологиялық алаңдарға байланысты қалыптасады;

- әрбір технологиялық алаң түпкілікті қалыптасқаннан кейін алдымен аэробты (көмудің беткі қабаттарында, тереңдігі 2-5 м дейін), содан кейін анаэробты (геоферментердің төменгі қабаттарында, 5 м тереңірек) биодеградация процестері жүретін қоқыс үйіндісін құрайды.

Сондықтан полигоннан шығарылатын биогаз бен сүзінді полигонға газгольдер мен техногендік жинақтағышқа түседі. Бұдан әрі өндірілетін биогазды жылу энергиясын өндіру үшін пайдалануға болады, ал техногендік жинақтауыштағы сүзінді тазарту және зарарсыздандыру процестеріне ұшырайды.

ҚТҚ полигонының қоқыс тастайтын үйіндісінің әртүрлі технологиялық алаңдар бойынша жұмыс істеу принципі:

- 1 құрамында тамақ қалдықтары бар келіп түсетін тұрмыстық қалдықтарды топыраққа «қабаттап тарату» қағидасы бойынша төсеу;

- 2 қоқыс тастайтын үйіндіні тегістеу;

- 3 сүзіндіні қоқыс тастайтын үйіндіден шығару үшін инженерлік шешімдерді қолдану тазарту және зарарсыздандыру үшін техногендік жинақтағышқа сарқынды суларды жинауды көздейді.

ҚТҚ полигоны аумағындағы қоқыс тастайтын үйінділердегі тамақ өнеркәсібінің органикалық қалдықтарының метанды ашытуы, есептеу

зерттеулерінде математикалық үлгіленген нәтижеге сәйкес, мынадай сипаттамалармен ерекшеленетін болады:

- құрамында метан мөлшері көп (61,69 %) биогаз өндірілетін болады, өйткені қоқыс тастайтын үйінділерде мезофильді режим (38 °C) сақталады;

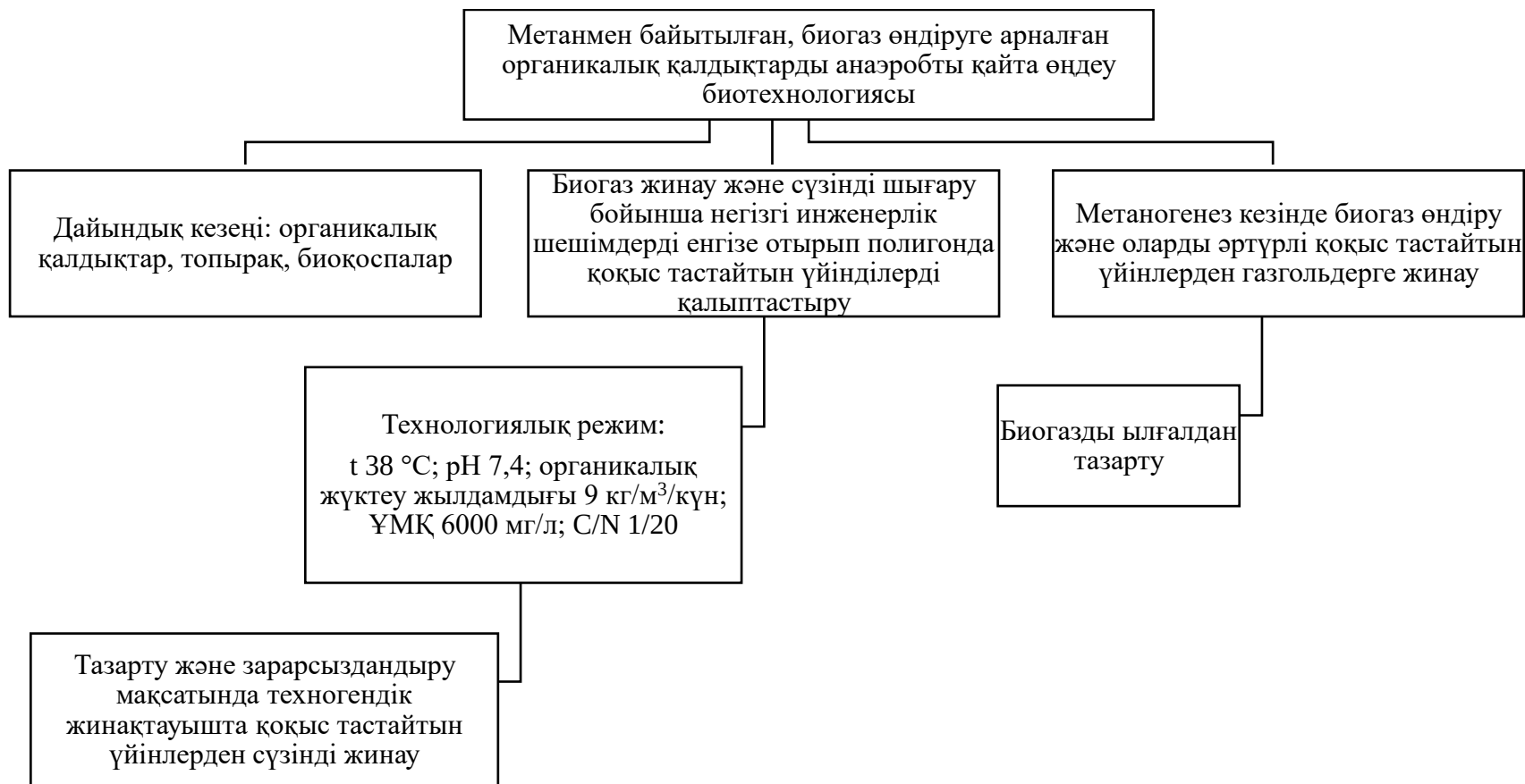
- қоқыс үйінділердегі метаногенез кезінде рН 7,4 деңгейінде сақталады, содан кейін метанның түзілуі оңтайлы болады, ал биогаз құрамында метан 61,8 % жетуі мүмкін;

