

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова
Химико-технологический институт

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

Международная научная конференция

Сборник докладов

(Белгород, 26-28 марта 2024 г.)



Белгород
2024

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова
Химико-технологический институт

**АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ
РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ
БИОТЕХНОЛОГИИ**

Международная научная конференция

Сборник докладов

(Белгород, 26-28 марта 2024 г.)

Белгород
2024

УДК 577.1

ББК 28.07

A 43

Редакционная коллегия:

Д.О. Половнева

Актуальные аспекты и перспективы развития современной биотехнологии: сб. докл. Межд. науч. конф., Белгород, 26-28 марта, 2024 г. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2024. – 376 с.

ISBN 978-5-361-01318-0

Сборник содержит материалы докладов Международной научной конференции «Актуальные аспекты и перспективы развития современной биотехнологии» таких тематических направлений, как «Биотехнологии продуктов, добавок, белковых препаратов и биологически активных веществ», «Биоконверсия отходов производства и потребления», «Биотехнологии и охрана окружающей среды», «Нормирование, контроль и управление биохимическими процессами».

Публикуется в авторской редакции.

УДК 577.1

ББК 28.07

ISBN 978-5-361-01318-0

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2024

**Секция 1.
БИОТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ, ДОБАВОК, БЕЛКОВЫХ
ПРЕПАРАТОВ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

УДК 638.16

Алексеева М.А., учитель биологии,

Погонина Ю.Д., ученица

*(ОГАО «Шуховский лицей» Белгородской области,
г. Белгород, Россия)*

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МЁДА ПО ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИМ И
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ**

Аннотация: в данной статье представлен анализ различных методов, применяемых для обнаружения фальсификации мёда. Приведены результаты исследования на определение состава и наличие примесей меда. Даны рекомендации по выбору качественного мёда.

Ключевые слова: фальсификация мёда, органолептический анализ, падевый мёд, рефрактометр, мел, сахарный сироп, желатин.

Здоровый заменитель сахара – мёд, питательный и полезный продукт. С утверждением, что мёд полезен для здоровья взрослых и детей – спорить никто не будет. Однако, польза в этом утверждении — величина, зависящая от качества самого мёда. К сожалению, на сегодняшний день встречается немало продавцов, которые, в погоне за выгодой, продают ненатуральный, загустевший, незрелый или наоборот, старый перезревший мед, не обладающий никакими полезными свойствами, а порой даже вредный для человеческого организма [1].

Определить же на первый взгляд, правду ли говорит продавец, утверждающий, что он реализует свежий, натуральный и правильно добытый продукт, человеку, далекому от профессионального пчеловодства, довольно сложно. У натурального мёда большая себестоимость, для его получения требуется большее количество ресурсов, чем для производства фальсифицированного. На сегодняшний день очень часто стали встречаться случаи подделки мёда и, соответственно, возрастает необходимость возможности отличить настоящий мёд от фальсифицированного [2,3].

Мёд – это полезный продукт для организма человека. Он содержит множество полезных веществ, таких как витамины и минералы.

Фальсификация мёда – это неправомерное действие, направленное на предоставление недостоверных или искаженных сведений в качестве

истинных. Суть фальсификации заключается в умышленной манипуляции информацией или доказательствами с целью обмануть или ввести в заблуждение других людей [4,5].

Цель работы: определить качества исследуемых образцов мёда по основным показателям и сравнить с ГОСТом.

Объект исследования: мёд разных видов:

№1 семейная пасека Самарская область, Пустобаев А. А.
(подсолнечный)

№2 пасека Белгородской области, Филиппова Г. А. (гречишный).

№3 семейная пасека Самарская область, Пустобаев А. А. (липовый).

№4 мёд школьный, ООО «Лекарь», (цветочный).

Предмет исследования: органолептические и физико-химические показатели мёда.

Гипотеза: все образцы мёда имеют натуральный состав и соответствуют ГОСТу.

Экспериментальная часть

1. Анкетирование

Нами был проведен опрос среди учащихся 7-х классов. В опросе участвовали 100 человек.

Попросили ответить на вопросы:

1. «Как часто вы употребляете мёд?»
2. «Знаете ли вы какое влияние оказывает употребление мёда на организм человека?»
3. «Мёд, купленный в магазине, это залог натуральности продукта?»
4. «Знаете ли вы как выбрать качественный мёд?»

2. Органолептический анализ.

Из органолептических показателей в мёде проверяют цвет, аромат, вкус, консистенцию, признаки брожения.

Цвет мёда один из важнейших показателей качества этого продукта, характеризующий в определённой мере его происхождение. Он зависит в основном от природы красящих веществ, содержащихся в нектаре. На цвет мёда влияет также его происхождение, время сбора и место произрастания медоносов.

Аромат мёда обусловлен комплексом ароматических веществ. Каждый вид мёда имеет специфический, свойственный только ему, аромат цветков – источников нектара.

Вкус мёда обычно сладкий, приятный. Сладость мёда зависит от концентрации сахаров и их вида. Мёд, выдержаный при высокой температуре, имеет карамельный привкус, который недопустим. Неприемлем также мёд с излишне кислым, прогорклым, плесневелым вкусами.

Консистенция мёда зависит от его химического состава, температуры, сроков хранения. Она может быть жидкой, вязкой или очень вязкой.

Признаки брожения мёда не допускаются.

3. Определение процента воды в составе мёда.

Для данного эксперимента воспользовались рефрактометром АТС. Рефрактометр – это оптический прибор, который измеряет концентрацию растворенных в жидкой среде частиц при помощи светового луча. В пчеловодстве он используется для определения массовой доли влаги в меде. При помощи стеклянной палочки, нанесли каплю мёда каждого вида на стекло рефрактометра. Посмотрев в окуляр на свет, можно увидеть шкалу бело-синего цвета. Граница цветов и есть процент содержания воды в мёде. В качественном мёде содержание воды должно быть не меньше 18%.

4. Определение наличия крахмала в составе мёда.

Для проведения эксперимента, развели мёд в воде. Взяв 3 грамма мёда и 3 миллилитра воды. При помощи дозатора отмерили равное количество раствора и перелили его в колбы. Нагрели колбы на спиртовой горелке до закипания, а затем остудили в холодной воде до комнатной температуры. При помощи пипетки капнули по 3-4 капли раствора йода. Наличие ярко-синего кольца на поверхности означает наличие крахмала в мёде.

5. Определение наличия пади в составе мёда:

Падевый мёд — мёд, источником которого являются падь животного происхождения (сладкая клейкая жидкость на листьях растений, представляющая собой выделения живущих на листьях насекомых) или медянная роса (сладкий сок, выступающий на листьях или хвое под влиянием резкой смены температур). Падевый мёд отличается вязкостью, тягучестью и отсутствием «медового» запаха, редко бывает светло-коричневого, чаще коричневого или тёмного цвета. Для проведения эксперимента, мы так же развели мёд в воде. При помощи дозатора отмерили равное количество раствора и перелили его в колбы. В каждую колбу налили 8 миллилитров спирта и перемешали. Осадок показывает наличие пади в мёде.

6. Определение наличия сахарного сиропа в составе мёда:

Для проведения эксперимента, развели мёд в воде. Взяв 3 грамма мёда и 3 миллилитра воды. При помощи дозатора отмерили равное количество раствора и перелили его в колбы. Затем аккуратно капнули в каждую колбу несколько капель раствора нитрата серебра. Если в составе мёда есть сахарный сироп, то вокруг капель будет видно белое помутнение.

7. Определение наличия мела в составе мёда

Для проведения эксперимента, развели мёд в воде. Взял 3 грамма мёда и 3 миллилитра воды. При помощи дозатора отмерили равное количество раствора и перелили его в колбы. Затем в каждую колбу капнули несколько капель уксуса. При наличии мела происходит вскипание смеси из-за выделения углекислого газа.

8. Определение наличия желатина в составе мёда

Для проведения эксперимента, развели мёд в воде. Взял 3 грамма мёда и 3 миллилитра воды. При помощи дозатора отмерили равное количество раствора и перелили его в колбы. Затем в каждую колбу капнули несколько капель едкой щелочи. После этого нагрели колбы до закипания раствора на спиртовой горелке. Лакмусовой бумажкой испытывают реакцию паров при кипячении раствора. При наличии желатина в мёде образуется аммиак, который вызывает посинение красной лакмусовой бумажки.

Вывод:

Результаты анкетирования:

1. На графике (рис. 1) показано, процентное соотношение частоты употребления меда среди респондентов:

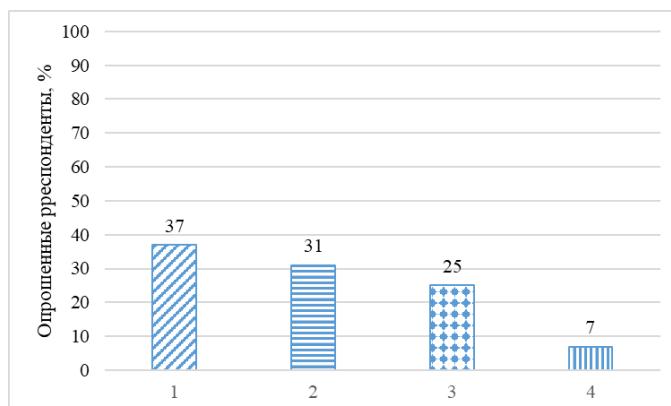


Рис. 1. Процентное соотношение частоты употребления меда среди респондентов:

1) 37% употребляют мёд каждый день; 2) 31% употребляют мёд 1 раз в неделю; 3) 25% употребляют мёд 1 раз в месяц; 4) 7% вообще не употребляют мёд.

2. На графике (рис. 2) показано, процентное соотношение влияния употребления мёда на организм человека среди респондентов:

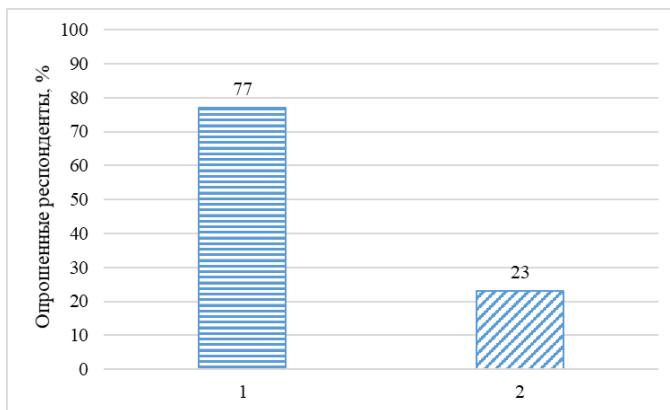


Рис. 2. Процентное соотношение влияния употребления мёда на организм человека среди респондентов:

- 1) 77% не знают, какое влияние оказывает мёд на организм человека; 2) 23% знают, какое влияние оказывает мёд на организм человека.

3. На графике (рис. 3) показано, процентное соотношение о знании, что мед, купленный в магазине, это залог натуральности продукта среди респондентов:

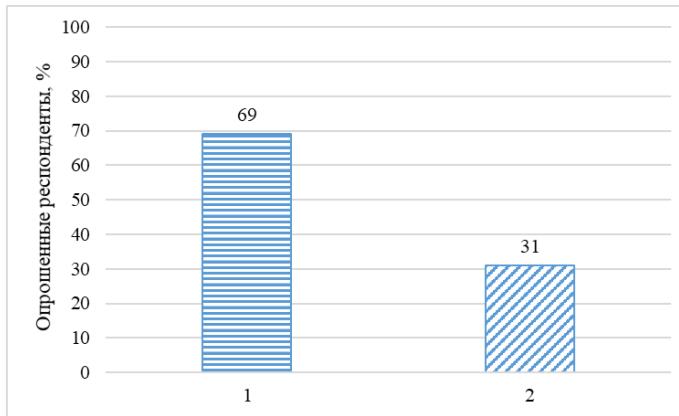


Рис. 3. Процентное соотношение о знании, что мед, купленный в магазине, это залог натуральности продукта среди респондентов:

- 1) 69% не знают, что мёд, купленный в магазине, это залог натурального продукта; 2) 31% знают, что мёд, купленный в магазине, это залог натурального продукта.

88% респондентов не знают, как выбрать качественный мёд.

Результаты органолептического анализа:

показали, что все образцы мёда имеют натуральный вкус, аромат и цвет, что соответствует ГОСТу.

Во всех представленных образцах, кроме образца №4 цветочный (Мёд школьный, ООО «Лекарь», Белгородская область), содержание воды больше 18%.

Во всех образцах в результате определения на крахмал в составе мёда показали, что крахмал отсутствует.

Результаты определения наличия пади в составе мёда показали, что во всех образцах, кроме образца №2 гречишный (Пасека Белгородской области, Филиппов Г. А.) наличие пади отрицательное.

Во всех исследуемых образцах результаты определения наличия сахарного сиропа, в составе мёда - отрицательное.

Во всех образцах результаты определения наличия мела в составе отрицательное.

Во всех образцах результаты определения наличия желатина в составе мёда - отсутствует.

Наша гипотеза подтвердилась частично.

С наилучшими показателями исследования являются образцы мёда №1, №3.

Рекомендации по выбору качественного мёда

При покупке продукта на рынке следует обращать внимание на следующие внешние признаки:

1. Настоящий мёд отличается душистым ароматом, у поддельного запах кисловатый или отсутствует.
2. Литр настоящего мёда весит больше, чем 1450 грамм, а поддельный – меньше.
3. Натуральный мёд легко растирается между пальцами, впитывается кожей, поддельный будет липнуть и образовывать небольшие комочки на поверхности кожи.
4. В конце осени и зимой не бывает жидкого натурального мёда, если на рынке он присутствует, то, скорее всего, его разогрели, такой мёд не обладает всеми полезными качествами.
5. Натуральный мёд равномерной консистенции, а поддельный – расслаивается: жидкость находится сверху, а внизу густое вещество.
6. Натуральный продукт более густой, он тянется струйкой и образует горку на поверхности, а поддельный более жидкий, он капает и растекается по поверхности [6,7].

Библиографический список

1. Чернигов В.Д. Мед. 2-е изд., доп. Минск: Ураджай, 1992. 92 с.
2. Резниченко Л.В., Денисова Н.А., Лавринова Е.В. Ветеринарно-санитарная экспертиза мёда и продуктов пчеловодства: учебно-методическое пособие для студентов факультета ветеринарной медицины. Белгород: Белгородский ГАУ, 2020. 59 с.
3. Старковт В.Е. Как определить качество меда. Ташкент: Мехнат, 1988. 61 с.
4. Неумывакин И.П. Мед: мифы и реальность. СПб: Диля, 2005. 126 с.
5. Джарвис Д.С. Мед и другие естественные продукты: опыт и исследования одного врача / [Пер. Н.В. Гаделия]. Бухарест: Апимондия, 1990. 128 с.
6. Тихомиров В.В. Мед и все продукты пчеловодства. Как выбрать и как хранить. М.: АСТ. 2016. 96 с.
7. Петухов А.В. Материалы по мёду. Пермь: ПГПУ, 2006.

УДК 339.166.82

**Алексеева М.А., учитель биологии,
Храмцова Е.Д., ученица
(ОГАО «Шуховский лицей» Белгородской области,
г. Белгород, Россия)**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И СРАВНЕНИЕ КАЧЕСТВА МЯСА СВИНИНЫ РАЗНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация: в данной статье представлен анализ различных методов, применяемых для определения качества мяса свинины. Приведены результаты исследования качества мяса свинины производителей Белгородской области. Даны рекомендации по выбору свежего мяса.

Ключевые слова: мясо свинины, органолептический анализ, мясная вытяжка, бензоиновая проба, бактериоскопия, трихинеллоскопия.

На сегодняшний день в любой кухне мира обязательно присутствует мясо. Это незаменимый атрибут здорового и правильного питания. Его регулярное употребление в пищу дает возможность человеческому организму возобновить истраченные энергетические запасы, а также положительно влияет на общее состояние здоровья человека [1]. Чтобы ответить на вопрос - зачем организму нужно мясо, необходимо вспомнить то, какое количество микроэлементов входит в его состав. На первом месте – незаменимые аминокислоты, фолиевая кислота, витамины группы В, витамин РР. Учитывая такой состав употребление мяса просто необходимо для полноценной жизнедеятельности организма.

В структуре мирового производства мяса всех видов, свинина занимает первое место – 39,1%, на втором месте мясо птицы – 29,3%, далее идут говядина – 25,0%, баранина – 4,8%, другие виды мяса – 1,8% [2,3].

В решении проблемы обеспечения России мясными продуктами значительная роль отводится свиноводству, как наиболее интенсивной и одной из самых рентабельных отраслей животноводства. Белгородская область – это аграрная область. Именно здесь расположены целый ряд крупных предприятий по выращиванию и переработки свиного мяса.

На прилавках магазинов города Белгорода продукция из свинины представлена в широком ассортименте (мясо, охлажденное и замороженное, полуфабрикаты, мясная гастрономия). В своей работе

мы решили изучить качество мяса свинины разных производителей Белгородской области.

Цель работы: определение и сравнение качества мяса свинины производителей Белгородской области.

Объект исследования: мясо (свинина) производителей: ООО «ТК «Мираторг» 309220, Российская Федерация, Белгородская область, Корочанский район, территория ЗАО СК Короча; ООО «МПЗ Агро-Белогорье» 308019 Россия, Белгородская область, г. Белгород ул. Ворошилова, 2 б; ООО «Мясокомбинат Бессоновский» 308581, РФ, Белгородская область, Белгородский район, село Бессоновка, ул. Партизанская, 7а; ООО «Белая птица – Белгород», 309276, Россия, Белгородская обл., Шебекинский р-он, в границах земель ЗАО «Донецк».

Предмет исследования: органолептические, физико-химические показатели качества мяса

Гипотеза: мясо свинины производителей Белгородской области ООО «ТК «Мираторг», ООО «МПЗ Агро-Белогорье», ООО «Мясокомбинат Бессоновский», ООО «Белая птица – Белгород» качественное, не содержит личинок трихинелл и возбудителей инфекционных заболеваний и соответствует норме по органолептическим, физико-химическим показателям качества мяса.

Экспериментальная часть

1. Анкетирование

В ходе выполнения данной работы было проведено анкетирование среди учащихся 9 классов и учителей ОГАОУ «Шуховский лицей». В анкетировании приняли участие 125 человек.

Попросили ответить на вопросы:

1. «Как Вы считаете, полезно ли потреблять мясо?»
2. «Как часто Вы употребляете мясо?»
3. «. Какое мясо предпочитают готовить в Вашей семье?»
4. «Знаете ли Вы как правильно выбрать мясо свинины?»

2. Определение свежести мяса по органолептическим показателям

Органолептические показатели (табл. 1) степени свежести мяса устанавливают по внешнему виду туши с наружной и внутренней сторон, состоянию мускульной ткани, жира, костного мозга. При этом определяют вид, цвет, консистенцию и запах, делают пробу варки мяса.

Следует учитывать, что мясо легко адсорбирует различные запахи, в том числе и гнилостный. Кроме того, гнилостный запах наблюдается при загрязнении туши кровью, неполном удалении легких, почек,

инфильтратов и прочее. Поэтому запах мышц определяют не только на поверхности, но и обязательно в их толще.

Таблица 1. Результаты органолептического анализа

	Образец №1 Окорок из свинины	Образец №2 Окорок из свинины	Образец №3 Окорок из свинины	Образец №4 Окорок из свинины
Изготовитель	«Белая птица – Белгород», 309276, Россия, Белгородская обл., Шебекинский р-он, в границах земель ЗАО «Донецк»	ООО «ТК «Мираторг», 309220, Российская Федерация, Белгородская область, Корочанский район, территория ЗАО СК Короча	ООО «МПЗ АгроБелогорье», 308019, Россия, Белгородская область, г. Белгород ул. Ворошилова, 2 б,	ООО «Мясокомбинат Бессоновский», 308581, РФ, Белгородская область, Белгородский район, село Бессоновка, ул. Партизанская, 7а,
Изготовлено и упаковано	01.03.2023	01.03.2023	01.03.2023	01.03.2023
Когда приобретено	02.03.2023	02.03.2023	02.03.2023	02.03.2023
Годен до	10.03.2023	22.03.2023	16.03.2023	11.03.2023
Дата проведения анализа	02.03.2023	02.03.2023	02.03.2023	02.03.2023
Наружный вид	Поверхность влажная не липкая; на разрезе; мясной сок прозрачный	Поверхность туши имеет сухую корочку; на разрезе мясо бледно-розового цвета, поверхность разреза влажная;	Поверхность разреза влажная, не липкая, мясной сок прозрачный	Поверхность туши имеет сухую корочку; на разрезе мясо бледно-розового цвета, поверхность разреза влажная;

		мясной сок прозрачный		мясной сок прозрачный
Консистенция	Мясо эластичное, ямка после надавливания пальцем выравнивается быстро.	Мясо эластичное, ямка после надавливания пальцем выравнивается быстро.	Мясо малоэластичное, ямка после надавливания пальцем выравнивается	Мясо плотное, эластичное; ямка после надавливания пальцем выравнивается быстро
Запах	Характерный для свежего мяса	Приятный и характерный для свежего мяса	Приятный и характерный для свежего мяса	Характерный для свежего мяса
Поверхностный жир	белого цвета, мягкий	белого цвета, мягкий	белого цвета, мягкий	белого цвета, мягкий
Бульон	Прозрачный, ароматный; на поверхности бульона большие капли жира.	Прозрачный, ароматный; на поверхности бульона большие капли жира	Прозрачный и ароматный; на поверхность собираются крупные капли жира с приятным запахом	Прозрачный, ароматный; на поверхности бульона большие капли жира
Свежесть мяса	Свежее	Свежее	Свежее	Свежее

3. Определение физико-химических показателей

Приготовление мясной вытяжки.

Этот метод проводится с целью выявить свежесть мяса. Из верхних и глубоких слоев нужно взять пробу массой 10 г мяса без видимого жира и сухожилий, тщательно измельчить ножницами до состояния фарша. Далее поместить в коническую колбу емкостью 150-200 мл, и залить дистиллированной водой в соотношении 1:4 (40 мл). Содержимое тщательно перемешать взвалтыванием и экстрагировать в течение 15 мин. с трехкратным встряхиванием. Вытяжку профильтровать через бумажный фильтр, при этом обращать внимание на скорость процесса и цвет фильтрата. Вытяжка из свежего мяса прозрачная и фильтруется 8-10 мин., из сомнительного мяса вытяжка слегка мутноватая и

фильтруется до 30 мин., из несвежего мяса вытяжка мутная, с неприятным запахом и фильтруется более 30 мин.

Все исследуемые образцы мяса свинины: ООО «ТК «Мираторг», ООО «МПЗ Агро-Белогорье», «Мясокомбинат Бессоновский», ООО «Белая птица – Белгород» имеют прозрачный раствор, что говорит о свежести мяса.

Реакция на пероксидазу

Такой метод проводится для определения от здорового или больного, убитого в агонии, сильно переутомленного животного было получено мясо. Для исследования берут 2 мл мясной вытяжки 1:4, добавляют 5 капель раствора бензидина и 2 капли 1 %-ного раствора перекиси водорода. Смесь в пробирке взбалтывают и наблюдают за изменением окраски. В случае положительной реакции вытяжка приобретает сразу, или в течение 1-2 минут голубовато-зеленую окраску, переходящую через несколько минут в бурый цвет – мясо получено от здоровых животных. При отрицательной реакции вытяжка цвет не изменяет, а иногда голубовато-зеленый цвет появляется через 3 минуты и быстро переходит в бурый – мясо получено от больных животных. Такое мясо необходимо подвергнуть бактериологическому исследованию для установления возбудителя заболевания.

Все образцы исследуемого нами мяса были получены от здорового животного.

4. Выявление возбудителей инфекционных заболеваний.

Этот метод проводится с целью выявления возбудителей инфекционных заболеваний, таких как, сибирская язва. Для исследования готовят мазки-отпечатки из мышц, лимфатических узлов (у свиней подчелюстного). Необходимо стерильными ножницами вырезать кусочек 2-3 см и приложить к предметному стеклу. Приготовленные отпечатки высушить на воздухе, зафиксировать трехкратным проведением над пламенем горелки и окрасить по Граму:

- мазок окрасить через фильтрованную бумагу 1% спиртовым раствором генцианвиолета – 2 мин.,
- обработать раствором Люголя – 2 мин.,
- обесцветить 95°-ным спиртом – 30 сек.,
- промыть водой
- окрасить фуксином Пфейффера – 2 мин.,
- промыть водой и высушить на воздухе или фильтрованной бумагой.

Мясо, полученное от здоровых животных, свободно от микроорганизмов. В мясе больных, павших и убитых в агонии

животных могут быть обнаружены возбудители инфекционных заболеваний.

В исследуемых образцах мяса паразиты не обнаружены, мясо свободно от микроорганизмов.

5. Исследование мяса на трихинеллез путем выявления в нем личинок трихинелл.

Этот метод проводится для исследования мяса на трихинеллоз путем выявления в нем личинок трихинелл. Из различных участков каждой пробы кривыми ножницами вырезать кусочки размером с овсяное зерно и раздавить их между стекол компрессориума. Приготовленный препарат просмотреть с помощью трихинеллоскопа. При обнаружении хотя бы одной трихинеллы тушу и субпродукты, имеющие мышечную ткань, пищевод, прямую кишку, а также обезличенные мясные продукты направляют на техническую утилизацию.

При просмотре всех образцов исследуемого мяса капсулы личинок не обнаружены.

Вывод:

Результаты анкетирования:

1. На диаграмме (рис. 1) показано процентное соотношение вопроса о пользе мяса.

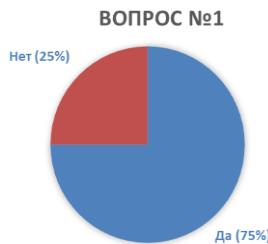


Рис. 1. Процентное соотношение вопроса о пользе мяса:
1) 75% респондентов считают полезным употребления мяса; 2) 25 % нет.

2. На диаграмме (рис. 2) показано процентное соотношение частоты употребления мяса респондентами.

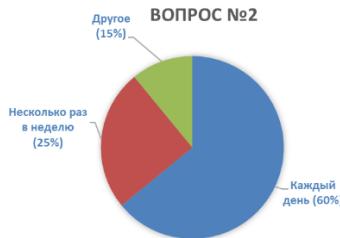


Рис. 2. Процентное соотношение частоты употребления мяса респондентами:

- 1) 60% употребляют мясо каждый день; 2) 25% употребляют несколько раз в неделю; 3) 15% другое.

3. На диаграмме показано (рис. 3) процентное соотношение того, какое мясо предпочитают готовить в семье респондентов.

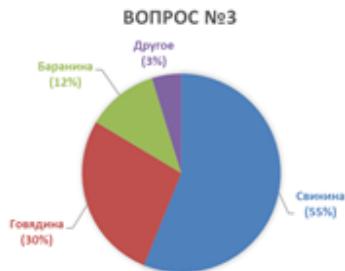


Рис. 3. Процентное соотношение того, какое мясо предпочитают готовить в семье респондентов:

- 1) 55% выбрали свинину; 2) 30% говядину; 3) 12% баранину.

4. На диаграмме показано (рис. 4) процентное соотношение о знании среди респондентов к правильности выбора свежего мяса.

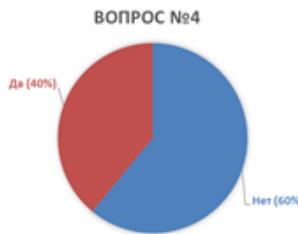


Рис. 4. Процентное соотношение о знании среди респондентов к правильности выбора свежего мяса:1) 40% знают, как выбрать свежее мясо; 2) 60% нет.

В ходе нашего исследования мы изучили методики по определению качества мяса свинины. В качестве объектов были взяты образцы мяса свинины Белгородских производителей, ООО «ТК «Мираторг»; ООО «МПЗ Агро-Белогорье»; ООО «Мясокомбинат Бессоновский»; ООО «Белая птица – Белгород», которые мы проверили на органолептические и физико-химические показатели, а также на наличие возбудителей инфекционных заболеваний.

В результате исследования, можно сделать вывод о том, что все исследуемые образцы соответствуют показателям свежего мяса.

Наша гипотеза подтвердилась мясо свинины производителей Белгородской области ООО «ТК «Мираторг», ООО «МПЗ Агро-Белогорье», ООО «Мясокомбинат Бессоновский», ООО «Белая птица – Белгород» качественное не содержит личинок трихинелл и возбудителей инфекционных заболеваний и соответствует норме по органолептическим, физико-химическим показателям качества мяса.

Рекомендации по выбору качественного мяса

1. Самое свежее мясо – парное, имеет наибольшую пищевую ценность. При внешнем осмотре можно увидеть на его разрезе своюенную небольшую выпуклость. Но для его использования необходимо, чтобы оно «остыло» (не менее 3 часов). Продают мясо остывшим (не более суток), охлажденным (при температуре 0-4 градусов Цельсия не более 48 часов), замороженным (минус 20-40 градусов Цельсия) и размороженным.

2. Чтобы свинина оправдала свои высокие питательные и вкусовые качества, старайтесь выбрать ее не слишком темную и не слишком светлую. Темный оттенок будет говорить о мясе немолодого животного, которое будет сильно жестким и безвкусным. Чрезвычайно светлый оттенок может быть показателем использования гормональных препаратов,

которые частенько используются при выращивании животных. Выбирайте умеренно светлое, бледно-розовое мясо молодого животного. Жир молодой свинины белого цвета и мягкий.

3. Проверяйте обязательно свинину на упругость. Не забудьте рассмотреть ее шкуру, если есть такая возможность – должна быть белая и без всяких пятен.

4. Никаких посторонних оттенков или пятен на мясе быть не должно. Не должно быть и слизи: если вы приложите к свежему мясу ладонь, она останется практически сухой. Липкая слизь на поверхности – явный признак порчи и развития бактерий. [5]

5. Принюхайтесь. Отчетливый неприятный запах говорит о том, что это мясо уже не первой и даже не второй свежести, покупать его ни в коем случае не стоит. Старый, проверенный способ понюхать кусок мяса “изнутри” – проткнуть его нагретым ножом.

