

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный  
исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт Геологии и нефтегазового дела им К. Турысова

Кафедра Химической и биохимической инженерии

Битим Назида Нурланқызы

«Оптимизация физико-химических свойств культуральной среды для  
кормовых дрожжей»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный  
исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»

Институт геологии и нефтегазового дела им.К. Турысова

Кафедра химической и биохимической инженерии

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

«Химическая и  
биохимическая инженерия»  
канд.хим наук,ассоц проф.



Мангазбаева Р.А

июне 2025 г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

На тему: «Оптимизация физико-химических свойств культуральной среды  
для кормовых дрожжей»

6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

Выполнила

Битим Назида Нурланқызы

Рецензент  
профессор,д.б.н., Кафедра  
биотехнологии КазНУ имени  
Аль-Фараби, факультет биологии  
и биотехнологии



Иващенко А.Т.  
(Ф.И.О.)

2025 г.

Научный руководитель  
ассоц. профессор, к.с.х.н., доцент  
(ученая степень, звание)



Джамалова Г.А.  
(Ф.И.О.)

«10» 06 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский  
технический университет имени К.И.Сатпаева»

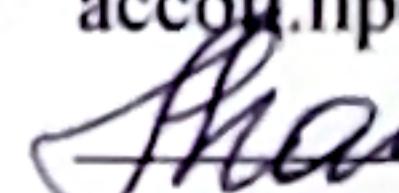
Институт Геологии и нефтегазового дела им К.Турысова

Кафедра Химической и биохимической инженерии

6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
«Химическая и биохимическая  
инженерия», канд.хим.наук,  
ассоц.профессор

 Мангазбаева Р.А.

«12» июня 2025 г.

**ЗАДАНИЕ**  
на выполнение дипломной работы

Обучающейся Битим Назида Нурланқызы

Тема: Оптимизация физико-химических свойств культуральной среды для кормовых дрожжей  
Утверждена приказом проректора по академической работе университета № 26 - 17/0  
от «19 марта » 2025 г.

Срок сдачи законченной работы «26» мая 2025 г.

Исходные данные к дипломной работе: Выполнен микробиологический анализ дрожжевой культуры для оценки уровня возможной бактериальной обсеменённости и подтверждения её биобезопасности. Подобраны наиболее подходящее значения pH для питательной среды на основе свекловичной мелассы, способствующие интенсивному росту дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Определены температурные условия, при которых дрожжевая культура демонстрирует наивысшую ферментативную активность, опираясь на результаты измерений подъемной силы при разных температурах.

Краткое содержание дипломной работы: Исследование было направлено на оптимизацию физико-химических свойств культуральной среды для кормовых дрожжей.

а) Литературный обзор

Аналитические исследования научной литературы по исследуемой теме включало 77 работ. Для освоения методики было проработано 3 нормативных документа, которые отражены в разделе «Материал и методика исследований».

б) Экспериментальная часть

Исследуемая тема раскрыта в главах 2 (материал и методика исследования) и 3 (результаты исследования).

Перечень графического материала: в работе предоставлены 8 рисунков, 2 диаграммы.

Рекомендуемая основная литература: 77 научных работ

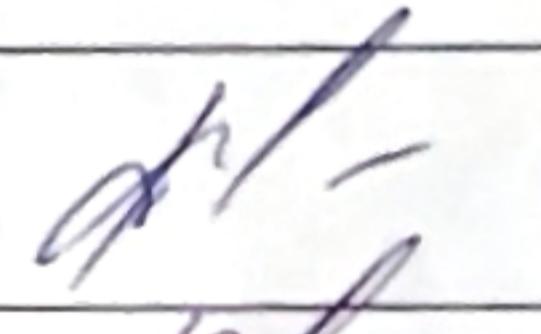
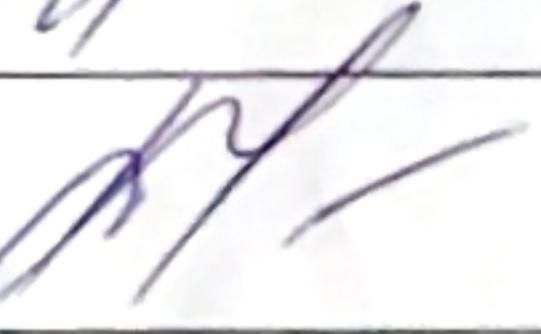
## ГРАФИК

### подготовки дипломной работы

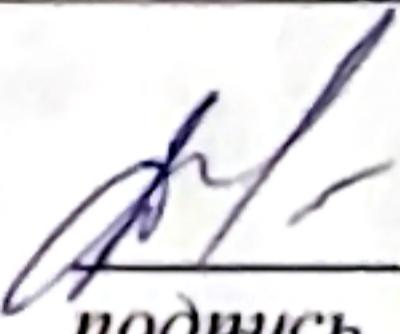
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Обзор литературы	25.01.2025	Выполнено
Методика исследования	08.02.2025	Выполнено
Результаты исследования	19.03.2025	Выполнено
Заключение и выводы	05.04.2025	Выполнено

### Подписи

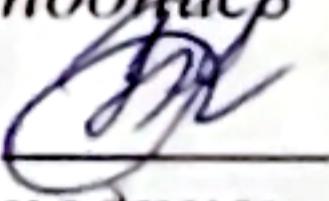
консультантов и норм контролера на законченную дипломную работу с  
указанием относящихся к ним разделов работы

Наименование разделов	Консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Дипломная работа	Джамалова Г.А., к.с.х.н., доцент	10.06	
Нормоконтролер	Джамалова Г.А., к.с.х.н., доцент	10.06	

Научный руководитель

 Джамалова Г.А.  
подпись

Задание приняла к исполнению обучающаяся

 Битим Н.Н.  
подпись

Дата

« 10 » 06 2025 г.

## АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа посвящена исследованию способов улучшения физико-химических характеристик культуральной среды, используемой для выращивания кормовых дрожжей.

В качестве исследуемого микроорганизма выбраны дрожжи вида *Saccharomyces cerevisiae*, культивируемые на свекловичной мелasse различного происхождения.

Целью исследования являлось определение наилучших параметров среды, способствующих интенсивному накоплению биомассы и повышению ферментативной активности дрожжевых клеток.

В рамках работы рассмотрено влияние показателя кислотности среды (рН) и температурного режима на рост и активность дрожжей, а также проведён микробиологический анализ чистоты культур.

Основное отличие данной работы — использование комплексного подхода к подбору условий выращивания с применением доступных субстратов, представляющих собой побочные продукты сахарного производства. На основе полученных данных разработаны практические рекомендации по формированию эффективных сред для выращивания кормовых дрожжей.

## АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс мал азығына арналған ашытқыны өсіруге пайдаланылатын қоректік ортаның физика-химиялық қасиеттерін оңтайландыруға арналған.

Зерттеу нысаны ретінде әртүрлі шығу текті қант қызылшасының мелассасында өсірілген *Saccharomyces cerevisiae* ашытқылары алынды.

Жұмыстың негізгі мақсаты – ашытқы биомассасының барынша жиналудың және ашытқы жасушаларының ферментативтік белсенділігін қамтамасыз ететін орта параметрлерін анықтау.

Зерттеу барысында pH деңгейінің және температуралық жағдайдың ашытқының өсуі мен белсенділігіне әсері зерттелді, сондай-ақ микроорганизмдердің тазалығына микробиологиялық баға берілді.

Жұмыстың ерекшелігі – қант өнеркәсібінің қалдық өнімдерін пайдалана отырып, өсіру жағдайларын оңтайландыруға кешенді көзқарастың қолданылуы. Зерттеу нәтижелері негізінде мал азығына арналған ашытқы өндіруге тиімді қоректік орталарды құрастыру бойынша практикалық ұсыныстар жасалды.

## ABSTRACT

This thesis focuses on improving the physicochemical characteristics of the cultivation medium used for the production of feed yeast.

The study object is *Saccharomyces cerevisiae* yeast, cultivated on sugar beet molasses of various origins.

The main goal of the research is to identify optimal medium parameters that ensure the maximum accumulation of biomass and enhance the enzymatic activity of yeast cells.

The study examines the influence of pH levels and temperature condition on yeast growth and activity, as well as conducts a microbiological assessment of culture purity.

A distinctive feature of the work is its integrated approach to optimizing cultivation conditions using affordable substrates, which are by-products of the sugar industry. Based on the results, practical recommendations are developed for the formulation of effective culture media for feed yeast production.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	10
1 Обзор литературы .....	11
1.1 Значение дрожжей в народном хозяйстве и биотехнологии .....	11
1.1.1 Кормовые дрожжи как альтернатива антибиотикам в животноводстве .....	11
1.1.2 Преимущества дрожжей как кормовой добавки .....	11
1.1.3 Исторический опыт использования дрожжей в кормлении сельскохозяйственных животных.....	11
1.1.4 Современное использование кормовых дрожжей .....	11
1.2 Основные качества и признаки кормовых дрожжей .....	12
1.2.1 Экологические биологические молекулярные качества дрожжей .....	12
1.2.2 Роль <i>Saccharomyces cerevisiae</i> в биотехнологии .....	12
1.2.3 Влияние <i>S. cerevisiae</i> на иммунный ответ.....	13
1.2.4 Состав кормовых дрожжей.....	13
1.2.5 Влияние кормовых дрожжей на организм животных, на продуктивность в отраслях и на экологию .....	14
1.3 Биологические особенности кормовых дрожжей.....	14
1.3.1 Экология дрожжей .....	14
1.3.2 Витаминный профиль кормовых дрожжей и его значение при формировании сбалансированных культуральных сред .....	15
1.3.3 Действие различных видов дрожжей в кормовом производстве .....	15
1.3.4 Биофункциональная активность <i>Saccharomyces cerevisiae</i> в кишечнике животных....	16
1.3.5 Преимущества побочных продуктов дрожжей для животных с моногастральным желудком.....	17
1.4 Питательная среда для кормовых дрожжей .....	19
1.4.1 Требования к питательным средам .....	19
1.4.2 Исследования в области разработки питательных сред для кормовых дрожжей.....	19
1.4.3 Использование агропромышленных отходов в питательных средах для выращивания кормовых дрожжей .....	20
1.4.4 Отходы как питательные среды для кормовых дрожжей .....	21
2 Объект, материал и методика исследования.....	23
2.1 Объект исследования.....	23
2.2 Материалы исследования .....	23
2.3 Методика исследования.....	24
2.3.1 Технология подготовки дрожжевых культур для опытов.....	24

2.3.2 Грам-окрашивание дрожжевой суспензии .....	24
2.3.3 Определение оптимального уровня рН для исследуемых дрожжей .....	24
2.3.4 Определение оптимальных температурных показателей для наиболее высокой бродильной активности через подъемную силу .....	24
<b>3 Результаты исследования .....</b>	<b>25</b>
3.1 Посев дрожжей на питательные среды .....	25
3.2 Оценка биобезопасности кормовых дрожжей, предназначенных для последующего культивирования .....	26
3.3 Оптимизация уровня рН питательной среды на основе свекловичной мелассы .....	28
3.4 Определение температурного оптимума бродильной активности дрожжей.....	32
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>36</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>37</b>

## ВВЕДЕНИЕ

*Актуальность работы.* Развитие промышленной биотехнологии по производству кормов для животных, в частности, на основе использования дрожжей, актуально для аграрного сектора экономики, т.к. способствует сокращению посевных площадей за счет обогащения кормов питательности.

*Цель исследования.* Оптимизировать физико-химические свойства культуральной среды для кормовых дрожжей.

*Задачи исследования:*

1 Выполнить микробиологический анализ дрожжевой культуры для оценки бактериальной безопасности.

2 Оптимизировать pH питательной среды на основе свекловичной мелассы разного происхождения.

3 Определить температурные условия, при которых дрожжевая культура демонстрирует наивысшую ферментативную активность, опираясь на результаты измерений подъемной силы при разных температурах.

*Научно-практическое значение.* Впервые в рамках данной работы была проведена сравнительная оценка влияния pH на рост дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* штамма № Л80У в средах, приготовленных из свекловичной мелассы двух казахстанских сахарных предприятий. Результаты показали, что питательные характеристики мелассы, независимо от её происхождения, находятся на сопоставимом уровне, что подтверждает пригодность этих отходов для биотехнологической переработки. Установлено, что наилучшие условия для накопления биомассы и выраженной ферментативной активности наблюдаются при pH 5,9 и температуре 37 °C. Эти показатели могут быть использованы при разработке и совершенствовании технологии производства белковых добавок на основе кормовых дрожжей. Кроме того, культура дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* продемонстрировала высокий уровень чистоты и ферментативной активности, что подтверждает её потенциал для дальнейшего применения в переработке побочной продукции пищевой промышленности.