- қоқыс үйінділеріне органикалық жүктеме жылдамдығы күніне шамамен 9 кг/м³ болуы керек, содан кейін биогаздағы метанның шығуы 61, 64 % жетеді;

- қалдықтардың биологиялық ыдырайтын массасындағы ұшпа май қышқылдарының құрамы 8 г/л деңгейінде болуы тиіс, онда биогаздағы метан деңгейін 67,7476 %-ға дейін көтеруге болады (бұл көрсеткіш, есептік зерттеулерде белгіленгендей, қайта өңделетін шикізаттың химиялық құрамына сезімтал).

- 1-ден 20-ға дейінгі аудандағы көміртегі-азот қатынасы биогаз құрамындағы метанның құрамын 61,72 %-ға дейін арттыруға мүмкіндік береді.

Осылайша, ұсынылып отырған шарттар биогаздағы метанның құрамын 61,64 %-дан 61,8 %-ға дейін арттыруы мүмкін екендігі сенімді түрде анықталды, сондықтан біз математикалық модельдеу кезінде алынған нәтижелер негізінде ҚТҚ полигонының қоқыс тастайтын үйіндісінен метанмен байытылған биогаз биотехнологиялық өндірісінің мынадай схемасын ұсынамыз:



Сурет 6. Метанмен байытылған биогаз өндіруге арналған ҚТҚ полигонының қоқыс тастайтын үйіндідегі органикалық қалдықтарды анаэробты қайта өңдеу биотехнологиясы

ҚОРЫТЫНДЫ ЖӘНЕ ТҰЖЫРЫМдар

Анаэробты ашыту күрделі қалдықтарды метан (биоэнергия) және дигестаты бар биогазға айналдырады, оны топырақ жақсартқыш ретінде пайдалануға болады [60]. Анаэробты ашыту технологиясы бірнеше ғасырлар бойы бар және оның негізінде жатқан теория ондаған жылдар бойы қалыптасқан. және шектеулі энергияға қол жетімділікпен байланысты мәселелерді шешуге мүмкіндік береді [61]. Азық-түлік қалдықтарын анаэробты ашыту энергияға сұраныстың өсуі және айналмалы экономика жағдайында биогаз өндіру үшін перспективалы болып көрінеді [62].