6. Изучите жир. Жир не должен иметь неприятного или прогорклого запаха.

7. Проведите тест на упругость. Свежее мясо при нажатии пружинит и ямка, которую вы оставили пальцем, немедленно разглаживается.

8. Покупая замороженное мясо, необходимо удостовериться, чтобы оно не было повторно замороженным. Присмотритесь к кристалликам. Если уже размораживалось, то эти кристаллики будут иметь розовый оттенок, особенно на разрезе. При длительном хранении замороженное мясо начинает темнеть, а по краям начинают появляться темные пятна.

9. При покупке замороженного мяса обратите внимание на звук, который оно издает при постукивании, ровный разрез, яркий цвет, который появляется, если приложить к нему палец. Размораживайте мясо аккуратно, чем дольше, тем лучше (например, в холодильнике), и если оно было правильно заморожено, то, приготовленное, будет практически неотличимо от охлажденного.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 53221-2008. Свинины для убоя. Свинина в тушах и полутушах. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2009. 15 с.
2. Если хочешь быть здоров [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.sportpharma.ru/terms/tab_pi_m.htm (дата обращения 29.03.2024).
3. Запрет на ввоз свинины из стран ЕС [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.newkaliningrad.ru/news/economy/3323182-zapret-na-vvoz-svininy-iz-stran-es-v-rossiyu-obrushil-myasnoy-rynok-polshi.html> (дата обращения 29.03.2024).
4. Значение мяса в питании человека [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://vseoede.net/?p=101> (дата обращения 29.03.2024).

5. Как правильно определить качественное мясо [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://produkt-pitaniya.ru/myaso> (дата обращения 29.03.2024).

6. Мясная продукция [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.goodsmatrix.ru/subject-directory/Meat-products.html> (дата обращения 29.03.2024).

7. Рактопамин [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Рактопамин> (дата обращения 29.03.2024).

8. Ростест – Москва [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.rostest.ru/fresh%20meat.php> (дата обращения 29.03.2024).

9. Свиноводство в России [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://sibagro.com/Свиноводство/Свиноводство-в-России.html> (дата обращения 29.03.2024).

10. Сколько мяса едят в разных странах [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.irk.ru/obed/articles/20120528/meat/> (дата обращения 29.03.2024).

УДК 577.161.5

Бочарова К.В., студент,

Половнева Д.О., ассистент

(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ВИТАМИН К-ЗАВИСИМЫЕ БЕЛКИ: ОСТЕОКАЛЬЦИН И ЕГО ВНЕКОСТНЫЕ ЭФФЕКТЫ (ОБЗОР)

Аннотация: В работе рассмотрены основные механизмы витамина К-зависимого карбоксилирования, а также механизм костного и внекостного действия различных по степени карбоксилирования форм остеокальцина – витамина к-зависимого белка. Витамин К сам по себе является жирорастворимым витамином, который играет важную роль в обмене веществ в костях и соединительной ткани, а также поддерживает свертывающие свойства крови. Кроме того, витамин К играет важную роль при карбоксилировании остатков глутаминовой кислоты в полипептидных цепях четырнадцати человеческих белков, что определяет их основные функции. Дефицит витамина К может привести к изменениям в биологической активности этих белков.

Ключевые слова: витамин К, карбоксилирование, остеокальцин, сахарный диабет, лептин, инсулин.

Витамин К. Витамин К представляет собой группу производных 2-метил-1,4-нафтохинона со сходной функцией в организме человека (рис. 1.).

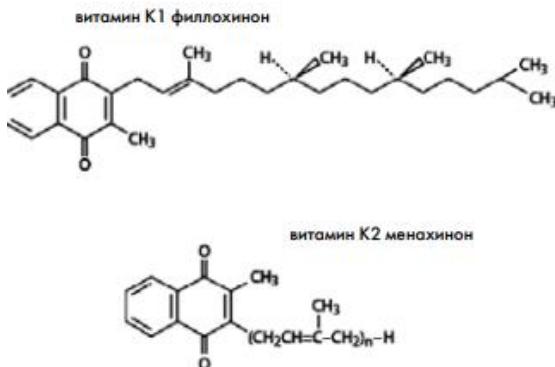


Рис. 1. Структура витамина K1 и витамина K2.

Он служит кофактором для фермента, отвечающего за карбоксилирование многих витамин K-зависимых белков, придавая им остатки -Gla [1].

Витамин K1 (филлохинон), содержится в значительных количествах в зеленых листовых овощах, капусте и шпинате.

Витамин K2 (менахинон), синтезируется бактериями в толстом кишечнике человека.

Недостаток витамина K обычно определяют по увеличению протромбинового времени – промежутка в секундах, за которое формируется тромб [2].

Повышение уровня недокарбоксилированного остеокальцина в крови человека может указывать на нехватку витамина K, что приводит к уменьшению минеральной плотности костей и увеличению вероятности развития остеопороза. Исследования показывают, что употребление менее 100 мкг витамина K в день связано с риском снижения минеральной плотности костей.

Добавки витамина K могут помочь в сохранении костной массы, однако при сочетании с рекомендованным количеством кальция и витамина D, витамин K1 не приносит дополнительных преимуществ для плотности костей в позвоночнике и бедре.

Сам же дефицит витамина K может развиваться из-за нарушения усвоения пищи в кишечнике (такие как закупорка желчного протока), из-за терапевтического или случайного всасывания антагонистов витамина K, или, очень редко, дефицитом витамина K в рационе. В результате приобретенного дефицита витамина K Gla-радикалы формируются не полностью, вследствие чего Gla-белки не в полной мере выполняют свои функции.

Вышеописанные факторы могут привести к следующему: обильные внутренние кровоизлияния, окостенение хрящей, серьёзная деформация развивающихся костей или отложения солей на стенках артериальных сосудов.

Дефицит витамина К может развиться в результате некоторых хронических заболеваний (энтериты, энтероколиты), при синдроме мальабсорбции, после хирургического удаления части кишечника, при гепатитах разной этиологии, циррозе печени, опухолях поджелудочной железы, желчекаменной болезни, а также при длительном приеме антибиотиков, подавляющих микрофлору кишечника, антикоагулянтов типа дикумарина, варфарина, поскольку они являются антагонистами данного витамина.

У новорожденных детей наблюдается первичная недостаточность витамина К, связанная с задержкой его в плаценте, а также в связи с недостаточной функцией печени и пониженным усвоением жира. Первичная недостаточность витамина К лежит в основе геморрагической болезни новорожденных.

Остеокальцин, его структура, синтез и посттрансляционная модификация. Костная ткань включает в себя клетки, органическую матрицу (остеоид) и минеральные элементы. Примерно 90 % органической матрицы составляют фибриллы коллагена, в то время как оставшиеся 10 % представлены разнообразными неколлагеновыми белками [3].

Остеокальцин (bone-Gla-protein, BGP) – это основной неколлагеновый белок экстрацеллюлярного матрикса костей с молекулярной массой 5800 Да, который преимущественно синтезируется остеобластами (рис. 2.)

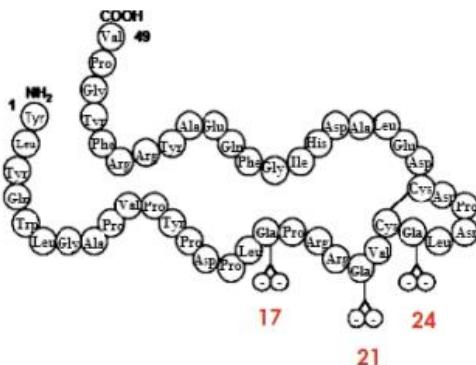


Рис. 2. Структура карбоксилированного (Gla-) остеокальцина.

Остеокальцин составляет 25 % всей неколлагеновой части органического матрикса кости и 2 % массы костной ткани в целом. Его структура включает последовательность из 49 аминокислот, с 3 остатками γ -карбоксиглутаминовой кислоты, или -Gla.

Биологическая активность остеокальцина зависит от изменений, происходящих после синтеза молекулы. Конкретно, происходит карбоксилирование в 17, 21 и 24 позициях с помощью фермента γ -глутамилкарбоксилазы. Остатки γ -карбоксиглутаминовой кислоты притягивают к себе три иона кальция и встраивают их в структуру кристаллов гидроксиапатита, основного материала костной ткани, что обеспечивает ее минеральную плотность.

Полностью карбоксилированный остеокальцин имеет наивысшее притяжение к костной ткани и практически не покидает её, способствуя процессу минерализации костей. Процесс карбоксилирования и активность фермента, осуществляющего его, γ -глутамилкарбоксилазы, зависят от витамина К. Активатором для γ -глутамилкарбоксилазы является приведенная к восстановленной форме витамина К – гидрохинон витамина К (КН2). В ходе карбоксилирования остеокальцина, а также других белков, зависимых от витамина К, гидрохинон КН2 преобразуется в витамин К эпоксид КО.

Процесс окисления гидрохинона до эпоксида обеспечивает необходимую энергию для превращения остатков -Glu в -Gla путем карбоксилирования. Следовательно, витамин К способствует образованию карбоксилированных форм и уменьшает выделение остеокальцина в кровоток, что способствует минерализации костей.

Также, антикоагулянты кумаринового происхождения, представляющие собой непрямые антагонисты витамина К и ингибиторы γ -карбоксилирования, блокируют фермент витамин К-эпоксидредуктазу, ответственную за восстановление витамина К.

Следует отметить, что при недостатке витамина К образуются менее карбоксилированные формы остеокальцина. Например, «частично карбоксилированный остеокальцин» означает карбоксилирование только в позициях 17 и 24, реже в позициях 21 и 24, а «некарбоксилированный остеокальцин» означает карбоксилирование только в позиции 17.

При явно выраженным дефиците витамина К часть остеокальцина остается полностью некарбоксилированной.

Все эти формы остеокальцина имеют меньшую аффинность к костной ткани и легко проникают в кровеносную систему, где они обладают собственной биологической активностью [4].

В рационе человека содержание витамина К ограничено, усвоение этого витамина снижается с возрастом, в то время как потребление витамина D человеком ограничивается определенными пищевыми источниками. Организм может предотвратить дефицит витамина К, используя фермент редуктазу витамина К.

Известно, что более 90% синтезируемого остеобластами остеокальцина у молодых и около 70% у взрослых людей включается в костный матрикс, а остальная часть попадает в кровоток.

Остеокальцин и углеводный обмен. В современной клинической практике остеокальцин рассматривается как показатель обмена костной ткани, который может быть использован для оценки активности костного обмена при различных заболеваниях и состояниях. Однако ученые все больше обращают внимание на возможную роль остеокальцина в поддержании гомеостаза глюкозы, что открывает новую перспективу в лечении различных метаболических нарушений, включая диабет второго типа.

Главная регулирующая роль в этой потенциальной новой эндокринной оси принадлежит лептину, который воздействует на остеобlastы через центральные структуры мозга (рис. 3.).

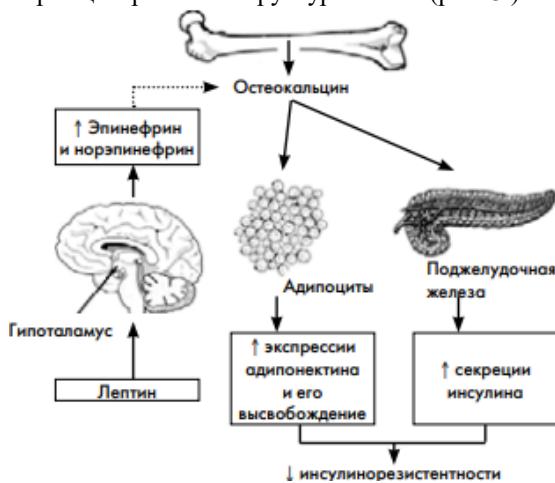


Рис. 3. Пути участия остеокальцина в углеводном и жировом обмене.

Лептин – это белок, который циркулирует в крови человека и его уровень зависит от количества жировой ткани, так как он производится геном Ob. Этот ген преимущественно активен в адипоцитах белой

жировой ткани. Лептин взаимодействует с рецепторами Ob-Rb в гипоталамусе и может влиять на процессы остеогенеза [5].

Во-первых, его известное антиостеогенное внекостное воздействие может осуществляться через регулировку сигнальной цитокиновой системы RANK-RANKL, которая является основным регулятором процессов дифференциации, функционирования и апоптоза остеокластов [6].

Во-вторых, лептин может воздействовать на систему CART (кодируемую специфическим геном гипоталамических нейропептидов, контролируемых кокаином и амфетамином), поскольку экспрессия этой системы усиливается под воздействием лептина. Известно, что на остеобластах присутствуют $\beta 2$ -адренорецепторы, активация которых симпатическим путем под влиянием лептина приводит к фосфорилированию активатора транскрипции фактора 4 (ATF 4), который необходим для дифференциации остеобластов.

Следовательно, существует вероятность, что лептин способствует как благоприятному, так и неблагоприятному влиянию на обмен костной ткани, вызывая либо усиление, либо замедление выделения остеокальцина остеобластами. Это, в свою очередь, оказывает влияние на синтез инсулина.

Исследования на животных показали, что даже при очень низких уровнях остеокальцина способен контролировать активность гена инсулина и стимулировать размножение β -клеток поджелудочной железы. При низких концентрациях наномолярных остеокальцина также способствует увеличению проявления адипонектина в белой жировой ткани. У мышей, которых длительно лечили синтетическим остеокальцином, было выявлено, что это препятствует набору веса и развитию нарушений обмена веществ в условиях избыточного питания и потребления пищи с высоким содержанием жиров.

Исследования, приведенные в работе [7], показали, насколько важна связь остеокальцина с метаболизмом глюкозы. У мышей, у которых был удален ген остеокальцина, были обнаружены такие нарушения в организме, как инсулинорезистентность, нарушение толерантности к глюкозе и висцеральное ожирение, что подтвердило защитную роль остеокальцина в процессе развития ожирения и диабета.

Введение в организм рекомбинантного некарбоксилированного остеокальцина показало увеличение толерантности к глюкозе и выработки инсулина в живом организме. Эксперименты *in vitro* также показали, что некарбоксилированный остеокальцин увеличивает секрецию инсулина островками Лангерганса и повышает чувствительность адипоцитов к инсулину [7].

Введение рекомбинантного некарбоксилированного остеокальцина мышам с ожирением, вызванным высокожировой диетой, способствует увеличению размножения β -клеток поджелудочной железы, увеличивает выработку инсулина, повышает чувствительность тканей к инсулину, снижает массу жировой ткани и уменьшает степень ожирения [8].

Эксперименты демонстрируют, что даже низкие концентрации остеокальцина, от 0,03 до 0,3 нг/мл, оказывают влияние на развитие β -клеточной пролиферации и секрецию инсулина.

Установлено, что количество Ki-67-положительных клеток островков Лангерганса, отвечающих за деление клеток, увеличивается в поджелудочной железе таких мышей, что свидетельствует об усилении пролиферации β -клеток.

Также проведенное иммуногистохимическое исследование поджелудочной железы, представленное в работе [9], таких мышей показало увеличение числа островков и общей массы β -клеток при инфузии остеокальцина в течение 16 недель [9].

При анализе структуры скелетных мышц с использованием метода просвечивающей электронной микроскопии обнаружено, что у мышей, получавших остеокальцин, происходит увеличение как количества, так и размера митохондрий, что, предположительно, приводит к увеличению энергозатрат.

Внимательно изучаются молекулярные процессы взаимодействия. Предполагается, что остеокальцин может регулировать обмен углеводов путем влияния на транскрипционный фактор FoxO1, который играет роль в регуляции глюкозового гомеостаза. FoxO1 контролирует процессы β -клеточной пролиферации в поджелудочной железе, глюконеогенезе, передавая сигналы инсулина и ИРФ-1 в β -клетках поджелудочной железы, адипоцитах и гепатоцитах.

Несколько исследований в работе [10] свидетельствуют о том, что FoxO1 также может оказывать влияние на процессы формирования костей, модулируя пролиферацию предшественников остеобластов, но не влияя на их дифференцировку [10].

FoxO1 активирует выражение у мышей Esp-гена, известного как ген, который контролирует активность остеокальцина и кодирует белок протеин-тиrozин-фосфатазу OST-PTP. Это приводит к снижению биологической активности остеокальцина за счет увеличения его карбоксилирования, уменьшения некарбоксилированных форм и, как следствие, к развитию инсулинерезистентности, нарушению толерантности к глюкозе и ожирению.

Роль гена Esp была выявлена недавно. Исследования в работе [11] показали, что отсутствие Esp у мышей приводит к гиперинсулинемии. Мыши с дефицитом Esp (Esp-/-) либо умирают в момент рождения из-за гипогликемии, либо имеют низкий уровень глюкозы в течение всей жизни.

Работа показала, что инактивация FoxO1 именно в остеобластах приводит к увеличению β -клеток поджелудочной железы, увеличению секреции инсулина и повышению чувствительности к инсулину.

При избыточной экспрессии Esp в остеобластах наблюдается нарушение глюкозового гомеостаза, снижение секреции инсулина, нарушение толерантности к глюкозе и развитие сахарного диабета второго типа [11].

К сожалению, эффективность моделей крыс и мышей для изучения этих механизмов у людей ограничена, поэтому выявленная функция Esp гена, кодирующего тирозинфосфатазу и модулирующую карбоксилирование остеокальцина в этих животных, не может быть прямо перенесена на человека.

Такое заключение предполагает необходимость проведения дальнейших исследований в данной области. Однако известно, что определенный диапазон концентраций остеокальцина в крови может поддерживать адекватную секрецию инсулина [12]. При этом остается неясно, насколько механизм взаимодействия остеокальцина и глюкозы, поддерживающий стимуляцию секреции инсулина, у человека аналогичен исследованным у мышей.

Имеется ряд исследований, проведенных на людях, которые указывают на обратно-пропорциональную связь между уровнями глюкозы и циркулирующим остеокальцином [13, 14].

У детей, имеющих проблемы с избыточным весом и преддиабетическими признаками, наблюдается снижение концентрации некарбоксилированного остеокальцина по сравнению с детьми, имеющими избыточный вес, но с нормальным уровнем глюкозы в крови. В то же время, уровень карбоксилированного остеокальцина оказался одинаковым в обеих группах. Это указывает на значимость некарбоксилированного остеокальцина в процессах уровня глюкозы в организме [13].

Несколько клинических исследований подтверждают, что обе формы остеокальцина (карбоксилированный и некарбоксилированный) могут принимать участие в регуляции уровня глюкозы в организме [14].

Уровни остеокальцина в плазме обратно коррелируют с уровнями глюкозы натощак и через 2 часа после глюкозо-толерантного теста.

У старших людей уровень сывороточного остеокальцина тесно связан с уровнями глюкозы и инсулина натощак. У пожилых мужчин и женщин в период постменопаузы с диагностированным сахарным диабетом второго типа некарбоксилированный остеокальцин коррелирует с процентом жировой ткани и уровнем гликированного гемоглобина. Поэтому последние исследования и эксперименты раскрывают важную эндокринологическую взаимосвязь между костями и поджелудочной железой, демонстрируя, что кости являются полноценным эндокринным органом, выделяющим гормон, который влияет на обмен веществ.

Имеющиеся данные, представленные в работе [15], открывают новые возможности в области разработки терапевтических методов для борьбы с ожирением и метаболическими расстройствами, такими как сахарный диабет, благодаря влиянию на остеобласти и процессы, протекающие в них.

Глубокое понимание того, как витамин К влияет на процессы карбоксилирования остеокальцина, позволяет рассматривать уровень его Glu-формы как ключевой показатель недостатка витамина К, а также как индикатор риска возникновения остеопороза и переломов в будущем. Это может способствовать внедрению мер первичной профилактики и снижению заболеваемости остеопорозом [15].

Также требуется проанализировать воздействие лекарств, которые влияют на γ -карбоксилирование остеокальцина (включая витамин К и варфарин), на уровни глюкозы в крови и на развитие метаболических заболеваний у пациентов, принимающих такие препараты [16].

Таким образом, можно сделать вывод, что витамин К играет ключевую роль в карбоксилировании витамин К-зависимых белков, таких как остеокальцин, что является важным для обеспечения нормального функционирования организма. Недостаток витамина К может привести к увеличению концентрации недокарбоксилированного остеокальцина в крови, что может быть связано с низкой минеральной плотностью костной ткани и повышенным риском остеопороза. Данные показывают, что употребление достаточного количества витамина К связано с сохранением костной массы и предотвращением развития остеопороза. Однако, необходимо дополнительное исследование для более глубокого понимания механизмов действия витамина К, его влияния на остеокальцин и внекостные эффекты, а также для определения оптимальных доз и рекомендаций по его употреблению для поддержания здоровья костей и организма в целом.

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Библиографический список

1. Панкратова Ю.В., Пигарова Е.А., Дзеранова Л.К. Витамин К-зависимые белки: остеокальцин, матриксный Gla-белок и их внекостные эффекты // Ожирение и метаболизм. 2013. Т. 10. № 2. С. 11-18.
2. Джумакулыева Г., Иламанова О., Чарыев А. Эффективность использования сочетанного витаминного комплекса: витамин д и витамин к // Вестник науки. 2023. Т. 3. № 11(68). С. 1180-1183.
3. Бердюгина О. В., Бердюгин К.А. Определение уровня остеокальцина и кальцитонина в диагностике постиммибилизационного остеопороза // I Международный конгресс ассоциации ревмоортопедов: тезисы докладов конгресса. Москва, 2017. С. 5-6.
4. Дегтярев О.В., Сазыкина У.А., Лазарева Е.Н. Диагностическая значимость остеокальцина при лепрозных остеодеструктивных осложнениях // Российский журнал кожных и венерических болезней. 2013. № 5. С. 54-56.
5. Юлдашева Г., Эргашева Г., Журабоев Б. Гормон лептин, его функции и значения в организме // Re-Health Journal. 2020. № 2-3(6). С. 9-17.
6. Супрун Э.В., Байрамов Р.А., Супрун А.С. Влияние цитокиновых препаратов на активность тиол-дисульфидной системы при экспериментальном сахарном диабете // Университетская наука: взгляд в будущее: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 81-летию Курского государственного медицинского университета и 50-летию фармацевтического факультета. Том II. Курск, 2016. С. 397-400.
7. Бутеро Н.В. Идентификация инфекционных агентов бактерий рода Enterococcus полученных в результате эксперимента // Polish Journal of Science. 2019. № 20-1(20). С. 3-7.
8. Абылайулы Ж., Большакова С.В., Истаева Ж.С., Истаев А.М. Различия чувствительности к инсулину и функции бета-клеток поджелудочной железы среди представителей этносов: систематический обзор // Фармация Казахстана. 2023. № 5. С. 230-234.
9. Першина Е.Ф., Сухоплюева Т.М., Тарасов Д.А. Сахарный диабет, актуальные вопросы сахарного диабета II типа // Студенческий форум. 2020. № 12(105). С. 25-30.
10. Кириллюк М.Л., Атанова Я.О. Состояние гормональной функции костной ткани в постменопаузе при сахарном диабете 2 типа // Клінічна ендокринологія та ендокринна хірургія. 2016. № 2(54). С. 62-67.
11. Чаплин А.М. Роль лептина в патогенезе атеросклероза: акцент на взаимодействии лептина с макрофагами // Научное обозрение. Биологические науки. 2021. № 3. С. 5-10.

12. Белик Е.В., Груздева О.В., Паличева Е.И. Инсулин и лептин: спорные и нерешенные вопросы их взаимодействия // Атеросклероз. 2019. Т. 15, № 1. С. 49-57.
13. Махмудов Н.И., Сайдалиев С.С., Кагтаханова Р.Ю. Инновационные технологии в диагностике повреждений поджелудочной железы у детей // Инновации в медицине: материалы I Международной научно-практической конференции. Том II. Махачкала, 2019. С. 37-39.
14. Свешников А.А., Репина И.В. Взаимосвязь между минеральной плотностью костей и ростом, массой тела, а также показателями состава тела у детей // Остеопороз и остеопатии. 2007. Т. 10. № 1. С. 6-10.
15. Матвеева Е.Л., Гасанова А.Г., Чегуров О.К., Герман О.Ю. Анализ минерального состава синовиальной жидкости и субхондральной кости при остеоартрозе // Современные проблемы науки и образования. 2023. № 6. С. 125.
16. Новикова Н.А., Воловченко А.Н. Варфарин: место в современной антикоагулянтной терапии // Атеротромбоз. 2016. № 1. С. 50-58.

УДК 577.15.08+606.61

Ванюшенкова А.А., аспирант,
Белов А.А., д-р. техн. наук, профессор
(Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия)

ИНАКТИВАЦИЯ ЦИСТЕИНОВЫХ ПРОТЕАЗ В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ, ЭКСПЛУАТАЦИИ И ХРАНЕНИЯ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ ПРЕПАРАТОВ

Аннотация: Заживление гнойных ран является серьёзной проблемой современной медицины, которая до сих пор не решена полностью. Процесс создания многофункционального ранозаживляющего препарата является комплексным. В данной работе был рассмотрен процесс инактивации тиоловых протеаз, на примере влияния окислительных модификаций цистеина на биологические активности иммобилизованных композиций. Было обнаружено, что условия получения значительно влияют, как на остаточную антиоксидантную, так и на протеолитическую активность композиции. Введение цистеина в качестве стабилизатора не предотвращает инактивацию иммобилизованного на ДАЦ фермента, при этом, включение хитозана стабилизирует композицию. Высушивание и длительное хранение замедляют высвобождение действующих веществ в раствор, снижая общую биологическую активность композиции.

Ключевые слова: иммобилизованные протеазы, хитозан, терапевтический агент, раневое покрытие.

Заживление гнойных ран является серьёзной проблемой современной медицины, которая до сих пор не решена полностью. По данным исследований, проведённых в 195 странах мира, после плановых и экстренных операций гнойные осложнения возникают у 30% пациентов, причём эта цифра не уменьшается. Гнойно-некротическое воспаление диагностируется у 45% пациентов с ранами хирургического профиля, что может привести к инвалидности и даже смерти (в 25–50% случаев) [1]. Одним из направлений поиска эффективного способа лечения инфицированных ран стала разработка местных средств мультифункционального действия, содержащих в своем составе несколько лекарственных компонентов (терапевтических агентов), обладающих комплексной терапевтической активностью в отношении основных субстратов сложной, длительно незаживающей раны. Исходя из этого, актуальной задачей становится разработка лекарственного препарата, который способен очищать раневую поверхность от гнойно-некротических масс, оказывать антимикробное и антиоксидантное действие, минимизировать болевые ощущения и, в конечном итоге, обеспечивать заживление раны в кратчайшие сроки [2].

Важную роль в разработке наружного лекарственного средства для лечения ран играет выбор как самой лекарственной формы, так и вспомогательных веществ, формирующих эту форму. Этот выбор должен быть основан на конечной цели - достижении максимальной биодоступности биологически активного ингредиента в лекарственном средстве при его нанесении на повреждённую поверхность, то есть раневой дефект.

Выбор препарата для заживления ран должен основываться на понимании свойств различных материалов и физиологии процесса заживления. Идеальная повязка должна обеспечивать оптимальную влажность раневой поверхности на начальных этапах заживления, предотвращать потерю тепла, предупреждать вторичное инфицирование раны, быть атравматичной, неаллергенной, нетоксичной, эффективно удалять избыток раневого экссудата и его токсические компоненты, обеспечивать адекватный газообмен между раневой поверхностью и окружающей средой, что способствует ускорению процесса выздоровления. Однако стоит отметить, что не существует универсального метода выбора раневой повязки, так же, как и не существует одного идеального средства. Требования к заживляющим препаратам могут значительно варьироваться в зависимости от генеза раны и стадии раневого процесса [2,3].

Использование ферментсодержащих хитозановых композиций в качестве покрытий на рану позволяет добиться комплексного эффекта,

а именно обеспечить пролонгированную энзимотерапию, антимикробное воздействие и эффективное удаление некротических масс. Однако, большинство сообщений о современных тенденциях в создании биологически активных материалов для хирургии имеют предварительный характер. Многие исследования и разработки остаются на стадии лабораторных испытаний, а сами материалы еще не прошли токсикологических и медико-биологических исследований [1,4].

Нормальное функционирование клеток поддерживается важным компонентом - кислородом. При условиях гипоксии, гликолитический механизм может быть активирован в качестве альтернативной стратегии для поддержания жизнеспособности клеток, несмотря на то, что общая активность клеток обычно снижается. Таким образом, для нормального процесса заживления ран требуется адекватное поступление кислорода [5,6]. Известно, что риск развития хронических незаживающих ран увеличивается при снижении парциального давления кислорода в тканях (pO_2) ниже определенного уровня [5]. Активные формы кислорода, являющиеся продуктами кислородного обмена, играют важную регуляторную роль в процессе заживления ран.

На сегодняшний день доказано, что развитие и прогрессирование обширного спектра воспалительных патологий сопровождается активацией свободнорадикальных реакций (СРР) перекисного окисления липидов (ПОЛ), денатурации белков и нуклеиновых кислот [7,8]. Образовавшиеся в клетке первичные радикалы способны инициировать вторичные свободнорадикальные реакции, взаимодействуя с различными клеточными компонентами: белками, нуклеиновыми кислотами и липидами. В результате, происходит деградация молекул-мишеней с образованием более или менее стабильных продуктов реакций, идентификация и определение количества которых, может служить параметром или маркером, отражающим скорость СРР.

Распространённость синдрома активации СРР привела к появлению термина «свободнорадикальные болезни» в научной литературе [9]. Процессы, происходящие при заживлении ран, не являются исключением, в особенности - стадия воспаления [7-9]. Гиперпродукция в ране свободных радикалов, снижение активности эндогенных антиоксидантов смещает баланс в сторону усиления СРР, что служит патогенетическим обоснованием использования экзогенных ингибиторов СРР в качестве препаратов, способствующих ускорению заживления раны. Существуют данные об эффективности антиоксидантной терапии ран [6,10].