*Объем и структура дипломной работы.* Дипломная работа состоит из четырех разделов (введение 1 стр.; обзор литературы 12 стр.; материал и методы исследования 2 стр.; результаты исследования 11 стр.; заключение 1 стр.) и изложена на 34 страницах компьютерного текста. Дипломная работа содержит 8 рисунков и 2 диаграммы. Библиографический указатель литературы включает 77 научных источников.

# 1 Обзор литературы

## 1.1 Значение дрожжей в народном хозяйстве и биотехнологии

### 1.1.1 Кормовые дрожжи как альтернатива антибиотикам в животноводстве

С увеличением численности населения планеты и действующими ограничениями на использование антибиотиков в животноводстве, перед отраслью стоит задача поиска эффективных, но безопасных способов повышения продуктивности животных. Рост интереса к экологически чистым продуктам стал стимулом для разработки природных заменителей антибиотиков, таких как пробиотики, лекарственные растения и микрофлора. Особое внимание среди них привлекают дрожжи — пробиотический компонент, известный своей способностью подавлять развитие патогенных микроорганизмов в кишечнике и способствовать росту животных [1].

### 1.1.2 Преимущества дрожжей как кормовой добавки

Научные работы демонстрируют, что использование пробиотиков в составе кормов положительно влияет на здоровье животных [2]. Дрожжи, как один из таких компонентов, используются в животноводстве в качестве безопасного усилителя роста. Существует множество разновидностей дрожжевых добавок, которые находят применение в различных схемах кормления [3]. Данные исследований показывают, что даже при наличии стресс-факторов или заболеваний, применение дрожжей способствует улучшению состояния животных [4,1].

### 1.1.3 Исторический опыт использования дрожжей в кормлении сельскохозяйственных животных

Испытания эффективности дрожжей проводились на множестве видов сельскохозяйственных животных, включая крупный и мелкий рогатый скот, птицу, свиней и даже пушных зверей. В различных исследованиях дрожжи использовались в сочетании с картофелем, ячменём, пивной дробиной и другими кормовыми компонентами [5–7]. Влияние таких рационов оценивалось по качеству молока, мяса, скорости роста и другим показателям, и в большинстве случаев негативных эффектов выявлено не было [8,9].

### 1.1.4 Современное использование кормовых дрожжей

В современных условиях производства животноводческой и птицеводческой продукции рациону уделяется особое значение. Корма растительного и животного происхождения часто не обеспечивают животных всеми необходимыми питательными веществами, поэтому кормовые дрожжи как белково-витаминно-минеральная добавка имеют ключевое значение. Их

получают из чистых культур дрожжей, выращенных на гидролизатах, полученных в результате переработки отходов спиртовой, сахарной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности.

1 У телят включение дрожжей способствует увеличению массы тела и снижению расхода кормов.

2 Дойные коровы демонстрируют прирост удоя и повышение жирности молока.

3 При откорме свиней наблюдается экономия кормов и ускорение роста.

4 У кур-несушек 1 кг дрожжей позволяет получить 35–50 яиц. У племенной птицы (кур, уток, гусей) дрожжи повышают оплодотворяемость яиц и выводимость молодняка на 12–18%.

5 При кормлении бройлеров с добавлением дрожжей отмечается прирост массы на 2,2 кг на каждый килограмм добавки.

6 У пушных зверей дрожжи успешно заменяют часть мясного рациона без потерь в качестве меха.

Внедрение таких добавок положительно сказывается на общей эффективности производства [10,11].

## 1.2 Основные качества и признаки кормовых дрожжей

### 1.2.1 Экологические биологические молекулярные качества дрожжей

Дрожжи — это эукариотические микроорганизмы одноклеточной природы, которые являются важной частью экосистем и встречаются в различных природных и технологических средах. Они нередко обнаруживаются в составе традиционных ферментированных продуктов питания и напитков, оказывая как положительное влияние на их органолептические и микробиологические свойства, так и способствуя порче при определённых условиях [12].

Основное значение дрожжей в пищевой ферментации связано с их активной ферментативной деятельностью. Среди ключевых биохимических процессов можно выделить амилолитическую активность, производование этанола, а также синтез ряда биологически активных метаболитов [13]. Наряду с этим, отдельные представители дрожжевого царства проявляют пробиотические свойства, способствуя поддержанию баланса микрофлоры в пищеварительной системе [14; 15].

Дрожжи находят широкое применение и в сфере биотехнологий, особенно в медицинской и фармацевтической промышленности, где они используются в качестве продуцентов ферментов и биологически активных веществ [16, 17].

### 1.2.2 Роль *Saccharomyces cerevisiae* в биотехнологии

*Saccharomyces cerevisiae* — наиболее распространённый вид дрожжей, активно используемый в биотехнологических и промышленных процессах. Этот микроорганизм имеет статус GRAS (Generally Recognized As Safe), что позволяет его безопасно применять в пищевой промышленности. *S. cerevisiae* считается одним из наиболее глубоко изученных эукариот, благодаря чему он стал модельным объектом для фундаментальных биологических исследований.

Высокая биотехнологическая ценность этого вида обусловлена его способностью к спиртовому брожению, в результате которого образуются этанол и углекислый газ. Кроме того, *S. cerevisiae* демонстрирует устойчивость к неблагоприятным условиям окружающей среды — таким как высокая концентрация солей, низкий уровень pH и температурные колебания. Эти свойства делают его универсальным инструментом в производстве биотоплива, пищевых добавок и ферментированных продуктов. В технологических процессах дрожжи могут использоваться как в виде чистых культур, так и в симбиозе с другими микроорганизмами [18, 19, 17].

#### 1.2.3 Влияние *S. cerevisiae* на иммунный ответ

Как показано в исследовании Qamar и соавторов 2001 года, *Saccharomyces cerevisiae* может оказывать влияние на иммунную систему, усиливая продукцию иммуноглобулина A (IgA) в ответ на воздействие патогенных микроорганизмов [20].

Также было установлено, что отдельные штаммы *S. cerevisiae* способны секретировать сериновую протеазу, которая эффективно разрушает токсин A, продуцируемый *Clostridium difficile*. Эти данные были получены в исследовании, проведённом Castagliulo с соавторами в 1996 году [21].

Кроме того, наличие в *S. cerevisiae* значительного количества метионина позволяет снижать токсическое воздействие афлатоксинов на организм животных, что было продемонстрировано в работе Stanley и коллег [22,1].

#### 1.2.4 Состав кормовых дрожжей

Кормовые дрожжи являются важным источником полноценных белков для животных. Содержание сырого протеина в них варьируется от 40 до 55%, что делает их сравнимыми с белками животного происхождения по питательной ценности. Так, в 1 кг кормовых дрожжей содержится до 30–35 г незаменимой аминокислоты лизина [11].

Минеральный состав дрожжей включает кальций, фосфор, калий и магний — элементы, обеспечивающие нормальное функционирование костной ткани и участие в метаболизме белков, жиров и углеводов. Кроме того, дрожжи богаты витаминами группы В, включая тиамин, рибофлавин, никотиновую и пантотеновую кислоты, пиридоксин, фолиевую кислоту, а также холин и инозит.

Эти вещества играют роль коферментов в ферментативных реакциях обмена веществ и синтеза белков [23].

Благодаря высокой скорости роста, способности к культивированию на различных субстратах и устойчивости к контаминации, кормовые дрожжи эффективно используются в промышленности. Они содержат значительное количество жира, преимущественно в форме ненасыщенных жирных кислот, и до 1,16 кормовых единиц на 1 кг сухого вещества. Среди ограничений можно выделить толстую клеточную стенку и повышенное содержание нуклеиновых кислот, что требует дополнительной переработки [24].

#### 1.2.5 Влияние кормовых дрожжей на организм животных, на продуктивность в отраслях и на экологию

Эффективность кормов во многом определяется полноценностью белкового состава, особенно наличием незаменимых аминокислот, необходимых для роста и физиологического состояния сельскохозяйственных животных и птицы. Кормовые дрожжи значительно повышают питательную и энергетическую ценность комбикормов, увеличивая продуктивность в животноводстве и птицеводстве.

Добавление одной тонны кормовых дрожжей в рацион позволяет сократить потребление зерновых кормов на 5–7 тонн, а также получить дополнительно до 0,6 тонны свинины, до 1,5 тонн мяса птицы (в живом весе) или до 30 тысяч куриных яиц. По своему биохимическому профилю дрожжи сравнимы с продуктами животного происхождения, такими как мясокостная и рыбная мука. Их белок усваивается организмом на уровне 95%, что позволяет использовать дрожжи в качестве замены растительным белкам и, одновременно, снизить объёмы отходов 3–4 класса опасности — например, навоза и помёта [23].

### 1.3 Биологические особенности кормовых дрожжей

#### 1.3.1 Экология дрожжей

Дрожжи являются одноклеточными эукариотическими микроорганизмами, относящимися к царству грибов [25]. В их клеточном строении присутствуют почти все органеллы, характерные для зрелых эукариот. Кроме того, дрожжи являются факультативными анаэробами, то есть способны выживать и активно размножаться как в аэробных, так и в анаэробных условиях [26].

Эти микроскопические грибы, как правило, имеют размер около 3–4 мкм, содержат ядро, окружённое мембраной, и могут принимать различные формы — от округлой до овальной или нитевидной. Дрожжи обитают в различных экосистемах по всему миру, включая почву и поверхность растений, и особенно часто встречаются в богатых сахарами субстратах, таких как нектар цветов и плоды.

Исследования показали, что дрожжи, обитающие в почве и на кожуре ягод и фруктов, часто преобладают в грибной сукцессии в процессе разложения плодов и проявляют устойчивость к антибиотикам, сульфаниламидам и другим антимикробным веществам [27]. Такая устойчивость обусловлена природными генетическими механизмами, она не подлежит изменению и не передаётся другим микроорганизмам.

Основным способом размножения дрожжей является почкование, а в некоторых случаях — деление. Они не образуют спор на плодовых телах, однако могут быть идентифицированы и охарактеризованы с помощью морфологических, физиологических, иммунологических и молекулярно-биологических методов [1].

### 1.3.2 Витаминный профиль кормовых дрожжей и его значение при формировании сбалансированных культуральных сред

Дрожжи являются ценным источником витаминов группы В и по их содержанию превосходят все остальные белковые корма, включая продукты животного происхождения. Однако важной особенностью дрожжей является отсутствие в их составе витамина В<sub>12</sub>. Этот факт необходимо учитывать при использовании дрожжей в составе комбикормов и кормосмесей, особенно если они полностью основаны на растительных компонентах [28].

### 1.3.3 Действие различных видов дрожжей в кормовом производстве

Дрожжевые культуры занимают важное место в создании пробиотических добавок, включающих как живые клетки, так и фрагменты клеточных стенок, подвергнутые модификации. Такие средства способствуют поддержанию здоровья животных, проявляя иммуномодулирующее действие и улучшая функции желудочно-кишечного тракта, что в конечном итоге положительно оказывается на продуктивности скота [29].

Дрожжи часто присутствуют в составе кормовых компонентов: зерновых культурах, продуктах их переработки, сенажах и сене [30]. Несмотря на то что известно более тысячи разновидностей дрожжей, лишь немногие из них нашли практическое применение, в частности в промышленном производстве. Основным и наиболее изученным видом является *Saccharomyces cerevisiae* [31]. В то время как большинство дрожжевых микроорганизмов не оказывают выраженного воздействия на организм животных и человека, некоторые из них, включая *S. cerevisiae*, *Kluyveromyces marxianus* и *S. boulardii*, обладают положительными свойствами [32; 33]. Напротив, представители родов *Candida*, *Cryptococcus*, *Torulopsis* и *Trichosporon* считаются потенциально патогенными [34].