Тұрмыстық қалдықтарды тамақ қалдықтарымен бірге анаэробты ашыту-бұл биогаз өндіру, энергия алу және парниктік газдар шығарындыларын азайту бойынша қолда бар шикізатты толық пайдалану тәсілі [63].

Математикалық модельдеу кезінде алынған нәтижелер негізінде ҚТҚ полигонының қоқыс тастайтын үйіндісі деңгейінде метанмен байытылған биогаз биотехнологиялық өндірісінің моделі ұсынылады.

Зерттеу нәтижелері

1 Жүргізілген зерттеу жұмыстары келесі нәтижелерді көрсетті:

1) рН (X_2), ұшпа май қышқылдары (X_4 , г/л) көрсеткіштерінің әсері көрініп тұр, өйткені U_2 , U_4 мәндерінің өзгеруі диапозонда айтарлықтай байқалады;

2) X_2 және X_4 факторларының әсерін сипаттайтын U_2 , U_4 мәндерінің функциялары айқын, яғни белсенді әсер ететіндігі көрсетілген, өйткені 6,5-7,4 және 6,0-8,0 г/л интервал аралығында өзгерген кезде жоғары тік сызықтығымен сипатталады.

3) Температура (X_1 , °C факторы) 30-38 °C мәндері аралығында жоғары болған сайын биогаз құрамындағы метанның мөлшері артты. Органикалық жүктеу жылдамдығы (X_3 , кг/м³/күн) мен C/N қатынасы (X_5) 9-17 кг/м³/күн мен 20-28 аралығында мөлшері аз болған сайын биогаздағы метанның құрамы артты.

4) Тамақ өнеркәсібінің басқа коммуналдық қалдықтар құрамындағы органикалық қалдықтарын қайта өңдеу және ҚТҚ полигоны жағдайындағы биогаз өндірісі бойынша биотехнологияның ұсынылып отырған моделі биогазды кәдеге жарату мен өндірудің тұйық процесін қамтамасыз етеді.

БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

- ҚТҚ – қатты тұрмыстық қалдықтар
FW – тағам қалдықтары
ФАО – Біріккен Ұлттар Ұйымының азық-түлік және ауыл шаруашылығы
ұйымы
ОЗЖЖ – органикалық заттардың жүктелу жылдамдығы
ҰМҚ – ұшпа май қышқылы

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 An efficient marketing strategy for competitiveness of the milk and dairy industry / Botagoz Nurakhova // Case of the Republic of Kazakhstan. Vol. 38. – № 48. – 2017. – P. 37 <https://www.revistaespacios.com/a17v38n48/17384837.html#> (дата обращения: 16.04.2022).
- 2 Роль инноваций и инновационного процесса в развитии пищевой промышленности / Рахимова С. // International Journal of Innovative Technologies in Economy. 2018. №6 (18). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-innovatsiy-i-innovatsionnogo-protsessa-v-razvitii-pischevoy-promyshlennosti> (дата обращения: 17.02.2022).
- 3 Развитие инновационных процессов в пищевой промышленности Казахстана. Уркумбаева А.Р., Бейсекова П.Д. Вестник университета «Туран». 2020;(1) – С. 243-247.
- 4 Инновации в пищевой промышленности / Л.В.Олейник, Ш.И.Каркинбаева, К.Т.Ауезова / Рудненский индустриальный институт, Казахстан, г. Рудный Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-султан, Казахстан <https://doi.org/10.51579/1563-2415.2021-1.35>.
- 5 Маркасян С. Организации Казахстана: +235 [Электронный ресурс]. – 2019. – URL: <https://blog.kazdata.kz/companies/organizacii-kazaxstana-235.html> (дата обращения: 26.02.2020).
- 6 A one health perspective on dairy production and dairy food safety, One Health, Sara N. Garcia, Bennie I. Osburn, James S. Cullor, Volume 7,2019,100086, ISSN 2352-7714, <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2019.100086>.
- 7 Agzam TEKENOV, Lyazzat BAIMAGAMBETOVA, Uzak TEKENOV, Asima DAURENBEKOVA, Том 10 № 8 (2019): JEMT Volume X Issue 8(40) Winter 2019 [https://doi.org/10.14505//jemt.10.8\(40\).13](https://doi.org/10.14505//jemt.10.8(40).13).
- 8 Zh. Baiguzhinova1, L. Tyll2 Bulletin of the Karagand a University, 2020, Karaganda, Economy.
- 9 Anaerobic digestion of food waste–Challenges and opportunities. Xu, F.; Li, Y.; Ge, X.; Yang, L.; Li, Y. Bioresour. Technol. 2018, 247, 1047–1058.
- 10 Critical considerations in two-stage anaerobic digestion of food waste–A review. Renew. Sustain. Energy Rev. Srisowmeya, G.; Chakravarthy, M.; Devi, G.N 2020, 119, 109587.
- 11 Kitchen waste valorization through a mild-temperature pretreatment to enhance biogas production and fermentability: Kinetics study in mesophilic and thermophilic regimen. Gallipoli, A.; Braguglia, C.M.; Gianico, A.; Montecchio, D.; Pagliaccia, P. J. Environ. Sci. 2020, 89, 167–179.
- 12 Biohythane production from food processing wastes – Challenges and perspectives, Bioresource Technology, Ramakrishnan Anu Alias Meena, J. Rajesh Banu, R. Yukesh Kannah, K.N. Yogalakshmi, Gopalakrishnan Kumar, Volume 298,2020,122449,ISSN 0960-8524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122449>