В качестве активатора и стабилизирующего агента в наших исследованиях использовался L-цистеин. Цистеин (Cys), серосодержащая аминокислота, присутствующая в белках и пептидах, обладает выраженной антиоксидантной активностью. Он способен нейтрализовать вредное воздействие свободных радикалов на клетки и снижать уровень окислительного стресса [11]. Кроме того, цистеин демонстрирует радиопротекторные свойства. Его часто используют для стабилизации серосодержащих ферментов, таких как бромелайн и папаин. Тиоловая группа цистеина отличается высокой реакционной способностью. Сульфгидрильная группа делает цистеины популярным выбором в качестве активных центров в ферментах, сайтов прикрепления для меток пренилирования и пальмитоилирования, а также высокоаффинных сайтов связывания металлов, таких как цинк или железо [12]. Однако, вероятно, наиболее характерной особенностью тиолов цистеина является их способность подвергаться обратимым реакциям окисления. Она способна подвергаться окислению с образованием дисульфида, что можно представить схемой, обозначенной на рис. 1.



Рис. 1. Образование цистина.

Cys входит в состав активного центра многих ферментов и его модификация ведет к потере ферментативной активности последних. Из некоторых литературных источников [12, 13] известно, что в свободном цистеине значение рKa тиоловой группы составляет 8,45, что свидетельствует о том, что лишь небольшая часть цистеинов депротонируется в физиологических условиях рН.

Для получения готовых форм энзимных препаратов тиоловых протеаз мы использовали методы их иммобилизации в структуру хитозанового геля, а также на поверхность диальдегидцеллюлозы (ДАЦ). В процессе получения и хранения в условиях, имитирующих складское хранение, мы исследовали изменение протеолитической, антиоксидантной и антимикробной активности полученных

композиций. Высушивание проводилось как при комнатной температуре, так и методом лиофилизации.

В ходе эксперимента по изучению изменения протеолитической активности [14] иммобилизованных на целлюлозе перидодатного окисления (ДАЦ) препаратов цистеиновых протеаз, было зафиксировано падение данного значения на протяжении всего времени наблюдения. Для объяснения данного явления, было изучено влияния альдегидных групп матрицы и модельных соединений на антиоксидантную активность (АОА) составных частей композиций, полученные данные представлены на рис. 2.

Согласно полученным нами ранее данным [15] продукты гидролитической деструкции ДАЦ обладают АОА, при этом, сама ДАЦ не имеет АОА. Олигомеры хитозана имеют значительно большую АОА, по сравнению с его высокомолекулярной формой. Вполне возможно, что образцы высокомолекулярного хитозана, изучаемого нами в ходе эксперимента, имеют собственную АОА за счет изначального присутствия в нем олигохитозов и постепенного гидролиза структуры.

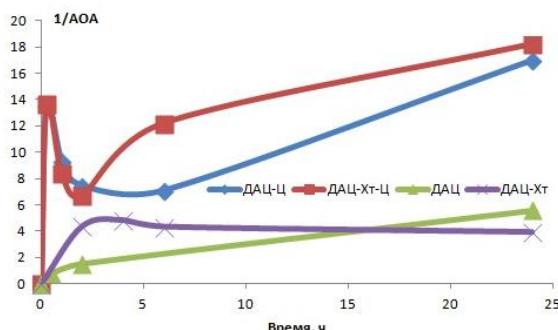


Рис. 2. Изменение АОА различных композитов, где ДАЦ-Ц-Ц - препарат цистеина, иммобилизованный на ДАЦ; ДАЦ-Хт-Ц - композиция, состоящая из хитозана и цистеина, иммобилизованная на ДАЦ; ДАЦ-Хт - хитозан иммобилизованный на ДАЦ; содержание альдегидных групп 0,3ММ/гДАЦ, все измерения проводились в 1/15М ФБ 6,2.

В наших предыдущих исследованиях было показано [15], что в процессе гидролитической деструкции в раствор выходят альдегидсодержащие фрагменты матрицы. Согласно литературе [16], тиоловая группа цистеина легко подвергается окислению и другим

модификациям при взаимодействии с целым рядом альдегидов. В качестве модельного, в нашей работе использовался формальдегид, возможная схема взаимодействия которого, представлена на рис.3.

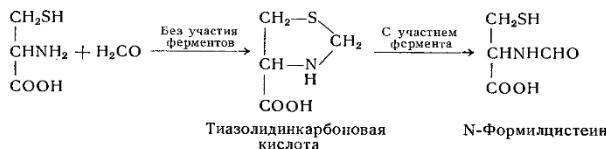


Рис. 3. Окислительное взаимодействие формальдегида и цистеина [16].

Было исследовано влияние растворов формальдегида в 1/15М ФБ 6,2 на АОА Cys. Согласно полученным данным, формальдегид полностью подавляет АОА Cys при многократном избытке (при соотношении, превышающем 1:3).

Также было изучено изменение АОА при включении цистеина в структуру хитозанового геля при различном времени выдерживания в модельных условиях (1/15М ФБ pH 6,2 при 25 °C). В качестве объектов сравнения были выбраны растворы нативного цистеина в разных концентрациях. Полученные данные представлены на рис. 4.

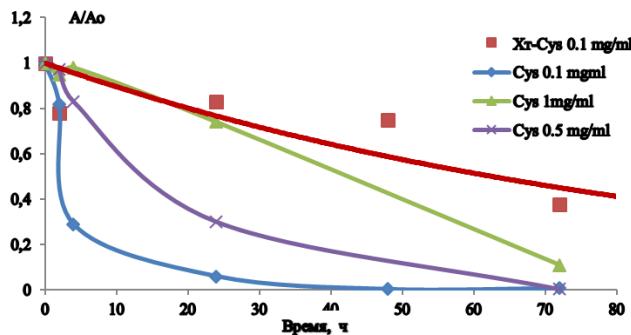


Рис. 4. Изменение АОА образцов Cys и Xt-Cys.

Как видно из полученных данных, хитозан замедляет падение АОА Cys в используемых модельных условиях.

Из проведенных экспериментов следует, что при взаимодействии Cys с хитозаном, Cys возможно замещает ацетат-ионы аминогрупп хитозана. В образовавшемся производном, аналогичном

уксуснокислому хитозонию, может происходить модификация остатков Cys, в основном, по пути, показанном на рисунке 1, в результате чего хитозан теряет способность растворяться в воде, а Cys теряет АОА. При наличии в системе карбонильных соединений (ДАЦ, формальдегид) процесс снижения АОА ускоряется, в результате протекания дополнительных реакций. Формальдегид взаимодействует одновременно по амино- и по тиоловой группе Cys. Данное окислительное взаимодействие затрагивает не только свободный цистеин системы, но и цистеин активного центра тиоловых протеаз, вызывая их инактивацию. Введение в систему хитозана замедляет падение биологических активностей полученных препаратов тиоловых протеаз. Высушивание и длительное хранение композиций при комнатной температуре замедляют выход в раствор действующих веществ, снижая ферментативную и антиоксидантную активность.

Библиографический список

1. Современное представление о раневых покрытиях / А.Ю. Григорьян [и др.] // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2022. № 11. С. 42–48.
2. Wound dressings: Current advances and future directions / E. Rezvani Ghomi [et al.] // Journal of Applied Polymer Science. 2019. V. 136. №. 27. P. 47738.
3. Emerging treatment strategies in wound care / M. Mirhaj, S. Labbaf, M. Tavakoli, A.M. Seifalian // International Wound Journal. 2022. V. 19. №. 7. P. 1934–1954.
4. Practical context of enzymatic treatment for wound healing: A secreted protease approach / M.I. Avila-Rodríguez [et al.] // Biomedical reports. 2020. V. 13. №. 1. P. 3–14.
5. The initiation of oxidative stress and therapeutic strategies in wound healing / G. Wang [et al.] // Biomedicine & Pharmacotherapy. 2023. V. 157. P. 114004.
6. The role of antioxidants on wound healing: A review of the current evidence / Comino-Sanz I. M. [et al.] // Journal of clinical medicine. 2021. V. 10. №. 16. P. 3558.
7. The effects of oxygen free radicals on wound healing. / Foschi D. [et al] // Int. J Tissue React. 1988. V.10. №. 6. P.373-379.
8. Effect of the hydroxyl radical on fibroblast-mediated collagen remodelling in vitro / S. Arisawa [et al.] // Clin. Exp. Pharmacol. Physiol. 1996. V.23. № 3. P. 222-228.
9. Harman D. Free radical theory of aging: the free radical diseases // Age. 1984. V.7. №1. P.111-137.
10. Antioxidant biomaterials in cutaneous wound healing and tissue regeneration: A critical review / N.I.M. Fadilah [et al.] // Antioxidants. 2023. V. 12. №. 4. P. 787.
11. Pravina Piste. Cysteine –master antioxidant // International Journal of Pharmaceutical. Chemical and Biological Sciences. 2013. V.3. Iss.1. P.143-149.

12. Ulrich K., Jakob U. The role of thiols in antioxidant systems // Free Radical Biology and Medicine. 2019. V. 140. P. 14-27.
13. Clement G. E., Hartz T. P. Determination of the microscopic ionization constants // Journal of chemical education. 1971. V. 48. №. 6. P. 395.
14. Ванюшенкова А.А., Белов А.А. Синтез и исследование свойств композиционных материалов на основе целлюлозы и хитозана содержащие различные терапевтические агенты. Часть 6. Инактивация протеаз продуктами гидролитической деструкции материалов на основе диальдегидцеллюлозы. // Бутлеровские сообщения. 2024 Т.77. №1. С.1.
15. Синтез и исследование свойств композиционных материалов на основе целлюлозы и хитозана содержащие различные терапевтические агенты. Часть 3. Гидролитическая деструкция перевязочных материалов на основе диальдегидцеллюлозы / А.А. Ванюшенкова [и др.] // Бутлеровские сообщения. 2019. Т.57. №8. С.47-59.
16. How formaldehyde reacts with amino acids / J.J.A.G. Kamps, R.J. Hopkinson, C. J. Schofield, T.D.W. Claridge // Communications Chemistry. 2019. V.2. P. 126

УДК 577.15.08

Ерохин Л.М., аспирант,
Красноштанова А.А., д-р хим. наук, профессор
(Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ ГЛЮКОАМИЛАЗЫ ГЛЮКОЗООКСИДНЫМ МЕТОДОМ И ДНС-МЕТОДОМ

Аннотация. В данной работе было с помощью корреляционного анализа проведено сравнение результатов оценки активности глюкоамилазы глюкозооксидным методом и методом с использованием динитросалициловой кислоты (ДНС-метод) для ферментных препаратов с различным содержанием глюкоамилазы. Установлено, что ДНС-метод может быть использован для оценки активности глюкоамилазы, если данный фермент является преобладающим в составе препарата. Данный вывод применим и для широко используемого в отечественной промышленности ферментного препарата глюкоамилазы глюкаваморин ГЗХ.

Ключевые слова: глюкоамилаза, амилолитические ферменты, ферментные препараты, глюкоза, крахмал.

Введение

Амилолитические ферменты – это биокатализаторы реакций гидролиза крахмала до олиго- и моносахаридов. Крахмала представляет собой смесь полисахаридов, амилозы с линейными α -1,4-гликозидными связями и амилопектина, который помимо α -1,4-связей также содержит

α -1,6-гликозидные связи, что обуславливает его разветвлённую структуру. В настоящее время амилолитические ферменты являются одними из самых широко применяемых в промышленности биологических катализаторов. Они используются в производстве сиропов, этилового спирта, глюкозы, а также в микробиологической и текстильной промышленности. Самым часто применяемым в различных сферах производства амилолитическим ферментом является α -амилаза (ЕС 3.2.1.1 1,4- α -глюкан-глюканогидролаза). Помимо α -амилазы, большое внимание уделяется глюкоамилазе (ЕС 3.2.1.3 глюкан-1,4- α -гликозидаза), что связано с её способностью катализировать гидролиз полимеров крахмала до свободной глюкозы, а также со специфичностью и к α -1,4-, и к α -1,6-гликозидным связям. Именно глюкоамилаза является ключевым ферментом в производстве глюкозы для нужд медицины (декстрозы) [1].

В промышленности глюкоамилаза, как и многие другие ферменты, используется в составе ферментных препаратов. В качестве продуцентов в процессах получения ферментных препаратов применяют бактериальные и грибные культуры. В России одним из самых распространённых ферментных препаратов, содержащих глюкоамилазу, является глюкаваморин различной степени очистки. В качестве продуцента при производстве глюкаваморина используются селекционные и мутантные штаммы микромицета *Aspergillus awamori* [2].

Важнейшим показателем качества ферментных препаратов является активность ферментов, входящих в их состав. Ферментативная активность – это мера способности фермента (ферментного препарата) катализировать ту или иную реакцию. Целевым продуктом в процессах, где используется глюкоамилаза, является глюкоза. Поэтому методы определения активности глюкоамилазы должны быть нацелены на установление скорости образования глюкозы. Достоверным методом определения активности глюкоамилазы сегодня считается глюкозооксидазный метод, основанный на ферментативном определении количества пероксида водорода, образующегося в реакции окисления глюкозы под действием глюкозооксидазы [3].

Несомненным достоинством глюкозооксидазного метода является его высокая специфичность в определении концентрации глюкозы. Однако данный метод является достаточно ресурсозатратным, поэтому зачастую в исследовательской практике используется более доступный способ – метод определения содержания редуцирующих веществ (РВ) с применением динитросалициловой кислоты (ДНС-метод). РВ образуются в реакциях гидролиза крахмала, так как по мере деполимеризации амилозы и амилопектина в рабочем растворе

накапливаются низкомолекулярные углеводы, содержащие в своём составе альдегидную группу – редуцирующий, или восстанавливающий, конец. С одной стороны, такой ДНС-метод служит для определения общей амилолитической активности, а не глюкоамилазной активности, так как образование низкомолекулярных углеводов при гидролизе крахмала катализирует множество амилолитических ферментов, которые могут находиться в составе исследуемого ферментного препарата. С другой стороны, при значительной доле глюкоамилазы в препарате общая амилолитическая активность представлена в основном глюкоамилазной активностью [4].

В связи с указанными особенностями методов, используемых для определения активности глюкоамилазы, в ряде случаев возникает вопрос о необходимости применения глюкозооксидазного метода и о достаточности ДНС-метода. Многие исследователи сходятся во мнении, что в высокоочищенных ферментных препаратах для оценки глюкоамилазной активности достаточно данных ДНС-метода, а при значительном содержании в препарате иных амилолитических ферментов этот метод становится непоказательным для определения количества образующейся глюкозы [5-7].

Однако в практике отечественных исследователей зачастую рабочим ферментным препаратом выступает глюкаваморин Г3Х или схожий по степени очистки препарат. В этом случае нельзя говорить о высокоочищенной глюкоамилазе, но при этом содержание глюкоамилазы в ферментном препарате относительно высоко. В связи с этим целью данной работы было сравнение результатов определения активности глюкоамилазы глюкозооксидазным методом и ДНС-методом в ферментных препаратах с различным содержанием глюкоамилазы с помощью корреляционного анализа. Выявление корреляции может позволить сделать вывод о возможности применения ДНС-метода для оценки активности глюкоамилазы. Важно отметить, что речь идёт не об определении глюкоамилазной активности ДНС-методом, а о возможности использования данного метода для сравнительной оценки активности глюкоамилазы при использовании одного и того же ферментного препарата в серии экспериментов.

Материалы и методы

В качестве субстрата использовали растворимый крахмал (ч.д.а., Realfine Chemical Co., Ltd., Китай). Источником глюкоамилазы и иных амилолитических ферментов служили ферментные препараты глюкаваморин Г15Х, глюкаваморин Г3Х, амилосубтилин Г3Х (ПО «Сиббиофарм», Россия). Для определения глюкоамилазной активности использовали набор стандартных реагентов производства Erba Lachema

(Чехия). Для определения общей амилолитической активности использовали ДНС-реактив производства Acros Organics (Бельгия).

Глюкоамилазную активность определяли глюкозооксидазным методом (ГО-метод) с применением набора стандартных реагентов по методике, изложенной в [8]. За единицу глюкоамилазной активности (Ед) принимали количество фермента, которое катализирует образование 1 мкмоль глюкозы за 1 минуту при гидролизе субстрата содержанием 1,0 масс. % по сухому веществу при рН 5,2 и температуре 50 °C.

Общую амилолитическую активность определяли стандартным ДНС-методом [9]. За единицу общей амилолитической активности (Ед) принимали количество фермента, которое катализирует образование 1 мкмоль РВ за 1 минуту при гидролизе субстрата содержанием 1,0 масс. % по сухому веществу при рН 5,2 и температуре 50 °C.

Для ориентировочной оценки содержания глюкоамилазы в ферментной смеси было введено отношение глюкоамилазной активности, определённой по ГО-методу, к общей амилолитической активности, определённой по ДНС-методу (ГА:ОАА). Соотношение ГА:ОАА определялось в условиях, описанных выше, время инкубации составляло 10 минут при общей амилолитической активности 1,5 Ед/г сухих веществ субстрата.

Динамику накопления продуктов ферментативного гидролиза определяли при условиях, указанных выше, и содержании ферментного препарата по общей амилолитической активности 2,0 Ед/г сухих веществ субстрата.

Результаты и обсуждение

Для сравнения результатов оценки активности глюкоамилазы ДНС-методом и ГО-методом проводили опыты с тремя различными ферментными препаратами. В каждом опыте проводили серию из десяти опытов с различным количеством фермента в условном диапазоне общей амилолитической активности по ДНС-методу 0,5–3,0 Ед/г сухих веществ субстрата, время инкубации составляло 10 минут.

Соотношение ГА:ОАА для глюкаваморина Г15Х составило более 95 %, для глюкаваморина Г3Х – 90 %, для смеси амилосубтилина Г3Х и глюкаваморина Г3Х (10:1 масс.) – менее 10 %.

В ходе исследования было установлено, что под действием а-амилазы амилосубтилина Г3Х олигосахариды образуются существенно быстрее, чем глюкоза под действием глюкоамилазы. Такое явление сопровождается быстрым ростом содержанием РВ при малом приросте концентрации глюкозы (Рис. 1-В). В двух других случаях прирост концентраций РВ и глюкозы происходил с примерно одинаковой

скоростью. В результате корреляционного анализа было выявлено, что положительная корреляция между значениями активности по ГО-методу и по ДНС-методу тем выше, чем выше содержание глюкоамилазы в ферментном препарате (Рис. 2).

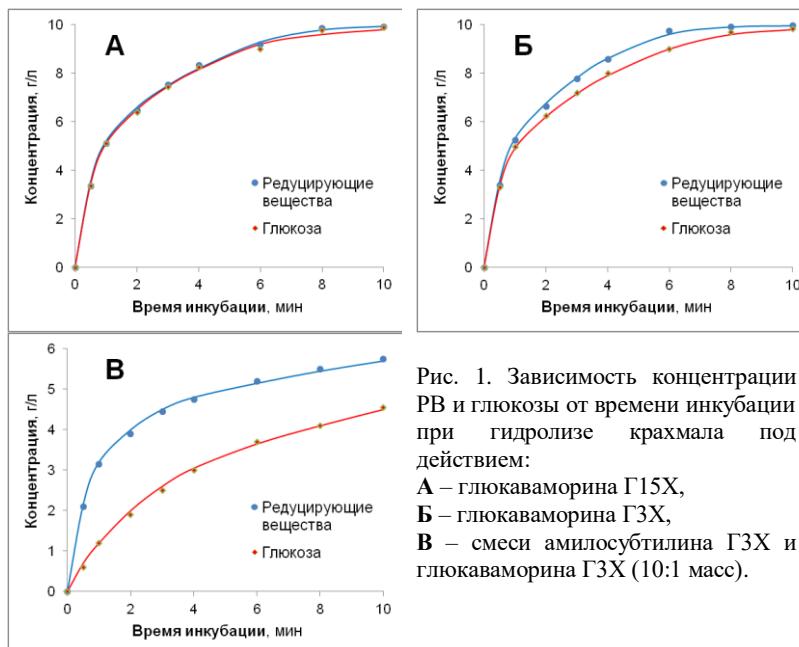


Рис. 1. Зависимость концентрации РВ и глюкозы от времени инкубации при гидролизе крахмала под действием:
А – глюкаваморина Г15Х,
Б – глюкаваморина Г3Х,
В – смеси амилосубтилина Г3Х и глюкаваморина Г3Х (10:1 масс.).

Важно заметить, что в опытах с глюкаваморином Г3Х наблюдается высокое значение коэффициента корреляции ($r_{x,y}=0,983$), что свидетельствует о практически однозначном соответствии определённого значения активности по ДНС-методу определённому значению активности по ГО-методу в рамках линейной зависимости. Такие результаты позволяют сделать вывод о том, что в рамках серии экспериментов, где используется один и тот же ферментный препарат, ДНС-метод может быть использован для оценки активности глюкоамилазы, если данный фермент является основным в ферментном препарате. Причём, степени чистоты препарата глюкаваморин Г3Х достаточно для такого использования ДНС-метода.

В случае преобладающего содержания в ферментном препарате иных амилолитических ферментов, кроме глюкоамилазы, использование ДНС-метода для оценки активности глюкоамилазы

становится невозможным из-за недостоверности получаемых данных. Очевидно, в такой ситуации ДНС-метод можно применить только в конечной точке ферментативной реакции, когда будет достигнуто состояние равновесия и практически весь субстрат будет гидролизован до глюкозы комплексом амилолитических ферментов.

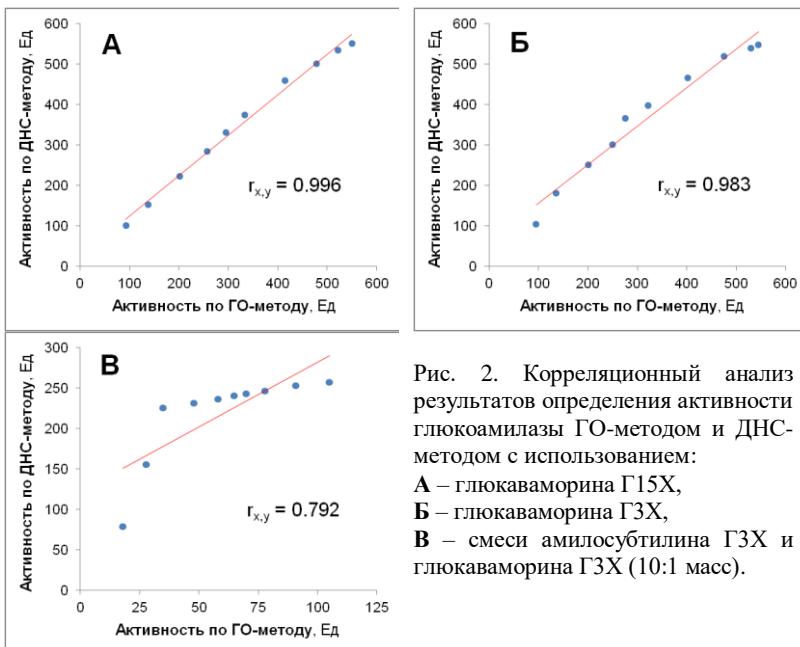


Рис. 2. Корреляционный анализ результатов определения активности глюкоамилазы ГО-методом и ДНС-методом с использованием:
 А – глюкаваморина Г15Х,
 Б – глюкаваморина Г3Х,
 В – смеси амилосубтилина Г3Х и глюкаваморина Г3Х (10:1 масс.).

Выводы

Таким образом, установлено, что при значительном содержании глюкоамилазы в ферментном препарате коэффициент корреляции между активностью, определённой ГО-методом, и активностью, определённой ДНС-методом, принимает высокие значения (более 0,95). В этом случае ДНС-метод может применяться для оценки активности глюкоамилазы. Примесное содержание в препарате прочих амилолитических ферментов, кроме глюкоамилазы, до некоторого предела не препятствует такой оценке, что характерно в том числе для широко используемого типа препарата глюкаваморин Г3Х. Если же содержание глюкоамилазы в препарате мало, то ДНС-метод не может быть использован для оценки активности глюкоамилазы в продолжающейся ферментативной реакции, так как образование РВ

обусловлено преимущественно работой иных амилолитических ферментов смеси.

Библиографический список

1. Research progress of glucoamylase with industrial potential / X. Zong [et al.] // Journal of Food Biochemistry. 2022. Vol. 46. № 7. P. e14099.
2. Влияние вида осахаривающих материалов на пищевую ценность зерновой клетчатки спиртового производства / Туршатов М. В. [и др.] // Фундаментальные и прикладные аспекты нутрициологии и диетологии. 2023. С. 289.
3. Glucose oxidase: Applications, sources, and recombinant production / S.H. Khatami [et al.] // Biotechnology and Applied Biochemistry. 2022. Vol. 69. № 3. P. 939-950.
4. Glucoamylase / C.R. Soccol [et al.] // Enzyme technology. 2006. P. 221-237.
5. Mendonça A.P.S., Dos Reis K.L., Barbosa-Tessmann I. P. *Aspergillus clavatus* UEM 04: An efficient producer of glucoamylase and α -amylase able to hydrolyze gelatinized and raw starch // International Journal of Biological Macromolecules. 2023. Vol. 249. P. 125890.
6. Purification and functional properties of a novel glucoamylase activated by manganese and lead produced by *Aspergillus japonicus* / T.M. Pasin [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. 2017. Vol. 102. P. 779-788.
7. Very high gravity (VHG) bioethanol production using modified simultaneous saccharification and fermentation of raw cassava chips with molasses by *Kluyveromyces marxianus* DMKU-KS07 / T. Lomthong [et al.] // Waste and Biomass Valorization. 2021. Vol. 12. P. 3683-3693.
8. Krause D.R., Wood C.J., Maclean D.J. Glucoamylase (exo-1, 4-aD-glucan glucanohydrolase, EC 3.2. 1.3) is the major starch-degrading enzyme secreted by the phytopathogenic fungus *Colletotrichum gloeosporioides* // Microbiology. 1991. Vol. 137. № 10. P. 2463-2468.
9. Smith M.T., Cornish-Bowden A., Briggs D.E. The determination of barley α -amylase activity // Journal of the Institute of Brewing. 1979. Vol. 85. № 3. P. 157-159.

УДК 636.09

Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, профессор,

Богданов В.Н., читат.,

Кикалишвили Е. Н., аспирант,

Газиев Х.Х., магистрант

*(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)*

**ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АДСОРБИРУЮЩЕГО
ГИГИЕНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА С ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИМ
ЭФФЕКТОМ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ
АНТИБИОТИКОВ ПРИ СОДЕРЖАНИИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ В РФ**

Аннотация: Основными проблемами выращивания скота и птицы в личных подсобных и фермерских хозяйствах являются повышенная влажность, неприятные запахи и интенсивное размножение личинок различных бактерий и насекомых, что приводит к частым случаям заболевания копыт, диареи и несварения желудка, мастита, эндометрита и респираторных заболеваний. Мы считаем, что решить эти проблемы для безопасного выращивания и содержания скота и птицы можно с помощью адсорбирующих дезинфектантов природного происхождения с бактерицидными свойствами в виде микрофицированных сыпучих веществ.

Ключевые слова: абсорбция дезинфицирующих средств, бактерицидное действие, сельскохозяйственные животные и птица, устойчивость к противомикробным препаратам.

Разработка и внедрение биомедицинских технологий является важнейшей задачей агропромышленного комплекса по сокращению бесконтрольного применения антимикробных препаратов при разведении и выращивании скота и птицы в животноводстве. Правительством утверждён план реализации «Стратегии предупреждения распространения антимикробной резистентности в России на период до 2030г.», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 25 сентября 2017 года №2045-р.

Целью стратегии является предупреждение и ограничение распространения устойчивости к противомикробным препаратам на территории России, разработана государственная политика по предупреждению и организацию развития устойчивости микроорганизмов противомикробным препаратам, химическим веществам и биологическим агентам.

Как сообщается на сайте Правительства Российской Федерации, по оценкам экспертов, устойчивость к противомикробным препаратам является причиной более чем 700 000 смертей в мире ежегодно, а к 2050 году это число может вырасти до 10 миллионов.

План реализации Стратегии включает, в частности, совершенствование национальных нормативных актов по использованию антимикробных препаратов в здравоохранении и ветеринарии, разработку и обновление клинических рекомендаций по оказанию медицинских услуг при инфекционных и паразитных заболеваниях с учетом оптимальных схем лечения антимикробными препаратами, регулирование и мониторинг остатков антибиотиков в пищевых ингредиентах и продуктах питания, повышение уровня профессиональной подготовки специалистов.

Документ также устанавливает административную ответственность за применение в ветеринарии антимикробных препаратов, не включенных в официально утвержденный перечень, а также за применение в ветеринарии нелекарственных антимикробных препаратов. Также планируется создание системы прослеживаемости реализации антимикробных препаратов с использованием Системы мониторинга и движение медицинских изделий и Федеральной национальной информационной системы в области ветеринарии.

Бесконтрольное использование антибиотиков привело к тому, что многие из них стали неэффективными в борьбе инфекционными заболеваниями. Быстрое распространение устойчивых к антибиотикам микроорганизмов в окружающей среде серьезную озабоченность в системе «корм – животное – продукт – животноводство – человек» во всем мире. Устойчивость бактерий к антибиотикам – явление многофакторное. Основными причинами этого явления является чрезмерное и бесконечное и бесконтрольное применение антибиотиков ветеринарными врачами – неспособность снизить чувствительность микрофлоры к антибиотикам, дозирование и ниже МИК (минимальной ингибирующей концентрации) и объективное развитие микроорганизмов.

Однако отсутствие надлежащих санитарных условий на бойнях является одним из основных, а возможно, и решающих факторов быстрого роста и распространения патогенных микроорганизмов. На сегодняшний день не существует эффективных гигиенических мероприятий, создающих оптимальные условия для животных и обеспечивающих эффективное функционирование системы «корм – животное – продукция животноводства – человек». Для эффективного функционирования такой системы необходим тщательный подбор

бактерицидных и бактериостатических ингредиентов с учетом использования природного минерального сырья. Кроме того, все ингредиенты, используемые для производства таких препаратов, должны иметь соответствующую лицензию на ветеринарное и медицинское применение и обладать синергетической антимикробной активностью в отношении антигенов, часто встречающихся в животноводстве и птицеводстве.