Наиболее активно в кормопроизводстве применяется *S. cerevisiae*, отличающаяся высоким содержанием биологически активных соединений:

полисахаридов, витаминов, белков, аминокислот, коротких пептидов, нуклеотидов и ростовых факторов [35]. По данным исследования Pang и соавт. 2022 года [3], использование дрожжевых добавок способствует лучшему усвоению кормов, поддержанию здоровой микрофлоры кишечника, укреплению иммунитета и повышению качества мясной продукции. Помимо применения в кормлении, *S. cerevisiae* широко используется в пищевой промышленности — как закваска в хлебопечении и фермент при производстве алкогольных напитков. В животноводстве эти дрожжи применяются как натуральный компонент рациона для различных видов животных, способствующий нормализации пищеварительных процессов.

Ранее Chowdhury и Knabe провели исследование (2004 г.), в рамках которого оценивалось влияние совместного введения *S. cerevisiae* и аспарагиновой кислоты в корм поросят-отъемышей. Установлено, что такая добавка способствует ускоренному приросту массы и улучшению усвояемости питательных веществ, подтверждая положительное воздействие дрожжей на развитие молодняка [36; 1].

#### 1.3.4 Биофункциональная активность *Saccharomyces cerevisiae* в кишечнике животных

*Saccharomyces cerevisiae* представляет собой один из наиболее изученных видов дрожжей, обладающий широким спектром положительных эффектов при включении в рационы сельскохозяйственных животных. Их благоприятное действие связано с множеством физиологических и иммунологических механизмов, способствующих поддержанию здоровья и функционального состояния желудочно-кишечного тракта.

Конкурентное исключение патогенной микрофлоры: одна из ключевых функций *S. cerevisiae* — способность к конкурентному вытеснению болезнетворных микроорганизмов. Дрожжевые клетки конкурируют с патогенами за участки прикрепления на эпителии кишечника. При связывании с поверхностью дрожжевых клеток патогены утрачивают возможность колонизировать слизистую оболочку, что снижает риск развития инфекционных заболеваний.

Поддержание баланса микробиоты: введение дрожжевых добавок в корм способствует увеличению численности полезной микрофлоры (например, *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*), одновременно подавляя рост условно-патогенных и патогенных бактерий. Такая регуляция микробного состава оказывает положительное влияние на пищеварительные процессы и общее состояние организма животных [37].

Иммуномодулирующее действие: клеточная стенка *S. cerevisiae* содержит  $\beta$ -глюканы и маннановые олигосахариды, обладающие способностью активировать неспецифические и специфические иммунные реакции. Эти

компоненты стимулируют продукцию иммунокомпетентных клеток и цитокинов, что повышает устойчивость организма к инфекциям [38].

Повышение биодоступности питательных веществ: *Saccharomyces cerevisiae* продуцирует ряд ферментов, включая фитазу, способствующих расщеплению фитатов — труднодоступных форм фосфора, содержащихся в растительных кормах. Это повышает усвоение минеральных веществ и аминокислот, улучшая пищевую ценность рациона [39].

Синтез физиологически активных метаболитов: в процессе метаболизма дрожжи образуют короткоцепочечные жирные кислоты, которые играют важную роль в поддержании трофики эпителия кишечника, а также создают благоприятную среду для развития симбиотной микрофлоры [40].

Детоксикационные свойства: дрожжевые клетки обладают способностью адсорбировать и нейтрализовать микотоксины и другие вредные соединения, присутствующие в корме. Это снижает токсическую нагрузку на организм и предотвращает негативные последствия от потребления контаминированных кормов [41].

Влияние на морфологическое состояние кишечника: использование дрожжевых кормовых добавок положительно сказывается на морфологических характеристиках кишечной стенки, в частности, способствует увеличению высоты ворсинок и глубины крипта, что обеспечивает более эффективное всасывание питательных веществ и укрепление барьерной функции кишечника [42].

Снижение воздействия стрессовых факторов: применение продуктов на основе *S. cerevisiae* способствует адаптации животных к неблагоприятным условиям среды, включая тепловой стресс. Отмечается улучшение состояния слизистой оболочки и повышение активности иммунной системы, что способствует устойчивости организма к стрессам [43;1].

1.3.5 Преимущества побочных продуктов дрожжей для животных с моногастрическим желудком.

Современный рынок кормовых добавок предлагает широкий спектр продуктов на основе дрожжей и их компонентов. Среди них особое значение имеют жизнеспособные формы с пробиотическим действием, а также фракционированные производные, содержащие биологически активные вещества, включая  $\beta$ -глюканы и маннаны, обладающие пробиотической активностью [44].

Одной из таких форм является дрожжевой гидролизат (УН), получаемый методом гидролитической экстракции. Этот продукт состоит из растворимых компонентов дрожжевой клетки и фрагментов её стенки [45]. Гидролизаты на основе *Saccharomyces cerevisiae* отличаются высокой доступностью и экономической эффективностью, поскольку могут быть получены различными способами переработки. Они содержат значительное количество протеина [26] и

находят применение в кормлении животных для улучшения поедаемости кормов, поддержки пищеварительной функции и общего физиологического состояния молодняка.

Дрожжевая культура (YC) представляет собой комбинированный продукт, включающий как биомассу дрожжевых клеток, так и комплекс метаболитов, синтезированных в процессе управляемой ферментации. Производственный процесс включает инокуляцию питательной среды живыми клетками, ферментацию и последующую сушку. Состав метаболитов варьируется в зависимости от состава субстрата и условий культивирования. В результате ферментации образуются биологически активные соединения: пептиды, органические кислоты, спирты и другие продукты [4]. Исследования, проведённые Gao и соавт. в 2008 году [46], показали, что применение YC *S. cerevisiae* в рационе бройлеров способствует ускорению роста, повышает усвоение кальция и фосфора, а также улучшает морфологию кишечника.

Живые дрожжи, обладающие пробиотической активностью, используются в рационах как микроорганизмы прямого кормления. Наиболее распространённой формой являются активные сухие дрожжи (ADY), содержащие порядка  $1,5 \times 10^{11}$  КОЕ/г [47]. Результаты исследований Zhang и соавт. 2023 года [48] свидетельствуют о способности ADY подавлять рост патогенной микрофлоры и способствовать колонизации кишечника полезными бактериями. Согласно заключению EFSA [49], *S. cerevisiae* рассматривается как потенциальная альтернатива антибиотикам, особенно после введения ограничений на применение antimикробных препаратов. Живые дрожжи не только способствуют стабилизации микробиоты, но и обогащают рацион белком, витаминами группы В и микроэлементами, необходимыми для синтеза внеклеточных ферментов [50].

Дрожжевой экстракт, представляющий собой продукт без клеточных стенок, широко используется не только в кормах, но и в пищевой и косметической промышленности, а также в составе питательных сред для культивирования микроорганизмов [51].

Клеточные стенки дрожжей (ДКС) относятся к фракционированным компонентам, включающим маннанолигосахариды (МОС) и  $\beta$ -глюканы — соединения, обладающие выраженным функциональными свойствами [52]. Массовая доля клеточной стенки составляет 15–20 % от сухого вещества клетки, из которых до 75 % приходится на полисахариды [53]. К основным структурным элементам ДКС относят глюканы, маннопroteины и хитин. Содержание  $\beta$ -глюканов достигает 60 % сухого остатка, а маннанов — около 40 % [54; 55]. МОС, выделенные из наружного слоя клеточной стенки *S. cerevisiae*, действуют как пробиотики, способствуя росту и оздоровлению животных [56].

Добавление этих компонентов в рацион оказывает благоприятное воздействие на физиологическое состояние животных: ускоряет рост, снижает

уровень заболеваемости и смертности, улучшает барьерную функцию кишечника, а также демонстрирует антиоксидантные, иммуномодулирующие и антимутагенные эффекты [57; 58].

## **1.4 Питательная среда для кормовых дрожжей**

### **1.4.1 Требования к питательным средам**

Для эффективного биосинтеза кормовых дрожжей требуется использование питательных сред, обладающих низкой стоимостью, широкой доступностью и возможностью промышленного масштабирования. Этим требованиям в наибольшей степени соответствуют субстраты, полученные на основе целлюлозосодержащего сырья [59].

### **1.4.2 Исследования в области разработки питательных сред для кормовых дрожжей**

В Институте переработки химического и экологического сырья СО РАН была разработана методика получения ферментативных гидролизатов из плодовых оболочек овса, параллельно с разработкой технологии производства биоэтанола [60]. В настоящем исследовании рассматривалась возможность биосинтеза кормовых дрожжей с использованием двух типов питательных сред, полученных из указанного сырья: ферментативного гидролизата и послеспиртовой барды.

#### **Экспериментальная часть**

Для культивирования использовались три штамма, предоставленные Всероссийской коллекцией промышленных микроорганизмов: *Debaryomyces castellii* Y-968, *Pichia stipitis* Y-3263, *Pachysolen tannophilus* Y-1532.

Штаммы являются непатогенными, не подвергались генной модификации и способны метаболизировать пентозы.

Инокулят подготавливается на смеси стандартной дрожжевой среды (глюкоза — 20 г/л, пептон — 10 г/л, дрожжевой экстракт — 5 г/л) и экспериментального субстрата (ферментативного гидролизата или барды) в соотношении 1:1. Объём инокулята составлял 10 % от объёма среды. Культивирование проводилось при температуре 30 °С в течение четырёх суток с аэрацией путём перемешивания со скоростью 180 об/мин.

В качестве питательных субстратов использовались: ферментативный гидролизат — продукт ферментативного расщепления материала, предварительно прошедшего щелочную делигнификацию; послеспиртовая барда — побочный продукт спиртового брожения, полученный на основе вышеуказанного гидролизата.

Оба типа субстратов показали высокую пригодность в качестве основы для биосинтеза кормовых дрожжей. Максимальное накопление биомассы было

зафиксировано при использовании штамма *Pichia stipitis* Y-3263. Также было установлено, что при использовании послеспиртовой барды утилизация редуцирующих сахаров, включая пентозы, осуществляется более эффективно, чем при применении гидролизата, для всех исследуемых штаммов [59].

2 Исследование было проведено в лаборатории микробиологии Научно-исследовательской платформы сельскохозяйственной биотехнологии КазАТУ им. С. Сейфуллина под руководством доктора биологических наук, и.о. профессора Кухар Е. В. Целью исследования было изучение морфологических и биохимических свойств штамма дрожжей, предназначенного для производства кормовой добавки для дойных коров. Объектом исследования выступали хлебопекарные дрожжи вида *Saccharomyces cerevisiae*.

В рамках работы использовались следующие микробиологические методы:  
-приготовление питательных сред (Сабуро-агар, бульон Сабуро, мясо-пептонный агар (МПА), среда Чапека);

- методы посева (истощающий штрих, метод Дригальского);
- микроскопия (определение морфологических признаков);
- тестирование сахаролитической активности (с использованием сред Гисса с добавлением глюкозы, сахарозы, маннита, лактозы и мальтозы).

#### Результаты исследования

На первом этапе проведена оценка морфологии и чистоты культуры. При микроскопировании клеток *S. cerevisiae*, выращенных на Сабуро-агаре и среде Чапека, были выявлены типичные округлые и овальные формы, а также клетки в стадии почкования, что указывает на высокий уровень их размножения. Все исследованные среды обеспечивали активный рост дрожжей.

На втором этапе была исследована сахаролитическая активность. Дрожжи проявили высокую ферментативную активность в отношении сахарозы, маннита и мальтозы, что выражалось в образовании газа (пузырьков) и изменении цвета среды, свидетельствующих о сдвиге рН. Глюкоза и лактоза, напротив, не подвергались ферментативному расщеплению [61].

Таким образом, штамм *Saccharomyces cerevisiae* характеризуется активным ростом на ряде стандартных питательных сред, высокой степенью почкования и выраженной ферментативной активностью по отношению к отдельным сахарам. Это подтверждает его потенциальную пригодность для использования в составе кормовых добавок для сельскохозяйственных животных.

#### 1.4.3 Использование агропромышленных отходов в питательных средах для выращивания кормовых дрожжей

Питательная среда служит основой для обеспечения жизнедеятельности, роста, развития микроорганизмов, а также эффективного синтеза целевых продуктов. Её состав включает воду, а также питательные вещества, представленные в виде истинных растворов (минеральные соли, аминокислоты,

карбоновые кислоты, спирты, альдегиды и др.) и коллоидных систем (белки, липиды, неорганические соединения, такие как гидроксид железа). Отдельные компоненты среды могут находиться в твёрдом состоянии, всплывать, равномерно распределяться в объёме в виде взвеси или оседать на дно, образуя осадок.

