

МРНТИ 61.01.91

А. Төлеуғазықызы¹ – основной автор, ©
Д.А. Тлевлессова², А.Н. Мендыбаева³,
А.К. Жумағалиева⁴, К.С. Бекбаев⁵



¹PhD, ²PhD, ассоц. профессор, ^{3,4}Магистрант, ⁵Канд. техн. наук, профессор

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0002-2061-1699> ²<https://orcid.org/0000-0002-5084-6587>

⁵<https://orcid.org/0000-0001-9591-0370>



^{1,3,4}Казахский агротехнический исследовательский университет им.

С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан

²Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

⁵Университет им. Шакарима города Семей, г. Семей, Казахстан



²tlevlessova@gmail.com

<https://doi.org/10.55956/JSAT6934>

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛАССЫ НА СИНТЕЗ БИОВОДОРОДА И РОСТ БАКТЕРИАЛЬНОЙ МАССЫ

Аннотация. В данной статье рассмотрено влияние различных концентраций мелассы на процесс синтеза биоводорода и рост бактериальной массы. Основной целью исследования являлось определение оптимальной концентрации мелассы, способствующей максимальному выходу биоводорода. В ходе эксперимента проведен статистический анализ полученных результатов. Анализ показал, что рост бактериальной массы также зависит от концентрации мелассы, при концентрации мелассы 4% достигается наиболее активное выделение водорода, тогда как увеличение концентрации до 10% ингибирует данный процесс. Оптимальный баланс между продукцией водорода и биомассой зависит от условий протекания процесса. Результаты показывают, что правильный выбор концентрации субстрата может значительно повысить эффективность биотехнологических процессов производства биоводорода. Полученные формулы позволяют спрогнозировать выход водорода при разных концентрациях мелассы, что может быть полезным при оптимизации процесса.

Ключевые слова: меласса, биоводород, бактериальная масса, ферментация, концентрация субстрата.



Төлеуғазықызы, А. Влияние концентрации мелассы на синтез биоводорода и рост бактериальной массы [Текст] / А. Төлеуғазықызы, Д.А. Тлевлессова, А.Н. Мендыбаева, А.К. Жумағалиева, К.С. Бекбаев //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.146-155. <https://doi.org/10.55956/JSAT6934>

Введение. Переработка отходов производства продуктов питания является как острой проблемой для экологии, так и перспективной нишей для производство продуктов с надбавленной стоимостью и получение возобновляемых источников энергии. Производство биоводорода из органических субстратов, таких как меласса, является перспективной областью в возобновляемой энергетике. Технология темной ферментации позволяет преобразовывать биомассу в водород, предлагая экологически чистую альтернативу традиционным источникам энергии. В данной работе

рассмотрены ключевые исследования, посвященные оптимизации параметров ферментации и использованию различных субстратов для получения биоводорода, а также приведены результаты экспериментов, выполненных в рамках проекта грантового финансирования (грант № AP19677558).

При поиске информации о процессах ферментации выявлено, что многочисленные исследования показывают, что для эффективного производства биоводорода необходимо оптимизировать такие параметры, как концентрация субстрата, температура, время ферментации и метод регулирования pH. Например, в работе [1] провели детальное исследование по оптимизации числа частиц, концентрации субстрата и температуры в системе периодического реактора с иммобилизованными микроорганизмами для темной ферментации. Их работа подчеркивает важность выбора оптимальных параметров для увеличения выхода водорода, что созвучно с выбранным исследованием, в котором изучается влияние концентрации мелассы и других условий на ферментацию.

Авторы [2] исследовали влияние времени гидравлического удержания и концентрации субстрата в ферментаторе пилотного масштаба. Пришли к выводу, что длительность ферментации и концентрация субстрата оказывают значительное влияние на выход водорода. Эти выводы имеют прямую связь с выбранным направлением исследования, поскольку они подтверждают необходимость детальной проработки продолжительности ферментации для достижения максимального выхода биоводорода. Влияние различных уровней pH на процесс фотоферментации рассмотрен в работе [3]. Хотя их исследование сосредоточено на фотоферментации, результаты о влиянии pH на эффективность ферментации оказались полезными для исследования темной ферментации. Правильное регулирование pH субстрата, как показали эксперименты, может значительно улучшить условия для роста микроорганизмов и увеличения выхода водорода [4].