Одно из главных условий правильного ухода при содержании домашнего животного дома или на ферме – сухое, чисто помещение с комфортной температурой. В таком помещении животное защищено от инфекций, грибков, паразитов и насекомых. В прошлом для сушки подстилки использовались различные народные средства. Сегодня используются светло – бежевые или белые порошки, или гранулы, называемые осушителями.

Порошок распыляют в помещениях для крупного рогатого скота, телят, свиней и домашней птицы.

Повышенная влажность в помещении является благоприятной средой для размножения различных патогенных микроорганизмов и зачастую представляет собой неприятную обстановку. Средство поглощает избыточную влагу, дезинфицирует помещение и действует как дезинфицирующее средство.

Масло в осушителе освежает воздух в помещении и создает дезодорирующий эффект за счет поглощения паров аммиака и сероводорода, образующихся в результате жизнедеятельности животных.

Кроме того, осушители воздуха используются для ран и сыпи у животных, профилактики мастита у крупного рогатого скота, водопоя молодняка и в качестве сухих ванн для птицы.

При перевозке новорожденных телят или поросят порошок снижает чувствительность малыша к посторонним запахам, тем самым уменьшая стрессовой фактор.

Такие дезинфицирующие средства должны иметь сильно развитую гранулированную структуру, обеспечиваемую достигнутым процессом гранулирования. Полученные гранулы должны обладать высокой водопоглащаемостью, чтобы обеспечить высокий уровень гигиены и санитарных условий в животноводстве. Важным требованием является то, чтобы состав был нетоксичным, не накапливался в организме и не вызывал местного раздражения или аллергических реакций. Если удастся создать такой гигиенический состав, то ожидается, что он значительно количество и рост кишечной палочки, золотистого стафилококка, стрептококка, сальмонеллы и кампилобактера,

существенно сократит использование антибиотиков в животноводстве и птицеводстве и значительно снизит угрозу возникновения антибиотикорезистентных бактерий. Также необходимо обеспечить комфортные условия проживания и работы обслуживающего персонала, чего можно добиться, используя различные средства устранения неприятных запахов.

Необходимо создать гигиеническое средство, которое должно превосходить зарубежные аналоги при этом значительно уступать им по стоимости, что особенно актуально для отечественных производителей продуктов животноводства и птицеводства в современных условиях. С учетом обеспечения антибактериальных свойств, указанных в табл. 2.

Таблица 2. Антибактериальные свойства препаратов

	Количество бактерий в смеси со Staldren®		Количество бактерий в смеси без добавления Staldren®	
	Через 1 час	Через 2 дня	Через 1 час	Через 2 дня
E. coli 0157	<10 CFU/ml	<10 CFU/ml	140 mio CFU/ml	>200 mio CFU/ml
Aspergillus niger ATCC 16406	<100 CFU/ml	<100 CFU/ml	150.000 CFU/ml	500.000 CFU/ml
Clostridium perfringens ATCC 13124	<100 CFU/ml	<10 CFU/ml	20 mio CFU/ml	1,9 mio CFU/ml
Streptococcus uberis ATCC 9927	<10 CFU/ml	<10 CFU/ml	43 mio CFU/ml	1,9 mio CFU/ml
Salmonella typhimurium ATCC 25241	<10 CFU/ml	<10 CFU/ml	>10 mia CFU/ml	>1 mia CFU/ml
Staphylococcus aureus ATCC 25923	<10 CFU/ml	<10 CFU/ml	100 mio CFU/ml	1,2 mia CFU/ml
Streptococcus suis serovar no. 7	<10 CFU/ml	10 CFU/ml	1500 CFU/ml	6 mio CFU/ml
Campylobacter jejuni ATCC 29428	<10 CFU/ml	<10 CFU/ml	6 mio CFU/ml	>10 mio CFU/ml
Klebsiella Pneumoniae	40 CFU/ml	40 CFU/ml	4,2 mio CFU/ml	36 mio CFU/ml

Применение таких гигиенических средств позволяет значительно снизить желудочно – кишечные расстройства и различные заболевания у животных и птицы, обеспечить высокий иммунный статус и мясную продуктивность. Кроме того, можно увеличить или уменьшить дозировку разработанных средств в зависимости от содержания различных животных и птицы. Гигиенические средства должны быть абсолютно безопасны для персонала и не влиять на продукты животноводства.

Библиографический список

1. Карамова Н.С. Надеева Г.В., Багаева Т.В. Методы исследования и оценки биоповреждений, вызываемых микроорганизмами: учеб.-метод. пособие. Казань: Казанский университет, 2014. 36 с.
2. Bertron A. Understanding interactions between cementitious materials and microorganisms: a key to sustainable and safe concrete structures in various contexts // Mater. And Struct. 2014. Vol. 47. P. 1787-1806.
3. Chemical, microbiological, and in situ test methods for biogenic sulfuric acid corrosion of concrete / J. Monteny [et al.] // Cem. Concr. Res. 2000. Vol. 30. No. 4. P. 623-634.
4. Influence of the intrinsic characteristics of mortars on their biofouling by pigmented organisms: Comparison between laboratory and field-scale experiments / T.H. Tran [et al.] // Int. Biodeterior. Biodegrad. 2014. Vol. 86. P. 334-342.
5. Accelerated laboratory test to study fungal biodeterioration of cementitious matrix / V. Wiktor [et al.] // Int. Biodeterior. Biodegrad. 2009. Vol. 63. No. 8. P. 1061-1065.
6. Васильева Н.В. Елинов Н.П. Микроорганизмы – контаминанты и патогены – индукторы процессов старения больничных зданий и помещений медицинского назначения, а также возбудители некоторых заболеваний людей: учеб. пособие / под ред. Н.П. Елинова. СПб.: КОСТА, 2009. 224 с.
7. A review of indoor microbial growth across building materials and sampling and analysis methods / T. Verdier [et al.] // Building and environment. 2014. Vol. 80. P. 136–149.
8. ГОСТ 9.053-75. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Материалы неметаллические и изделия с их применением. Метод испытаний на микробиологическую стойкость в природных условиях в атмосфере (с Изменением 1). URL: <http://www.gostedu.ru/16657.html>.
9. Khan B.A., Warner P., Wang H. Antibacterial properties of hemp and other natural fibre plants: a review // Bio Resources. 2014. Vol. 9. No. 2. P. 3642-3659.
10. Belie N.D. Microorganisms versus stony materials: a love–hate relationship // Mater. Struct. 2010. Vol. 43. No. 9. P. 1191-1202.

УДК 641.555

Землякова Е.С., канд. техн. наук, доцент,

Казакова В.С., аспирант

*(Калининградский Государственный технический
университет, г. Калининград, Россия)*

БЕЛКОВО-УГЛЕВОДНЫЙ БАТОНЧИК ДЛЯ ПИТАНИЯ СПОРТСМЕНОВ

Аннотация: Целью данного исследования было обосновать рецептурный состав батончика для употребления спортсменами и людьми ведущими активный образ жизни. Предложена схема производства батончиков для питания спортсменов. Составлена рецептура белково-углеводных батончиков с добавлением в качестве составной части белка сублимированной белковой композиции. Предлагаемая добавка, является высушенным ферментолизатом кожи минтая, содержащая в своем составе более 96% белка. Остальные ингредиенты, предлагаемые в состав батончиков для спортивного питания, а именно овсяные хлопья, яблочный жмых, клюква, соевый изолят, шоколадная глазурь, являются легкодоступным, ценным для спортсменов сырьем. Определен общий химический состав полученного изделия, по полученным показателям батончик соответствует группе белково-углеводных продуктов.

Ключевые слова: белково-углеводный батончик, рецептура, белковая композиция, яблочный жмых, овсянка.

Питание спортсмена играет ключевую роль в достижении наилучшего физического состояния и обеспечении оптимальных спортивных результатов. Продукты спортивного питания разрабатываются и ориентированы в основном на спортсменов с целью улучшения потребления питательных веществ, повышения производительности и роста мышц. Самой быстрорастущей группой потребителей этой продукции являются спортсмены-любители и люди, ведущие активный образ жизни. В настоящее время спортсменам все чаще приходится обращаться к перекусам. Эта тенденция может быть связана с быстрым темпом жизни, что приводит к нехватке времени на приготовление и употребление традиционных сбалансированных блюд.

У спортсменов повышенные физиологические потребности в белке и для поддержания адекватного синтеза белка и производства энергии, а также достаточной иммунной функции и хорошей целостности кишечника необходимо потребление качественных белковых добавок [1]. Традиционно в технологии продуктов спортивного питания используются протеиновые гидролизаты (сывороточный протеин,

изоляты молочного белка, соевый протеин и тд). Потребность в белке увеличивается вместе с увеличением интенсивности и продолжительности спортивных занятий, белок следует включать в пищу до и после тренировки, а также регулярно в течение дня, чтобы обеспечить эффективное снабжение заменимыми и незаменимыми аминокислотами.

Чтобы удовлетворить эти особые потребности в питании, и предложить альтернативный качественный перекус для спортсменов была разработана схема производства белково-углеводного батончика (рис. 1).

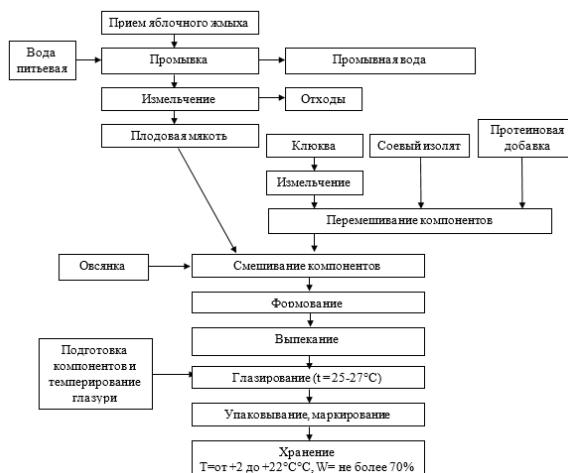


Рис. 1. Технологическая схема производства батончика.

Основные этапы производства включали: приемку и подготовку яблочного жмыха (промывку и измельчение-перетирание), подготовку клюквы (измельчение), подготовку шоколадной глазури (темперирование), смешение компонентов, формование, выпекание, глазирование, упаковывание, маркирование и хранение.

Следует отметить, что выбранное для проектирования батончика другое природное сырье (овсяные хлопья, клюква, яблочный жмых, соевый изолят), биопотенциал которого оценен в основном по литературным данным, является ценным по содержанию функциональных компонентов, богатым аминокислотами, витаминами, макро- и микроэлементами ферментов, антисептических и антибиотических веществ и др.

Овсяные хлопья являются источником сложных углеводов, которые обеспечивают организм энергией и помогают чувствовать себя сытым в течение длительного времени. Кроме того, растворимая клетчатка (бета-глюкан) помогает снизить риск сердечных заболеваний. В последних исследованиях отмечается, что овес содержит антиоксидант под названием авенантрамид, который может уменьшить окислительный стресс, вызванный энергичными физическими упражнениями [2, 3].

Среди фруктов и овощей клюква обладает самой высокой полифенольной и антиоксидантной активностью. Имеет способность защитить от образования свободных радикалов, вызванных физическими упражнениями, что, как следствие, повышает работоспособность. Кверцетин, содержащийся в клюкве, обладает различными свойствами, такими как антиоксидантные, противовоспалительные, антигипертензивные, противоинфекционные и другие эффекты [4]. Он используется, как средство для повышения энергии и аэробной выносливости.

Яблочный жмых богат пищевыми волокнами и содержит значительное количество полифенолов [5]. Пищевые волокна, в частности, не перевариваемый растворимый полисахарид пектин обладает потенциальными функциональными свойствами, которые могут улучшить работу кишечника.

В качестве источника белка предложено использование гидролизата кожи минтая. Данная добавка, получена методом ферментолиза и содержит более 96% белка [6]. Биологическая ценность композиций составляет 88,67 %. Кроме того, сочетание полученной биодобавки с изолятом соевого белка обеспечивает сбалансированный аминокислотный состав, содержащий все незаменимые аминокислоты и высокую усвояемость.

Белково-минеральная добавка является побочным продуктом, образующемся при производстве протеиновой композиции из кожи рыб. Ее состав определен большей степенью содержанием минеральных веществ, более 80%.

Рецептура предлагаемого батончика для питания спортсменов представлена в табл. 1.

Таблица 1. Рецептура белково-углеводного батончика

Ингредиент	Количество, г/100 г
Протеиновая композиция из кожи минтая	3,8
Белково-минеральная добавка	2
Яблочный жмых	45
Овсянка	25
Клюква	22
Соевый изолят	10
Шоколадная глазурь	16

Определен общий химический состав полученного батончика для спортсменов: 20,5% белка, 55% углеводов, 8,3% жира, и 8,1% минеральных веществ. По полученным показателям батончик соответствует группе белково-углеводных продуктов (доля белков 15-30 %, углеводов 50-80 %). Применение батончика перед тренировкой позволяет создать оптимальный энергетический фон и повысить запас свободных аминокислот в организме спортсмена. Комплекс углеводов, содержащий длинные, средние и короткие цепочки полисахаридов, обеспечивает длительное действие на протяжении нескольких часов, что позволяет быстро и эффективно восстанавливать энергетические запасы спортсмена и создает благоприятные условия для быстрого восстановления и наращивания мышечной массы.

Кроме того, разработанная рецептура подчеркивает возможность включения регионального сырья в продукт широкого потребления, а также решение проблемы утилизации отходов при производстве филе рыб (использование кожи с целью получения протеиновой композиции) и отходов при производстве яблочного сока и пюре (использование подготовленного яблочного жмыха в рецептурном составе). Производство белково-углеводного батончика по данной рецептуре расширяет возможности использования местного сырья и социально-экономический потенциал региона.

Библиографический список

1. Зилова И.С., Трушина Э.Н. Белок в рационе спортсменов: обоснование уровней потребления при различной интенсивности тренировок для поддержания мышечной массы тела (краткий обзор) // Вопросы питания. 2023. Т. 92, № 4. С. 114-124.
2. Кувандыкова Д.М., Гареев В.Ф., Ярмухамедова Э.И. Сравнительный анализ качества овсяных хлопьев // Молодежь и наука: шаг к успеху. 2022. С. 107-110.

3. Daou C., Zhang H. Oat beta-glucan: its role in health promotion and prevention of diseases // Comprehensive reviews in food science and food safety. 2012. Т. 11. №. 4. С. 355-365.

4. Сафонова И. В., Гольдина И. А., Гайдуль К. В. Биологически активные компоненты клюквы и их применение в медицине // Инновации и продовольственная безопасность. 2015. №. 1. С. 6-18.

5. Емельянов И. И., Сухих С. А. Выделение полезных соединений из яблочного жмыха // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Неделя студенческой науки». 2023. С. 541-543.

Казакова В.С., Землякова Е.С. Исследования по ферментативному гидролизу покровных тканей судака // Вестник Международной академии холода. 2024. № 1. С. 79-84.

УДК 664.7

Марченкова Е.Н., студент,
Василенко Т.А., канд. техн. наук, доцент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация: Ферментные препараты играют существенную роль в биотехнологических процессах получения пищевой продукции. Представлены классификация ферментов, их применение в пищевой и перерабатывающей промышленности, медицине, а также каккатализаторы различных процессов, медицине.

Ключевые слова: ферментные препараты; пищевая промышленность; биотехнология.

В пищевой промышленности активно используются ферментные препараты, пищевые добавки и ароматизаторы. Ферменты широко применяются в хлебопекарной и винодельческой промышленности, пивоварении, производстве спирта, сыров, органических кислот, чая, мясных и рыбных продуктов, аминокислот, витаминов и других продуктов питания. Это происходит благодаря использованию генно-модифицированных микроорганизмов, которые улучшают потребительские свойства продуктов. Биотехнологические методы и генная инженерия позволяют создавать использующиеся в качестве пищевых добавок и ароматизаторов натуральные вещества [1].

Ферментные препараты отличаются от ферментов тем, что содержат не только активный фермент, но и множество сопутствующих веществ,

включая различные белки. Существуют также препараты индивидуальных ферментов [2].

По современной классификации, принятой Комитетом по номенклатуре Международного союза биохимиков и молекулярных биологов (NC-IUBMB), ферменты подразделяются на шесть важнейших классов. В основу классификации ферментов положен принцип типа реакции, которую они катализируют: оксидоредуктазы (окислительно-восстановительные реакции); трансферазы (реакции переноса групп); гидrolазы (реакции присоединения или отщепления молекулы воды); лиазы (реакции отщепления или присоединения групп негидролитическим путем по двойной связи); изомеразы (реакции изомеризации); лигазы, или синтетазы (реакции присоединения друг к другу двух молекул, сопряженные с расщеплением пирофосфатной связи). Большинство ферментов, применяемых в пищевой промышленности, относятся к 3-му классу – гидrolазы, который включает 11 подклассов. Гидrolазы катализируют гидролитические реакции в процессах биоконверсии субстратов растительного, животного и микробного происхождения [3].

Ферментные препараты и пищевые добавки, используемые в производстве, должны удовлетворять определенным требованиям. Содержание свинца в них не должно превышать 5 мг/кг. Также важны микробиологические показатели. Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов не должно превышать $5 \cdot 10^4$ КОЕ/г для ферментных препаратов растительного и микробного происхождения, а для препаратов животного происхождения – 10^4 КОЕ/г. Бактерии группы кишечной палочки (БГКП) не должны обнаруживаться в 0,1 г продукта, патогенные микроорганизмы и *E. coli* – в 25 г [4,5].

Ферментные препараты широко используются в пищевой промышленности для улучшения вкусовых характеристик продуктов – благодаря способности ферментов расщеплять сложные молекулы на более простые происходит улучшение вкуса продуктов. Ферменты снижают активность микроорганизмов, предотвращая порчу продукта и продлевая его срок годности [4].

Также ферментные препараты способствуют изменению текстуры и консистенции продуктов, делают их более мягкими и однородными. Такие препараты применяются для обработки мяса и мясных продуктов. Из ферментов животного происхождения чаще всего используют пепсин, трипсин, а-химотрипсин, карбокси- или аминопептидазы в виде смесей ферментов, примерами которых могут служить панкреатин, а также плазмин и сычужные ферменты, бактериальные и грибные

протеиназы. Также такой метод может применяться для переработки растительных объектов. Например, для эффективной переработки плодов облепихи применяются высокоспецифичные ферменты препаратов, обладающих как основной, так и сопутствующими активностями, что способствует конверсии природных растительных материалов. Некоторые ферменты улучшают усвоение питательных веществ в организмах, тем самым повышая их нутриентную ценность. Это делает продукт более здоровым [5,6].

Ферментные препараты применяются для обработки и модификации различных типов сырья, таких как крахмал, белок или жир. Это улучшает качество готового продукта. Оказывая воздействие на продукты аналогично искусственным консервантам, ферментные препараты тем самым снижают необходимость использования искусственных добавок [7].

Некоторые ферменты могут ускорить процессы производства, такие как созревание сыров, брожение пива и вина, а также ферментация хлеба. Ферментные препараты могут регулировать уровень кислотности в продуктах, что важно для поддержания их качества и безопасности. Также ферменты могут применяться в технологии производства продуктов, произведенных с применением гидролиза лактозы ферментными препаратами. Такие безлактозные продукты, например, мороженое, могут употреблять люди с лактозной недостаточностью [8, 9].

Очень важным моментом является оценка безопасности ферментных препаратов, и в первую очередь это касается микробных ферментных препаратов, которые требуют тщательного химического, микробиологического и токсикологического контроля [1, 4].

Применение ферментных препаратов может быть разнообразным. В медицине ферментные препараты применяются для лечения нарушений пищеварения: при недостаточности функций поджелудочной железы и других заболеваниях, связанных с нарушением выработки собственных ферментов. Для восстановления после операций на органах пищеварения и в качестве вспомогательного средства при лечении ожирения используются ферментные препараты – они помогают улучшить пищеварение, ускорить обмен веществ и увеличить эффективность диет, тем самым предотвратив развитие осложнений в случае операционного вмешательства. Также ферментные препараты выписываются для улучшения работы кишечника: некоторые ферменты способны стимулировать перистальтику и улучшать пищеварение. Препараты с ферментами могут помочь растворить камни в желчном пузыре [10, 11].

В косметологии некоторые ферментные препараты используются для улучшения состояния кожи и борьбы с морщинами. В спортивном питании: ферментные добавки помогают улучшить работоспособность и ускорить восстановление после тренировок [10].

Ферментные препараты используются в качестве катализаторов различных процессов, таких как гидролиз, окисление, восстановление и другие. Кроме того, они могут быть использованы для биологической очистки сточных вод, которые содержат загрязняющие вещества, такие как органические соединения, тяжелые металлы и нефтепродукты. Они помогают разрушать эти загрязнители до более простых форм, которые затем могут быть удалены из воды. Это позволяет уменьшить загрязнение окружающей среды и улучшить качество воды [12].

Внесение ферментных препаратов играет важную роль в улучшении качества солода из ячменя. Проникая в зерно, ферменты ускоряют биохимические процессы, способствуя растворению эндосперма и улучшению качества, получаемого солода. Ферментные препараты способствуют повышению амилолитической активности солода, тем самым ускоряют процесс преобразования крахмала в сахар, что повышает эффективность брожения и улучшает качество пива. Обычно используемые ферменты включают амилазу для расщепления крахмала на декстрины и мальтозу, и протеазу для деградации белков до пептидов и аминокислот [13].

Один из эффективных способов улучшить использование нетрадиционного рыбного сырья – это использовать ферменты для биомодификации белковых систем. Выбор ферментов зависит от химического состава сырья. Результаты комплекса исследований свидетельствуют о целесообразности применения предлагаемых ферментных препаратов при производстве продуктов коллагена из биомодифицированного сырья. Протеолитические ферменты особенно полезны для обработки коллагенсодержащего сырья, такого как рыба. Они имеют способность к гидролизу белков, имеющих сложную конформацию и высокую устойчивость, присутствующих в коллагенсодержащем сырье. Адаптация свойств препаратов к конкретным технологиям переработки рыбного сырья позволит решить насущные проблемы рыбоперерабатывающих производств без капитальных затрат и с высоким эффектом [14].

Показателем качества ферментных препаратов является их протеолитическая и амилолитическая активность. Для определения протеолитической активности ферментов в основном используются методы по измерению скорости расщепления белков до аминокислот, измерению количества образовавшихся пептидов и измерению

изменения вязкости раствора [15, 16]. Амилолитическая активность определяется путем измерения скорости расщепления крахмала до декстринов и мальтозы [17].

Биотехнология играет ключевую роль в получении ферментных препаратов. Одним из наиболее важных применений ферментных препаратов является пищевая промышленность. Ферментные препараты должны соответствовать определенным требованиям безопасности и качества. Тогда они будут обеспечивать большие преимущества производителям и потребителям продуктов питания.

Библиографический список

1. Багрянцева О.В., Шатров Г.Н. Вопросы безопасного использования ферментных препаратов, пищевых добавок и ароматизаторов, полученных методом биотехнологии // Пищевая промышленность. 2016. №6. С. 69-73.
2. Природные ферменты и промышленные ферментные препараты [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://alternativa-sar.ru/tehnologu/pishchevye-dobavki-i-ingredienty/isupov-pishchevye-dobavki-i-pryanosti/3035-glava-13-prirodnye-fermenty-i-promyshlennye-fermentnye-preparaty> (дата обращения: 18.03.2024).
3. Ферментные препараты и биокаталитические процессы в пищевой промышленности / Римарева Л.В. [и др.] // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 5. С. 62-74.
4. ТР ТС 029/2012 Технический регламент Таможенного союза. Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств. 20.07.2012. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902359401> (дата обращения: 16.03.2024).
5. Сарапкина О.В., Иванова Е.Е. Применение ферментных препаратов для ускорения созревания рыб // Известия вузов. Пищевая технология. 2006. № 4. С. 58-61.
6. Применение ферментных препаратов при переработке плодов облепихи / Алексеенко Е.В. [и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. 2011. № 2. С. 48-50.
7. Технологические основы получения белковых кормопродуктов при переработке крахмалсодержащего сырья в биотехнологическую и химическую продукцию / М.В. Туршатов [и др.] // Теоретические аспекты хранения и переработки сельхозпродукции. 2018. № 2. С. 5–8.
8. Поляков В.А., Погоржельская Н.С. Инновационное развитие пищевой биотехнологии // Индустрия питания|FoodIndustry. 2017. № 4. С. 6–14.
9. Мельникова Е.И., Богданова Е.В. Применение ферментного препарата NOLA Fit в технологии безлактозного мороженого // Пищевая промышленность. 2019. № 4. С. 62–63.
10. Дорофеев А. Э., Тарасенко С.А. Эффективность и безопасность ферментных препаратов с точки зрения доказательной медицины // Гастроэнтерология. 2013. №3. С.113-118.

11. Гундобина О.С., Комарова Е.В. Применение ферментных препаратов в педиатрии // Научный центр здоровья детей РАМН. 2008. №5. С.93-96.
12. Серебренникова М.К., Тудвасева М.С., Куюкина М.С. Биологические методы очистки нефтезагрязненных сточных вод (обзор) // Вестник пермского университета. 2015. №1. С.15-30.
13. Хоконова М. Б. Применение ферментных препаратов в производстве пивоваренного солода // Известия КБГАУ. 2016. №1. С. 50-54.
14. Ферментные препараты для биомодификации белковых систем нетрадиционного сырья рыбной промышленности / Л.В. Антипова [и др.] // Пищевая промышленность. 2011. №12. С. 29-31.
15. ГОСТ 34430-2018. Ферментные препараты для пищевой промышленности. Методы определения протеолитической активности. М.: Стандартинформ, 2018. 12 с.
16. ГОСТ Р 53974-2010. Ферментные препараты для пищевой промышленности. Методы определения протеолитической активности. М.: Стандартинформ, 2011. 12 с.
17. ГОСТ Р 54330-2011. Ферментные препараты для пищевой промышленности. Методы определения амилолитической активности. М.: Стандартинформ, 2018. 15 с.

УДК 634.8.037:581.143.6

Маслова Е.В., к-т биол. наук, доц.,

Бертьян А.К., абитуриент

*(Национальный исследовательский университет
Белгородский государственный университет,
г. Белгород, Россия)*

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ВИНОГРАДА (*VITIS VINIFERA* L.)

*Аннотация: Изучена технология получения качественных оздоровленных элитных саженцев растений винограда. Только безвирусный посадочный материал может дать впоследствии качественный и полноценный урожай, поэтому технология *in vitro* не заменима в получении саженцев винограда. Биотехнологические методы позволяют получить генетически однородный безвирусный материал и за короткий срок в массовом объеме. Однако каждый сорт требует своих протоколов культивирования. Отработана методика и разработан протокол введения в культуру *in vitro* сортов винограда Кобер 55ББ, Фронтиньяк и Один (Амурский Прорыв) и получены данные по действию наиболее эффективного стерилизующего агента, его режиму стерилизации.*

*Ключевые слова: клеточные технологии, микреклональное размножение, виноград, стерилизаторы, оздоровленный безвирусный материал, *in vitro**

В мире виноград – самая выращиваемая плодово-ягодная культура. Рентабельность виноградника в 14 раз выше рентабельности зерновых. Виноград – одно из первых растений, которое начал культивировать человек. Первые упоминания о винограде датируются 5-6 тысячелетиями до н.э., тогда его выращивали в Египте и Месопотамии. Согласно современной систематике растений виноград (*Vitis vinifera* L.) относится к роду *Vitis* L., семейству Виноградовые Vitaceae Lindl. Ценные свойства винограда связаны не только с употреблением его в качестве вина, но и обусловили его применение в профилактических целях при заболевании сердечно-сосудистой, легких, пищеварительного тракта, нервной систем, печени, почек, а также при болезнях кроветворных органов. Виноград является источником фенолов, полифенолов, витаминов А, С, К, В6, В1, рибофлавина, ниацина, калия, магния, фосфора, натрия, кальция, флаваноидов, ресвератрола и кверцетина, птеростильбена, который вместе с ресвератролом положительно влияет на уровень холестерина в организме.

С 2017 г. по 2021 г. площадь виноградников в России выросла на 6,8%: с 91,45 до 97,63 тыс га. По прогнозам BusinesStat до 2026 г. площадь насаждений винограда в России будет увеличиваться. С 2022 г. в России началась реализация разработанного Минсельхозом федерального проекта «Стимулирование развития виноградарства и виноделия», целью которого является увеличение площади виноградников на 35% к 2030 г. Кроме того, благоприятное влияние на собственное производство отечественных саженцев винограда оказывает закон № 468-ФЗ «О виноградарстве и виноделии в РФ», вступивший в силу с июня 2020 г., что привело к резкому росту спроса на российский виноград, поскольку субсидии будут получать только те компании, которые закупают российский посадочный материал. Как показал анализ рынка, доля импортных саженцев, которые используют российские виноградари, сегодня достигает 60-70%, чтобы заместить их отечественными потребуется несколько лет. В связи с этим дефицит качественного отечественного посадочного материала является серьезной актуальной задачей. И здесь не обойтись без современных биотехнологических методов выращивания саженцев винограда на основе клеточных технологий и микроклонального размножения растений.