Одним из ценных компонентов при формировании питательной среды для культивирования кормовых дрожжей является мелассная барда — побочный продукт спиртового производства на основе мелассы. Её химический состав варьирует в зависимости от характеристик исходной мелассы, однако в целом барда представляет собой полноценное сырьё, не требующее дополнительного введения ростовых факторов, поскольку содержит достаточное количество витаминов. Содержание сухих веществ в свежей (натуральной) барде составляет 8–12 %, тогда как в упаренной — достигает 53 %.

Помимо барды, в качестве источников углеводов для биосинтеза микробного белка возможно использование побочных продуктов пивоваренного производства, таких как пивная дробина, солодовые ростки, а также отходы переработки несоложёного ячменя. Несмотря на относительно низкое содержание легкоусвояемых углеводов, данные субстраты могут быть вовлечены в процесс после проведения предварительного гидролиза. Оптимальное соотношение указанных компонентов в питательной среде составляет 8 : 0,2 : 0,05 (пивная дробина : солодовые ростки : ячменные отходы) [62].

#### 1.4.4 Отходы как питательные среды для кормовых дрожжей

Широкий спектр отходов и побочных продуктов пищевой промышленности может быть эффективно переработан в процессе производства кормовых дрожжей [63; 64]. Во ВНИИПБТ разработаны биотехнологические подходы, направленные на комплексную переработку зернового сырья с минимизацией образования вторичных сырьевых ресурсов (ВСР) путём их микробной трансформации в пищевые и кормовые продукты. Данные разработки позволили создать ассортимент специализированных добавок различного назначения [65].

Применение подобных биотехнологий даёт возможность создавать замкнутые производственные циклы, отличающиеся высокой эффективностью переработки сырья, снижением энергозатрат, сокращением капитальных вложений и выпуском функциональных добавок [66]. Одним из решений является культивирование высокопродуктивных и безопасных штаммов кормовых дрожжей на основе зерновой барды, что позволяет получать белковый продукт с высокой питательной ценностью [67].

Рост содержания белка в конечной биомассе обеспечивается за счёт биосинтеза дрожжевых клеток, в ходе которого азотсодержащие соединения барды трансформируются в протеин. Кормовые дрожжи, получаемые на

предприятиях по переработке зернового сырья в спирт, характеризуются содержанием сырого белка от 43 до 54 % на сухое вещество. При этом коэффициент переваримости продукта достигает 83–85 %. Проведение микробной трансформации полуфабрикатов и ВСР спиртового производства позволяет получить биологически активный препарат, обогащённый лизином, белками и витаминами, который, при применении в свиноводстве, способствует повышению сохранности молодняка и увеличению мясной продуктивности. Особенно высокая эффективность таких дрожжей отмечается в птицеводстве [68].

Повышение качества питательной среды, используемой при выращивании дрожжей на зерновой барде, возможно за счёт включения белкового потенциала ВСР мукомольной, масложировой и других пищевых отраслей. Анализы проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 20083–74 «Дрожжи кормовые» и ТУ 9291-224-00008064–98 «Дрожжи кормовые (СКДЦ) на цельной зерновой или зерно-картофельной барде». Лабораторные культивирования осуществлялись с контролем температуры, рН и морфологии клеток методом микроскопии. Масса биомассы определялась гравиметрическим методом после центрифугирования [69].

Целью проведённых исследований являлась оптимизация условий выращивания производственного штамма *Candida tropicalis* СК-4 на питательной среде, основанной на цельной зерновой барде с добавлением различных ВСР пищевой промышленности, включая отруби, подсолнечный шрот и жмых. Оптимальные параметры культивирования: рН 4,5–5,5, температура 36–38 °С, продолжительность — 8–10 часов.

Согласно полученным данным, максимальное увеличение содержания белка наблюдалось при добавлении подсолнечного шрота — его массовая доля в биомассе увеличивалась на 30 % по сравнению с контролем. Также установлено снижение уровня пенообразования дрожжевой суспензии при использовании шрота и особенно жмыха, что обусловлено наличием в них жирных кислот. Это способствует сокращению применения пеногасителей и снижению себестоимости продукции.

Таким образом, подтверждена технологическая возможность использования различных ВСР (отрубей, шрота, жмыха) в сочетании с цельной бардой при оптимальном содержании минеральных солей. Наиболее эффективное соотношение компонентов установлено как 1 : 4. При этом массовая доля белка в дрожжевой биомассе возрастила на 30 %. Применение подобных ВСР в производстве кормовых дрожжей позволяет получать полноценный продукт, регистрируемый как «Смесь кормовая» (с НДС 10 %), при наличии утверждённых технических условий от предприятия-изготовителя [70].

## **2 Объект, материал и методика исследования**

### **2.1 Объект исследования**

Наиболее широко используемыми дрожжами в промышленности и биотехнологических исследованиях являются *Saccharomyces cerevisiae*. Этот микроорганизм имеет статус GRAS (общепризнанный как безопасный) для применения в пищевой промышленности. *S. cerevisiae* признаны одним из наиболее хорошо изученных эукариотических организмов и широко используются в качестве модельной системы для исследований в области биологии клеток эукариот. В отличие от других модельных организмов, эти дрожжи находят широкое применение в различных биотехнологических процессах. Их высокая ценность в биотехнологии обусловлена рядом особенностей: способностью проводить спиртовое брожение с образованием этанола и углекислого газа, а также устойчивостью к неблагоприятным условиям, включая высокую осмолярность и низкие значения рН. В промышленных процессах *S. cerevisiae* применяют как в форме чистых культур, так и в сочетании с другими полезными микроорганизмами [18,19,17].

*S. cerevisiae* способны конкурировать с патогенными микроорганизмами за участки прикрепления на эпителии кишечника. Патогены, связываясь с клеточной поверхностью дрожжей, теряют способность закрепляться на слизистой оболочке, что препятствует их колонизации и снижает вероятность развития инфекций. Кроме того, добавление дрожжей в корм способствует улучшению состава кишечной микрофлоры: стимулирует рост полезных бактерий и одновременно подавляет развитие патогенной микрофлоры. Это в целом положительно сказывается на состоянии и функциональности пищеварительной системы [37,1].

### **2.2 Материалы исследования**

Материалы для исследования: культуры дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, раствор концентрированной ортофосфорной кислоты  $H_3PO_4$ , раствор аммиака  $NH_3$ , свекловичная меласса Аксу-Кант и Коксу-Кант, фуксин циля, генцианвиолет, раствор Люголя, пшеничная мука, солевой раствор, агар-агар.

Лабораторная посуда: бактериологическая петля; чашки Петри (одноразовые, стерильные); мерные пипетки стеклянные; мерные стаканы стеклянные; мерные колбы стеклянные; стеклянные пробирки; шпатель; фарфоровая чашка; стеклянные колбы и пробки, предметное стекло, ареометр, фильтровальная бумага, резиновая груша.

Приборы и оборудование: термостат, автоклав, аналитические весы, спиртовая горелка, pH-метр, ареометр, воронка Бюхнера, лабораторный шейкер, вакуумный насос, микроскоп.

Нормативные документы: ГОСТ Р 57221–2016 [71], ГОСТ 30267–95 [72], ГОСТ 171-2015 [73].

## 2.3 Методика исследования

### 2.3.1 Технология подготовки дрожжевых культур для опытов

Для посевов использовались дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* штамма № Л80У. Методика подготовки дрожжевой культуры и схема последовательных пересевов выполнялись в соответствии с положениями ГОСТ Р 57221–2016 «Дрожжи кормовые. Методы испытаний» [71], предусматривающего правила работы с микробиологическим материалом, включая условия инокуляции, типы используемых сред и режимы инкубации.

### 2.3.2 Грам-окрашивание дрожжевой суспензии

Проводили Грам-окрашивание мазка суспензии приготовленных косячков для определения чужеродных бактерий в косячках для дальнейшего их использования в исследованиях. Процедура приготовления микропрепараторов и Грам-окрашивания выполнялись в соответствии с ГОСТ 30267–95 [72].

### 2.3.3 Определение оптимального уровня pH для исследуемых дрожжей

В рамках эксперимента по варированию кислотности питательной среды были подготовлены шесть образцов сред на основе свекловичной мелассы. В качестве сырья использовалась меласса, полученная из двух сахарных заводов – «Аксу-кант» и «Коксу-Кант» (г. Талдыкорган), с датами выработки 13.03.2024 и 17.01.2024 соответственно. Методика подготовки питательных сред, стерилизации, инокуляции и оценки роста биомассы дрожжей проводилась в соответствии с ГОСТ Р 57221–2016 [71].

### 2.3.4 Определение оптимальных температурных показателей для наиболее высокой бродильной активности через подъемную силу

Методика исследования выполнялась в соответствии с ГОСТ 171-2015 [73].

Определение подъемной силы осуществлялось в соответствии с методическими рекомендациями ГОСТ 171–2015 [73], где за показатель бралась продолжительность времени всплытия тестового образца (с момента погружения до появления на поверхности воды).

Для каждого температурного режима опыт проводился с использованием трех параллельных проб, что обеспечивало оценку стабильности и воспроизводимости полученных данных.

### 3 Результаты исследования

#### 3.1 Посев дрожжей на твердые питательные среды

Навеску дрожжей массой 10 г разводили в 90 мл стерильной воды, предварительно стерилизованной в течение 1 часа при давлении 1,1 атм. После приготовления суспензии проводили последовательные этапы посева на питательные среды.

На первом этапе инокуляцию осуществляли на чашки Петри, которые помещали в термостат и инкубировали при температуре 34 °С в течение 48 часов. Затем, с использованием бактериологической петли, проводили пересев на маточные скошенные агаровые среды.

Инкубация осуществлялась при той же температуре и продолжалась 48 ч.

Далее осуществлялся пересев с маточных скошенных агаров в рабочие скошенные агаровые среды в пробирках, которые инкубировали в аналогичных условиях (рисунок 1).



а) засев дрожжей на чашки Петри

б) засев дрожжей из чашек Петри на маточные косячки

в) засев дрожжей из маточных косячков в рабочие косячки

Рисунок 1 – Внесение дрожжевой суспензии методом косячка на агаровую среду

Полученные культуры в рабочих косячках использовались в последующей экспериментальной части исследования.

### 3.2 Оценка биобезопасности кормовых дрожжей, предназначенных для последующего культивирования

В рамках намеченного исследования была проведена микробиологическая оценка дрожжевых культур *S. cerevisiae* с использованием метода окрашивания по Граму (рисунок 2).



а) нанесение материала на предметное стекло с использованием бактериологической петли



б) нанесение генцианвиолета

Рисунок 2 – Эксперимент Грам-окрашивания супензии кормовых дрожжей

Для приготовления микроскопических препаратов на предметное стекло наносили 1 мл стерильного физиологического раствора. Стерилизацию бактериологической петли осуществляли путем прокаливания на пламени спиртовой горелки. После охлаждения петли отбирали небольшое количество материала с края агаровой среды, стараясь не повредить и не захватывать агар.