Работа [5] добавляет важные данные о влиянии температуры и времени гидравлического удержания на производство биоводорода из отходов производства вина. В исследовании подчеркивается, что температура и концентрация субстрата являются ключевыми факторами, влияющими на скорость ферментации и конечный выход продукта. Эти данные важны, поскольку подтверждают необходимость строгого контроля температуры и концентрации субстрата для эффективной ферментации.

Многие работы посвящены использованию различных органических субстратов, таких как отходы переработки плодов винограда, отходы сахарного тростника и другие виды биомассы. Исследование [6] представляет собой обзор по биоконверсии остатков сахарного тростника для получения добавленной стоимости продуктов, таких как биоводород. Эти данные подтверждают, что использование биомассы, подобной мелассе, является перспективным направлением для экологически чистого производства энергии.

Авторы [7] также исследовали влияние температуры и концентрации субстрата на ферментативное производство водорода из отходов винодельной промышленности. Было выявлено, что более высокая концентрация субстрата не всегда приводит к увеличению выхода водорода. Эти выводы подкрепляют результаты о том, что при более высокой концентрации мелассы процесс ферментации может быть ингибирован, что снижает общую эффективность.

Интересной и важной является работа [8], в которой рассмотрена система обратной связи для максимизации выхода биоводорода из винодельческих остатков. В ней предложена динамическая система управления процессом ферментации, которая позволяет в реальном времени корректировать параметры и оптимизировать выход водорода. Такой подход может быть полезен для масштабирования процесса производства водорода и внедрения его в промышленных масштабах.

В труде [9] авторы анализируют методы производства биоводорода, ограничения и экономический потенциал технологии. Они подчеркивают, что для широкого внедрения биоводорода необходимы дальнейшие исследования по снижению затрат и повышению эффективности процессов. Этот аспект также важен, поскольку оптимизация параметров ферментации, таких как концентрация субстрата и условия обработки, может повысить экономическую целесообразность технологии.

Исследования, рассмотренные в данном обзоре, подчеркивают важность комплексного подхода к оптимизации параметров темной ферментации для производства биоводорода. Опыт предыдущих исследований показал, что такие факторы, как концентрация субстрата, температура, время ферментации и pH, играют ключевую роль в максимизации выхода водорода. Работы по использованию различных субстратов, таких как меласса, сахарный тростник и отходы винодельческой промышленности, показывают высокий потенциал этой технологии для промышленного применения.

Таким образом, исследование описанное в данной статье, опирается на выводы этих трудов и предлагает дальнейшую оптимизацию процесса темной ферментации с использованием мелассы, что делает его важным вкладом в развитие технологий возобновляемой энергетики.

Условия и методы исследования. Экспериментальные исследования проводились на основе использования мелассы в концентрациях 4% и 10%. Для предварительной обработки мелассы использовались различные концентрации серной кислоты (0,75% и 1,5%) и регулировка pH с помощью КОН или K_2HPO_4 . В процессе экспериментов измерялись оптическая плотность (OD) как индикатор роста бактериальной массы и окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) для определения начала синтеза биоводорода.

Объектом исследования являлась меласса, используемая в качестве субстрата для микробной ферментации с целью получения биоводорода. Для проведения экспериментов использовалась меласса с разными концентрациями (4% и 10%).

Перед началом ферментации меласса подвергалась предварительной обработке с использованием серной кислоты (H_2SO_4) в двух различных концентрациях: 0,75% и 1,5%. Регулировка pH среды осуществлялась с помощью КОН или K_2HPO_4 в зависимости от конкретного условия эксперимента.