13 Food waste generation and industrial uses: A review, Waste Management, Francesca Giroto, Luca Alibardi, Raffaello Cossu Volume 45, 2015, P. 32-41, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.06.008>

14 Cost-effectiveness of four food waste interventions: Is food waste reduction a “win-win?”, Resources, Quentin D. Read, Mary K. Muth Conservation and Recycling, Volume 168, 2021, 105448, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105448>.

15 Вершинина О.Л., Назарько М.Д., Касьянов Г.И., Тагирова П.Р., Христюк В.Т. Использование вторичных ресурсов переработки винограда для обогащения пищевых продуктов. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2015. № 1 (343). С. 55-58.

16 Fatemeh Hassan Pour, Yassir Taha Makkawi, A review of post-consumption food waste management and its potentials for biofuel production, Energy Reports, Volume 7, 2021, P.7759-7784, ISSN 2352-4847, <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.10.119>.

17 Martin-Rios, C.; Hofmann, A.; Mackenzie, N. Sustainability-Oriented Innovations in Food Waste Management Technology. Sustainability 2021, 13, 210. <https://doi.org/10.3390/su13010210>.

18 Roukas, T., Kotzekidou, P. From food industry wastes to second generation bioethanol: a review. Rev Environ Sci Biotechnol 21, 299–329 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11157-021-09606-9>.

19 Lopez V.M. Commercial Food Waste Feedstock Characterization for Anaerobic Digestion North Carolina State University (2015).

20 Flavio Boccia, Paola Di Donato, Daniela Covino, Annarita Poli, Food waste and bio-economy: A scenario for the Italian tomato market, Journal of Cleaner Production, Volume 227, 2019, P. 424-433, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.180>.

21 Rudnik, E. Compostable Polymer Materials; Newnes: Oxford, UK, 2019.

22 Pietro, G. Economía Circular e Innovación Tecnológica en Residuos Sólidos: Oportunidades en América Latina; Suárez, J., Ed.; Corporación Andina de Fomento: Buenos Aires, Argentina, 2018.

23 Food waste accounting along global and European food supply chains: State of the art and outlook, Sara Corrado, Serenella Sala, Waste Management, Volume 79, 2018, P.120-131, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.032>.

24 Stenmarck, Å.; Jensen, C.; Quested, T.; Moates, G.; Buksti, M.; Cseh, B.; Juul, S.; Parry, A.; Politano, A.; Redlingshofer, B. Estimates of European Food Waste Levels; IVL Swedish Environmental Research Institute: Stockholm, Sweden, 2016 ISBN 978-91-88319-01-2.

25 Alexis Van Bommel, Kate Parizeau Is it food or is it waste? The materiality and relational agency of food waste across the value chain P. 207-220 07 2019 <https://doi.org/10.1080/17530350.2019.1684339>.