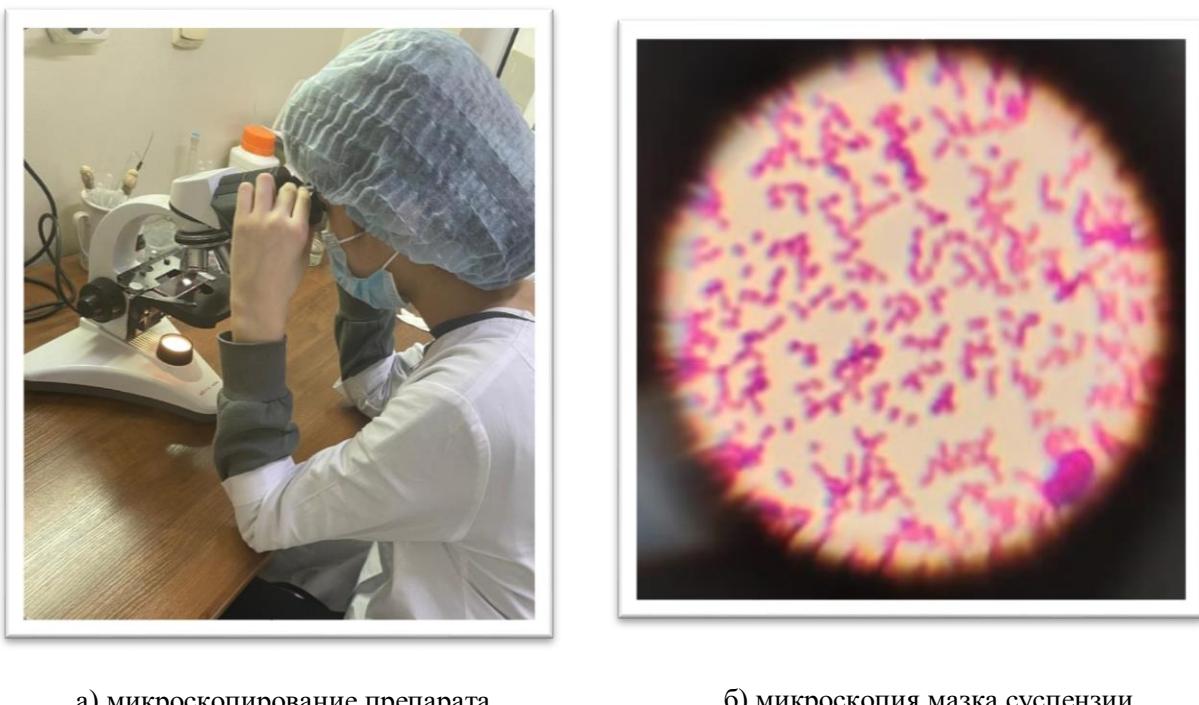
Как видно из рисунка 2, дрожжевую супензию распределяли по поверхности предметного стекла, формируя равномерный мазок. Мазок фиксировали, кратковременно проводя предметное стекло через открытое пламя.

Процедура окрашивания складывалась из воздействия на мазок следующих красителей и растворов: генцианвиолет (выдержка 2 мин; рисунок 2б) → раствор Люголя (выдержка 2 мин) → 96 % этиanol (для обесцвечивания) + фуксин для контрастирования (2 мин).

Далее пробу анализировали под микроскопом до момента выявления бактерий, окрашенных в фиолетовый или розовый в зависимости от их морфологии.

Данный анализ был нацелен на выявление возможного бактериального загрязнения, которые могут негативно повлиять на качество и безопасность продукции.

Различия в структуре бактериальных клеточных стенок – это основа разделения бактерий на грамположительные и грамотрицательные. В первом случае бактерии обладают толстой пептидогликановой стенкой, во втором – тонкой. Поэтому первые удерживают кристаллический фиолетовый краситель, вторые – нет. После обработки, согласно методике по Граму, растворами и спиртом, первые сохраняют фиолетовую окраску, вторые приобретают розовый (красный) цвет, т.к. теряют фиолетовый краситель [74].



а) микроскопирование препарата

б) микроскопия мазка суспензии

Рисунок 3 – Эксперимент по методу Грама

В результате окрашивания дрожжевых клеток наблюдалась стойкая фиолетовая окраска, что свидетельствует об отсутствии грамотрицательных бактерий в исследуемых образцах (рисунок 3).

Это подтверждает микробиологическую чистоту дрожжевых культур и отсутствие бактериальной контаминации.

### 3.3 Оптимизация уровня pH питательной среды на основе свекловичной мелассы

Для приготовления среды мелассу разбавляли стерильной водой до плотности 15 Ба, проверенной с помощью ареометра. Каждая партия была распределена по шести колбам объемом по 500 мл.

Регулирование pH-сред осуществлялось с использованием аммиачного раствора и ортофосфорной кислоты (рисунок 4а).

В результате были получены следующие уровни кислотности: Коксу-Кант (pH 4,0; 5,5; 5,9) и Аксу (pH 4,0; 5,5; 5,9).



а)регулирование мелассы  
ортодифосфорной кислотой

б)приготовленные питательные  
среды на основе мелассы

в)инокулированные среды на  
лабораторном шейкере

Рисунок 4 - Приготовление питательный среды на основе мелассы из заводов «Аксу-кант» и «Коксу-кант»

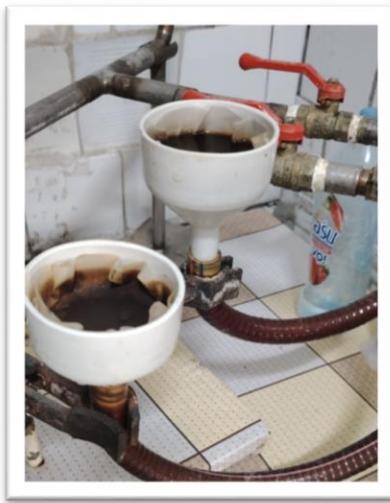
Приготовленные среды были подвергнуты стерилизации в автоклаве при температуре 121 °С и давлении 0,8 атм в течение 30 минут.

После охлаждения сред проводилась инокуляция дрожжей из предварительно активированных косячков. Для этого в каждую колбу добавлялось 8 мл стерильной воды, после чего суспензия с дрожжами вводилась в бутыли с питательной средой.

Инокулированные среды размещались на лабораторный шейкер и инкубировались в течение 24 часов при комнатной температуре при скорости перемешивания 120 об/мин (рисунок 4 в).

По завершении инкубационного периода из каждой бутыли отбирали по 100 мл среды, которую фильтровали через воронку Бюхнера с использованием вакуумного насоса(рисунок 5 а). Полученный осадок (биомассу) (рисунок 5б)

взвешивали на аналитических весах для количественной оценки роста дрожжевых клеток в зависимости от уровня pH среды.



а) фильтрация среды с использованием  
воронки Брюннера



б) полученная биомасса

Рисунок 5 – Выявление оптимального значения pH для культивирования кормовых дрожжей

В рамках проведённого исследования была осуществлена оценка влияния уровня pH на рост дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в средах, приготовленных на основе свекловичной мелассы с двух различных сахарных заводов — «Аксу-Кант» и «Коксу-Кант». Целью данного этапа эксперимента являлось установление оптимального значения pH, способствующего максимальному накоплению биомассы дрожжей.

На диаграмме рисунка 6 представлены результаты оценки роста дрожжевых клеток, в частности, масса осадка после фильтрации, в шести различных средах, приготовленных на основе свекловичной мелассы с двух различных сахарных заводов — «Аксу-Кант» и «Коксу-Кант» с тремя уровнями кислотности: pH 4, pH 5,5 и pH 5,9. Основной целью данного этапа исследования было установление оптимального значения pH, способствующего максимальному накоплению биомассы кормовых дрожжей.

Из полученных данных следует, что наибольшее количество осадка, соответствующее максимальному приросту дрожжевой массы, наблюдается при pH 5,9 как для мелассы «Аксу-Кант» (0,641 г), так и для мелассы «Коксу-Кант» (0,682 г). Это свидетельствует о том, что умеренная слабо-кислая среда ближе к pH 6 и является наиболее благоприятной для развития дрожжей штамма *Saccharomyces cerevisiae* в условиях, использованных в исследовании.

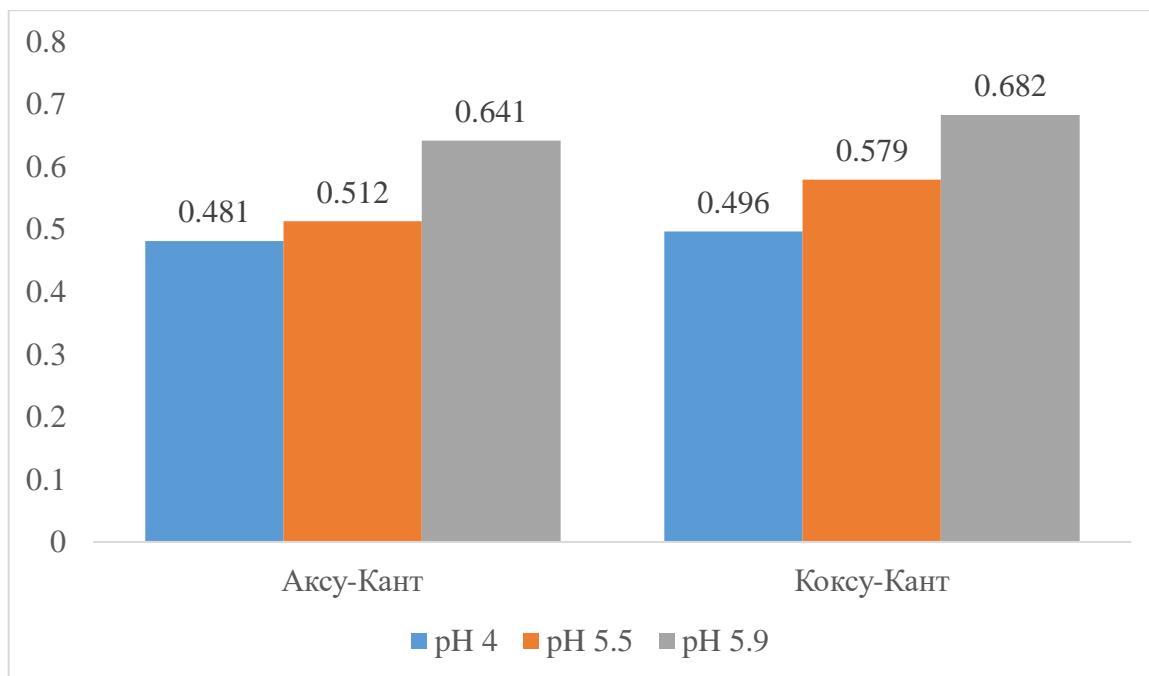


Рисунок 6 – Оценка роста дрожжевых клеток при разных значениях pH

При снижении кислотности (pH 4,0) наблюдается весомое уменьшение массы осадка, что можно объяснить угнетающим действием повышенной кислотности на жизнедеятельность дрожжевых клеток. Аналогично, среды с pH 5,5 демонстрируют промежуточные значения биомассы, подтверждая, что даже незначительное смещение уровня pH в более кислую сторону приводит к снижению эффективности роста.

Кроме того, различия между источниками мелассы оказывают сравнительно незначительное влияние на конечную биомассу. При одинаковом pH значения массы осадка от обеих меласс отличаются несущественно, что позволяет сделать вывод о сопоставимом качестве меласс по содержанию питательных веществ, необходимых для роста дрожжей.

Таким образом, оптимальным уровнем pH для культивирования *Saccharomyces cerevisiae* на свекловичной мелассе, независимо от ее происхождения, является pH 5,9. Именно при этом значении достигаются наилучшие показатели прироста биомассы, что может быть рекомендовано для последующего масштабного производства кормовых дрожжей.

Сопоставление параметров и результатов нашего эксперимента с ранее опубликованными данными из *Журнала промышленной микробиологии* [75] позволило глубже оценить эффективность различных режимов культивирования дрожжей на мелассной среде.

Как в настоящей работе, так и в опубликованном исследовании [75], основное внимание уделялось культивированию дрожжей *Saccharomyces*

*cerevisiae*. Существенное различие наблюдается в составе используемой питательной среды: в данной работе применялась свекловичная меласса, полученная с двух сахарных заводов г. Талдыкорган, тогда как в статье использовалась тростниковая меласса и глюкозный сироп из маниокового крахмала. Несмотря на различие в сырье, оба подхода ориентированы на утилизацию побочных продуктов пищевой промышленности для получения дрожжевой биомассы.

Ключевым параметром, варьируемым в обоих исследованиях, выступал уровень кислотности питательной среды (рН). В ходе эксперимента по данной работе оценивалась биомасса дрожжей при рН 4,0; 5,2; 5,5 и 5,9. Результаты показали, что наиболее благоприятный рост дрожжей наблюдался при рН 5,9, в то время как наименьшее накопление биомассы зафиксировано при рН 4,0. Аналогичным образом, в исследовании 1996 года максимальная продуктивность и выход клеток также достигались при рН 5,5, что указывает на совпадение оптимального диапазона кислотности для роста *S. cerevisiae*. Следовательно, можно сделать вывод, что наилучшие условия роста дрожжевых клеток формируются именно в слабокислотной среде, что подтверждается результатами как нашего, так и опубликованного эксперимента.

Тем не менее, следует отметить различие в температурных условиях. В данной работе инкубация осуществлялась при комнатной температуре (приблизительно 22–25 °C), тогда как в исследованиях Springer оптимальной температурой признан 30 °C. Это различие, вероятно, повлияло на смещение пика биомассообразования в сторону более высокого рН в настоящем эксперименте.