Процесс ферментации проводился в анаэробных условиях с использованием реакторов, работающих в периодическом режиме. Эксперименты проводились при различных концентрациях мелассы для оценки их влияния на синтез водорода и рост бактериальной массы:

- Концентрация мелассы: 4% и 10%;
- Предварительная обработка: H_2SO_4 (0,75% и 1,5%) с последующей регулировкой pH (КОН или K_2HPO_4);

- Температура: 37°C;
- Время ферментации: до 96 часов.

Оптическая плотность (OD). Измерение оптической плотности проводилось на спектрофотометре при длине волны 600 нм. Этот параметр использовался для оценки роста бактериальной массы. Повышение оптической плотности свидетельствовало об увеличении концентрации бактериальной биомассы.

Выделение водорода. Выделение водорода измерялось с помощью газоанализатора, определяющего объем выделенного газа. Запись данных производилась через равные промежутки времени (каждые 24 часа).

Экспериментальный дизайн. Для проведения экспериментов использовался центральный композиционный план (CCD) с варьированием факторов:

- Фактор А: Концентрация мелассы (4% и 10%);
- Фактор В: Концентрация H_2SO_4 (0,75% и 1,5%);
- Фактор С: Метод регулировки pH (KOH и K_2HPO_4).

Экспериментальный план включал в себя 14-20 комбинаций условий, что позволило оценить нелинейные эффекты факторов и их взаимодействие. Основное внимание уделялось выявлению условий, способствующих максимальному выходу водорода и активному росту бактериальной массы.

Статистический анализ. Результаты экспериментов были обработаны с использованием дисперсионного анализа (ANOVA) для оценки значимости факторов и их взаимодействий. Для построения регрессионных моделей использовались кодированные значения факторов. Значимость результатов оценивалась по критерию F и p-значениям.

Результаты анализа показали, что концентрация мелассы и метод регулировки pH являются значимыми факторами, влияющими на синтез водорода и рост бактериальной массы. Это позволило определить оптимальные условия для проведения ферментации и максимизации выхода биоводорода.

Контроль и повторяемость. Для обеспечения точности и повторяемости экспериментов все измерения проводились в трехкратной повторности. Контрольные образцы без добавления мелассы использовались для калибровки оборудования и установления базового уровня показателей.

Результаты исследований. Производство биоводорода из органических субстратов, таких как меласса, представляет собой перспективное направление в области возобновляемой энергетики. Основной целью данного исследования являлось определение оптимальной концентрации мелассы, способствующей максимальному выходу биоводорода и активному росту бактериальной массы. В процессе экспериментов были изучены различные концентрации мелассы (4% и 10%), а также условия предварительной обработки субстрата (H_2SO_4 в концентрациях 0,75% и 1,5%) и методы регулировки pH (KOH и K_2HPO_4). Результаты экспериментов представлены в виде таблиц и графиков, которые позволяют наглядно продемонстрировать влияние данных факторов на синтез биоводорода и рост бактериальной массы (табл. 1 и 2; графики 1–3).

Таблица 1

Влияние концентрации мелассы на синтез биоводорода

Концентрация мелассы	Время ферментации (часы)	Объем выделенного водорода (мл)	Условия обработки (концентрация H ₂ SO ₄ , метод регулировки pH)
4%	24	30	0,75% H ₂ SO ₄ , K ₂ HPO ₄
4%	48	70	0,75% H ₂ SO ₄ , K ₂ HPO ₄
4%	72	120	0,75% H ₂ SO ₄ , K ₂ HPO ₄
10%	24	15	1,5% H ₂ SO ₄ , KOH
10%	48	30	1,5% H ₂ SO ₄ , KOH
10%	72	40	1,5% H ₂ SO ₄ , KOH

Таблица 1 содержит данные о концентрации мелассы, времени ферментации и условиях обработки (концентрация H₂SO₄ и метод регулировки pH), влияющих на синтез биоводорода.