Метод клонального микроразмножения растений является наиболее перспективным способом вегетативного размножения растений, поскольку позволяет решать широкий спектр задач, таких как улучшение качества посадочного материала, повышение генетической

однородности, урожайности, освобождение растений от вирусов за счет использования меристемной культуры, а также от бактериальных, грибных и других болезней и вредителей. Кроме того, он позволяет получать в сжатые сроки достаточно большое и массовое количество посадочного материала и дает возможность работы в лаборатории круглый год, позволяет планировать выпуск растений к определённому сроку, длительно хранить растения без контакта с внешней средой, обмениваться материалом в международном масштабе без риска занести карантинные объекты в нашу страну. Инновационный технологический подход, в отличии от традиционных методов получения саженцев винограда путем черенкования в поле, позволяет улучшить качества посадочного материала за счет повышения генетической однородности: все клоны будут похожи на донорные материнские растения, а это приведет к воспроизведению только материнских свойств растений по урожайности, плодовитости и массовости получения урожая. Этим же методом можно повысить и продуктивность, потому, что на основе клеточных культур, растения освобождаются от вирусов за счет использования меристемной ткани, а также от бактериальных, грибных и других болезней и вредителей, что делает растения более крепкими, с повышенным иммунитетом, более выносливыми, стрессоустойчивыми к различным воздействиям и факторам окружающей среды (Бутенко, 1999; Лугова, 2003; Цыренов, 2003; Дитченко, 2007; Широков и др., 2012).

Виноградники, заложенные сертифицированным посадочным материалом, а именно здоровыми саженцами, значительно устойчивее к находящимся в почве вирусам, фитоплазмам и другим системным патогенам, а также к нематодам, клещам и др. При наличии одинаковых условий виноградники, выращенные из сертифицированных оздоровленных безвирусных саженцев, обеспечивают урожай в 1,3-4,2 раза выше, чем рядовой по качеству посадочный материал, полученный традиционным способом черенкования. Поэтому приживаемость, долговечность и урожайность плантаций виноградников определяется качеством посадочного материала. Среди различных причин массового распространения вирусов и бактериальных инфекций, такого как бактериальный рак, главную роль играет применение традиционного способа вегетативного размножения, с которым передаются все болезни. Поэтому очень важно иметь оздоровленный безвирусный посадочный материал винограда методом *in vitro*.

Совершенствование технологий ускоренного размножения *in vitro* и *ex vitro* растений винограда различного видового происхождения является одним из перспективных направлений повышения

эффективности виноградного питомниководства в условиях Центрального Черноземья. При совершенствовании технологии клonalного микроразмножения винограда большинство исследований посвящено модификации состава питательных сред и условий субкультивирования микрорастений, поскольку каждый сорт требует индивидуального подбора состава питательных сред.

Целью работы явилось отработка этапа введения в культуру *in vitro* различных сортов винограда, произрастающих в условиях Белгородской области, подбор наиболее эффективного стерилизующего реагента, времени его экспозиции и концентрации воздействия.

Для этого проводили введение в культуру *in vitro* трех сортов винограда Кобер 5 ББ, Один (Амурский Прорыв) и Фронтиньян. Материал был собран с коллекции винограда, произрастающей на территории Ботанического сада НИУ «БелГУ».

Методика работ включала проведение следующих манипуляций: из отобранных растений отрезали растительные экспланты, которыми выступали верхушки побегов размером 1,5 см. Растительные экспланты сортировали по мешочкам по сортам и промывали в мыльном растворе в течении 5-10 минут, затем промывали в проточной воде и далее в нескольких порциях дистиллированной воды до полного очищения от моющего средства. Далее материал пинцетом помещали в основной стерилизатор и затем четырехкратно отмывали автоклавированной дистиллированной водой.

Ступенчатую стерилизацию растительных эксплантов проводили с использованием различных дезинфицирующих средств («Лизоформин 3000» 10%, раствор натрия хлорноватистокислого под торговой маркой «Белизна» 5-15%, «Хлорамин Б» 5%, «Биоцид-С» 3%, AgNO_3 0,1%) и временем экспозиции 5, 7, 10 мин. Стерилизацию проводили ступенчатым способом по общепринятым методикам (Шевелуха и др., 2008). Сначала помещали растительный материал в 70%-ный этиловый спирт на 1 минуту, а потом уже в стерилизующий раствор определенной концентрации и на определенное время и трехкратно промывали в стерильной дистиллированной воде. Дальнейшее культивирование проводились на модифицированной агаризованной среде Мурасиге-Скуга (1962).

Питательные среды готовили по общепринятым методикам культивирования *in vitro* растительных клеток и тканей. В качестве контроля использовали безгормональную среду Мурасиге-Скуга.

Все работы и манипуляции с культурами проводились в асептических условиях в ламинар-боксе «Lamsystems» II класса

защиты, А2 типа, согласно общепринятым методикам соблюдения стерильности при работе с культурой клеток и тканей (Калинин и др., 1992; Сорокина и др., 2002; Шевелуха и др., 2008).

Культивировали в световой комнате при температуре 23 °С с соблюдением режима день/ночь: 16/8 часов в течении 30-60 дней.

Статистическая обработка данных была выполнена с помощью методов математической статистики с вычислением средней арифметической, ее ошибки и критерия Манна-Уитни в приложении Microsoft Office Excel (Петер-Пифо, 2011).

В ходе выполнения работы были определены оптимальные стерилизующие агенты для сортов Кобер 55ББ, Фронтиньяк и Один (Амурский Прорыв) и получены данные по действию наиболее эффективного стерилизующего агента, его режиму стерилизации.

Библиографический список

1. Murashige T. A., Skoog F.A. Revised medium for rapid growth and with tobacco tissue cultures / *Physiologia Plantarum*. 1962. Vol.15(3). P.473-497.
2. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе. М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. 160 с.
3. Дитченко Т.И., Культура клеток, тканей и органов растений. Минск: БГУ, 2007. 46 с.
4. Калинин Ф.Л., Кушнир Г.П., Сариацкая В.В. Технология микроклонального размножения растений. Киев: Наук. Думка, 1992. 232 с.
5. Криосохранение апикальных меристем плодовых и ягодных культур: методические рекомендации / С.В. Кушнаренко [и др.]. Алматы: 2011. 43 с.
6. Лутова Л.А. Биотехнология высших растений. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2003. 228 с.
7. Сорокина И.К., Старичкова Н.И., Решетникова Т.Б. Основы биотехнологии растений. Саратов: Издательство СГУ, 2002. 34 с.
8. Пифо Ханс-Петер. Статистика. М: Изд. ВНИИА, 2011.288 с.
9. Тер-Петросянц Г. Э. Разработка элементов технологии размножения винограда различного видового происхождения.: дис. ... канд. с-х. наук: 4.1.4: М., 2024. 206 с.
10. Тимофеева О.А. Невмержицкая Ю.Ю. Клональное микроразмножение растений. Казань: Казанский университет, 2012. 56 с.
11. Цыренов В.Ж. Основы биотехнологии: Культивирование изолированных клеток и тканей растений. Улан-Удэ: ВСГТУ, 2003. 58 с.
12. Шевелуха В.С., Калашникова Е.А., Кошиева Е.З. Сельскохозяйственная биотехнология. М.: «Высшая школа», 2008. 710 с.
13. Широков А.И., Крюков Л.А. Основы биотехнологии растений. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. 49 с.

УДК 579.66

Миняковский И.О., студент,
Егорова А.А., студент,
Каленов С.В., д-р техн. наук, профессор
(Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия)

**ВЫДЕЛЕНИЕ ОДНОКЛЕТОЧНЫХ ГАЛОФИЛЬНЫХ
МИКРОВОДОРОСЛЕЙ РОДА *DUNALIELLA* И ОПТИМИЗАЦИЯ
СРЕДЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ
β-КАРОТИНА**

Аннотация: Данное исследование направлено на поиск новых перспективных продуцентов β-каротина, в том числе их выделение, характеристику, поиск оптимальных методик выделения продукта, а также подбор новой питательной среды для большего выхода целевого вещества.

Ключевые слова: галофильные микроорганизмы, микроводоросли, β-каротин, пигменты, хроматография, культивирование, экстракция.

Одноклеточные галофильные микроводоросли являются перспективными продуцентами различных биологически активных веществ, например, α – и β – хлорофиллов, белков, витаминов, а также провитаминов, в том числе и β – каротина, который играет важную роль в процессе защиты клеток от окисления. Исследования показали, что β – каротин является незаменимым веществом для человека, так как участвует в процессе защиты нуклеиновых кислот, белков и мембранных липидов от активных форм кислорода. Прием данного каротиноида снижает риск развития таких заболеваний как рак желудка, сахарный диабет 2-го типа, болезнь Альцгеймера и других [1,2,3]. Однако химический синтез витаминов и других биологически активных веществ не представляет возможным полностью воссоздать пространственную структуру, поэтому перспективным методом является получение биологически синтезированного β – каротина. К сожалению, данные о количественном содержании каротиноидов в клетках водорослей не всегда сравнимы, потому что выражены в различных единицах измерения (мг, %, мг/мл, в расчете на сырую или сухую биомассу, на сумму пигментов, на одну клетку или на единицу объема культуры). По усредненным данным водоросли рода *Dunaliella* могут в экстремальных условиях накапливать от 0,1 до 0,45% β –

каротина от сухой массы водорослей [4], что делает их перспективными для исследования организмами.

Выделение микроводорослей производилось методом накопительных культур с использованием проб почв, воды и кристаллов соли из Поморийского озера, Болгария. Культивирование проходило в течение одно месяца на модифицированной среде Ben-Amotz следующего состава (г/л): KCl – 2; NaCl – 120-250, MgSO₄·7H₂O – 20; KNO₃ – 2; FeSO₄·7H₂O – 0,009; трилон-В – 0,037; K₂HPO₄ – 0,2; CaCl₂ – 0,1; раствор микроэлементов – 10 мл/л с использованием фитоламп полного спектра в температурном диапазоне 22-26 °C до появления зеленой окраски (рис. 1). Затем производилась серия пассажей на твердые питательные среды с содержание агар-агара 1,75% об.% с целью получения чистой культуры. Колонии после получения чистой культуры на твердой среде имели округлую форму, размер 3-5 мм, гладкую поверхность, плоский профиль, ровный край, однородную мягкую структуру ярко-зеленого цвета (рис. 2). Сами клетки были исследованы с помощью световой микроскопии (рис. 3) и имели узкую каплевидную форму. Содержимое клетки хорошо дифференцировано с четко выраженным светочувствительным глазком, пиреноидом для запаса питательных веществ и двумя равными жгутиками для перемещения в толще среды.

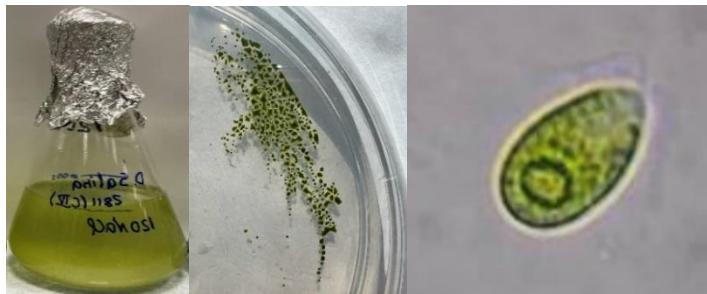


Рис. 1-3. (1 – культура клеток в жидкой среде; 2 – вид колоний на чашках Петри; 3 – клетка под увеличением 40x100).

Для анализа каротиноидов, входящих в состав *Dunaliella sp.*, был использован метод тонкослойной хроматографии на пластинах фирмы «Sorbill». На первой стадии была проведена экстракция различными

растворителями: хлороформ, этанол 95%, ацетон. В результате серии экспериментов было выявлено, что наилучшим экстрагентом является хлороформц. Хлороформный экстракт был нанесен капилляром на пластинку. Для сравнения был сделан раствор β -каротина. Выделение производили по методике [5] из таблеток «ИММУНО таблетки для детей» товарного знака ВЕТОРОН, в которых, по заявлению производителя, содержится 3 мг каротина в одной таблетке. Данный раствор также был нанесен на пластинку для тонкослойной хроматографии. Экспериментальным методом был подобран наилучший состав элюентов: бензол, ацетон, петролейный эфир, гексан в соотношении 10 : 10 : 0,3 : 10 соответственно. После разделения была получена хроматограмма (рис. 4). На хроматограмме можно различить 7 явных полос, где 1 – β -каротин, 2 – феофитин, 3 – α -хлорофилл, 4 – β -хлорофилл, 5 – лютеин, 6 – вилоксантина, 7 – неоксантина.

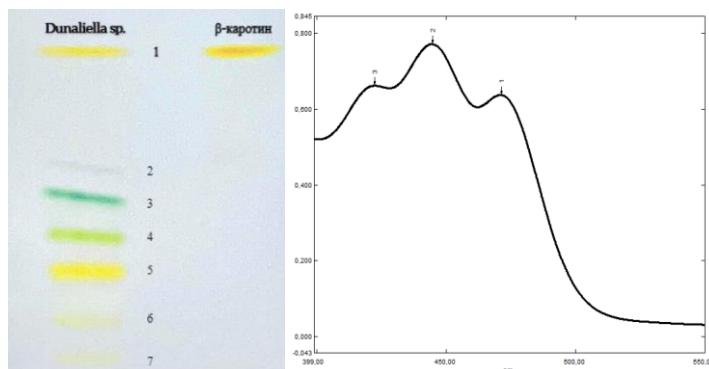


Рис. 4-5. (4 – полученная хроматограмма, 5 – спектр поглощения β -каротина в петролейном эфире).

Для подтверждения содержания каротина в водорослях было проведено выделение по методике [6]. С помощью спектрофотометра Shimadzu UV-2600 был получен спектр в диапазоне 400-550 нм. (рис. 5). Максимумы поглощения наблюдаются при длинах волн 472, 445 и 423 нм (точки 1, 2 и 3 соответственно). При визуальном сравнении полученного спектра со спектром стандарта [5] было установлено наличие каротиноидов в клетках исследуемых микроводорослей.

Количественный анализ каротиноидов спектрофотометрическим методом затруднен из-за перекрывания спектров поглощения

хлорофиллов и каротинов. Для решения данной задачи был использован метод, предложенный датским ученым, который основан на разделении спектров на основе распределения Гаусса [7]. Под микроводоросль *Dunaliella Salina* данный метод был адаптирован в статье [8], на основании которой была создана программа для разделения и количественного определения основных каротиноидов. Образец разделения представлен на рис. 6.

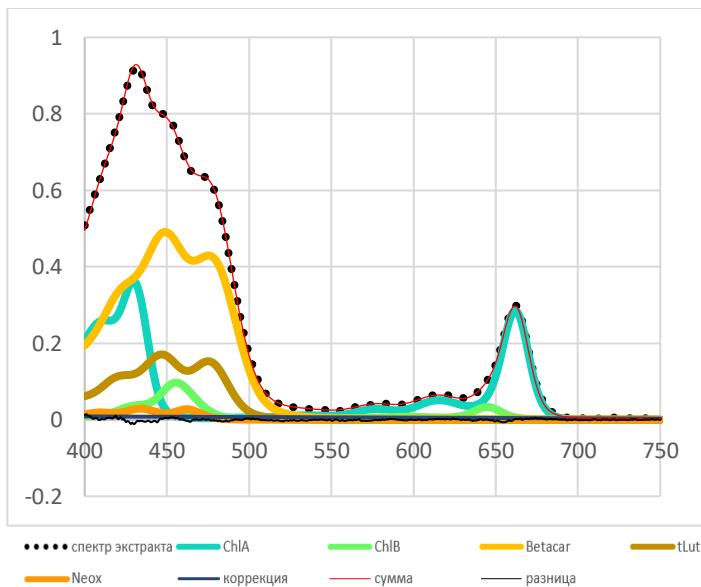


Рис. 6. Разделение спектра поглощения ацетонового экстракта *Dunaliella Salina*.

Для оптимизации условий культивирования с целью повышения выхода β -каротина была проведена серия экспериментов, в ходе которых изменялись параметры солености среды и pH. Концентрация хлорида натрия варьировалась в диапазоне 15 – 300 г/л. Рост культуры наблюдался во всех образцах, что характеризует микроводоросль как толерантный галофильный микроорганизм. Оптимум роста наблюдался при концентрации соли 30 г/л, наибольшее накопление β -каротина на клетку при 200 г/л, а наибольший выход был получен при концентрации соли 180 г/л. Изменение pH проводилось в диапазоне 3,5 – 9,5, рост наблюдался во всех образцах. Зависимость количества биомассы от pH приведена на рисунке 7. Данный график позволяет сделать вывод, что

самый активный рост клеток наблюдается как при значениях pH 3,6, так как в кислой среде улучшается усвоение микроэлементов, так и при pH 8-9,5, что обуславливается наилучшим поглощением и усвоение CO₂ из атмосферы.

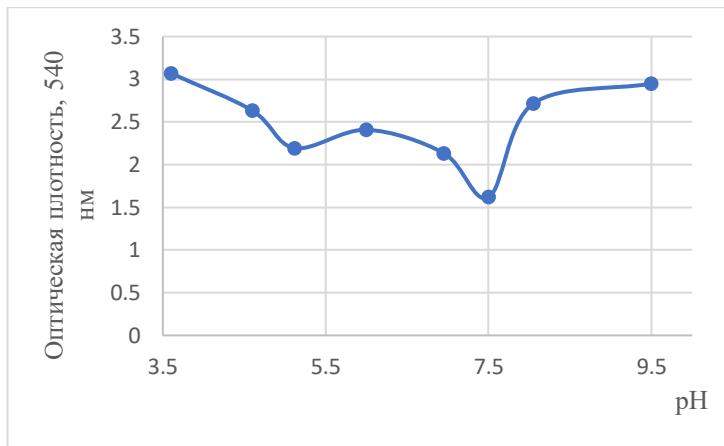


Рис. 7. Зависимость количества биомассы от значения pH.

Таким образом, микроводоросль рода *Dunaliella* является перспективным продуцентом β-каротина, и для данного штамма характерно накопление ццлевого продукта от 0,18 до 0,21% от сухой биомассы. Было доказано присутствие β-каротина в клетках исследуемого микроорганизма, а также установлены наилучшие условия солености и pH для накопления как биомассы, так и продукта.

Библиографический список

1. Beta-carotene and its protective effect on gastric cancer / Q.H. Chen [et al.] // World Journal of Clinical Cases. 2021. T. 9. №. 23. C. 6591.
2. β-Carotene: Preventive role for type 2 diabetes mellitus and obesity: A review / G. Marcelino [et al.] // Molecules. 2020. T. 25. №. 24. C. 5803.
3. Beta-carotene, telomerase activity and Alzheimer's disease in old age subjects / V. Boccardi [et al.] // European journal of nutrition. 2020. T. 59. C. 119-126.
4. Масюк Н.П. Морфология, систематика, экология, географическое распространение рода *Dunaliella* Teod. и перспективы его практического использования. 1973.

5. Рудометова Н. В., Кулишова К. Е. Разработка способа экстракции бета-каротина для его определения в комплексных пищевых добавках // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. №. 2. С. 374-386.

6. Способ разделения каротинов, ксантофиллов и хлорофиллов листьев крапивы двудомной: пат. № 2659165 Рос. Федерация. №20171115145 / А.Г. Курегян, С.В. Печинский, Э.Ф. Степанова; заявл. 27.04.2017; опубл. 28.06.2018 3 с.

7. Küpper H., Seibert S., Parameswaran A. Fast, sensitive, and inexpensive alternative to analytical pigment HPLC: quantification of chlorophylls and carotenoids in crude extracts by fitting with Gauss peak spectra // Analytical chemistry. 2007. Т. 79. №. 20. С. 7611-7627.

8. Чернышев Д.Н., Боровков А.Б. Разделение спектра поглощения культуры *Dunaliella Salina* в области 580-750 нм //Актуальные вопросы биологической физики и химии. 2017. Т. 2. №. 1. С. 124-128.

УДК 615.322

Нежданова А.И., студент,
Василенко Т.А., канд. техн. наук, доцент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ПОЛУЧЕНИЕ ЭКСТРАКТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КОСМЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВАХ

Аннотация: растительные экстракти играют существенную роль в биотехнологических процессах получения косметических препаратов. Представлены классификация экстрактов, их применение в косметической промышленности, действие экстрактов в готовых косметических продуктах. Экстракти могут приготовлены из микроводорослей и высших растений (сем. Яснотковые, Сложноцветные, Виноградовые и др.). Ценность растительных экстрактов в наличии антиоксидантов, витаминов, каротиноидов и др. соединений.

Ключевые слова: косметические продукты; экстракти; силиконы; полифенолы; флавоноиды.

В настоящем отмечается стабильный рост разнообразия косметических продуктов, содержащих биологически активные компоненты, и поиск нового растительного сырья для производства косметических продуктов. Один из потенциально ценных ресурсов для этой области - микроводоросль *Chlorella Vulgaris*. В биомассе этой микроводоросли содержится высокий уровень белка - до 60% сухого вещества, полиненасыщенные жирные кислоты, витамины группы В, витамин С, β-каротин, микроэлементы и другие полезные вещества.

Наиболее эффективно можно использовать этот природный комплекс в форме экстрактов. Результаты анализа биохимических показателей образцов микроводоросли *Chlorella Vulgaris* от разных производителей показали преимущество химического состава образца ООО НПК «Дело», Россия, – он содержал наибольшее количество белка, каротиноидов и витамина B12, а также имел высокие показатели по хлорофиллу. Данный образец микроводоросли *Chlorella Vulgaris* был взят для дальнейших исследований, в ходе которых был выявлен химический состав образца: белок – 48,5 %, хлорофилл – 3,58 %, жиры – 4,82, каротиниды – 0,15, витамин B12 – 0,019 мкг/г, клетчатка – 14,0 мкг/г, гемицеллюлозы – 12,2 %, вода 9,90 % [1].

На данный момент продукты переработки лекарственного растительного сырья, такие как трава иссопа лекарственного, становятся все более популярными. Это сырье широко используется в народной медицине многих стран по всему миру и включено в фармакопеи нескольких европейских стран. Иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis L.*) – пряно-ароматическое, лекарственное и эфиромасличное растение, относящееся к семейству Яснотковые (*Lamiaceae*). На основании литературных данных известно, что в фазе цветения надземная часть растений иссопа лекарственного содержит до 1,5% эфирного масла (в пересчете на абсолютно сухую массу); флавоноиды (апигенин, лютеолин, кверцетин), их гликозиды и фенольные кислоты (хлорогеновая, протокатеховая, феруловая, сиреневая, п-гидроксибензойная кофейная, ванилиновая, п-кумаровая, розмариновая и гентизиновая); аскорбиновую кислоту и β-каротин наряду со многими другими веществами. Особую ценность представляют продукты эфиромасличного производства – эфирное масло и гидролат иссопа [2].

Понимание структуры кожи, основных ее функций и знание направленности натуральных или травяных компонентов, которые входят в состав уходовой косметики, способствует повышению эффективности растительной косметики. Премикс нативного коллагена и гиалуроната натрия представляет собой специальный увлажняющий активный ингредиент, используемый в косметике, в частности, в виде эмульсий или сывороток, претендующий на эффект гидратации и эластичности кожи. Это уменьшает сухость и шелушение за счет увеличения увлажнения кожи. Трепептиды меди могут оказывать антиоксидантное действие на кожу, уменьшая воспаление и предотвращая дальнейшее повреждение. Масла являются богатыми источниками жирных кислот, которые оказывают полный спектр полезного действия для кожи в составе крема. Растительные масла из

съедобных овощей, фруктов, семян, рассады растений, арахиса и деревьев, такие как: масло зеленого кофе, масло макадамии, масло жожоба, масло зародыша пшеницы, оказывают защитные свойства от солнечного излучения, тонизирование, питание и увлажнение для кожи [3]. Масляные экстракты зародышей пшеницы, ромашки, шиповника, крапивы, лопуха, каштана конского, череды, фукуса; водно-спиртовые экстракты хвоща, лесного ореха, алоэ вера помогают улучшить микроциркуляцию. Экстракты орешника, арники, лавра, календулы способствуют снятию отечности. Экстракты листьев красного винограда, коры сосны, иглицы шиповатой, арники, тысячелистника, лещины в составе крема проявляют венотонизирующее и противоотечное действие [4].

Одной из самых востребованных категорий является косметика, содержащая в своем составе антиоксиданты, которые способствуют защите клеток кожи от окислительного стресса, негативного воздействия УФ-излучения, и следовательно, от преждевременного старения. К природным антиоксидантам относятся натуральные красители – биофлавоноиды. Это группа фенольных соединений, одна из наиболее распространенных и многочисленных классов БАВ, содержащая ароматические кольца со свободной или связанный гидроксильной группой. Для экстракции флавоноидов, в качестве сырья используют плоды ягод винограда *Vitis Vinifera* сорта Изабелла. Однако содержание флавоноидов в различных частях ягод винограда отличается: в мякоти – $0,69 \pm 0,07 \%$; в кожице – $1,50 \pm 0,07 \%$; в косточках – $2,93 \pm 0,09 \%$; в цельных ягодах – $1,24 \pm 0,11$. Таким образом наиболее ценным источником флавоноидов в плодах винограда *Vitis Vinifera* сорта Изабелла являются косточки [5].

Смородина черная (*Ribes Nigrum L.*) является одним из самых распространенных кустарников в мире, чьи листья содержат множество полифенольных соединений биологического происхождения и аскорбиновую кислоту. Благодаря этому они привлекательны как растительное сырье с выраженными антиоксидантными свойствами. Содержание биологически активных веществ и уровень антиоксидантной активности листьев смородины черной: флавоноиды – $0,96 \pm 0,005 \%$; дубильные вещества – $2,16 \pm 0,038 \%$; аскорбиновая кислота – $0,96 \pm 0,003 \%$; суммарная антиоксидантная активность – $36,09 \pm 1,77 \%$. В настоящее время широко применяется добавление натуральных антиоксидантов в продукты питания, фармацевтическую и, особенно, косметическую промышленность из природных компонентов. Особое внимание уделяется использованию местных

растительных ресурсов из-за их легкой доступности и возобновляемости [6].

В парфюмерно-косметической промышленности масла зародышей пшеницы вносят в рецептуры кремов, шампуней, кондиционеров и лосьонов. Жирно-кислотный состав масла из семян проросшей пшеницы составляет: 2,6,10,14-тетраметилпентадекановая кислота – 1,90 %; олеиновая кислота – 10,24 %; линолевая кислота – 82,49 %; линоленовая кислота – 5,37 %. Эти масла нормализует водно-липидный обмен на коже, способствует усилению ее упругости. Особенно полезно масло зародышей пшеницы для кожи мужчин, в организме которых содержание витамина Е в три раза ниже, чем у женщин. Поэтому МЗП направленно вносится в «крем после бритья» и другие мужские кремы. Присутствующие в МЗП каротин и витамин Е, не только придают шампуням определенную вязкость, но и оказывают положительное влияние на их кондиционирующие свойства [7-8].

В последнее время широкое распространение в качестве ингредиентов косметических средств получили силиконы. Силиконы обладают многими достоинствами и существенно улучшают потребительские свойства разнообразных косметических продуктов. Одновременно индивидуальные свойства некоторых жидких силиконов предполагают способность этих соединений экстрагировать биологически активные вещества из растительного материала. Таковыми являются, в частности, циклогексасилоксан DC 246 и фенилтриметикон DC 556. Силикон DC 246 относится к группе циклодиметиконов и имеет гетероцикл с шестью атомами кремния и кислорода. Силикон DC 556 является разветвленным силоксаном, где атом кремния связан с тремя триметилсилоксановыми группами и одним фенильным радикалом. Перечисленные силиконы обладают необходимыми для растворителей свойствами. Это химически инертные, маловязкие жидкости, хорошо растворяющие неполярные соединения, отличающиеся малым поверхностным натяжением, легко растекающиеся по поверхности и проникающие в поры экстрагируемого материала [9].

Полифенолы косточек винограда являются одними из самых сильных среди известных природных антиоксидантов. Виноград содержит несколько классов полифенолов: антоцианы, фенолокислоты, флавонолы, лейкоцианидины, катехины и их олигомеры проантоцианидины, называемые танинами. В красном винограде обнаружен резвератрол (транс-3,5,4-три-гидроксистилен), обладающий высокой антиоксидантной активностью и считающийся одним из наиболее эффективных ингредиентов в средствах anti-age

терапии (стимулирует синтез коллагена, оказывает противовоспалительное действие). Резвератрол в больших количествах содержится в кожице ягод красного винограда. Существует несколько химических способов получения флавоноидов, однако это сложный, трудоемкий и дорогостоящий процесс. С целью интенсификации предлагается включить в процесс стадии заморозки сырья, приводящей к деструкции высокомолекулярных соединений или стадии обработки растительных тканей гидролитическими ферментными препаратами. Первоначально плоды винограда замораживают при -18°C . Последующую экстракцию проводили водно-спиртовыми смесями концентрацией 20 и 40% спирта при комнатной температуре в течение 1 ч. Анализ концентрации фенольных соединений отображает, что экстракты, полученные из косточек, прошедших стадию заморозки, превосходят по показателю концентрации общих фенолов ($955 \text{ мг}/\text{м}^3$, водно-спиртовой экстракт 20 % и $1240 \text{ мг}/\text{м}^3$, водно-спиртовой экстракт 40 %) аналогичные экстракты из свежих косточек ($756 \text{ мг}/\text{м}^3$ и $982 \text{ мг}/\text{м}^3$ соответственно). Наиболее эффективным экстрагентом является водно-спиртовой раствор концентрацией 40% [10].

Косметевтика, включающая в себя косметические продукты с натуральными ингредиентами и полностью органическую косметику, набирает популярность в настоящее время. Актуальным остается микробиологический контроль косметики [11]. Ожидается, что в дальнейшем спрос на эти продукты значительно вырастет, увеличивая их привлекательность для потребителей. Таким образом, глобальный спрос на растительную косметику стимулирует поиск новых растительных материалов и экстрактов для производства косметических средств, а также совершенствование методов извлечения биологически активных веществ.

Библиографический список

1. Бугрова С.В., Щеголева И.Д., Тхоржевская К.А. Получение экстрактов косметического назначения из микроводоросли *Chlorella Vulgaris* // ХИПС. 2018. № 3. С. 20-24.
2. Изучение химического состава и биологического действия гидролата *Hyssopus Officinalis* L / Е.В. Бурцева [и др.] // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». 2023. № 25(3). С. 25-34.
3. Оразкелди А.О., Сейталиева А.М. Новые косметические крема на основе лекарственно-растительного сырья: обзорный анализ // Universum: медицина и фармакология: электрон. научн. журн. 2022. № 5. С. 26-30.
4. Евсеева С.Б., Сысуев Б.Б. Экстракты растительного сырья как компоненты косметических и наружных лекарственных средств: Ассортимент

продукции, особенности получения (обзор) // Фармация и фармакология. 2016. № 3. С. 4-37.