Существенным отличием является также масштаб и способ культивирования. В дипломной работе использовалась лабораторная модель с последующим фильтрованием через воронку Бюхнера и гравиметрическим анализом массы осадка, тогда как в публикации применялись как пакетные, так и полунепрерывные ферментации с количественной оценкой продуктивности (до 2,33 г/л·ч) и выхода биомассы (до 0,46 г клеток на грамм сахара). Несмотря на методические различия, оба подхода подтверждают высокую эффективность использования мелассы в качестве субстрата для дрожжевой биотехнологии.

Таким образом, полученные данные убедительно коррелируют с результатами других авторов, подтверждая надёжность предложенных условий культивирования. Это позволяет утверждать, что предложенные условия культивирования, в частности, диапазон рН от 5,5 до 5,9, действительно являются оптимальными для дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* на мелассной среде.

### 3.4 Определение температурного оптимума бродильной активности дрожжей

Подъёмная сила напрямую отражает технологическую эффективность дрожжей, особенно в хлебопекарной промышленности, и служит индикатором их бродильной активности. Этот параметр связан с интенсивностью потребления глюкозы клетками и выделения метаболитов, включая диоксид углерода. Наивысшая активность и жизнеспособность дрожжей проявляется при определённых температурных условиях. Целью данного эксперимента было определение оптимального температурного режима кормовых дрожжей.

Для анализа была приготовлена модельная тестовая система, содержащая 7,00 г пшеничной муки, 0,31 г исследуемых дрожжевых клеток и 4,75 мл физиологического раствора (рис. 7а). Смесь тщательно перемешивали до получения однородного теста, из которого формировали шар, помещаемый в сосуд с водой, предварительно подогретой до заданной температуры (рис. 7 б), и инкубировали в термостате.



а)приготовление тестового шарика



б)полученный шарик, заранее нагретый в воде

Рисунок 7 – Определение температурного оптимума бродильной активности дрожжей

Испытания проводились при температурных режимах 25 °C, 34 °C и 37 °C. Для каждого режима эксперимент повторяли трёхкратно, всего — девять замеров. В качестве основного критерия использовалось время всплытия тестового шара, отражающее уровень ферментативной активности дрожжей. Чем быстрее происходило всплытие, тем выше была активность исследуемого образца.

В рамках эксперимента была проведена количественная оценка подъемной силы кормовых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* при трех температурных режимах: 25 °C, 34 °C и 37 °C.

Полученные значения подъемной силы представлены в диаграмме 2 рисунка 8.

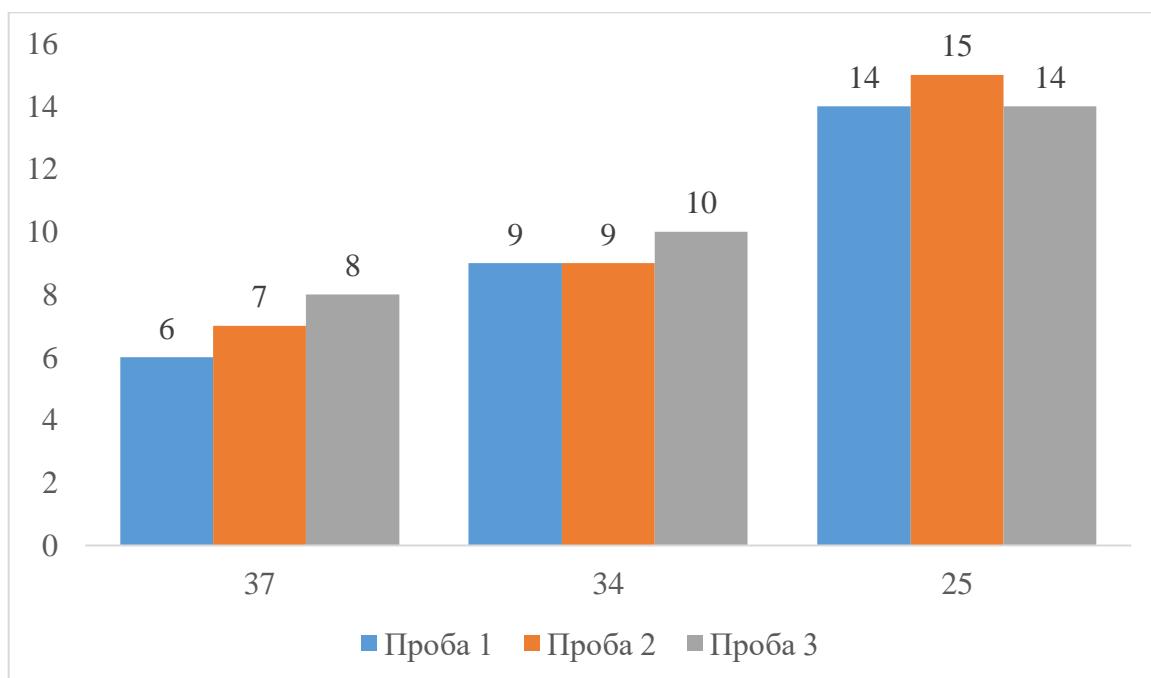


Рисунок 8 – Влияние температурного режима на подъемную силу дрожжей, время поднятия дрожжей, мин

На диаграмме представлены данные о подъемной силе дрожжей, выраженной через время их всплытия при трех различных температурных режимах: 37 °C, 34 °C и 25 °C. Исследование проводилось с использованием трех параллельных проб, что позволило оценить стабильность и воспроизводимость результатов.

Анализ полученных данных показал, что при температуре 37 °C время всплытия дрожжей составляет в среднем от 6 до 8 минут, что свидетельствует о высокой ферментативной активности. При снижении температуры до 34 °C время увеличивается до 9–11 минут, а при 25 °C — до 13–14 минут, что указывает

на существенное снижение подъемной силы дрожжей в условиях пониженной температуры.

Таким образом, наименьшее время всплытия дрожжевых клеток наблюдается при температуре 37 °C, что позволяет сделать вывод о том, что именно данный температурный режим является наиболее благоприятным для проявления максимальной бродильной активности дрожжевой культуры.

С целью оценки ферментативной активности исследуемой партии дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* была проведена сравнительная характеристика с результатами, представленными в исследовании Архиповой А.Е. и Смолиной Е.М [76], в котором изучались показатели качества пяти марок дрожжей: «Angel», «Fermipan», «Саф-Момент», «Люкс» и «Рекорд». Наиболее высокую активность показали дрожжи «Angel» и «Fermipan», у которых время всплытия тестового шарика составило 9 и 9,1 минут соответственно.

Результаты нашего эксперимента при температуре 34 °C показали аналогичный уровень активности – подъемная сила составила 24,5 условных единиц, что соответствует приблизительно 7 минутам всплытия. Это указывает на высокую бродильную способность исследуемой партии дрожжей и сопоставимость с лучшими образцами на рынке.

В то же время при температуре 25 °C была зафиксирована подъемная сила 50,16, что превышает допустимый предел для высшего сорта согласно ГОСТ 171-2015 (не более 50). Данное отклонение обусловлено температурным влиянием: при пониженных температурах активность ферментов и метаболических процессов в дрожжевых клетках снижается, что негативно сказывается на способности к газообразованию [77].

Таким образом, оптимальная температура дрожжей Алматинского дрожжевого завода составляет 37 °C что свидетельствует о том, что наибольшие показатели бродильной силы достигаются при данной температуре.

Таким образом, в ходе проведённого исследования были последовательно изучены ключевые параметры, влияющие на безопасность, рост и ферментативную активность дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, что имеет важное значение для их дальнейшего применения в технологии производства кормовых добавок.

На первом этапе была выполнена микробиологическая оценка дрожжевых культур *Saccharomyces cerevisiae* с использованием метода окрашивания по Граму. Результаты анализа показали отсутствие грамотрицательных бактерий в исследуемых образцах, что указывает на высокую степень микробиологической чистоты и отсутствие бактериальной контаминации. Данные результаты свидетельствуют о биобезопасности кормовых дрожжевых культур и подтверждают возможность их использования в качестве безопасного биологического агента в сельском хозяйстве и пищевой промышленности.

На втором этапе было проведено исследование по оптимизации рН питательной среды, приготовленной на основе свекловичной мелассы. Показано, что наиболее благоприятным значением кислотности среды для роста исследуемых кормовых дрожжей является рН 5,9, при котором наблюдается максимальное накопление биомассы дрожжей. Причём данная закономерность сохраняется независимо от источника мелассы, что позволяет говорить о высокой универсальности и устойчивости выбранных штаммов к составу сырья. Полученные результаты согласуются с данными других исследований, указывающих на оптимальность слабокислой среды для дрожжевого роста.

На третьем этапе исследования была проанализирована температурная зависимость бродильной активности дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Установлено, что наибольшая подъемная сила достигается при температуре 37 °C, тогда как при понижении температуры до 34 °C и 25 °C ферментативная активность заметно снижается. Это указывает на то, что температурный режим играет важную роль в активации метаболических процессов дрожжевых клеток, обеспечивая интенсивное газообразование и высокую эффективность брожения. Сравнение полученных результатов с литературными данными подтверждает высокое качество исследуемых дрожжей и их конкурентоспособность по сравнению с другими промышленными марками.

Таким образом, полученные данные позволяют сделать вывод о высокой перспективности дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в качестве основы для производства кормовых добавок. Определение оптимальных параметров культивирования — уровня рН и температурного режима — имеет практическое значение для масштабирования биотехнологического процесса и повышения его эффективности. Кроме того, подтверждённая микробиологическая безопасность исследуемой дрожжевой культуры делает её пригодной для использования в условиях, требующих строгое соблюдение санитарных норм.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что кормовые дрожжи не содержат грамотрицательных бактерий, что подтверждает их биобезопасность и пригодность для использования в производстве кормов. Оптимальный уровень pH для роста *Saccharomyces cerevisiae* на свекловичной мелasse составляет 5,9, при котором достигается максимальное накопление биомассы независимо от происхождения сырья. Наибольшая бродильная активность кормовых дрожжей наблюдается при температуре 37 °C, что свидетельствует о высокой ферментативной способности и подтверждает эффективность их использования в производстве.

Таким образом, оптимизированы физико-химические свойства культуральной среды для кормовых дрожжей.

Выводы:

1 Выполнен микробиологический анализ дрожжевой культуры для оценки уровня возможной бактериальной обсеменённости и подтверждения её биобезопасности.

2 Подобраны наиболее подходящее значения pH для питательной среды на основе свекловичной мелассы, способствующие интенсивному росту дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*.

3 Определены температурные условия, при которых дрожжевая культура демонстрирует наивысшую ферментативную активность, опираясь на результаты измерений подъемной силы при разных температурах.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Sampath V., Sureshkumar S., Kim I.H. The efficacy of yeast supplementation on monogastric animal performance – a short review // *Life (Basel)*. – 2023. – Vol. 13, №10. – P. 2037. – doi: 10.3390/life13102037.
- 2 Nami Y., Vaseghi Bakhshayesh R., Mohammadzadeh Jalaly H., Lotfi H., Eslami S., Hejazi M.A. Probiotic properties of *Enterococcus* isolated from artisanal dairy products // *Front. Microbiol.* – 2019. – Vol. 10. – Article 300. – doi: 10.3389/fmicb.2019.00300.
- 3 Pang Y., Zhang H., Wen H., Wan H., Wu H., Chen Y., Li S., Zhang L., Sun X., Li B. et al. Yeast probiotic and yeast products in enhancing livestock feeds utilization and performance: an overview // *J. Fungi*. – 2022. – Vol. 8. – Article 1191. – doi: 10.3390/jof8111191.
- 4 Shurson G.C. Yeast and yeast derivatives in feed additives and ingredients: sources, characteristics, animal responses, and quantification methods // *Anim. Feed Sci. Technol.* – 2018. – Vol. 235. – P. 60–76. – doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.11.010.
- 5 Volz. *Zeitschr. f. Spirit. Jnd.* – 1910. – № 47.
- 6 Völz. *Jahrb. d. Vereins d. Spirit. Fabr. in Deutschl.* – 1912. – S. 301.
- 7 Landw. *Jahrb.* – 1912.
- 8 Völb u. Baudrex. *Wochenschr. f. Breur.* – 1913. – № 11.
- 9 Лебедев С.В. Дрожжи, как кормовое, пищевое и лечебное средство // *Известия ТПУ*. – 1927. – № 1–6. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/drozhzhi-kak-kormovoe-pischevoe-i-lechebnoe-sredstvo> (дата обращения: 06.12.2024).
- 10 Попов И.С. *Кормление сельскохозяйственных животных*. – М.: Сельхозиздат, 1990.
- 11 Банница Т.Е., Канарский А.В., Щербаков А.В., Чеботарь В.К., Кипрушкина Е.И. Дрожжи в современной биотехнологии // *Вестник МАХ*. – 2016. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/drozhzhi-v-sovremennoy-biotekhnologii> (дата обращения: 13.12.2024).
- 12 Riesute R., Salomskiene J., Moreno D.S., Gustiene S. Effect of yeasts on food quality and safety and possibilities of their inhibition // *Trends in Food Science & Technology*. – 2021. – Vol. 108. – P. 1–10. – doi: 10.1016/j.tifs.2020.11.022.
- 13 Maicas S. The role of yeasts in fermentation processes // *Microorganisms*. – 2020. – Vol. 8, №8. – Article 1142. – doi: 10.3390/microorganisms8081142.
- 14 Coulibaly W.H., Bouatenin K.M.J.-P., Boli Z.B.I.A., Alfred K.K., Bi Y.C.T., N'sa K.M.C., Cot M., Djameh C., Djè K.M. Influence of yeasts on bioactive compounds content of traditional sorghum beer (tchapalo) produced in Côte d'Ivoire // *Curr. Res. Food Sci.* – 2020. – Vol. 3. – P. 195–200. – doi: 10.1016/j.crfs.2020.06.001.