Таблица 2

Влияние концентрации мелассы на рост бактериальной массы

Концентрация мелассы	Время ферментации (часы)	Оптическая плотность (OD)	Условия обработки (концентрация H ₂ SO ₄ , метод регулировки pH)
4%	24	0,35	0,75% H ₂ SO ₄ , K ₂ HPO ₄
4%	48	0,50	0,75% H ₂ SO ₄ , K ₂ HPO ₄
4%	72	0,65	0,75% H ₂ SO ₄ , K ₂ HPO ₄
10%	24	0,20	1,5% H ₂ SO ₄ , KOH
10%	48	0,30	1,5% H ₂ SO ₄ , KOH
10%	72	0,40	1,5% H ₂ SO ₄ , KOH

Таблица 2 аналогично описывает те же экспериментальные условия, но с точки зрения их влияния на рост бактериальной массы, измеряемый по оптической плотности (OD).

Как показано на рисунке 1, максимальный объем водорода наблюдается при оптимальных параметрах концентрации субстрата и условий обработки

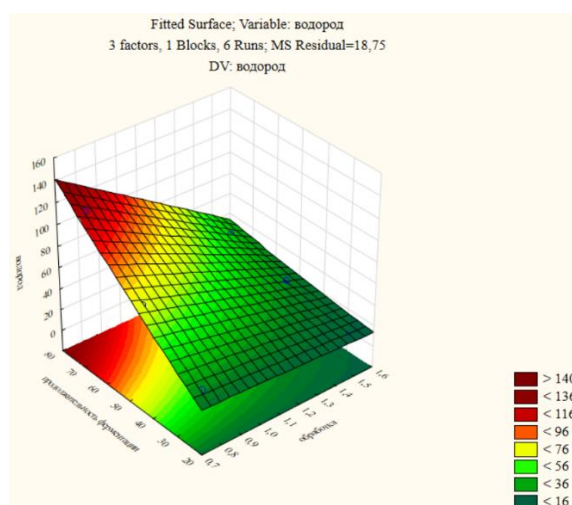


Рис. 1. Зависимость объема выделенного водорода от времени ферментации для различных концентраций мелассы

На рисунке 1 представлена зависимость выхода водорода от двух факторов: продолжительности ферментации и вида обработки при концентрации субстрата 4%. Видно, что при увеличении времени ферментации при определенных условиях обработки наблюдается максимальный выход водорода, который затем снижается при изменении параметров среды.

Как показано на рисунке 2, максимальная оптическая плотность достигается при оптимальном сочетании концентрации субстрата и времени ферментации.

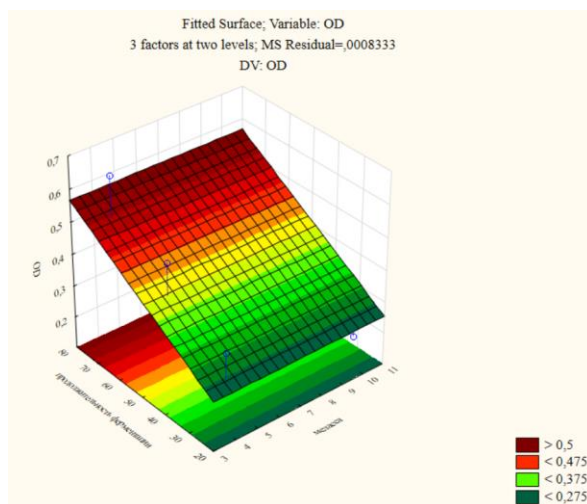


Рис. 2. Зависимость роста бактериальной массы (OD) от времени ферментации при разных концентрациях мелассы

Рисунок 2 демонстрирует изменение оптической плотности (OD) при разных концентрациях мелассы и условиях предварительной обработки. Видно, что при увеличении времени ферментации рост бактериальной массы усиливается, однако при определенных параметрах среды наблюдается снижение OD.

Обсуждение научных результатов. Результаты экспериментов демонстрируют, что концентрация мелассы и условия предварительной обработки оказывают значительное влияние на выход биоводорода и рост бактериальной массы. Ниже приведены ключевые аспекты анализа данных.