5. Бондакова М.В., Бутова С.Н., Солдатова С.Ю. Получение и использование экстракта красящих веществ винограда в косметических продуктах // Вестник НВГУ. 2015. № 1. С. 1-7.

6. Смородина черная как перспективный источник полифенильных антиоксидантов / И.В. Михайлова [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 7. С. 28-32.

7. Определение жирно-кислотного состава масла из семян проросшей пшеницы / Ф.М. Гусейханова [и др.] // Вестник Дагестанского государственного университета Серия 1. Естественные науки. 2020. Том 35. Вып. 1. С. 113–117.

8. Родионова Н.С., Алексеева Т.В. Современная теория и технология получения, обработки и применения продуктов комплексной переработки зародышей пшеницы // Вестник ВГУИТ., 2014. № 4. С. 99-108.

9. Усов А.П., Тарасов В.Е. Силиконовые экстракты-новый вид растительных экстрактов для косметики // Новые технологии. 2010. № 3. С. 11-15.

10. Кривченкова М.В., Бутова С.Н. Совершенствование способов извлечения биологически активных веществ фенольной природы из растительного сырья // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2012. № 4. С. 56–58.

11. Хрипкова А.П., Василенко М.И. Микробная контаминация косметических средств // Актуальные аспекты и перспективы развития современной биотехнологии: сб. докл. Всерос. науч. конф. с международным участием. Белгород: Изд-во БГТУ, 2023. С. 173-179.

УДК 576.3

Нежданова А.И., студент,

Порожнюк Л.А., канд. техн. наук, доцент

(Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

УСТАНОВЛЕНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ КЛЕТКИ ПО СПОСОБНОСТИ ВАКУОЛИ К НАКОПЛЕНИЮ КРАСИТЕЛЯ

Аннотация: Клеточные мембранны в совокупности с вакуолями в растительной клетке играют существенную роль в биологических процессах клеточного метаболизма. Представлены строение мембран, их функции в клетке, основные функции вакуолей в растительной клетке.

Ключевые слова: клеточные мембранны; жирные кислоты; вакуоли; минеральные вещества.

Одной из основных задач современной биологии является изучение механизмов, обеспечивающих баланс ионов в клетках животных и

растений. Регуляция этих процессов определяется работой ион-транспортных систем, распределенных по клеточным мембранам, включая эндомембранные, которые окружают определенные внутриклеточные органеллы [1].

Клетка представляет собой фундаментальную биологическую систему, отделенную от внешней среды полупроницаемой мембраной, называемой «плазмалеммой». Она осуществляет обмен веществами, энергией и информацией с окружающей средой, являясь важным компонентом в этих процессах [2]. Необходимыми компонентами клеточных мембран являются полярные липиды, такие как фосфо- и гликолипиды, которые существуют в овощных клетках в виде обширных биомолекулярных слоев, имеющих гидрофильную внешнюю поверхность и гидрофобное внутреннее пространство. Головка фосфолипидов состоит из остатка фосфорной кислоты и присоединенного к нему радикала. Это может быть холин, этаноламин, серин и другие вещества. Гидрофобная часть фосфолипидной молекулы представлена двумя остатками жирных кислот, которые образуют сложный эфир с глицерином. При этом гидрофильные головки обращены к воде, а длинные углеводородные хвосты ориентируются почти перпендикулярно поверхности слоя и формируют его середину. Вместе с пронизывающими бислой белковыми молекулами (интегральными белками) они образуют основу жидкой мозаичной структуры биологических мембран и определяют их функцию. Отдельные области мембран образуют микродомены, включающие специфические белки. Биологические мембранны – латерально неоднородны, включают в себя отделы, различающиеся по своим биофизическим свойствам и составу. Мембранны растительных клеток обладают свойством полупроницаемости или избирательной проницаемости, которое напрямую зависит от структуры жирных кислот, входящих в состав фосфолипидов. Насыщенные жирные кислоты образуют более упорядоченные структуры, чем ненасыщенные. При увеличении количества ненасыщенных жирных кислот в мембранах возрастает их гибкость и проницаемость [3-5].

Уникальной и отличительной особенностью растительных клеток, в том числе клеток высших растений, является наличие в них вакуоли, наиболее крупной внутриклеточной органеллы, выполняющей самые разнообразные клеточные функции, однако основной является накопление и хранение запаса воды и минеральных веществ, поддержание клетки в состоянии упругости. Процесс формирования вакуолей в клетке характеризует метаболизм и приспособительную реакцию клетки на действие электролита при неблагоприятных

условиях. Вакуоли в клетке являются ее органеллами и достигают размеров от 0,1 до 1,0 мкм, однако размеры могут варьироваться при изменении степени осмотичности растворов внутри и вне клетки [6-7].

В работе была поставлена цель по установлению жизнеспособности клетки по способности к накоплению красителя вакуоли. Объектом исследования являлась неокрашенная кожица лука (*Allium cepa L.*).

Анализ жизнеспособности клетки по способности к накоплению красителя вакуоли проводила поэтапно. Подготовили препараты чешуек эпидермиса с выпуклой поверхности неокрашенного лука (*Allium cepa L.*). Срезы помещали на предметное стекло в каплю 0,01%-ого водного раствора нейтрального красного, накрывали препарат покровным стеклом и микроскопировали при малом увеличении. Затем, не поднимая покровного стекла, в препарат вводили раствор плазмолитика – 1М раствор KNO_3 .

Для определения реакции клеточного сока в живой клетке под покровное стекло ввела каплю щелочи (NH_4OH) и судили о значении pH по изменению окраски.

Гибель клеток эпидермиса лука вызывали температурным фактором. Для этого подготовленные заранее препараты кожицы лука помещали на 5 секунд в кипящую воду.

Все реакции на установление жизнеспособности клетки по способности к накоплению красителя вакуоли проводила строго на чистых и сухих предметных стеклах. Препараты микроскопировали при суммарном увеличении 600х.

На микропрепарate внешние клетки эпидермиса лука равномерно окрасились в розовый цвет. Это свидетельствует о том, что раствор красителя (0,001%-й водный раствор нейтрального красного) проник в вакуоль растительной клетки.

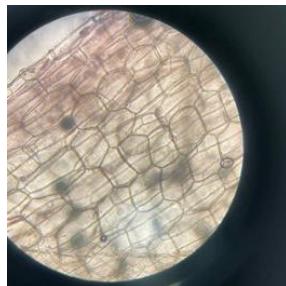


Рис. 1. Живые клетки эпидермиса лука под действием 0,001 - % - ого водного раствора нейтрального красного (суммарное увеличение 600х).

Наступивший в клетках эпидермиса лука плазмолиз говорит о том, что клетки, под действием плазмолитика – 1 М раствор KNO_3 – живые, краситель проник через живую протоплазму.

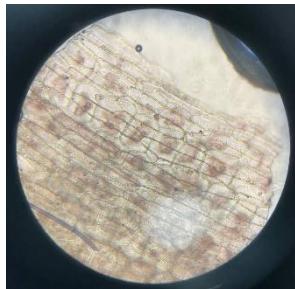


Рис. 2. Живые клетки эпидермиса лука под действием плазмолитика – 1 М раствор KNO_3 (суммарное увеличение 600x).

Окраска микропрепарата кожицы лука изменилась на желто-зеленую, это свидетельствует о том, что клеточный сок имеет кислую реакцию.

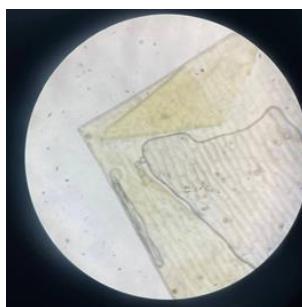


Рис. 3. Живые клетки эпидермиса лука под действием NH_4OH (суммарное увеличение 600x).

На микропрепарate мертвые клетки эпидермиса лука равномерно и интенсивно окрасились в красно-розовый цвет.

Это свидетельствует о том, что раствор красителя (0,001%-й водный раствор нейтрального красного) проник в протоплазму и ядро растительной клетки.

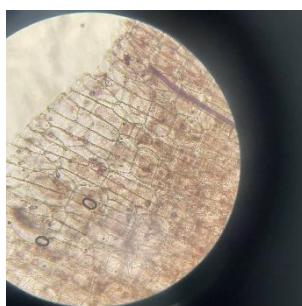


Рис. 4. Мертвые клетки эпидермиса лука под действием 0,001 % - ого водного раствора нейтрального красного (суммарное увеличение 600x).

На микропрепарate мертвые клетки эпидермиса лука под действием плазмолитика – 1 М раствор KNO_3 не проявляют активности и не плазмолизируются растворами солей.

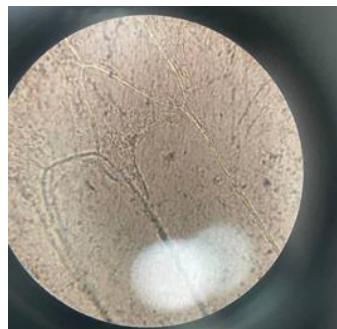


Рис. 5. Мертвые клетки эпидермиса лука под действием плазмолитика – 1 М раствор KNO_3 (суммарное увеличение 600x).

Таким образом, экспериментально установлено, что действие температурного фактора нарушает одну из важнейших функций клеточной мембраны – ее полупроницаемость.

Механизм нарушения заключается в инактивации белков клеточной мембраны, повышении неселективной проницаемости цитоплазматической мембраны и внутриклеточных мембран для электролитов и воды, а также нарушении систем пассивного и активного транспорта электролитов.

Библиографический список

1. Андреев И.М. Механизмы и регуляция транспорта ионов через вакуолярную и церебактероидную мембранны растительных клеток: автореф. на соиск. ученой степ. д-р биол. наук: 03.00.12 – теория и методика проф. образования М., 2006. 52 с.
2. Киселева И.С., Малева М.Г., Борисова Г.Г. Физиология растений // Физиология растительной клетки / под общ. ред. Киселевой И.С. Екатеринбург, 2018. Гл. 1.С. 5-23.
3. Жуков А.В. О качественном составе липидов мембран растительных клеток: Физиология растений, 2021. Т. 68, № 2. 206-224 с.
4. Юдакова О.И. Введение в клеточную биологию: учеб. пособие. Саратов, 2014. С. 88.
5. Жуков А.В. Пальмитиновая кислота ее роль в строении и функциях мембранны растительной клетки: Физиология растений, 2015. Т. 62, № 5. 751-760 с.
6. Голованов М.В. Феномен образования гигантских вакуолей как показатель функциональной активности плазматической мембраны // Экспериментальные исследования. 2002. №2. С. 3-6.

7. Андреев И.М. Роль вакуоли в редокс-гомеостазе растительных клеток // Физиология растений. 2012. №5. С. 660-667.

УДК 577.112

Нежданова А.И., студент,
Широчкина А.И., студент,
Половнева Д.О., ассистент

(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА БЕЛКОВ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Аннотация: Белки растительного и животного происхождения играют существенную роль в биохимических процессах, протекающих в организме человека. В работе рассмотрена классификация белков по происхождению, их биохимический состав, а также изучены методы определения аминокислотного состава белков при проведении качественных реакций.

Ключевые слова: растительные белки, животные белки, аминокислоты, биологическая ценность.

Белки в организме играют жизненно важную роль, так как без этих веществ невозможен его рост и развитие. Они являются составляющими ядер, протоплазмы и клеточных мембран всех органов и систем, выполняя свою главную функцию – пластическую. При нехватке белков в организме нарушается пищеварение, образование крови, работа эндокринной и нервной систем, уменьшается мышечная масса. Недостаток белков в питании ведет к снижению работоспособности и умственной активности [1-2].

Молекулы белков имеют сложную структурную организацию. В состав одного и того же белка входят различные аминокислоты – 20 разновидностей аминокислот, отличающихся по химическим свойствам их радикалов [3]. Белки представляют собой линейные полимеры, состоящие из остатков α -L-аминокислот (мономеров), также в состав белков могут входить модифицированные аминокислотные остатки и компоненты неаминокислотной природы [4].

По степени сложности белки делятся на протеины и протеиды. Протеины – простые белки, запасные, скелетные, отдельные ферментные белки:

- альбумины – белок яйца, овальбумин;
- глобулины – входят в состав крови, молока, составляют большую часть семян бобовых и масличных культур;

- проламины – белки злаков пшеницы, ржи, кукурузы, овса, ячменя;
- глютелины – основные резервные белки (оризены), содержащиеся в семенах риса, и глютенин клейковинных белков пшеницы.

Протеиды – сложные белки, соединения протеина с небелковым компонентом – простетической группой:

- нуклеопротеиды – кроме белковой части включают нуклеиновые кислоты, играют важную в хранении и передаче наследственной информации;

- липопротеиды – состоят из белков и липидов, соединённых между собой за счет электростатических и гидрофобных взаимодействий; участвуют в формировании клейковинных белков;

- фосфопротеиды – содержат в качестве небелкового компонента ковалентно связанные остатки фосфорной кислоты; выполняют важнейшую роль в регуляции обменных процессов растущего организма [5].

На долю белков приходится около 20 % сухой массы всей клетки. Для целостной работы всего организма важно поступление с пищей незаменимых (эссенциальных) аминокислот, которые не синтезируются и не накапливаются в организме. К ним относятся: метионин, лизин, триптофан, фенилаланин, лейцин, изолейцин, треонин, валин, для детей гистидин, аргинин.

Белки содержатся во многих продуктах питания, таких как: мясо млекопитающих (16-22 %), рыба (20-23 %), морепродукты (20-30 %), икра рыб (28-30 %), сыр, творог (16-30 %), соя (33-35 %), горох, фасоль, бобы, чечевица (22-25 %), орехи (12- 25 %), крупы, мука (10-15 %), молоко (2-5 %), овощи, фрукты, ягоды, свежие грибы (1-5 %) [6].

Клейковина пшеничной муки содержит в своем составе растительные белки – глиадин и глютенин, однако эластичность готовому тесту придают высокомолекулярные субъединицы глютенина, содержащие 35 % глутамина, 20 % глицина и 10% пролина от их общей массы. Такие структуры состоят из центральной повторяющейся зоны и расположенных по бокам неповторяющихся N- и C-концевых зон, более богатых заряженными остатками аминокислот и содержащими большинство или все остатки цистеина – аминокислоты, которая синтезируется в организме в достаточном количестве [7].

Основными белками молока являются: казеин – 82%, альбумин – 12% и глобулин – 6% [8]. Казеин присутствует в молоке в виде мицелл – высокоорганизованных структурных единиц, которые состоят из казеинат-кальций-фосфатных комплексов различных фракций казеина. Казеин является фосфопротеидом, его фракции содержат остатки

фосфорной кислоты (органический фосфор), присоединенные к аминокислоте серину моноэфирной связью. Наличие в казеине фосфора свидетельствует об участии в образовании казеиновых мицелл реакций процесса фосфорилирования первичных полипептидных цепочек этого белка, регулирующего его функциональную активность [9].

Соединительнотканые белки подразделяют в зависимости от вида убойных животных на говяжьи, свиные или комбинированные (при использовании исходного сырья от двух и более видов убойных животных) [10]. Аминокислотный состав «идеального белка», который содержит минимальные требования к биологической ценности и способствует удовлетворению потребности в незаменимых аминокислотах включает: лейцин – 7,0 г/100 г белка; валин – 5,0 г/100 г белка; цистеин – 1,3 г/100 г белка; лизин – 5,5 г/100 г белка; метионин – 2,2 г/100 г белка; изолейцин – 4,0 г/100 г белка; треонин – 4,0 г/100 г белка; триптофан – 1,0 г/100 г белка; фенилаланин – 3,7 г/100 г белка; тирозин – 2,3 г/100 г белка [11].

Цель работы заключалась в определении аминокислотного состава белков растительного и животного происхождения.

В качестве объектов исследования использовали свежеприготовленные растворы белков растительного и животного происхождения:

- раствор клейковины пшеничной муки (глиадин и глютенин);
- раствор молока животного происхождения (казеин, альбумин и глобулин);
- раствор соединительнотканых белков (коллаген и эластин).

Анализ белковых растворов проводили поэтапно. В работе опирались на проведение качественных реакций с белками разного происхождения [12].

При проведении реакции Фоля на присутствие серосодержащих α -аминокислот в белке в 3 чистые и сухие пробирки приливали по 1 мл растворов каждого белка и 2 мл 20%-го раствора гидроксида натрия. Содержимое пробирок нагревали до кипения (1-2 мин). К полученному щелочному раствору добавляли 5 капель раствора ацетата свинца (II), затем вновь кипятили реакционную смесь.

При ксантолпротеиновой реакции, направленной на обнаружение ароматических и гетероциклических ароматических аминокислот, в 3 чистые и сухие пробирки приливали по 1 мл растворов исследуемых белков в следующей последовательности:

1. раствор клейковины пшеничной муки;
2. раствор молока животного происхождения;
3. раствор соединительнотканых белков.

Затем добавляли 5-6 капель концентрированной азотной кислоты до появления белого осадка или мути от свернувшихся белков (глиадина, и глютейна; казеина, альбумина и глобулина; коллагена и эластина). Реакционную смесь нагревали до желтого окрашивания осадка. Смесь охлаждали и по каплям прибавляли к ней избыток концентрированного раствора аммиака.

С целью обнаружения гистидина и тирозина в исследуемых растворах белков реакцию Паули проводили поэтапно.

Первый этап – приготовление диазореактива: в отдельной пробирке добавляли 9 капель 1%-го раствора сульфаниловой кислоты в 2%-ом растворе соляной кислоты и такое же количество 5%-го раствора нитрита натрия. Второй этап – в 3 чистые и сухие пробирки пипеткой добавляли по 3 капли диазореактива. Затем приливали по 1 мл растворов исследуемых белков и в каждую пробирку вносили по 3-5 капель 10-процентного раствора карбоната натрия [12].

1. Реакция Фоля

Позволяет определить в белке или пептиде цистеин, содержащий слабосвязанную сульфидрильную группу. При кипячении цистеина в щелочной среде сера отщепляется в виде сероводорода, который в щелочной среде легко образует соль-сульфид натрия, образование которой можно обнаружить действием ионов свинца на раствор. В результате реакции образуется нерастворимый осадок черного цвета – сульфид свинца, для выявления которого использовали ацетат свинца:

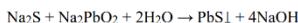
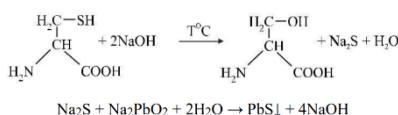


Рис. 1. Реакция Фоля: 1 – раствор клейковины пшеничной муки; 2 – раствор молока животного происхождения; 3 – раствор соединительнотканых белков.

2. Ксанторпротеиновая реакция

Доказывает наличие в растворе белков ароматических аминокислот, таких как:
фенилаланин, тирозин, триптофан.

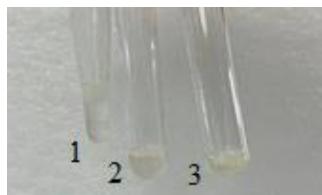
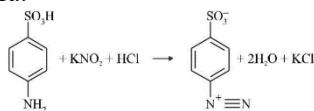


Рис. 2. Ксанторпротеиновая реакция:
1 – раствор клейковины пшеничной муки; 2 – раствор молока животного происхождения; 3 – раствор соединительнотканых белков.

3. Реакция Паули

Позволяет обнаружить в белковых растворах такие ароматические аминокислоты как: гистидин и тирозин. При взаимодействии кислого раствора сульфаниловой кислоты с нитритом калия происходит реакция diazotирования, в ходе которой образуется диазобензолсульфоновая кислота:



При реакции с гистидином или тирозином образуется комплексное соединение вишнево-красного цвета:

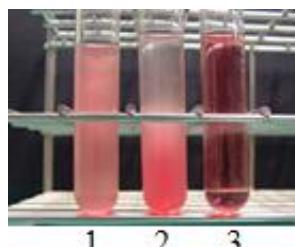
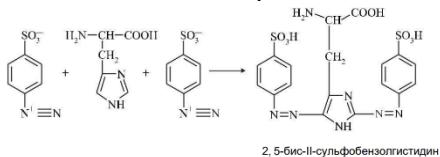


Рис. 3. Реакция Паули: 1 – раствор клейковины пшеничной муки; 2 – раствор молока животного происхождения; 3 – раствор соединительнотканых белков.

Таким образом, исходя из полученных результатов проведенных исследований, было установлено, что белки растительного и животного

происхождения содержат в себе определенные аминокислоты, которые можно обнаружить при помощи проведения ряда качественных реакций: реакции Фоля – на определение серосодержащих α -аминокислот (цистеин), ксантопротеиновой реакции и реакции Паули – позволяет определить наличие в растворе белков ароматические аминокислоты, такие как: фенилаланин, тирозин, триптофан – в первом случае и гистидин и тирозин – во втором.

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Библиографический список

1. Белковый состав различных продуктов питания / Каплун Е.А. [и др.] // ScienceRise. 2017. № 5. С. 6-10.
2. Мажарова А.В. Белки. История изучения и значение // Молодой исследователь: возможности и перспективы: сборник трудов конференции. Ставрополь, 2022. С. 218-221.
3. Бабичева С.Д. Химический состав и свойства белков // В мире научных открытий: материалы V Международной студенческой научной конференции. Том V. Часть 1. Ульяновск, 2021 С. 29-32.
4. Пардаева Сохиба, Жумаева Фаёза, Ахмедов Асрор // Функция белков клетки. Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. 2021. Vol. 1. №10. С. 369-379.
5. Журавлева В.А. Белки, которые мы едим // Наука и образование. 2022. Т. 5. № 2. URL: <https://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/4597/4634> (дата обращения: 23.03.2024).
6. Кусябаев В.Ш., Рахмангулова Н.Р., Салихов А.Р. Растительные белки в питании спортсменов // Функциональные продукты питания – здоровье молодежи: сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа, 2022. С. 110-112.
7. Колпакова В.В. Гидратационная способность и физико-химические свойства белков пшеничной клейковины // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2009. № 2-3. С. 5-8.
8. Бердиева Айджемиле, Сеитлиев Мердан. Определение белка молока // Научный журнал «CETERIS PARIBUS». 2023. № 1. С. 45-48.
9. Барышников М.И. Биосинтез белков молока животных // В мире научных открытий: материалы V Международной студенческой научной конференции. Том V. Часть 1. Ульяновск, 2021 С. 52-56.
10. Спириidonов К.И., Туниева Е.К. Животные белки – состав, свойства, особенности применения // Все о мясе. 2018. № 6. С. 50-53.
11. Князева, А. С., Вострикова Н. Л., Куликовский А. В. Способы определения аминокислотного состава животного белка с использованием современных методов анализа. Оценка полноценности белка животного

происхождения // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник статей по материалам IV научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Краснодар, 2018. С. 111-117.

12. Биохимия. Практикум: учебное пособие по курсу «Медицинская биохимия» / Л. А. Ганеева [и др.]. Казань: ИСБ, 2015. 176 с.

УДК 579.66

**Непоменко А.В. студент,
Василенко М.И., канд. биол. наук, доцент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)**

ПОЛУЧЕНИЕ ФЕРМЕНТОЛИЗАТА ОТРАБОТАННЫХ ДРОЖЖЕЙ ПИВОВАРЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Аннотация: В работе представлены результаты проведения процесса ферментолиза отработанных пивных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* и оценка полученного продукта как потенциального компонента питательных сред для культивирования микроорганизмов.*

Ключевые слова: отработанные дрожжи, ферментолизат, питательные среды.

В древнем мире люди быстро осознали, что использование отработанных дрожжей может ускорить процесс брожения и улучшить качество продукта. Например, пивовары собирали дрожжи с осевшего пивного сусла на дне ёмкости и добавляли их в новую партию сусла, что позволяло быстрее достичь желаемого уровня спирта и улучшить вкус пива. В Средние века отработанные дрожжи использовались для производства пива, разрабатывались различные методы сбора и хранения дрожжей для обеспечения постоянного их наличия.

С развитием науки и технологий исследования по использованию отработанных дрожжей стали более систематическими: были изучены процессы в дрожжах во время брожения, их влияние на качество создаваемого продукта, а также различные способы сбора, хранения и использования отработанных дрожжей [1].

В конце 19 века и начале 20 века были разработаны методы культивирования дрожжей в лабораторных условиях, что позволило производителям более точно контролировать качество дрожжей и использовать их в промышленном масштабе. Сегодня отработанные дрожжи широко применяются в различных отраслях пищевой промышленности, включая производство хлеба, пива, вина и спиртных напитков. Современные способы использования отработанных

дрожжей включают их рециркуляцию в производстве и использование в качестве пищевой добавки к корму для животных, хотя это часто ограничивается вкусовыми свойствами и невозможностью полного усвоения полезных компонентов из-за крепких оболочек дрожжевых культур [1,2].

Перспективным подходом к получению лизатов (суспензий частиц клеток, образующаяся в результате разрушения клеток) отработанных дрожжей является использование методов, основанных на физико-химических воздействиях или предполагающих использование различных ферментов.

Дрожжевые лизаты *Saccharomyces cerevisiae* являются эффективным субстратом для культивирования микроорганизмов, так как богаты питательными веществами, содержат множество важных биологически активных веществ, стимулирующих иммунную функцию организма и накопление, как самой биомассы, так и синтезируемых целевых продуктов, что, в совокупности, определяет более высокую производительную и экономическую эффективность процессов культивирования микроорганизмов [2].

Высокое содержание в дрожжевых клетках полезных веществ обеспечивается, в первую очередь, использованием разнообразных богатых компонентов в составе сред их культивирования. В России, чаще всего, используют пшеницу или зерново-картофельную смесь, в то время как в Польше и Германии – чисто картофельное сырье, в других странах – овощи, например, свеклу, и крахмалосодержащие зерна (ячмень, кукурузу, горох) или виноград, яблоки, мёд, ягоды и т. д. [3]. В процессе ферментации на культуру воздействуют стрессовые условия, такие как накапливаемый этанол, перепады температуры, изменение рН, конкуренция между клетками за питательные компоненты и подобные факторы.

Для того, чтобы иметь возможность эффективно использовать остаточную дрожжевую суспензию, требуется, как уже было сказано выше, провести её обработку с целью разрушения плотных стенок и высвобождения накопленных компонентов в суспензию.

Известно, что основу клеточной стенки дрожжей составляет гликопротеид, разрушение которого под действием индукторов автолиза и температуры инициирует процесс автолиза внутриклеточных компонентов дрожжей (белка и полисахаридов). При этом фермент амилосубтилин, расщепляет гликолитическую часть, а фермент протосубтилин, расщепляет белковую часть гликопротеида [4]. Совместное применение амилосубтилина и протосубтилина в процессе автолиза дрожжей позволяет значительно повысить глубину

автолиза клеток и содержание в суспензии аминного азота. Синергизм совместного действия этих ферментов обуславливается максимальным расщепляющим воздействием на гликопротеиды с последующим автолизом клеточных белков и полисахаридов.

В рамках экспериментальных исследований лизису подвергали отработанную суспензию дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* с одного из предприятий по производству пива, расположенного на территории города Белгорода. Предприятие стабильно производит продукцию в количестве 20т. в месяц, что сопровождается образованием до-2 тонн отработанных дрожжей, от которых просто избавляются, теряя их весь биологический потенциал.

Процедуру ферментолиза дрожжевых клеток проводили в лабораторных условиях согласно имеющимся рекомендациям [4] при использовании коммерческих ферментативных препаратов амилосубтилина и протосубтилина.

Суспензию дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* с весовой долей 12,18% АСД в количестве 2 литров поместили в реактор и добавили амилосубтилин в количестве 1000 единиц активности и протосубтилин 1000 единиц активности. Процесс автолиза проводили при 60°C в течение 6 часов с интенсивным перемешиванием.

С целью оценить питательную ценность полученного продукта и возможность его использования в составе питательных сред для культивирования микроорганизмов анализировали исходную суспензию отработанных дрожжей и суспензию отработанных дрожжей, подвергшихся ферментной обработке. Сравнительная характеристика исследуемых материалов приведена в табл.1.

Таблица 1. Содержание некоторых компонентов в суспензии дрожжей до и после ферментной обработки

Вид суспензии отработанных дрожжей	Содержание, %		
	азот	протеин	зола
до обработки ферментами	0,830%	5, 19%	11%
после обработки ферментами (ферментолизат)	1,471%	9, 20%	35%

Как видно из данных таблицы, показатели содержания основных компонентов в ферментолизате выше, чем в варианте с остаточной производственной дрожжевой суспензией, что свидетельствует об

эффективности проводимого процесса ферментолиза. Увеличение содержания азота и протеина почти в 2 раза (от 0,830% до 1,471% и от 5,19% до 9, 20%, соответственно) после ферментной обработки объясняется более эффективной экстракцией компонентов из смеси (при анализе) в условиях разрушенной ферментами плотной гликопротеиновой оболочки дрожжей. Важно заметить, что и сами остатки гликопротеида остаются ничем не связанными и могут усваиваться организмами без лишних затрат на биохимическое разложение этого соединения.

Хорошие характеристики продукта ферментолиза отработанных пивных дрожжей, являющихся отходом производства, позволит снизить экономические затраты на получения дрожжевого автолизата, введение которого в состав питательных сред, как известно, повышает эффективность культивирования различных групп микроорганизмов.

Наличие в регионе предприятия, которое способно бы было перерабатывать отработанную микробную (в частности, дрожжевую) массу в белково-витаминный комплекс могло бы простилировать развитие биотехнологических предприятий и поддержать имеющиеся организации созданием конкурентного отечественного, а следовательно, более дешёвого продукта для промышленного культивирования микроорганизмов.