15 Staniszewski A., Kordowska-Wiater M. Probiotic and potentially probiotic yeasts – characteristics and food application // Foods. – 2021. – Vol. 10, №6. – Article 1306. – doi: 10.3390/foods10061306.

16 Abdulkhair W.M.H. (ed.). The yeast role in medical applications. – Rijeka: InTech, 2018. – doi: 10.5772/intechopen.69408.

17 Саубенова М.Г., Олейникова Е.А., Алыбаева А.Ж., Амангелді А.А., Ермекбай Ж.Н., Потороко И.Ю. Дрожжевые микроорганизмы как пробиотики и источник белка // Микробиология және вирусология. – 2023. – № 3 (42). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/drozhzhevye-mikroorganizmy-kak-probiotiki-i-istochnik-belka> (дата обращения: 14.12.2024).

18 Parapouli M., Vasileiadis A., Afendra A.-S., Hatziloukas E. *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications // AIMS Microbiol. – 2020. – Vol. 6, №1. – P. 1–31. – doi: 10.3934/microbiol.2020001.

19 Абдреш Х., Асембаева Э., Рябова А., Мырзабек К., Сейдахметова З. Исследование показателей качества продуктов смешанного брожения // Микробиология және вирусология. – 2023. – № 2 (41). – С. 144–160. – doi: 10.53729/MV-AS.2023.02.09.

20 Qamar A., Aboudola S., Warny M., Michetti P., Pothoulakis C., Lamont J.T., Kelly C.P. *Saccharomyces boulardii* stimulates intestinal immunoglobulin A immune response to *Clostridium difficile* toxin A in mice // Infect. Immun. – 2001. – Vol. 69. – P. 2762–2765. – doi: 10.1128/IAI.69.4.2762-2765.2001.

21 Castagliulo I., Lacant T., Nikulassan S.T., Pothoulakis C. *Saccharomyces boulardii* protease inhibits *Clostridium difficile* toxin A effects in the rat ileum // Infect. Immun. – 1996. – Vol. 64. – P. 5225–5232. – doi: 10.1128/iai.64.12.5225-5232.1996.

22 Stanley V.G., Ojo R., Moldesebet S., Hutchinson D.H., Kubena L. The use of *Saccharomyces cerevisiae* to suppress the effects of aflatoxicosis in broiler chicks // Poult. Sci. – 1993. – Vol. 72, №12. – P. 1867–1872. – doi: 10.3382/ps.0721867.

23 Гордин А.А., Грабар А.А. Управление производством кормовых гидролизных дрожжей как фактор устойчивого развития региона // Аэкономика: экономика и сельское хозяйство. – 2017. – № 10 (22). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-proizvodstvom-kormovyh-gidroliznyh-drozhzhey-kak-faktor-ustoychivogo-razvitiya-regiona> (дата обращения: 22.12.2024).

24 Биотехнология в кормопроизводстве: учебно-методическое пособие для практических занятий для студентов I курса направления подготовки 36.04.02 зоотехния / Сост.: Е.А. Фауст. – Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2017. – 51 с.

25 Bennett J.W. The role of fungi in biotechnology // J. Biotechnol. – 1998. – Vol. 66. – P. 101–107. – doi: 10.1016/S0168-1656(98)00133-3.

26 André A.C., Debande L., Marteyn B.S. The selective advantage of facultative anaerobes relies on their unique ability to cope with changing oxygen levels during infection // Cell. Microbiol. – 2021. – Vol. 23. – e13338. – doi: 10.1111/cmi.13338.

- 27 Younis G., Awad A., Dawod R.E., Yousef N.E. Antimicrobial activity of yeasts against some pathogenic bacteria // *Vet. World.* – 2017. – Vol. 10. – P. 979–983. – doi: 10.14202/vetworld.2017.979-983.
- 28 Хохрин С.Н. Корма и кормление животных. – СПб.: Лань, 2002.
- 29 Morales J.L. Application of a probiotic supplement in the recovery of a layer replacement // Fourth Congress of Aviculture. – Santiago de Cuba, 2004.
- 30 Hiltz R.L., Steelreath M.R., Degenshein-Woods M.N., Hung H.C., Aguilar A., Nielsen H., Laarman A.H. Effects of *Saccharomyces cerevisiae boulardii* (CNCM I-1079) on feed intake, blood parameters, and production during early lactation // *J. Dairy Sci.* – 2023. – Vol. 106. – P. 187–201. – doi: 10.3168/jds.2021-21740.
- 31 Hoffman C.S., Wood V., Fantes P.A. An ancient yeast for young geneticists: a primer on the *Schizosaccharomyces pombe* model system // *Genetics.* – 2015. – Vol. 201. – P. 403–423. – doi: 10.1534/genetics.115.181503.
- 32 Ahiwe E.U., Abdallh M.E., Chang'a E.P., Omede A.A., Al-Qahtani M., Gausi H., Graham H., Iji P.A. Influence of dietary supplementation of autolyzed whole yeast and yeast cell wall products on broiler chickens // *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* – 2020. – Vol. 33. – P. 579–589. – doi: 10.5713/ajas.19.0220.
- 33 Pais P., Almeida V., Yilmaz M., Teixeira M.C. *Saccharomyces boulardii*: What makes it tick as successful probiotic? // *J. Fungi.* – 2000. – Vol. 6. – Article 78. – doi: 10.3390/jof6020078.
- 34 Kandel J.S., Stern T.A. Killer phenomenon in pathogenic yeast // *Antimicrob. Agents Chemother.* – 1979. – Vol. 15, №4. – P. 568–571. – doi: 10.1128/AAC.15.4.568.
- 35 Dhamma K., Singh S.D. Probiotics improving poultry health and production: an overview // *Poult. Punch.* – 2010. – Vol. 26. – P. 41–44.
- 36 Chowdhury R., Knabe D.A. *Saccharomyces cerevisiae*–aspartic acid interaction in diet for nursery pigs: I. Effects on growth performance // *J. Anim. Sci.* – 2004. – Vol. 82. – P. 1415–1422.
- 37 Abid R., Waseem H., Ali J., Ghazanfar S., Muhammad Ali G., Elasbali A.M., Alharethi S.H. Probiotic yeast *Saccharomyces*: Back to nature to improve human health // *J. Fungi.* – 2022. – Vol. 8. – Article 444. – doi: 10.3390/jof8050444.
- 38 Ogbuewu I.P., Mbajorgu C.A. Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as a probiotic of choice for laying chickens (*Gallus gallus*, Linnaeus, 1758) // *Trop. Agric.* – 2018. – Vol. 95. – P. 386–393.
- 39 Rizwanuddin S., Kumar V., Naik B., Singh P., Mishra S., Rustagi S., Kumar V. Microbial phytase: their sources, production, and role in the enhancement of nutritional aspects of food and feed additives // *J. Agric. Food Res.* – 2023. – Vol. 24. – Article 100559. – doi: 10.1016/j.jafr.2023.100559.
- 40 Ramos Meyers G., Samouda H., Bohn T. Short chain fatty acid metabolism in relation to gut microbiota and genetic variability // *Nutrients.* – 2022. – Vol. 16. – Article 5361. – doi: 10.3390/nu14245361.

41 Bruinenberg P.G., Castex M. Evaluation of a yeast hydrolysate from a novel strain of *Saccharomyces cerevisiae* for mycotoxin mitigation using in vitro and in vivo models // Toxins. – 2021. – Vol. 14. – Article 7. – doi: 10.3390/toxins14010007.

42 Pourabedin M., Xu Z., Baurhoo B., Chevaux E., Zhao X. Effects of mannan oligosaccharide and virginiamycin on the cecal microbial community and intestinal morphology of chickens raised under suboptimal conditions // Can. J. Microbiol. – 2014. – Vol. 60. – P. 255–266. – doi: 10.1139/cjm-2013-0899.

43 Serviento A.M., Castex M., Renaudeau D., Labussière E. Effect of live yeast supplementation and feeding frequency in male finishing pigs subjected to heat stress // Br. J. Nutr. – 2023. – Vol. 129. – P. 1855–1870. – doi: 10.1017/S0007114522002513.

44 Perricone V., Sandrini S., Irshad N., Savoini G., Comi M., Agazzi A. Yeast-derived products: the role of hydrolyzed yeast and yeast culture in poultry nutrition – a review // Animals. – 2022. – Vol. 12. – Article 1426. – doi: 10.3390/ani12111426.

45 Boontiam W., Wachirapakorn C., Phaengphairee P. Effects of hydrolyzed yeast supplementation on growth performance, immunity, antioxidant capacity, and microbial shedding in weaning pigs // Vet. World. – 2020. – Vol. 13. – P. 1902–1909. – doi: 10.14202/vetworld.2020.1902-1909.

46 Gao J., Zhang H.J., Yu S.H., Wu S.G., Yoon I., Quigley J., Gao Y.P., Qi G.H. Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions // Poult. Sci. – 2008. – Vol. 87. – P. 1377–1384. – doi: 10.3382/ps.2007-00418.

47 Li J., Li D., Gong L., Ma Y., He Y., Zhai H. Effects of live yeast on the performance, nutrient digestibility, gastrointestinal microbiota and concentration of volatile fatty acids in weanling pigs // Arch. Anim. Nutr. – 2006. – Vol. 60. – P. 277–288. – doi: 10.1080/17450390600785343.

48 Zhang J., Yang Y., Lei X., Wang Y., Li Y., Yang Z., Yao J. Active dry yeast supplementation benefits ruminal fermentation, bacterial community, blood immunoglobulins, and growth performance in young dairy goats, but not for intermittent supplementation // Anim. Nutr. – 2023. – Vol. 13. – P. 289–301. – doi: 10.1016/j.aninu.2023.02.001.

49 Guarner F., Schaafsma G.J. Probiotics // Int. J. Food Microbiol. – 1998. – Vol. 39. – P. 237–238. – doi: 10.1016/S0168-1605(97)00136-0.

50 Vohra A., Syal P., Madan A. Probiotic yeasts in livestock sector // Anim. Feed Sci. Technol. – 2016. – Vol. 1. – P. 31–47. – doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.05.019.

51 Bayarjargal M., Munkhbat E., Ariunsaikhan T., Odonchimeg M., Uurzaikh T., Gan-Erdene T., Regdel D. Utilization of spent brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae* for the production of yeast enzymatic hydrolysate // Mong. J. Chem. – 2011. – Vol. 12. – P. 88–91. – doi: 10.5564/mjc.v12i0.179.

52 Vetvicka V., Vannucci L., Sima P. The effects of  $\beta$ -glucan on pig growth and immunity // Open Biochem. J. – 2014. – Vol. 8. – P. 89–96. – doi: 10.2174/1874091X01408010089.

53 Zhang A.W., Lee B.D., Lee S.K., Lee K.W., An G.H., Song K.B., Lee C.H. Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cell components on growth performance, meat quality, and ileal mucosa development of broiler chicks // Poult. Sci. – 2005. – Vol. 84. – P. 1015–1021. – doi: 10.1093/ps/84.7.1015.