26 Poore, J., and T. Nemecek. 2018. Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers. Science 360 (6392): 987–992.

27 Kumar, K., Yadav, A.N., Kumar, V. et al. Food waste: a potential bioresource for extraction of nutraceuticals and bioactive compounds. *Bioresour. Bioprocess.* 4, 18 (2017). <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0148-6>.

28 Pandey, P.; Pandey, A.; Yan, L.; Wang, D.; Pandey, V.; Meikap, B.C.; Huo, J.; Zhang, R.; Pandey, P.K. Dairy Waste and Potential of Small-Scale Biogas Digester for Rural Energy in India. *Appl. Sci.* 2021, 11, 10671. <https://doi.org/10.3390/app112210671>.

29 Jamal, M., Szeffler, A., Kelly, C. et al. Commercial and household food waste separation behaviour and the role of Local Authority: a case study. *Int J Recycl Org Waste Agricult* 8, 281–290 (2019). <https://doi.org/10.1007/s40093-019-00300-z>.

30 Filimonau, V., & De Coteau, D. A. (2019). Food waste management in hospitality operations: A critical review. *Tourism Management*, 71, 234–245. <https://dx.doi.org/10.1016/j.tourman.2018.10.009>.

31 Thyberg, K. L., & Tonjes, D. J. (2016). Drivers of food waste and their implications for sustainable policy development. *Resources, Conservation and Recycling*, 106(January 2016), 110–123. <https://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.11.016>.

32 Jain, S, Jain, S, Wolf, IT, et al. (2015) A comprehensive review on operating parameters and different pretreatment methodologies for anaerobic digestion of municipal solid waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 52: 142–154.

33 Passos, F, Ortega, V, Donoso-Bravo, AA (2016) Thermochemical pretreatment and anaerobic digestion of dairy cow manure: Experimental and economic evaluation. *Bioresource Technology* 227: 239–246. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651>.

34 S.M. Ashekuzzaman, Patrick Forrestal, Karl Richards, Owen Fenton, Dairy industry derived wastewater treatment sludge: Generation, type and characterization of nutrients and metals for agricultural reuse, *Journal of Cleaner Production*, Volume 230, 2019, P. 1266-1275, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.025>.

35 Taner Sar, Sharareh Harirchi, Mohaddaseh Ramezani, Gülru Bulkan, Meltem Yesilcimen Akbas, Ashok Pandey, Mohammad J. Taherzadeh, Potential utilization of dairy industries by-products and wastes through microbial processes: A critical review, *Science of The Total Environment*, Volume 810, 2022, 152253, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152253>.

36 Yanne Goossens, Alina Wegner and Thomas Schmidt Sustainability Assessment of Food Waste Prevention Measures: Review of Existing Evaluation Practices *Front. Sustain. Food Syst.*, <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00090>.

37 Talha Ahmad, Rana Muhammad Aadil, Haassan Ahmed, Ubaid ur Rahman, Bruna C.V. Soares, Simone L.Q. Souza, Tatiana C. Pimentel, Hugo Scudino, Jonas T. Guimarães, Erick A. Esmerino, Mônica Q. Freitas, Rafael B. Almada, Simone M.R. Vendramel, Marcia C. Silva, Adriano G. Cruz, Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review, *Trends in Food Science & Technology*, Volume 88, 2019, P.361-372, ISSN 0924-2244, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.003>.

38 Matia Mainardis, Simone Flaibani, Matteo Trigatti, Daniele Goi, Techno-economic feasibility of anaerobic digestion of cheese whey in small Italian dairies and

effect of ultrasound pre-treatment on methane yield, *Journal of Environmental Management*, Volume 246, 2019, P.557-563, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.014>.

39 Vialkova, E.I.; Sidorenko, O.V.; Glushchenko, E.S. Qualitative composition and local pretreatment of dairy wastewaters. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*; IOP Publishing Ltd.: Bristol, UK, 2019; Volume 687, pp. 1–9.