Библиографический список

1. Зотеев В.С., Симонов Г.А., Зотеев С.В., Хализова З.Н., Симонов А.Г. Комбикорма с нетрадиционными источниками протеина для сельскохозяйственных животных // Эффективное животноводство. 2022. №3 (178).
2. Мащенко З.Е., Третьякова Е.О. Использование лизатов дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в качестве компонента среды для накопления молочнокислых бактерий // Приоритеты мировой науки: новые подходы и актуальные исследования: сборник научных трудов по материалам XVII Международной научно-практической конференции. Анапа, 2021. С. 90-98.
3. Непоменко А.В. Биохимические аспекты реакции дрожжей на стрессовые условия // Актуальные аспекты и перспективы развития современной биотехнологии: сборник докладов Всероссийской научной конференции с международным участием. Белгород, 2023. С. 112-117.
4. Способ получения автолизатов дрожжей: пат. № 2571853 Рос. Федерация. № 2014147163/10 / Г.В. Сорокин, С.Н. Буров, В.П. Дибцов и др.; заявл. 25.11.2014; опубл. 20.12.2015. 6 с.

Панарина О.А., студент,
Томаровщенко А.А., студент,
Половнева Д.О., ассистент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ РЕДУЦИРУЮЩИХ САХАРОВ, ИХ РОЛЬ В БИОТЕХНОЛОГИИ (ОБЗОР)

Аннотация: В статье приведен обзор по редуцирующим сахарам – углеводам, выступающим в роли восстановителя. Установлена их важная роль в природе. Также в работе представлены методы количественного определения редуцирующих сахаров и их использование в различных аспектах биотехнологии.

Ключевые слова: углеводы, моносахариды, дисахариды, полисахариды, редуцирующие сахара, методы определения, восстановительная способность.

Углеводы – обширный класс органических веществ, которые представлены элементным составом в виде углерода, водорода и кислорода и которые в большинстве случаев описываются формулой $C_x(H_2O)_y$, где индексы x и y могут иметь различные значения. По своей химической природе углеводы являются альдегидами либо кетонами, при этом в их молекуле всегда присутствует несколько гидроксильных групп. Именно эти гидроксильные группы и обуславливают химические свойства углеводов.

Редуцирующие сахара – разновидность углеводов, которые способны выступать в роли восстановителя щелочных растворов меди и других поливалентных металлов в химических реакциях. В щелочных растворах редуцирующий сахар образует альдегиды или кетоны, что позволяет ему проявлять свои восстановительные свойства. В результате такой реакции сахар превращается в карбоновую кислоту [1].

К редуцирующим сахарам относятся все моносахариды, а также некоторые дисахариды, олигосахариды и полисахариды. Моносахариды можно разделить на две группы: альдозы, содержащие альдегидную группу, и кетозы, содержащие кетоновую группу. Кетозы должны претерпеть процесс таутомеризации для превращения в альдозы, прежде чем они смогут проявлять свои восстановительные свойства. Обычные диетические моносахариды, такие как глюкоза, фруктоза и галактоза, являются редуцирующими сахарами.

Дисахариды образуются из двух моносахаридов и могут быть классифицированы как восстановляющие или невосстановляющие. Невосстановляющие дисахариды, например, сахароза и трегалоза, имеют гликозидные связи между аномерными углеродами, что исключает возможность превращения их в форму с открытой цепью с альдегидной группой; они остаются в циклической форме. Редуцирующие дисахариды, такие как лактоза (рис. 2) и мальтоза (рис. 1), имеют только один из двух аномерных атомов углерода, участвующих в гликозидной связи, свободным и способным переходить в форму с открытой цепью с альдегидной группой, целлобиоза – 4-(β -глюкозидо)-глюкоза, дисахарид, состоящий из двух остатков глюкозы, соединённых β -глюкозидной связью; основная структурная единица целлюлозы (рис. 3).

Функциональная группа альдегида позволяет сахарам проявлять свои восстановительные свойства, например, в тестах Толленса или Бенедикта. Циклические полуацетальные формы альдоз могут открываться, образуя альдегиды, а некоторые кетозы могут претерпеть таутомеризацию, превращаясь в альдозы. Однако ацетали, включая те, которые содержатся в полисахаридных связях, не могут легко превратиться в свободные альдегиды.

Редуцирующие сахара взаимодействуют с аминокислотами в рамках реакции Майяра, серии реакций, которые происходят во время приготовления пищи при высоких температурах и оказывают влияние на вкус блюд. Кроме того, содержание редуцирующих сахаров в вине, соках и сахарном тростнике свидетельствует о качестве этих пищевых продуктов [1].

Термин «редуцирующие сахара» означает группу сахаров, которые способны проявлять восстановительные свойства в химических реакциях с соответствующими реагентами.

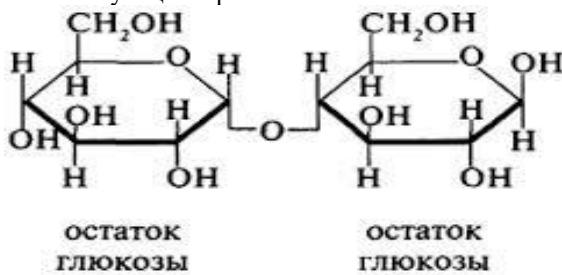


Рис. 1. Мальтоза (α -D-Глюкоза D-Глюкоза).

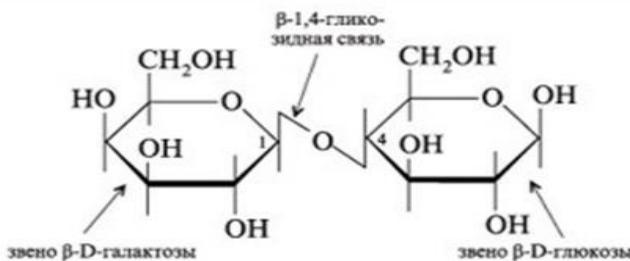


Рис. 2. Лактоза (β -гал, β -гал).

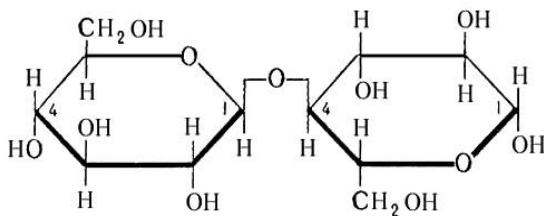


Рис. 3. Целлобиоза (β -глю, β -глю).

Из всех углеводов редуцирующие сахара играют важную роль для живого организма и выполняют ряд жизненно важных функций:

1. Энергетическая: редуцирующие сахара могут быть легко разложены организмом для получения энергии. Они участвуют в метаболизме, обеспечивая клеткам необходимую энергию.
2. Пищеварительная: редуцирующие сахара, такие как глюкоза и фруктоза, легко усваиваются организмом и быстро поступают в кровь для использования клетками.
3. Структурная: некоторые редуцирующие сахара, такие как целлюлоза, являются структурными компонентами растений и играют важную роль в поддержании их формы.
4. Сигнальная: некоторые редуцирующие сахара могут участвовать в сигнальных процессах в клетках, регулируя различные биологические процессы.

В целом, являясь углеводами, редуцирующие сахара выполняют в организме энергетическую и пластическую функции. Такие углеводы участвуют в обменных процессах, необходимы для работы нервной системы, проявления иммунитета. Некоторые ученые связывают избыток в крови редуцирующих сахаров с развитием ожирения и диабета. Кроме того, они придают сладкий вкус многим пищевым

продуктам, поэтому контроль их содержания важен для производителей. Редуцирующие сахара как источник энергии незаменимы для работы мозга и всего организма, однако избыток их может нанести вред здоровью [2,3].

Методы определения редуцирующих сахаров

Химические методы определения сахаров основаны на восстановительной способности моносахаридов и первичных полисахаридов, таких как мальтоза. Такие сахара содержат свободные альдегидные или кетоновые группы и называются восстанавливающими сахарами. Для определения сахаров, не обладающих прямой восстановительной способностью, предварительно проводят гидролиз. Например, при химическом определении сахарозы ее подвергают инверсии и измеряют количество полученного инвертированного сахара.

Наиболее часто применяемые химические методы определения содержания сахаров можно разделить на две следующие группы:

- 1) методы, основанные на окислении сахаров щелочными растворами двухвалентной меди;
- 2) методы, основанные на окислении сахаров, содержащих свободную альдегидную группу (альдоз) – йодом в щелочной среде; сахара, содержащие свободные кетонные группы – кетозы, например, фруктоза, в этих условиях не окисляются [2].

Определение содержания сахаров по методу Лейна-Эйнона. Этот метод основан на способности восстанавливающих сахаров восстанавливаться до метиленового синего, бесцветного лейкосоединения. Метиленовый синий используется в качестве индикатора окисления сахаров раствором Фелинга.

К строго определенному количеству реагента Фелинга добавляют несколько капель раствора метиленовой сини и титруют исследуемым сахарным раствором. При титровании происходит восстановление двухвалентной меди в одновалентную; после того как вся окисная медь (CuO (II)) превратится в закисную (CuO (I)), незначительный избыток редуцирующего сахара реагирует с метиленовой синью до ее обесцвечивания, благодаря чему резко изменяется окраска жидкости [2, 4].

Следует учитывать, что лейкосоединения, подверженные воздействию кислорода воздуха, со временем превращаются в окрашенный метиленовый синий. Для каждого измерения проводят два титрования: предварительное и основное. При предварительном титровании 10 мл реагента Фелинга пипеткой переносят в коническую колбу емкостью 150-200 мл и нагревают до кипения. Затем, не прекращая кипения, осторожно и постепенно приливают из бюретки

исследуемый раствор сахара и продолжают встряхивать колбу до тех пор, пока синяя окраска кипящей смеси почти полностью не исчезнет. Затем добавляют четыре капли метиленового синего и, не прекращая кипения, каплю за каплей приливают раствор из бюретки до тех пор, пока синий цвет кипящей жидкости не изменится на красный или оранжевый из-за выпадения оксида меди. В течение всего времени титрования жидкость в колбе не должна кипеть более 3 минут.

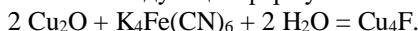
Чтобы предохранить бюретку от нагревания, к ее носику прикрепляют тонкую изогнутую стеклянную трубку с резиновой трубочкой. Для второго титрования (основного) к смеси реактива Фелинга в колбе прибавляют на 0,5-1 мл меньше исследуемого раствора сахара, чем было использовано для предварительного титрования. Доводят смесь в колбе до кипения в течение 2 мин и, не прекращая кипения, добавляют 3-5 капель раствора метиленового синего. Затем прибавляют 2-3 капли испытуемого раствора из бюретки и дают ему прореагировать в течение 2-3 секунд, пока синяя окраска не исчезнет и смесь не станет красной или оранжевой [4,6].

Содержание сахара, X, г/100 мл исследуемой жидкости, определяют по формуле (1):

$$\frac{X = (T \cdot 100 \cdot A)}{V}, \quad (1)$$

где T – количество сахара, необходимое для восстановления 20 мл реактива Фелинга; при определении содержания гексоз T = 0,0988 г; A – разведение исследуемой жидкости или навески исследуемого продукта; V – количество исследуемого раствора, пошедшее на титрование, мл.

Определение времени окончания титрования по методу Лейна-Эйнона осложняется наличием красного осадка оксида меди, который мешает точно определить моменты обесцвечивания метиленового синего. Поэтому было предложено добавить к реактиву Фелинга раствор железистого сульфата калия (желтой кровяной соли) $KFe(SO_4)_2$. В момент образования осадка оксида меди Cu_2O реагирует с сульфитом железа калия по следующей формуле:

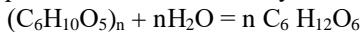


Образуется белый осадок, который не маскирует момент обесцвечивания метиленовой сини. Титрование завершается, когда синий цвет исчезает, а кипящая жидкость становится бледно-желтой. Допустимое относительное отклонение между результатами двух параллельных измерений при доверительной вероятности $P=0,95$ не должно превышать 0,6 % [5,7].

Метод определения восстанавливающих сахаров основан на колориметрическом определении после реакции избыточного

щелочного раствора гексацианоферрата (III) калия с исследуемым восстановливающим сахаром. При этом гексацианоферрат (III) восстанавливается до гексацианоферрата (II), при этом гексацианоферрат (III) калия окрашивается гораздо сильнее, чем гексацианоферрат (II), что приводит к более слабому окрашиванию.

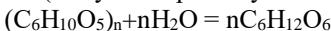
Кислотный гидролиз крахмала. Крахмал гидролизуется в присутствии кислоты. При гидролизе крахмала образуется глюкоза. Такой результат можно проверить на практике. Смесь крахмального клейстера и серной кислоты доводят до кипения. Полноту гидролиза проверяют по реакции с йодом. Гидролиз ведут до тех пор, пока реакция с йодом не станет отрицательной, то есть образец раствора не перестанет окрашиваться йодом в синий цвет. Полученный раствор проверяют на наличие в нем глюкозы. Для этого к полученному раствору прибавляют несколько капель раствора щелочи и несколько капель раствора сульфата меди (II). При этом осадка гидроксида меди не наблюдается. Раствор имеет ярко-синий цвет. Раствор нагревают. Выпадает красный осадок оксида меди (I). Реакция кислотного гидролиза крахмала представлена в виде следующей формуле:



Процесс гидролиза начинается с растворения крахмала, в результате чего разрушается структура крахмальных гранул и образуется однородная масса. Дальнейшее воздействие кислоты расщепляет глюкозидные связи в молекуле крахмала, и сода присоединяется к местам разрыва связей [7].

Растворение крахмала происходит относительно быстро, а гидролиз – гораздо медленнее. Глюкозидные связи одновременно расщепляются в разных частях молекул амилопектина и амилозы, образуя промежуточные продукты гидролиза – декстрины разной молекулярной массы. Конечным продуктом гидролиза крахмала является моносахарид глюкоза. В зависимости от молекулярной массы декстрины подразделяются на амило-, эритро-, акро- и мальтодекстрины [7].

Химизм кислотного гидролиза можно схематично выразить следующим уравнением (без учета промежуточных продуктов):



Как видно из уравнения, конечным продуктом гидролиза крахмала является глюкоза. Для контроля за ходом этого процесса используют йодную пробу. Известно, что йод придает крахмальным kleям характерный синий цвет. При расщеплении молекул крахмала синий цвет становится сине-фиолетовым, а затем вишнево-красным, характерным для амилодекстринов и эритродекстринов, соответственно. При образовании акродекстринов и мальтодекстринов

цвет раствора йода не меняется при добавлении гидролизата и остается неизменным до завершения гидролиза. После гидролиза до желаемой степени осахаривания кислоту нейтрализуют. Сироп нейтрализуют мелом, если для гидролиза используется серная кислота, или пищевой содой, если для осахаривания используется соляная кислота [7-9].

Использование редуцирующих сахаров

1. Использование редуцирующих сахаров в производстве пищевых добавок.

Редуцирующие сахара, такие как фруктоза, сорбитол и мальтитол, являются альтернативой обычному сахару (сахарозе) в производстве пищевых добавок. Они обладают свойствами, которые делают их привлекательными для использования в пищевой промышленности, такими как низкая калорийность и способность улучшать текстуру и вкус продуктов [10].

Основные преимущества использования редуцирующих сахаров:

1. Низкая калорийность: пониженное содержание сахара содержит меньше калорий, чем обычный сахар, что делает его привлекательным для людей, следящих за своим весом, и тех, кто страдает диабетом.

2. Улучшение текстуры и вкуса: редуцированные сахара способны улучшать текстуру и вкус продуктов. Он может придать продуктам гладкую, кремовую текстуру и повышенную сладость без необходимости добавлять большое количество сахара.

3. Соответствие различным диетам: редуцирующие сахара могут соответствовать различным диетам, таким как безглютеновая, вегетарианская и веганская, что делает их доступными для широкого круга потребителей.

Примеры пищевых добавок и продуктов, содержащих редуцирующие сахара:

1. Низкокалорийные сладкие наполнители: редуцирующие сахара могут использоваться для производства низкокалорийных сладких наполнителей, которые добавляются в различные продукты, включая безалкогольные напитки, молочные продукты, кондитерские изделия и десерты.

2. Жевательная резинка: редуцирующие сахара могут использоваться в производстве жевательной резинки, обеспечивая сладость без добавления обычного сахара.

3. Диетические продукты: редуцирующие сахара могут использоваться при производстве диетических продуктов, таких как низкокалорийные шоколадные батончики и десерты без сахара.

Использование редуцирующих сахаров при производстве диетических добавок имеет множество преимуществ, включая низкое

содержание калорий, улучшенную текстуру и вкус продукта, а также пригодность для различных диет. Редуцирующие сахара являются альтернативой традиционному сахару и могут использоваться в различных продуктах для удовлетворения потребностей широкого круга потребителей [10,11].

II. Использование редуцирующих сахаров в производстве биологически активных веществ.

Биологически активные вещества (БАВ) – это химические соединения, обладающие специфическим действием на живые организмы. Они могут обладать терапевтическими, профилактическими или косметическими свойствами и широко используются в фармацевтической и косметической промышленности. В последние годы все большее распространение получает использование редуцирующих сахаров для получения биологически активных веществ [12].

Основными преимуществами использования восстанавливающих сахаров для производства БАВ являются:

1. Биосовместимость: редуцирующие сахара биосовместимы, хорошо адаптируются к человеческому организму и не вызывают токсических или аллергических реакций. Такое преимущество делает их идеальными для производства БАВ, предназначенных для трансдермального, перорального и внутривенного введения.

2. Улучшение стабильности и доставки: редуцирующие сахара могут быть использованы для улучшения стабильности и доставки БАД. Редуцирующие сахара действуют как стабилизаторы, защищая активный ингредиент от деградации и окисления. Они также могут использоваться в наночастицах и липосомах для доставки БАВ в органы и клетки-мишени.

3. Модуляция свойств БАВ: восстанавливающие сахара могут быть модифицированы для изменения свойств БАВ. Например, растворимость, стабильность и биодоступность могут быть улучшены путем добавления различных функциональных групп к молекуле сахара.

Примеры БАД, созданных с использованием восстанавливающих сахаров, включают:

1. Косметика: восстанавливающие сахара могут использоваться в производстве косметических средств, таких как кремы, лосьоны и маски для лица. Они могут улучшать увлажнение, питание и защиту кожи.

2. Фармацевтика: редуцирующие сахара могут использоваться при производстве фармацевтических препаратов, таких как таблетки, капсулы и инъекции. Они могут служить носителем и стабилизатором активных ингредиентов.

3. Функциональные продукты питания: редуцирующие сахара могут

использоваться в производстве функциональных продуктов питания, таких как добавки, напитки и пищевые волокна. Они могут повышать питательную ценность продуктов и способствовать здоровому пищеварению [12, 13].

III. Использование редуцирующих сахаров в производстве биополимеров.

Биополимеры – это полимерные материалы, произведенные из таких биологических ресурсов, как продукты растительного и животного происхождения. Они более экологичны и устойчивы по сравнению с традиционными полимерами, получаемыми из нефти. В последние годы для производства биополимеров все чаще используются восстановливающие сахара [14].

Основными преимуществами использования восстановливающих сахаров для производства биополимеров являются:

1. Устойчивость к деградации: восстановливающие сахара, такие как целлюлоза и хитин, являются биоразлагаемыми веществами. Это означает, что биополимеры, полученные из этих сахаров, могут разлагаться в естественных условиях, не нанося вреда окружающей среде.

2. Биосовместимость: восстановливающие сахара биосовместимы с человеческим организмом и могут использоваться в медицинских целях без риска отторжения или токсичности. Поэтому они идеально подходят для производства биополимеров, используемых в медицине, таких как имплантаты и микрокапсулы для лекарств.

3. Настраиваемые свойства: восстановливающие сахара могут быть модифицированы для получения различных свойств биополимеров. Например, механические, термические и электрические свойства можно изменять путем добавления различных функциональных групп к молекуле сахара.

Примеры биополимеров, полученных из восстановливающих сахаров, включают:

1. Целлюлоза: один из самых распространенных биополимеров, получаемых из восстановливающих сахаров. Она используется в производстве бумаги, текстиля и пластмасс.

2. Хитин: биополимер, получаемый из ракообразных и грибов. Используется в производстве биоразлагаемых пленок, покрытий и медицинских материалов.

3. Полимолочная кислота: биополимер, получаемый из восстановливающих сахаров, таких как кукурузный крахмал. Она используется в производстве биоразлагаемых пластиков, упаковки и медицинских материалов.

Использование восстановливающих сахаров в производстве биополимеров имеет ряд преимуществ, включая устойчивость к

деградации, биосовместимость и возможность изменять свойства материала. Это делает их привлекательными для использования в различных отраслях промышленности, включая упаковку, медицину и текстиль. Использование биополимеров на основе восстанавливающих сахаров способствует устойчивому развитию и снижает негативное воздействие на окружающую среду [14,15].

IV. Использование редуцирующих сахаров в медицинской диагностике.

Примеры использования редуцирующих сахаров в медицинской диагностике:

1. Диагностика инфекций: редуцирующие сахара могут быть использованы для определения наличия патогенов в организме. Например, они могут быть использованы для обнаружения глюкозы в моче, что может указывать на наличие диабета или инфекции мочевыводящих путей.

2. Диагностика рака: редуцирующие сахара могут быть использованы для обнаружения опухолевых маркеров, которые связаны с различными типами рака. Они могут быть использованы для создания тестов, которые позволяют раннюю диагностику рака и мониторинг эффективности лечения.

3. Диагностика генетических заболеваний: редуцирующие сахара могут быть использованы для обнаружения наличия определенных генетических мутаций или вариантов. Они могут быть использованы в методах генетической диагностики, таких как полимеразная цепная реакция (ПЦР) или гибридизация ДНК.

Использование редуцирующих сахаров в медицинской диагностике имеет ряд преимуществ, таких как высокая специфичность, чувствительность и простота использования. Они могут быть использованы для обнаружения различных заболеваний, включая инфекции, рак и генетические заболевания. Использование редуцирующих сахаров в медицинской диагностике способствует более точной и ранней диагностике заболеваний, что в свою очередь позволяет более эффективно лечить пациентов и улучшать их прогноз [16].

V. Использование редуцирующих сахаров в производстве биотоплива.

Наряду со многими отраслями промышленности и сельского хозяйства редуцирующие сахара находят своё применение и в производстве такого важного альтернативного источника ископаемому топливу, как биотопливо [17].

Редуцирующие сахара могут быть преобразованы в биотопливо различными методами, включая ферментацию, термохимическую и

биохимическую конверсию. При ферментации используются микроорганизмы, такие как дрожжи и бактерии, для преобразования сахаров в этанол и другие виды биотоплива. Процессы термохимической конверсии, такие как пиролиз и газификация, позволяют превратить восстановленные сахара в биомасло или сингаз, которые затем могут быть переработаны в жидкое топливо. Биохимические методы преобразования, такие как ферментативный гидролиз и ферментация, используются для преобразования лигноцеллюлозной биомассы в биотопливо.

Преимущества использования восстанавливающих сахаров для производства биотоплива являются:

- изобилие, так как восстанавливающие сахара могут быть получены из широкого спектра сырья, включая сельскохозяйственные остатки и специализированные энергетические культуры, что обеспечивает устойчивое и обильное снабжение;

- углеродная нейтральность, так как биотопливо, произведенное из редуцирующих сахаров, имеет более низкий углеродный след, чем ископаемое топливо, поскольку углекислый газ, выделяемый при сгорании, компенсируется углекислым газом, поглощенным в процессе роста растений;

- энергетическая безопасность, так как биотопливо снижает зависимость от импорта ископаемого топлива, повышает энергетическую безопасность и снижает geopolитические риски;

- развитие сельских районов из-за того, что производство биотоплива из восстановленных сахаров создает новые экономические возможности в сельских районах, способствуя созданию рабочих мест и диверсификации сельской местности [17].

Таким образом, редуцирующие сахара – это углеводы, которые действуют как восстановители благодаря своей способности отдавать электроны. К ним относятся глюкоза, фруктоза, мальтоза, крахмал, рибоза, ксилоза, галактоза, глицеральдегид, лактоза. Редуцирующие сахара играют важную роль в природе – участвуют во всех жизненно важных процессах и выполняют основные жизненно важные функции. Поэтому в последнее время их стали использовать в различных аспектах биотехнологии. Являясь источником углерода для микроорганизмов, производящих разнообразные продукты, восстанавливающие сахара нашли своё применение в синтезе пищевых добавок, БАВ, биополимеров, в производстве биотоплива, а также в медицине.

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Библиографический список

1. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по химико-технологическим направлениям и специальностям. В 2 т. Т. 1 / Ю.М. Глубоков [и др.]; под ред. А.А. Ищенко. Москва: Издательский центр «Академия», 2010. 351 с.
2. Основы аналитической химии: учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования. В 2 т. Т. 1 / Т.А.Большова [и др.]; под ред. Ю.А. Золотова. М.: Издательский центр «Академия», 2012. 384 с.
3. Никитина Н.Г., Борисов А.Г., Хаханина Т.И. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: учебник и практикум для вузов / под ред. Н.Г. Никитиной. Москва: Издательство Юрайт. 2020. 394 с.
4. Применение метода Лэйна-Эйнона в анализе редуцирующих сахаров экстракта физалиса / Т.Ю. Гумеров [и др.] // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 2. С. 144-146.
5. Грищенко С.С., Удинцева Н.Е. Определения массовой доли редуцирующих сахаров и массовой доли сахарозы в образцах меда, собранных в районах Амурской области в 2021 г. // Форум молодёжной науки. 2021. Т. 2. № 6. С. 4-5.
6. Васильев В.П. Аналитическая химия. Титриметрические и гравиметрический методы анализа: учебник для студентов вузов, обучающихся по химико-технологическим специальностям. В 2 кн. Кн. 1. М.: Дрофа, 2005. 366 с.
7. Алейникова Т.А., Рубцова Г.В. Руководство к практическим занятиям по биологической химии: учеб. пособие для мед. вузов. М.: Высш.шк., 1988. 239 с.
8. Прудникова Е.Г., Хилкова Н.Л., Коношина С. Н. Химические элементы и соединения в растительном мире (учебное пособие) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 3-2. С. 228-229.
9. Фритц Дж., Шенк Г. Количественный анализ. М.: Мир, 1978. 557 с.
10. Прохорова А.М. Большой энциклопедический словарь. Российская Энциклопедия, Научное Издательство, 1998. 1456 с.
11. Ковалев В.Е., Федулина Т.Г. Органическая химия. Элементы биоорганической химии (углеводы, белки, нуклеиновые кислоты, жиры): учебное пособие. Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2017. 116 с.
12. Сазыкин Ю.О., Орехов С.Н., Чакалева И.И. Биотехнология: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 256 с.
13. Маркевич Р.М., Гребенчикова И.А., Рымовская М.В. Экологическая биотехнология. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие для студентов

специальности 1-57 01 03 «Биоэкология». Минск: БГТУ, 2015. 217 с.

14. Биополимеры и перспективные материалы на их основе: учебное пособие / А. С. Сироткин [и др.] // Казань: КНИТУ, 2017. 102 с.

15. Ручай Н.С., Гребенчикова И.А. Технология микробного синтеза: электронный курс лекций для студентов специальности 1-48 02 01 «Биотехнология». Минск: БГТУ, 2014. 167 с.

16. Органическая химия в медицине: учебное пособие / А. К. Брель [и др.]. Волгоград: ВолгГМУ, 2023. С. 111.

17. Углеводы. Биоэнергетика: учебное пособие / Д. А. Беева [и др.]. Нальчик: КБГУ, 2017. 88 с.

УДК 635.8

Порожнюк Л.А., канд. техн. наук, доцент,

Шевель О.С., студент

(Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

РОЛЬ ГРИБОВОДСТВА В ПРЕОДОЛЕНИИ БЕЛКОВОГО ДЕФИЦИТА

Аннотация: Показана актуальность культивирования грибов в искусственных условиях как способ преодоления белкового дефицита, получения экологически чистого пищевого продукта без нарушения функционирования экологических систем

Ключевые слова: дефицит белка, грибоводство, вешенка, культивирование, субстрат, подготовка субстрата.

В связи с быстрым ростом народонаселения Земли насущной проблемой современности является обеспечение человечества полноценными продуктами питания. Практическим решением этой актуально задачи занимаются множество научных направлений, в том числе – биотехнология. Биотехнология – это наука, которая изучает возможность использовать живые организмы или продукты их жизнедеятельности для решения определенных технологических задач, в том числе проблемы белкового голодаания.

Важным направлением в преодолении белкового дефицита является культивирование товарных грибов. Известно, что современное производство говядины с 1 гектара в год обеспечивает 63,5 кг сухого белка, рыбопроизводство – 567,5 кг, в то время как, выращивание грибов дает до 80 тонн полноценного белка [1].

Проблема состоит в том, что сбор дикорастущих грибов с каждым годом сокращается, так как на условия выращивания отрицательно оказывается, с одной стороны, экологическая ситуация; с другой – сбор

грибов в естественных экосистемах приводит к нарушению круговорота веществ и нарушению их функционирования.

Решением может стать культивирование съедобных грибов в искусственных условиях, что позволяет предупредить пищевые отравления, вызванные употреблением дикорастущих грибов. Искусственное выращивание грибов позволяет получать экологически чистый белок, так процесс выращивания полностью контролируется на всех стадиях роста и развития грибов.

Культивирование грибов осуществляется, в том числе, и на растительных субстратах, что решает еще одну задачу – рациональное использование растительных отходов сельского хозяйства.

Современный подход к культивированию грибов нуждается в как в расширении ассортимента растительных субстратов, так и подборе условий их выращивания.

Благодаря своим вкусовым качествам и простоте выращивания вешенки получили большую популярность в России. Процесс культивирования основывается на создании оптимальных условий для развития грибов, включая температуру, влажность, освещение и питательные среды. Все это позволяет производить грибы вне зависимости от сезона, улучшает урожайность, уменьшает риск возникновения различных болезней.

Целью данной работы является подбор растительных субстратов, изучения их характеристик и свойств для культивирования вешенки. В связи с этим рассмотрим основные характеристики этого гриба.

Вешенка (*Pleurotus*) – род базидиальных шляпочных грибов.