54 Liu J., Gunn L., Hansen R., Yan J. Combined yeast-derived  $\beta$ -glucan with anti-tumor monoclonal antibody for cancer immunotherapy // Exp. Mol. Pathol. – 2009. – Vol. 86. – P. 208–214. – doi: 10.1016/j.yexmp.2009.01.006.

55 Aguilar-Uscanga B., Francois J.A. Study of the yeast cell wall composition and structure in response to growth conditions and mode of cultivation // Lett. Appl. Microbiol. – 2003. – Vol. 37. – P. 268–274. – doi: 10.1046/j.1472-765X.2003.01394.x.

56 Abudabos A.M., Yehia H.M. Effect of dietary mannan oligosaccharide from *Saccharomyces cerevisiae* on live performance of broilers under *Clostridium perfringens* challenge // Ital. J. Anim. Sci. – 2013. – Vol. 12. – e38. – doi: 10.4081/ijas.2013.e38.

57 Spring P., Wenk C., Connolly A., Kiers A. A review of 733 published trials on Bio-Mos®, a mannan oligosaccharide, and Actigen®, a second-generation mannose rich fraction, on farm and companion animals // J. Appl. Anim. Nutr. – 2015. – Vol. 3. – e8. – doi: 10.1017/jan.2015.6.

58 Van der Peet-Schwering C.M., Jansman A.J., Smidt H., Yoon I. Effects of yeast culture on performance, gut integrity, and blood cell composition of weanling pigs // J. Anim. Sci. – 2007. – Vol. 85. – P. 3099–3109. – doi: 10.2527/jas.2007-0110.

59 Скиба Е.А. Биосинтез кормовых дрожжей на средах, полученных из плодовых оболочек овса // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2016. – № 3 (18). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biosintez-kormovyh-drozhzhey-na-sredah-poluchennyh-iz-plodovyh-obolochek-ovsa> (дата обращения: 13.12.2024).

60 Байбакова О.В. Сбраживание ферментативного гидролизата целлюлозы мискантуса с помощью *Pachysolen tannophilus* Y-1532 и *Saccharomyces cerevisiae* Y-1693 // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9 (ч. 5). – С. 949–953.

61 Фогельзан Н.А. Анализ биологических свойств дрожжей, предназначенных для изготовления кормовой добавки для молочного скота // Сейфуллинские чтения – 18. – 2022. – Т. II, Ч. I. – С. 187–191.

62 Мотавина Л.И., Галиева З.А., Гизатова Н.В., Исхаков Р.С., Гизатов А.Я., Карнаухов Ю.А., Файзуллин И.М., Юсупов Р.С. Основы пищевой биотехнологии: учебное пособие для аграрных вузов. – Уфа: ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ, 2014. – 184 с.

63 Римарева Л.В., Лозанская Т.И., Худякова Н.М. Комплексное использование отходов и ВСР спиртовой отрасли в производстве кормовых дрожжей // Теоретические и практические основы совершенствования технологии спирта. – М.: ВНИИПБТ, 2008. – 109 с.

64 Римарева Л.В., Лозанская Т.И., Худякова Н.М. Рациональное использование отходов и ВСР спиртовой отрасли в технологии кормовых дрожжей // Экология промышленного производства. – 2007. – № 4. – С. 2–4.

65 Римарева Л.В., Лозанская Т.И., Худякова Н.М. Биотехнология кормовых дрожжей на основе микробной конверсии вторичных ресурсов спиртовой и масложировой промышленности // Современные биотехнологии переработки сельскохозяйственного сырья и вторичных ресурсов. – Углич, 2009. – С. 170–172.

66 Патент РФ № 2203315. Способ производства белкововитаминного корма / Л.В. Римарева, Т.И. Лозанская, Н.М. Худякова. – Зарегистрирован в Государственном реестре 27.04.2003.

67 Римарева Л.В., Лозанская Т.И., Худякова Н.М. Дрожжи кормовые из зерновой барды // Комбикорма. – 2008. – № 3. – С. 69.

68 Римарева Л.В., Лозанская Т.И., Худякова Н.М. Производство кормовых дрожжей из зерновой барды и использование их в птицеводстве // Птица и птицепродукты. – 2008. – № 6. – С. 33.

69 Полягалина Г.В. Технохимический контроль спиртового и ликеро-водочного производств. – М.: Колос, 1999. – 334 с.

70 Римарева Л.В., Лозанская Т.И., Худякова Н.М. Совершенствование технологии кормовых дрожжей из зерновой барды с использованием ВСР пищевой промышленности // Пищевая промышленность. – 2012. – № 7. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-tehnologii-kormovyh-drozhzhей-iz-zernovoy-bardы-s-ispolzovaniem-vsr-pischevoy-promyshlennosti> (дата обращения: 14.12.2024).

71 ГОСТ Р 57221–2016. Дрожжи кормовые. Методы испытаний. – Введ. 2017–01–01. – М.: Стандартинформ, 2017. – 14 с.

72 ГОСТ 30267–95. Продукты пищевые. Методы микробиологического анализа. Общие требования к методам и правилам микробиологических испытаний. – Введ. 1996–01–01. – М.: Госстандарт России, 1995. – 11 с.

73 ГОСТ 171–2015. Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия.

74 Грамположительные и грамотрицательные бактерии // Большая российская энциклопедия. – URL: <https://bigenc.ru> (дата обращения: 26.04.2025).

75 Win S.S., Impoolsup A., Noomhorm A. Кинетика роста *Saccharomyces cerevisiae* при периодическом и подпитываемом культивировании с использованием патоки сахарного тростника и глюкозного сиропа из крахмала маниоки // J. Ind. Microbiol. – 1996. – Vol. 16. – Р. 117–123.

76 Носкова Е.М. Исследование показателей качества хлебопекарных дрожжей // Исследовательская работа. – МБОУ «ССШ №2», 10 «А» класс. – 04.11.2021.

77 Suomalainen H. Some enzymological factors influencing the leavening capacity and keeping quality of baker's yeast // Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. – 1975. – Vol. 1. – P. 1–12.

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени К.И.САТПАЕВА»

**ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на дипломную работу

Битим Назиды Нурланкызы

6B05101 Химическая и биохимическая инженерия

На тему: Оптимизация физико-химических свойств культуральной среды для  
кормовых дрожжей

Выполнено:

- а) графическая часть на 12 листах
- б) пояснительная записка на 33 страницах

**ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ**

Дипломная работа Битим Назиды Нурланкызы выполнена на актуальную тему, связанную с поиском эффективных условий культивирования кормовых дрожжей на доступных субстратах. Работа имеет как научную, так и практическую значимость, так как связана с использованием побочных продуктов сахарной промышленности (свекловичная меласса) для получения высокобелковых кормовых добавок.

Аналитическая часть содержит литературный обзор на основе изучения 77 научных источников, глубоко раскрывающий биологические, технологические и функциональные свойства *Saccharomyces cerevisiae*. Экспериментальная часть основана на изучении влияния различных режимов pH и температуры на рост дрожжей при культивировании и на бродильную активность. В процессе исследования соискателем для работы использованы методы микробиологии (культивирование на мелассе различного происхождения, Грам-окрашивание) и промышленной биотехнологии (определение подъемной силы дрожжевого продукта).

Исследование соискателя показало, что наиболее оптимальными условиями для промышленного культивирования дрожжей на мелассе различного происхождения являются pH 5,9 и температура 37 °C. Полученные данные могут быть применены для оптимизации технологии производства кормовых дрожжей в условиях Казахстана.

Замечаний к работе нет.

**Оценка работы**

В целом работа выполнена методически грамотно и соответствует всем требованиям, предъявляемые к выпускным квалификационным работам, заслуживает оценки «отлично» (95 баллов), рекомендуется к защите, а её автор заслуживает присвоения квалификации «Биотехнолог».

**Научный руководитель**

к.с.х.н., доцент

 Джамалова Г.А.

(подпись)

«10» 06 2025 г.

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени К.И.САТПАЕВА»

**РЕЦЕНЗИЯ**

на дипломную работу

Битим Назиды Нурланкызы

6B05101 Химическая и биохимическая инженерия

На тему: Оптимизация физико-химических свойств культуральной среды для  
кормовых дрожжей

Выполнено:

- а) графическая часть на 12 листах
- б) пояснительная записка на 33 страницах

**ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ**

Представленная дипломная работа посвящена решению актуальной биотехнологической задачи — повышению эффективности производства кормовых дрожжей при культивировании на основе свекловичной мелассы. В литературном обзоре охарактеризованы биолого-технологические особенности производства дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, их роль в кормопроизводстве.

Экспериментальная часть включает микробиологическую оценку чистоты культуры, определение оптимального уровня pH и температурного режима для роста и ферментативной активности дрожжей. Проведён количественный анализ биомассы и подъемной силы дрожжевой суспензии. Результаты представлены в виде таблиц и диаграмм, сопровождаются подробным анализом, сопоставлением с данными из научной литературы и обоснованными выводами.

Работа имеет высокую научно-практическую ценность и может быть предложена для внедрения эффективных технологий в области промышленной биотехнологии.

Замечания. В литературном обзоре местами наблюдается описательный характер, без достаточной критической оценки методов и результатов других авторов, что могло бы усилить аналитическую часть работы. Данное замечание носит рекомендательный характер и не влияет на научно-практическую ценность работы.

**Оценка работы**

Работа выполнена методически грамотно и соответствует всем требованиям, предъявляемые к выпускным квалификационным работам, заслуживает оценки «отлично» (95 баллов), рекомендуется к защите, а её автор заслуживает присвоения квалификации «Биотехнолог».

**Рецензент**

профессор, д.б.н., Кафедра  
биотехнологии КазНТУ имени  
Аль-Фараби, факультет биологии  
и биотехнологии

Иващенко А.Т.  
(подпись) 06  
«11» 2025 г.

Ф КазНИТУ 706-17. Рецензия



## Raport podobieństwa

### Metadane

Nazwa instytucji

**Satbayev University**

Tytuł

**Оптимизация физико-химических свойств культуральной среды для кормовых дрожжей**

Autor/zy

Promotor

**Битим Назида НурланқызыГуля Джамалова**

Jednostka organizacyjna

**ИГиНГД**

### 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 7265 59595  
Długość frazy dla WP 2 Liczba słów Liczba znaków

### 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		0
Rozstrzelania		0
Mikrospacje		31
Ukryte znaki		0
Parafrazy		12

### 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)
1	<a href="https://studfile.net/preview/2865111/page:2/">https://studfile.net/preview/2865111/page:2/</a>	25 0.34 %
2	<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/biosintez-kormovyh-drozhzhey-na-sredah-poluchennyh-iz-plodovyh-obolochek-ovsa">https://cyberleninka.ru/article/n/biosintez-kormovyh-drozhzhey-na-sredah-poluchennyh-iz-plodovyh-obolochek-ovsa</a>	24 0.33 %
3	<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/biosintez-kormovyh-drozhzhey-na-sredah-poluchennyh-iz-plodovyh-obolochek-ovsa">https://cyberleninka.ru/article/n/biosintez-kormovyh-drozhzhey-na-sredah-poluchennyh-iz-plodovyh-obolochek-ovsa</a>	19 0.26 %

4 Изучение распространения Salmonella в пищевой цепи.docx  
5/31/2023  
Satbayev University (ИГиНГД)

16 0.22 %

5 <https://studfile.net/preview/2865111/page:2/>

14 0.19 %

### z bazy RefBooks (0.00 %)

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

### z bazy macierzystej (0.22 %)

LP	TYTUŁ	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)
1	Изучение распространения Salmonella в пищевой цепи.docx 5/31/2023 Satbayev University (ИГиНГД)	16 (1) 0.22 %

### z Programu Wymiany Baz (0.00 %)

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

### z Internetu (1.13 %)

LP	ADRES URL ŹRÓDŁA	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)
1	<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/biosintez-kormovyh-drozhzhey-na-sredah-poluchennyyh-iz-plodovyh-obolochek-ovsa">https://cyberleninka.ru/article/n/biosintez-kormovyh-drozhzhey-na-sredah-poluchennyyh-iz-plodovyh-obolochek-ovsa</a>	43 (2) 0.59 %
2	<a href="https://studfile.net/preview/2865111/page:2/">https://studfile.net/preview/2865111/page:2/</a>	39 (2) 0.54 %

### Lista zaakceptowanych fragmentów (brak zaakceptowanych fragmentów)

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