40 Goli, A.; Shamiri, A.; Khosroyar, S.; Talaiekhosravi, A.; Sanaye, R.; Azizi, K. A Review on Different Aerobic and Anaerobic Treatment Methods in Dairy Industry Wastewater. *J. Environ. Treat. Tech.* 2019, 6, 113–141.

41 Adelaide Calbry-Muzyka, Hossein Madi, Florian Rüscher-Pfund, Marta Gandiglio, Serge Biollaz, Biogas composition from agricultural sources and organic fraction of municipal solid waste, *Renewable Energy*, Volume 181, 2022, P 1000-1007, ISSN 0960-1481, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.09.100>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148121014257>).

42 Lang, L.; Wang, Y.; Chen, X.; Zhang, Z.; Yang, N.; Xue, B.; Han, W. Awareness of food waste recycling in restaurants: Evidence from China. *Resour. Conserv. Recycl.* 2020, 161, 104949.

43 Morales-Polo, C.; Cledera-Castro, M.D.M.; Moratilla Soria, B.Y. Reviewing the Anaerobic Digestion of Food Waste: From Waste Generation and Anaerobic Process to Its Perspectives. *Appl. Sci.* 2018, 8, 1804. <https://doi.org/10.3390/app8101804>.

44 Naroznova, I.; Møller, J.; Scheutz, C. Characterisation of the biochemical methane potential (BMP) of individual material fractions in Danish source-separated organic household waste. *Waste Manag.* 2016, 50, 39–48.

45 Abid Farooq, Seong-Ho Jang, See Hoon Lee, Sang-Chul Jung, Gwang Hoon Rhee, Byong-Hun Jeon, Young-Kwon Park, Catalytic steam gasification of food waste using Ni-loaded rice husk derived biochar for hydrogen production, *Chemosphere*, Volume 280, 2021, 130671, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130671>.

46 Khedkar R., Singh K. (2018) Food Industry Waste: A Panacea or Pollution Hazard?. In: Jindal T. (eds) *Paradigms in Pollution Prevention*. SpringerBriefs in Environmental Science. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58415-7_3.

47 Poonam Sharma, Vivek K. Gaur, Ranjna Sirohi, Sunita Varjani, Sang Hyoun Kim, Jonathan W.C. Wong, Sustainable processing of food waste for production of bio-based products for circular bioeconomy, *Bioresource Technology*, Volume 325, 2021, 124684, ISSN 0960-8524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.124684>.

48 Малышев В.П. Математическое планирование металлургического и химического эксперимента. Алма-Ата: Наука, 1977. – 35 с.

49 Казова Р.А. Моделирование обезвреживания техногенных материалов // Материалы XI международной научно-технической конференции «Новое в безопасности жизнедеятельности. Экология». Алматы: КазНТУ имени К.И.Сатпаева. 2008. – С.56 – 59.

50 Mao C., T. Zhang, X. Wang, Y. Feng, G. Ren, G. Yang Process performance and methane production optimizing of anaerobic co-digestion of swine manure and corn straw Sci Rep, 7 (2017), pp. 1-9, 10.1038/s41598-017-09977-6. Mao C., Y. Feng, X. Wang, G. Ren Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion Renew Sustain Energy Rev, 45 (2015), pp. 540-555, 10.1016/j.rser.2015.02.032.

51 John Ryue, Long Lin, Farokh Laqa Kakar, Elsayed Elbeshbishy, Abdullah Al-Mamun, Bipro Ranjan Dhar, A critical review of conventional and emerging methods for improving process stability in thermophilic anaerobic digestion, Energy for Sustainable Development, Volume 54, 2020, P.72-84, ISSN 0973-0826, <https://doi.org/10.1016/j.esd.2019.11.001>.

52 Kyu Won Seo, Jangwon Seo, Kyungil Kim, Seung Ji Lim, Jaeshik Chung, Prediction of biogas production rate from dry anaerobic digestion of food waste: Process-based approach vs. recurrent neural network black-box model, Bioresource Technology, Volume 341, 2021, 125829, ISSN 0960-8524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125829>.

53 Ildefonso Rocamora, Stuart T. Wagland, Raffaella Villa, Edmon W. Simpson, Oliver Fernández, Yadira Bajón-Fernández, Dry anaerobic digestion of organic waste: A review of operational parameters and their impact on process performance, Bioresource Technology, Volume 299, 2020, 122681, ISSN 0960-8524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122681>.