Влияние концентрации мелассы на синтез биоводорода. Согласно данным из таблицы 1, при концентрации мелассы 4% выход биоводорода был существенно выше по сравнению с концентрацией 10%. Например, через 72 часа ферментации объем водорода при 4% мелассы достигал 120 мл, в то время как при 10% мелассы объем составил только 40 мл. Это связано с тем, что более высокая концентрация субстрата может создавать ингибирующие условия для бактерий, что снижает эффективность ферментации и, как следствие, выход водорода (см. табл. 1). Чем дольше процесс ферментации, тем больший объем водорода образуется. Это подтверждается восходящей плоскостью графика по оси продолжительности ферментации. Максимальный выход (более 140 мл водорода) достигается при высокой продолжительности ферментации (около 72 часов). Видно, что при более низких концентрациях обработчика (0,75% H_2SO_4) выход водорода выше,

особенно при длительном времени ферментации. При увеличении концентрации кислоты до 1,5% наблюдается снижение выхода водорода, что подтверждает негативное влияние более жестких условий обработки на синтез водорода (график 1). Таким образом, для концентрации субстрата 4%, оптимальные условия для максимального выхода водорода включают продолжительность ферментации около 72 часов и использование более мягких условий обработки (около 0,75% H_2SO_4).

Рост бактериальной массы в зависимости от концентрации мелассы. Данные из Таблицы 2 подтверждают, что концентрация мелассы 4% также способствовала более активному росту бактериальной массы по сравнению с 10%. Оптическая плотность (OD) через 72 часа при 4% мелассы составила 0,65, что значительно выше, чем 0,40 при концентрации 10%. Это свидетельствует о том, что оптимальные условия для роста бактерий достигаются при умеренной концентрации субстрата, тогда как более высокая концентрация может оказывать стрессовое воздействие на микробиологическую систему (см. табл. 2). На графике 2 отображена зависимость оптической плотности (OD), которая является показателем роста бактериальной массы, от двух факторов: продолжительности ферментации и концентрации мелассы. Анализ графика призывает что оптическая плотность увеличивается по мере увеличения времени ферментации. Максимальные значения OD (более 0,6) достигаются при продолжительности ферментации около 72 часов. Наибольшие значения OD наблюдаются при более низких концентрациях мелассы (около 4–5%). При увеличении концентрации мелассы до 10% наблюдается снижение роста бактериальной массы (OD ниже 0,3). Таким образом, для оптимального роста бактериальной массы, как и в случае с выходом водорода, наиболее эффективны условия с более длительной ферментацией (около 72 часов) и умеренной концентрацией мелассы (около 4–5%).

Условия предварительной обработки субстрата. Результаты экспериментов показали, что мягкие условия обработки (0,75% H_2SO_4) в сочетании с регулировкой pH с помощью K_2HPO_4 создают благоприятную среду для синтеза биоводорода. Напротив, более жесткие условия обработки (1,5% H_2SO_4) и использование KOH для регулировки pH снижают активность процесса ферментации. Это видно как по данным объема выделенного водорода (см. табл. 1), так и по динамике роста бактериальной массы (см. табл. 2).

Закключение. В ходе исследования были проведены эксперименты по ферментации мелассы с различными концентрациями субстрата (4% и 10%) для определения их влияния на синтез биоводорода и рост бактериальной массы. Основными переменными в исследованиях являлись концентрация мелассы, концентрация H_2SO_4 и метод регулировки pH.

Влияние концентрации мелассы на синтез биоводорода. Результаты показали, что при концентрации мелассы 4% наблюдалось устойчивое выделение водорода в течение всего периода ферментации. Наиболее эффективное выделение водорода наблюдалось при предварительной обработке H_2SO_4 в концентрации 0,75% и регулировке pH с помощью K_2HPO_4 . При данных условиях выделение водорода начиналось на 24-м часу и продолжалось до 96 часов, достигая максимального значения к 72-му часу.

При увеличении концентрации мелассы до 10% синтез водорода был менее эффективным. В условиях предварительной обработки с использованием 1,5% H_2SO_4 и регулировкой pH с помощью KOH выделение

водорода практически не наблюдалось. Это указывает на то, что высокая концентрация субстрата и жесткие условия предварительной обработки ингибируют активность микроорганизмов, ответственных за ферментацию и синтез водорода.