54 Крупский К.Н. Использование биогаза в качестве источника энергии: обзорная информация/ Крупский К.Н., Андреев Е.Н., Ютина А.С. - М.:ЦБНТИ Минжилкомхоз РСФСР, 1988. – 43 с.

55 Моминова Р.М. Планирование и оптимизация биотехнологических процессов при анаэробном разложении органических отходов в метантенках. Алматы 2020.- 34 с. URL: https://official.satbayev.university/download/document/15200/2020_%D0%91%D0%90%D0%9A_%D0%9C%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%A0%D0%B8%D1%81%D0%B0%D0%BB%D1%8F%D1%82.pdf (дата обращения 29.03.2022).

56 Katarzyna Slopicka, Federica Liberti, Sara Massoli, Pietro Bartocci, Francesco Fantozzi, Chemical and physical characterization of food waste to improve its use in anaerobic digestion plants, Energy Nexus, Volume 5, 2022, 100049, ISSN 2772 4271, <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100049>.

57 Jandir Pereira Blasius, Ronan Cleber Contrera, Sandra Imaculada Maintinguer, Marcus Cesar Avezum Alves de Castro, Effects of temperature, proportion and organic loading rate on the performance of anaerobic digestion of food waste, Biotechnology Reports, Volume 27, 2020, e00503, ISSN 2215-017X, <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00503>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215017X20301910/>)

58 M.G. Capri, G.v.R. Marais, pH adjustment in anaerobic digestion, Water Research, Volume 9, Issue 3, 1975, P. 307-313, ISSN 0043-1354, [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(75\)90052-4](https://doi.org/10.1016/0043-1354(75)90052-4).

59 ПАРРА-ОРОБИО, Браян Алексис и др. INFLUENCIA DEL pH SOBRE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA DE BIORRESIDUOS DE ORIGEN MUNICIPAL. rev.udcaactual.divulg.cient.. 2014, том 17, № 2 С. 553-562. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262014000200027&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0123-4226.

60 Bastidas-Oyanedel, J.-R.; Schmidt, J.E. Increasing Profits in Food Waste Biorefinery—A Techno-Economic Analysis. *Energies* 2018, 11, 1551. <https://doi.org/10.3390/en11061551>.

61 Anukam, A.; Mohammadi, A.; Naqvi, M.; Granström, K. A Review of the Chemistry of Anaerobic Digestion: Methods of Accelerating and Optimizing Process Efficiency. *Processes* 2019, 7, 504. <https://doi.org/10.3390/pr7080504>.

62 Chew, [K.R., Leong, H.Y., Khoo, K.S. et al. Effects of anaerobic digestion of food waste on biogas production and environmental impacts: a review. *Environ Chem Lett* 19, 2921–2939 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01220-z>.

63 Cecchi, Franco, and Cristina Cavinato. “Smart Approaches to Food Waste Final Disposal.” *International journal of environmental research and public health* vol. 16,16 2860. 10 Aug. 2019, doi:10.3390/ijerph16162860.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

НА ДИПЛОМНУЮ РАБОТУ

ҚАБДРАШ ІНЖУ ЖАНАТҚЫЗЫ

5В070100 Биотехнология

Тема: Математическое планирование и оптимизация метаногенеза при переработке органических отходов пищевой промышленности и производства биогаза

Дипломная работа Қабдраш І.Ж. посвящена расчетным исследованиям по математическому планированию и оптимизации метаногенеза при переработке органических отходов пищевой промышленности и производстве биогаза.

В работе приведен обзор и сравнительный анализ используемых в настоящее время методов переработки органических отходов пищевой промышленности. Методом математического планирования и оптимизации процесса метаногенеза показано, что на производство биогаза, в частности, на метаногенез, существенно влияют такие факторы, как температура, °С; рН; скорость органической загрузки кг/м³ /день; летучие жирные кислоты, г/л; соотношение С/Н, которые позволяют повысить выход метана в составе биогаза.

Характеристика исполнителя работы: Қабдраш І.Ж. в процессе выполнения дипломной работы показала умение сочетать теоретические знания и их практическое применение, зарекомендовала себя отличным учеником, проявила высокие способности к решению поставленных в дипломной работе задач.

Заключение. Работа Қабдраш І.Ж. не содержит существенных недостатков и замечаний и полностью отвечает требованиям, предъявляемым к дипломным работам образовательно-квалификационного уровня «бакалавр», по специальности «Биотехнология», к защите допускается, рекомендованная оценка «Отлично – 98 %».

Научный руководитель

канд.с/х наук, доцент,
ассоц.профессор
(подпись)

 Джамалова Г.А

«30» машыр 2022г.

РЕЦЕНЗИЯ

НА ДИПЛОМНУЮ РАБОТУ
ҚАБДРАШ ІНЖУ ЖАНАТҚЫЗЫ

5B070100 – «Биотехнология»

На тему: Математическое планирование и оптимизация метаногенеза при переработке органических отходов пищевой промышленности и производства биогаза

Выполнено:

- а) графическая часть на 6 листах;
- б) пояснительная записка на 30 страницах.

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Дипломная работа состоит из следующих ключевых разделов: введение, обзор литературы, материал и методы исследования, результаты исследования и заключение.

Методом математического моделирования автором запланирован процесс метаногенеза при переработке органических отходов пищевой промышленности. Оптимизированы факторы, влияющие на процесс метаногенеза в свалочном теле полигона ТБО для увеличения выхода метана в составе биогаза. Разработана модель биотехнологии переработки органических пищевых отходов в свалочном теле полигона ТБО на основе данных, полученных методом моделирования.

Замечаний к работе нет.

Оценка работы

Қабдраш Інжу достойна получить степень бакалавра по специальности 5B070100 – «Биотехнология». Дипломная работа оценивается на «отлично».

Рецензент

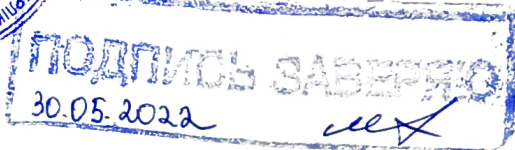
Канд. х. н., ст. преподаватель

Кафедры ХиТОВПСиП

КазНУ имени Аль-Фараби;

Рахметуллаева Р.К.

2022 г.





Metadane

Tytuł

2022_БАК_Қабдраш_Інжу_Жанатқызы.docx

Autor/zy

Қабдраш_Інжу_Жанатқызы

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 zapożyczeń 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	A→	0
Mikrospacje	·	0
Białe znaki	␣	0
Parafrazy	a	1

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



5094

Liczba słów



36822

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. "kryptocytały").

10 najdłuższych fragmentów

Kolor w tekście

LP	TYTUŁ LUB ADRES URL ŹRÓDŁA (NAZWA BAZY)	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)	
1	Diplom_Aliny_Казбековой.doc 5/9/2020 Satbayev University (ИХИБТ)	10	0.20 %
2	Diplom_Aliny_Казбековой.doc 5/9/2020 Satbayev University (ИХИБТ)	10	0.20 %

3	Үлкен» мөлшерде жиналған қатты тұрмыстық қалдықтарды компостау кезіндегі ксенобиотиктердің биodeградация процесін математикалық жобалау және оптимизациялау 5/3/2018 Satbayev University (ИХиБТ)	6	0.12 %
4	Diplom_Aliny_Казбековой.doc 5/9/2020 Satbayev University (ИХиБТ)	6	0.12 %

z bazy RefBooks (0.00 %)

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

z bazy macierzystej (0.63 %)

LP	TYTUŁ	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)	
1	Diplom_Aliny_Казбековой.doc 5/9/2020 Satbayev University (ИХиБТ)	26 (3)	0.51 %
2	Үлкен» мөлшерде жиналған қатты тұрмыстық қалдықтарды компостау кезіндегі ксенобиотиктердің биodeградация процесін математикалық жобалау және оптимизациялау 5/3/2018 Satbayev University (ИХиБТ)	6 (1)	0.12 %

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)
----	-------	--------------------------------