Влияние концентрации мелассы на рост бактериальной массы. Рост бактериальной массы оценивался по изменениям оптической плотности (OD) в ходе эксперимента. Результаты показали, что при концентрации мелассы 4% и мягких условиях предварительной обработки (0,75% H_2SO_4 с K_2HPO_4) наблюдалось наибольшее увеличение оптической плотности, что свидетельствует о значительном росте бактериальной массы. Это подтверждает, что более низкие концентрации субстрата создают благоприятные условия для микробной активности.

При концентрации мелассы 10% рост бактериальной массы был значительно ниже. В условиях жесткой обработки (1,5% H_2SO_4) оптическая плотность практически не изменялась, что указывает на низкую активность микроорганизмов в этих условиях.

Влияние разбавления мелассы. Разбавление мелассы также оказало существенное влияние на процесс ферментации. Разбавление мелассы в 10 раз привело к более раннему началу выделения водорода и более продолжительному его выделению. Это может быть связано с уменьшением концентрации ингибирующих веществ в субстрате, что способствует более активному росту и метаболической активности микроорганизмов.

Оптимальные условия для синтеза биоводорода. На основании проведенных экспериментов можно сделать вывод, что наиболее эффективными условиями для синтеза биоводорода на основе мелассы являются использование мелассы с концентрацией 4% при предварительной обработке 0,75% H_2SO_4 и регулировке pH с K_2HPO_4 . В этих условиях наблюдается активный рост бактериальной массы и стабильное выделение водорода. Увеличение концентрации мелассы до 10% и использование более жестких условий обработки приводит к снижению эффективности процесса.

Статистический анализ результатов. Результаты дисперсионного анализа (ANOVA) подтвердили значимость факторов концентрации мелассы и метода регулировки pH для синтеза водорода. Было установлено, что квадратичный эффект концентрации мелассы оказывает наиболее значительное влияние на процесс ферментации, что подтверждает важность выбора оптимальной концентрации субстрата.

Проведенное исследование показало, что оптимальной концентрацией мелассы для синтеза биоводорода является 4%. В этих условиях наблюдается активный рост бактериальной массы и стабильное выделение водорода. Жесткие условия предварительной обработки и высокая концентрация субстрата ингибируют процесс ферментации, что приводит к снижению выхода водорода. Полученные данные могут быть использованы для дальнейшей оптимизации биотехнологических процессов в промышленных масштабах.

Список литературы

1. Gokfiliz-Yildiz P., Karapinar I. Optimization of particle number, substrate concentration and temperature of batch immobilized reactor system for biohydrogen production by dark fermentation // International Journal of Hydrogen Energy. – 2018. – Vol. 43 (23). – P. 10655-10665.
2. Lu C., Wang Y., Lee D.J., Zhang Q., Zhang H., Tahir N., Jing Y., Liu H., Zhang K. Biohydrogen production in pilot-scale fermenter: Effects of hydraulic retention time

- and substrate concentration // Journal of Cleaner Production. – 2019. – Vol. 229. – P. 751-760.
3. Hu B., Li Y., Zhu S., Zhang H., Jing Y., Jiang D., He C., Zhang Z. Evaluation of biohydrogen yield potential and electron balance in the photo-fermentation process with different initial pH from starch agricultural leftover // Bioresource Technology. – 2020. – Vol. 305. – P. 122900.
 4. Moussa R.N., Moussa N., Dionisi D. Hydrogen Production from Biomass and Organic Waste Using Dark Fermentation: An Analysis of Literature Data on the Effect of Operating Parameters on Process Performance // Processes. – 2022. – Vol. 10. – P. 156.
 5. Buitrón G., Carvajal C. Biohydrogen production from Tequila vinasses in an anaerobic sequencing batch reactor: effect of initial substrate concentration, temperature and hydraulic retention time // Bioresource technology. – 2010. – Vol. 101 (23). – P. 9071-9077.
 6. Sindhu R., Gnansounou E., Binod P., Pandey A. Bioconversion of sugarcane crop residue for value added products – An overview // Renewable Energy. – 2016. – Vol. 98. – P. 203-215.
 7. Lázaro C.Z., Perna V., Etchebehere C., Varesche M.B. Sugarcane vinasse as substrate for fermentative hydrogen production: The effects of temperature and substrate concentration // International Journal of Hydrogen Energy. – 2014. – Vol. 39. – P. 6407-6418.
 8. Zavala-Méndez M., Vargas A., Carrillo-Reyes J. Maximization of bio-hydrogen production from winery vinasses using on-line feedback control // International Journal of Hydrogen Energy. – 2022. – Vol. 47 (78). – P. 33259-33271.
 9. Yaashikaa P.R., Keerthana Devi M., Senthil Kumar P. Biohydrogen production: An outlook on methods, constraints, economic analysis and future prospect // International Journal of Hydrogen Energy. – 2022. – Vol. 47 (98). – P. 41488-41506.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19677558).

Материал поступил в редакцию 12.03.25, принят 23.05.25.

**А. Төлеуғазықызы¹, Д.А. Тлевлесова²,
А.Н. Мендыбаева¹, А.К. Жумағалиева¹, К.С. Бекбаев³**

¹*Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Астана қ., Қазақстан*

²*Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

³*Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Семей қ., Қазақстан*

МЕЛАССА КОНЦЕНТРАЦИЯСЫНЫҢ БИОСУТЕГІ СИНТЕЗІ МЕН БАКТЕРИЯЛЫҚ МАССАНЫҢ ӨСУІНЕ ӘСЕРІ

Аңдатпа. Бұл мақалада мелассаның әртүрлі концентрациясының биосутегі синтезіне және бактериялық массаның өсуіне әсері қарастырылған. Зерттеудің негізгі мақсаты – биосутегінің ең жоғары шығуын қамтамасыз ететін мелассаның оңтайлы концентрациясын анықтау болды. Эксперимент барысында алынған нәтижелерге статистикалық талдау жүргізілді. Талдау көрсеткендей, бактериялық массаның өсуі мелассаның концентрациясына да байланысты, 4% меласса концентрациясында сутегінің ең белсенді бөлінуі байқалды, ал концентрацияны 10%-ға дейін арттыру бұл процесті тежейді. Биосутегі мен биомассаның оңтайлы балансы процестің жүру

шарттарына тәуелді. Нәтижелер субстрат концентрациясын дұрыс таңдаудың биосутегі өндірісінің биотехнологиялық процестерінің тиімділігін айтарлықтай арттыра алатынын көрсетеді. Алынған формулалар әртүрлі меласса концентрациясында сутегінің шығуын болжауға мүмкіндік береді, бұл процесті оңтайландыруда пайдалы болуы мүмкін.

Тірек сөздер: меласса, биосутегі, бактериялық масса, ферментация, субстрат концентрациясы.

**A. Toleugazykyzy¹, D.A. Tlevlessova²,
A.N. Mendybayeva¹, A.K. Zhumagaliyeva¹, K.S. Bekbayev³**

¹*Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan*

²*Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan*

³*Shakarim University of Semey, Semey, Kazakhstan*

EFFECT OF MOLASSES CONCENTRATION ON BIOHYDROGEN SYNTHESIS AND BACTERIAL BIOMASS GROWTH

Abstract. This article examines the effect of different molasses concentrations on biohydrogen synthesis and bacterial biomass growth. The main objective of the study was to determine the optimal molasses concentration that ensures maximum hydrogen production. A statistical analysis of the experimental results was conducted. The analysis showed that bacterial biomass growth also depends on molasses concentration, with the highest hydrogen release observed at 4% molasses concentration, while increasing the concentration to 10% inhibited this process. The optimal balance between hydrogen production and biomass growth depends on the process conditions. The results indicate that selecting the right substrate concentration can significantly enhance the efficiency of biotechnological processes for biohydrogen production. The obtained formulas allow for the prediction of hydrogen yield at different molasses concentrations, which may be useful for process optimization.

Keywords: molasses, biohydrogen, bacterial biomass, fermentation, substrate concentration.