Шляпка имеет округлую форму с тонкими краями, мясистую сплошную структуру и достигает от 1,5 до 30 см в диаметре. У молодых плодовых тел шляпка выпуклая, у старых – более плоская. Поверхность шляпки гладкая, влажная, в мокрую погоду укрыта мицелиальным налётом. Цвет варьируется от белого, серого до жёлто-белого, серо-бурового. Мякоть плотная, слегка водянистая, белого цвета. Ножка гриба имеет гладкую структуру и белого цвета. Она короткая – от 2-3 до 5 см, слегка изогнутая, а её толщина не превышает 3 см. Ножка жёсткая и плотная, поэтому в пищу её обычно не употребляют.

В состав вешенки входят все необходимые организму человека вещества: белки, жиры, углеводы, витамины и микроэлементы. Калорийность гриба достаточно низкая, но даже небольшое его количество хорошо утоляет голод.

По количеству аминокислот и белка вешенка приближается к овощам, и превышает их по процентному содержанию жиров и

углеводов. Витаминный состав вешенки напоминает мясо, в мякоти есть витамины группы В, витамин С, Е, и D2, а также РР.

В вешенке содержится до 7-8% минеральных веществ. Это и калий, регулирующий работу сердечной мышцы, и фосфор, участвующий в обмене веществ и входящий в состав белков и нуклеиновых кислот, и железо, принимающее участие в образовании гемоглобина и ряда ферментов, а также кальций, кобальт, медь, натрий и ряд других элементов необходимых человеческому организму.

Употребление блюд из вешенки способствует снижению холестерина. Она обладает антисклеротическим действием. Кроме названных лечебных свойств было установлено, что в ней содержатся вещества, препятствующие образованию раковых опухолей [2].

Существует несколько видов вешенок, которые отличаются друг от друга внешними чертами и вкусовыми особенностями: вешенка обыкновенная, розовая, осенняя (ивовая, поздняя), дубовая, рожковидная, степная (королевская), легочная (весенняя), шляпковая (золотистая) [3].

Разделяют два способа выращивания грибов: естественный (экстенсивный) и искусственный (интенсивный). Для естественного выращивания используют мицелий лесного гриба, который высаживают в подвале или естественной среде. После чего они самостоятельно растут.

Для искусственного выращивания природные условия не требуются. Грибы размещают на заранее подготовленном участке (подвал, балкон, кладовая и т.д.). В отличие от естественного способа, здесь человек сам должен контролировать температуру, влажность среды.

Важным аспектом в культивировании вешенок является выбор и подготовка субстрата, который обеспечивает хорошие условия роста и развития гриба. Также субстрат должен обладать богатыми питательными веществами и запасом определённого количества воды.

На выбор растительного субстрата оказывают влияние многие факторы.

Таблица 1. Критерии для выбора субстрата

Критерии выбора	Характеристика
Биологические	Субстрат должен удовлетворять потребность гриба в питательных веществах и быть биологически чистым
Физические	Размер частиц субстрата, влажность, устойчивость к прессованию
Химические	Реакция среды (рН), химический состав субстрата
Экологические	Количество тяжелых металлов, пестицидов, радионуклидов

Субстраты могут быть разнообразны и иметь различные компоненты в составе. Главной особенностью является то, что структура субстрата должна обеспечивать хороший воздухообмен, что нужно для удаления газообразных продуктов метаболизма гриба.

Чтобы выбрать подходящий субстрат, нужно опираться на ряд критериев (табл. 1), которые позволят в будущем вырастить качественные грибы [4].

Вешенка – дереворазрушающий гриб в составе которого присутствуют различные специфические ферменты, поэтому необходим материал, содержащий лигноцеллюлозу.

Самыми легкодоступными видами сырья являются лузга подсолнечника, древесина, солома [5].

Лузга подсолнечника удобна для работы, так как не требует измельчения и предварительной подготовки. Преимуществом является большое содержание азота, который используют грибы для питания. Единственный недостаток – плохое впитывание влаги у некоторых видов подсолнечника.

Древесину используют лиственных пород. Субстрат используют в виде стружки размером около 3-5 см и толщиной не более 2 мм. Вид древесины влияет на вкус выращенных грибов, поэтому нужно учитывать это при выборе субстрата. К преимуществу использования данного материала относится то, что на нём можно выращивать различные виды целлюлозоразрушающих грибов. Недостаток опилочного субстрата – постоянное подкисление, которое необходимо устранять внесением известкового материала или золы, щелочным удобрением.

Солому используют, как злаковых, так и бобовых культур. Её не измельчают, а проминают заранее замоченные стебли. Солому можно разрезать (5-10 см) или равномерно перемолоть (около 1 см). Солома

злаковых культур имеет жесткий стебель (оимый ячмень, тритикале), поэтому данный материал хуже вбирает воду. Но среди достоинства можно выделить ее минимальную сминаемость, что даёт массе структурную пружинистость. Недостатком является то, что в более сухой период климата содержание азота в материале составляет не более 0,3, что достаточно мало для выращивания вешенок.

Существуют требования к выбору субстрата. В частности, для заготовки соломы выбирают поля, где отсутствуют различные экологические загрязнения (тяжёлые металлы, пестициды, радионуклиды) и применяли минимальное количество химической защиты.

В качестве примера рассмотрим подготовку соломы, ведь её проще всего использовать для выращивания грибов.

Солома должна быть однородной (не иметь примесей), быть сухой, иметь хорошую структуру, а также быть минимально инфицированной конкурирующими грибами [4]. Солому лучше выбирать золотистого цвета, свежую и без запаха плесени.

После выбора материала, из которого будут изготавливать субстрат, начинают его подготовку в соответствие с рекомендациями, изложенными в табл. 2.

Таблица 2. Классическая технология подготовки соломенного субстрата

	Этап подготовки субстрата	Характеристика этапа	Обоснование этапа
1	Измельчение	Измельчение соломы до 5 см и менее	Уменьшение соломин в размере важно, так как крупные стебли хуже обрабатываются, между ними при недостаточном уплотнении образуются пустоты и это мешает разрастанию мицелия на субстрате
2	Внесение подкормки и добавок	Внесение дополнительного минерального питания и/или реагентов	Солома содержит неполный набор минеральных компонентов для полноценного культивирования вешенки. Необходима корректировка pH до физиологических норм
2	Увлажнение	Замачивание в воде до	Недостаток влаги в субстрате может привести к отсутствию

		достижения влажности субстрата 70-80%	роста грибов, а избыток – к гниению
3	Термическая обработка	Стерилизация	Этап предназначен для уничтожения грибов-паразитов, которые в дальнейшем могут мешать развиваться мицелию вешенки. Наиболее опасными для гриба-ксилотрофа вешенки являются «сорные» плесени (виды микромицетов из родов <i>Trichoderma</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Rhizomucor</i> и др.)

Обработка субстрата может проводится с помощью двух способов – стерильных и нестерильных [6].

Первый способ был запатентован ещё в 1966 году и не широко применяется из-за высокой стоимости специального оборудования [7].

Сущность метода заключается в том, что на увлажнённый субстрат воздействуют высокие температуры и давление, что приводить к гибели различной микрофлоры. Обычно стерилизация данным способом занимает не более 3 часов и после остыивания в субстрат вносят мицелий. Хорошим примером является стерилизация в автоклаве.

Второй способ – нестерильный. Применяется чаще и является более доступным. Он имеет множество вариантов в зависимости от имеющихся у производителей возможностей.

Таким образом показано, что грибоводство является важным направлением в биотехнологии и предлагает решения по преодолению дефицита белка. При культивировании грибов в искусственных условиях важными этапами являются качественный выбор и подготовка растительного субстрата.

Библиографические список

1. Теория и практика получения урожая грибов [Электронный ресурс]. URL: <https://infourok.ru/teoriya-i-praktika-polucheniya-urozhaya-gribov-issledovatelskaya-rabota-po-biologii-1748787.html> (дата обращения 19.03.2024).
2. Морозов А.И. Выращивание вешенки / М.: ООО «Издательство ACT», Донецк: «Сталкер», 2003. 46 с.
3. Грибы вешенки. [Электронный ресурс] РИА новости [сайт] – URL: <https://ria.ru/20220512/veshenki-1788175844.html> (дата обращения 19.03.2024).
4. Тишенков А.Д. Субстраты для культивирования вешенки. Часть 1. Характеристика субстратов. / Москва: Школа грибоводства, 2002.

5. Нурметов Р.Д., Девочкина Н.Л. Выращивание шампиньона и вешенки. / Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства. Москва, 2010.

5. Способ подготовки субстрата для выращивания вешенки обыкновенной: Способ получения автолизатов дрожжей: пат. № 2571853 Рос. Федерации. № 2014147163/10 / Г.В. Сорокин, С.Н. Буров, В.П. Дибцов и др.; заявл. 25.11.2014: опубл. 20.12.2015. 6 с.

6. 2651140 Рос. Федерация. № 2016128769 / С.А. Ефремова; заявл. 14.07.2016; опубл. 18.04.2016. 3 с.

7. Патлах В.В. Энциклопедия «Технологий и методов» [сайт] - URL: <http://patlah.ru/etm/etm-06/c-x%20kylyti/gribi/vesenka/vesenka-6.htm> (дата обращения: 16.03.2024).

УДК 663.2

Скорик К.И., студент,
Качаева Н.Ю., канд. техн. наук, доцент,
Стрибижева Л.И., канд. техн. наук, доцент
(Кубанский государственный технологический
университет, г. Краснодар, Россия)

ВЛИЯНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ВИНОГРАДА НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Аннотация: В последние годы умеренное регулярное употребление красного вина часто считалось средством профилактики или снижения риска различного рода заболеваний. Люди часто наслаждаются различными продуктами из винограда, такими как фрукты, изюм, сок и вино. Плоды винограда содержат различные питательные элементы, такие как витамины, минералы, углеводы, пищевые волокна и фитохимические вещества. Полифенолы являются наиболее важными фитохимическими веществами в винограде, поскольку они обладают биологической активностью и имеют множество полезных для здоровья свойств. Однако в результате некоторых исследований также показано, что при более высоких концентрациях влияние фенольных соединений на здоровье человека было отрицательным. Исследования по данной теме являются актуальной задачей в области виноделия.

Ключевые слова: виноградные выжимки, полифенольные соединения, виноград, антиоксидантные свойства, противовоспалительные свойства, семена винограда, виноделие.

В последнее время растущий интерес к фенольным соединениям винограда сосредоточился на их биологической активности, связанной с пользой для здоровья человека - антиоксидантные, кардиозащитные,

противораковые, противовоспалительные, антивозрастные и противомикробные свойства.

Будучи наиболее заметной биологической активностью фенольных соединений винограда, широко изучались антиоксидантные свойства, включая удаление свободных радикалов, ингибирование окисления липидов, уменьшение образования гидропероксидов и т. д. Сок, вино и виноградные выжимки обладают высокой антиоксидантной способностью. Экстракты обезжиренных виноградных косточек обладают вдвое меньшей антиоксидантной способностью, чем экстракты цельных виноградных семян, что указывает на то, что процесс экстракции масла удалил или повредил некоторые антиоксидантные соединения. В различных частях винограда самая высокая антиоксидантная способность была обнаружена в семенах, потом следует кожица, а мякоть имеет самую низкую [1]. Таким образом, экстракты виноградных семян являются перспективным антиоксидантом для пищевых добавок.

Профилактика иммунитета становится серьезным подходом к минимизации риска вредных заболеваний. Соответственно, растущее предпочтение потребителей к натуральным и полезным для здоровья диетам, богатым антиоксидантами, получило широкое распространение. Виноград (*Vitis vinifera*) – это богатая антиоксидантами ягода, которая широко распространена для употребления в свежем или переработанном виде, а употребление полифенольных соединений, которые есть в винограде, может принести пользу для здоровья [2]. Виноградные выжимки, находящиеся в кожице, семенах и гребне, экстрагируются во время переработки винограда. На сегодняшний день методы экстракции полифенолов широко изучены, но исследований о влиянии полифенольных компонентов на организм человека мало. Целью работы является освещение влияния фенольных соединений винограда на организм человека.

К фенольным соединениям в основном относятся антоцианы, флавонолы, флавонолы, стильбены (ресвератрол) и фенольные кислоты. Антоцианы являются пигментами и в основном содержатся в кожице винограда. Флавоноиды находятся в твердых частях ягоды – семенах и гребне, и в основном содержат (+)-катехины, (-)-эпикатехины и полимеры процианидина. Антоцианы являются основными полифенолами красного винограда, тогда как флаван-3-олы более распространены в белых сортах. Фенольные соединения также считаются консервантами против микробов и окисления пищевых продуктов. Таким образом, помимо вина и сока, виноградные

диетические добавки могут стать перспективными функциональными продуктами, достойными популяризации [3].

Виноградные выжимки – это, по сути, твердые органические отходы, содержащие кожицу, семена, мякоть и гребень винограда, которые намеренно выбрасываются в различных отраслях переработки винограда, таких как производство вина или сока. Как правило, выжимка составляет 25–35% от общего веса переработанного. Она содержит значительное количество пищевых волокон и разнообразных фитохимических веществ, которые обладают мощной антиоксидантной активностью. В целом полифенолы винограда различаются по химической структуре и активности, и их можно условно разделить на два основных класса: флавоноиды и нефлавоноиды. Флавоноиды, наиболее распространенные полифенолы в винограде, находятся в твердых частях виноградной грозди, включают антоцианы, проантоксианидины (процианидины и продельфинидины) и флаван-3-олы. Гидроксикоричные кислоты – это наиболее распространенные нефлавоноиды в вине, включают кафтаровую кислоту и кутаровую кислоту. Большинство этих полифенольных соединений встречаются в виде гликозилированных производных в растениях и пищевых продуктах и перед всасыванием в кишечнике подвергаются ферментативным превращениям. При винификации биоактивные полифенольные соединения экстрагируются, большая часть остается в виде гликозидов. Кроме того, количество полифенолов, попадающих в конечный винный продукт, во многом зависит от процесса ферментации, что позволяет предположить, что при недостаточном воздействии на процесс экстрагирования плохо оказывается на высвобождении фитохимических веществ, которые остаются в виноградной ягоде. Несмотря на доказанную антиоксидативную способность фитохимических веществ в виноградной выжимке, огромное количество выжимки по-прежнему ежегодно выбрасывается во всем мире. Уже выполнены исследовательские работы, направленные на разработку способов экстракции для оптимизации извлечения антиоксидантов из выжимки для разработки продуктов питания или лекарств, но ситуация не меняется. В контексте текущих экологических проблем, извлечение из выжимки полифенольных соединений, с целью их дальнейшего использования является актуальным вопросом на сегодняшний день в управлении экологическими отходами [4].

На обилие биоактивных полифенолов и небольших количеств других важных фитохимических веществ, таких как каротиноиды (лютеин и β -каротин), особенно летучих, преимущественно влияют

такие факторы, как тип сорта, климат, качество сырья и вид почвы. Оптимизация методов извлечения полифенолов из выжимки с учетом экологических и экономических условий выполняется с целью максимального извлечения биологически активных соединений из различных сортов винограда (Chafer et al., 2005; Cho et al., 2006; Meini et al., 2019; Otero-Pareja et al., 2015; Pintać et al., 2018; Romero-Perez et al., 2001). Традиционные и новые стратегии экстрагирования биоактивных компонентов из выжимки основаны на различных механизмах, учитывающих такие важные параметры, как температура, давление, продолжительность извлечения, тип растворителя, физико-химические характеристики источника, эксплуатационные затраты и экологические аспекты [5].

Выжимку можно использовать в пищевой промышленности в качестве недорогого источника биологически активных фенольных соединений для улучшения иммунитета. Пользу веществ из выжимки можно объяснить обилием значительного количества флавоноидов (флаванолов, дубильных веществ и флавонолов), нефлавоноидов (гидроксibenзойных кислот, гидроксикоричных кислот, стильбенов и аналогов фенилэтанола), флаванолов [(+)-катехин, (-)-эпикатехин и (-)-эпикатехин галлат] и антоцианов (мальвидин 3-О-глюкозид, мальвидин 3-О-п-кумароилглюкозид и петунидин 3-О-глюкозид). Регулярное потребление винограда и продуктов из него связано с более низкой частотой заболеваний, таких как сердечно-сосудистые и некоторые виды рака. Антоцианы, флавонолы, флавонолы и ресвератрол являются наиболее важными полифенолами винограда, поскольку они обладают биологической активностью: имеют антиоксидантные, кардиопротекторные, противораковые, противовоспалительные, антивозрастные и противомикробные свойства.

Растворителями при экстрагировании чаще всего являются этанол, метанол, ацетон, муравьиная кислота и вода в разных соотношениях, но пока что не существует растворителей, которые могли бы полностью экстрагировать антиоксиданты, они же фенольные соединения, особенно те, которые связаны со сложными углеводами и белками. Из семян винограда можно экстрагировать полифенолы путем давления и нагревания, при этом выделяются в основном флаванолы и гидроксикоричные производные. Экстрагирование растворителем обеспечивает высокую степень извлечения фенольных соединений из винограда, но использование больших количеств органических растворителей представляет угрозу для здоровья и наносит вред для окружающей среды. Таким образом, было разработано несколько улучшенных методов извлечения фенольных соединений из винограда,

таких как микроволновая экстракция, ультразвуковая экстракция, сверхкритическая жидкостная экстракция, субкритическая водная экстракция. Эти методы экстракции могут значительно исключить или сократить использование органических растворителей [6].

Полифенольные соединения виноградной выжимки могут служить для потребления человеком и способствовать улучшению здоровья и питания, действуя как мощные антиоксиданты. С другой стороны, на самом деле методы сушки, получения и концентрирования этих соединений с биологической активностью являются дорогостоящими, например: сублимационная сушка.

Эти результаты предлагают винодельческой промышленности другой взгляд на использование виноградных выжимок, богатых биологическими соединениями, содержащих различные мономерные фенольные кислоты, олигомерные проантоцианидины и гликозилированные антоцианы, обладающие антиоксидантной и противомикробной активностью. Это расширяет возможности винодельческой отрасли.

Библиографический список

1. Антиоксидантная активность виноматериалов для вин кахетинского типа и ее зависимость от фенольных соединений / М.Г. Бежуашвили [и др.] // Виноделие и виноградарство. 2005. № 6. С. 28-29.
2. Скорик К.И. Изучение перспективности применения аборигенного // Вектор современной науки: сборник тезисов по материалам Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых. Краснодар, 2022. С. 335-337.
3. Ширшова А.А., Агеева Н.М., Гугучкина Т.И. Химический состав виноградных вин в зависимости от места произрастания винограда // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2015. № 32(2). С. 115-122.
4. Ageeva N.M., Tikhonova A.N., Globa E.V. Biotechnologies used to deal with recycling of grape pomace // Earth and Environmental Science: IOP Conference Series: International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials (P2ARM 2021), Воронеж, 2021 года. Vol. 1052. Р. 012102.
5. Агеева Н.М., Чаплыгин А.В., Одарченко В.Я. Фенольные соединения натуральных сухих вин в зависимости от технологии производства // Виноделие и виноградарство. 2006. № 3. С. 31.
6. Бойко И.Е. Антиоксидантные свойства фенольных соединений красных вин // Агропромышленный комплекс и актуальные проблемы экономики регионов: сборник трудов XXX Всероссийской научно-практической конференции. Майкоп, 2014. С. 32-36.

^{1,2}Тимакова Т.А., аспирант,

^{1,2}Карпов М.В., м.н.с.,

^{1,2}Текучева Д.Н., с.н.с., канд. биол. наук,

^{1,2}Николаева В.М., с.н.с., канд. хим. наук,

^{1,2}Шутов А.А., н.с.,

^{1,2}Фокина В.В., с.н.с., канд. биол. наук

(1 – ФГБУН Федеральный исследовательский центр
«Пущинский научный центр биологических
исследований РАН»;

2 – Институт биохимии и физиологии
микроорганизмов им. Г.К. Скрябина РАН,
Пущино, Московская обл., Россия)

ПОЛУЧЕНИЕ РЕКОМБИНАНТНОЙ НАДФН-ЗАВИСИМОЙ 17 β -ГИДРОКСИСТЕРОИДДЕГИДРОГЕНАЗЫ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЕ АКТИВНОСТИ *IN VITRO*

Аннотация: Объектом исследования являлась внутриклеточная НАДФН-зависящая 17 β -гидроксистероиддегидрогеназа (ГСД) из мицелиального гриба *Cochliobolus lunatus*. Маркированная полигистидиновой меткой эукариотическая рекомбинантная ГСД была получена в клетках мицелицибактерий. Выделение рекомбинантной ГСД проводили с помощью металл-хелатной аффинной хроматографии. Рекомбинантный фермент в присутствии НАДФН осуществлял восстановление андростендиона с образованием тестостерона *in vitro*. Результаты расширяют знания о рекомбинантных ферментах и свидетельствуют о том, что ГСД из *Cochliobolus lunatus* является перспективным биокатализатором для дальнейшего применения в биотехнологии получения тестостерона.

Ключевые слова: рекомбинантный фермент, 17 β -гидроксистероиддегидрогеназа, тестостерон, *Cochliobolus lunatus*, *Mycolicibacterium neoaureum*.

В медицинской практике [1], а также ветеринарии [2] широкое применение нашли препараты на основе тестостерона. Производство тестостерона связано с его химическим или биотехнологическим синтезом [3]. Из биотехнологических наиболее перспективными являются способы, основанные на использовании в качестве биокатализаторов штаммов непатогенных мицелицибактерий наряду с применением фитостеринов в качестве стартового субстрата [4, 6]. Сапротрофные актинобактерии рода *Mycolicibacterium* способны к биоконверсии алифатической боковой цепи стеринов и частичной модификации кольца А гонанового ядра с накоплением андростендиона (АД) или андростадиендиона (АДД), при этом способ получения этих

фармацевтически ценных андростанов отличается относительной простотой и экологической привлекательностью [5].

Ранее в нашей лаборатории были предложены микробиологические способы одно- и двустадийного получения тестостерона из фитостерина [6, 7, 8].

Магистральными направлениями при создании штаммов микелицибактерий с более высокой продуктивностью являются: 1) нокаутирующий мутагенез [8]; 2) создание трансгенных штаммов [9]; 3) нарушение клеточной проницаемости этих актинобактерий для лучшей доступности субстрата [10, 11]; 4) метаболическая инженерия путей регенерации кофакторов, АТФ, ферментов, отвечающих за поддержание уровня высоко реакционноспособных форм O_2 [12].

НАДФН-зависимая ГСД из мицелиального гриба *Cochliobolus lunatus* является ферментом, обеспечивающим в микроаэрофильных условиях восстановление 17-кето-группы АД до 17 β -гидрокси-группы тестостерона [9]. Как правило, все микробные ГСД способны катализировать обратимое окисление/восстановление 17-гидрокси-группы до 17-кето-группы, однако активность ферментов бактерий направлена преимущественно в сторону окисления, а активность ГСД эукариот (в том числе низших эукариот) в большей степени тяготеет к осуществлению реакции восстановления [6].

Задачей исследования являлось получение в клетках микелицибактерий рекомбинантной эукариотической ГСД и изучение ее активности *in vitro*.

Материалы и методы

Получение и очистка рекомбинантной ГСД. В работе использовали рекомбинантный штамм *M. neoaurum*, содержащий плазмидную конструкцию для контролируемой экспрессии синтетического гена, кодирующего ГСД из *C. lunatus* [13] с *N*-концевой полигистидиновой меткой. Бактерии выращивали в присутствии канамицина (20 мкг/мл) в питательной среде следующего состава (г/л): $K_2HPO_4 \times 3H_2O$ – 0,5; KH_2PO_4 – 0,5; $(NH_4)_2HPO_4$ – 1,5; $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,2; $FeSO_4 \times 7H_2O$ – 0,005; $ZnSO_4 \times 7H_2O$ – 0,002; Твин 80 – 1; глюкоза – 20; дрожжевой экстракт – 16, pH 7,0 [14]. Для плотных питательных сред использовали бактоагар (1,5%).

Культивирование мутантного штамма микелицибактерий проводили в течение 48 часов при 30°C в аэробных условиях на лабораторном инкубационном шейкере INFORS HT Multitron (Швейцария) (200 об/мин) в колбах объемом 750 мл, содержащих 100 мл среды. Затем 10% (об./об.) посевной культуры первой генерации переносили в 100 мл свежей среды аналогичного состава и

культтивировали в течение 48 часов в тех же условиях [14]. Индукцию синтеза рекомбинантной ГСД проводили спустя 6, 12 и 24 ч роста амидом уксусной кислоты в концентрации 0,5, 0,5 и 2 г/л, соответственно.

Выращенные рекомбинантные клетки *M. neoaurum* осаждали центрифугированием (15 мин, $4200 \times g$, 4°C), промывали калий-фосфатным буфером pH 7,0 и ресуспензировали в 30 мл 50 мМ калий-фосфатного буфера с 50 мМ NaCl, pH 7,4. Клеточную суспензию гомогенизировали на ультразвуковом дезинтеграторе Q500 (QSonica, США) согласно рекомендациям производителя (10 циклов ультрасонирования по 30 сек с минутными интервалами на льду), полученный гомогенат центрифугировали (120 мин, $13000 \times g$, 4°C). Клеточный дебрис отделяли от супернатанта и ресуспензировали в буфере Tris-HCl, pH 6,8 (0,1 г/мл).

Определение ГСД-активности *in vitro*. Для определения ГСД-активности *in vitro* использовали суспензию, содержащую дебрис, и надосадочную жидкость. Для этого к 400 мкл анализируемой пробы добавляли 250 мкл 1 М К-фосфатного буфера, 10 мкл раствора АД в этаноле (10 г/л), 200 мкл водного раствора НАДФН (3,75 г/л), объём реакционной смеси доводили деионизованной водой до 1,5 мл. Смесь инкубировали в течение 24 ч при 37°C . Стероиды анализировали методами TCX и ВЭЖХ.

Концентрирование и выделение белков супернатанта. Растворимые белки супернатанта концентрировали с помощью центрифужных концентраторов (Pierce Concentrators, 20 мл, Thermo Scientific, США) при $4200 \times g$, 20°C . Выделение ГСД проводили методом аффинной хроматографии с использованием Ni-NTA агарозы (Invitrogen, США). Для этого 120 мкл Ni-NTA агарозы объединяли с 200 мкл гомогената или концентрированного супернатанта и перемешивали в течение 30 мин при комнатной температуре. Сорбент со связанным белком отделяли центрифугированием (45 сек, $13200 \times g$, 20°C) и трёхкратно промывали 200 мкл раствора имидазола (20 мМ). Связанный белок элюировали $2 \times$ 200 мкл 500 мМ раствора имидазола (45 сек, $13200 \times g$, 20°C). Присутствие белка контролировали методом электрофореза в 12% полиакриламидном геле в денатурирующих условиях.

Тонкослойная хроматография (TCX). Для TCX-анализа 750 мкл пробы экстрагировали 750 мкл этилацетата. Экстракты (100 мкл) наносили на хроматографическую пластинку (ALUGRAM SIL G/UV254, Германия), разделение стероидных продуктов проводили в системе растворителей бензол:ацетон = 4:1 (об/об). Пластиинки визуализировали в УФ свете при длине волны 254 нм.

Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). Аликвоту реакционной смеси разводили в два раза ацетонитрилом, суспензию центрифугировали (10 мин, $12100 \times g$), надосадочную жидкость использовали для анализа. Анализ проводили на хроматографической системе Agilent 1200 (Agilent Technologies, Германия), колонке Symmetry C18 (5 мкм, 4,6 x 250 мм) с предколонкой Symmetry C18 (5 мкм, 3,9 x 20 мм) (Waters, США) в следующих условиях: скорость потока – 1 мл/мин, температура колонки – 50°C, детекция при длине волны 240 нм. Мобильная фаза: MeCN:H₂O:CH₃COOH (60 : 40 : 0,01, по объему). Калибровку проводили методом внешнего стандарта, основанным на сравнении площадей пиков. Результаты обрабатывали с помощью программы ChemStation Rev. B. 04.03 (Agilent Technologies, США).

Результаты

Клетки рекомбинантных мицелицибактерий при индукции амидом уксусной кислоты продуцировали маркированную полигистидиновой меткой ГСД (~31,5 кДа), о чем свидетельствует наличие полосы, соответствующей белку с молекулярной массой 31 кДа в электрофореграмме гомогената (рис. 1, дорожка 5). Методом металлохелатной хроматографии был получен концентрированный ферментный препарат рекомбинантной ГСД (рис. 1, дорожка 3).

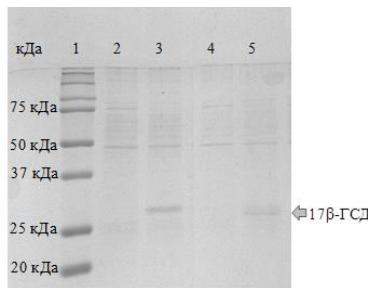


Рис. 1. Денатурирующий электрофорез клеточных фракций родительского и рекомбинантного штаммов *M. neoaurum*.

1 – маркеры; 2 и 3 – бесклеточный экстракт родительского штамма и рекомбинанта, соответственно; 4 и 5 – гомогенат родительского штамма и рекомбинанта, соответственно.

Определение ГСД-активности *in vitro* во фракциях клеток *M. neoaurum* показало ее наличие в бесклеточном экстракте и дебрисе как родительского, так и рекомбинантного штаммов (рис. 2). При этом ТСХ-профиль продуктов биоконверсии АД свидетельствовал о

локализации рекомбинантной ГСД в бесклеточном экстракте рекомбинантного штамма (дорожки 1 и 3, рис. 2). Фракции как родительского, так и рекомбинантного штаммов, содержащие дебрис, демонстрировали наличие активности нативной миколицибактериальной ГСД, а также – 3-кетостероиддегидрогеназной активности (дорожки 2 и 4, рис. 2). Ранее сообщалось о выявлении мембраноассоциированной, а также растворимой форм нативной НАД(Н)-зависимой миколицибактериальной ГСД [15], а также – 3-кетостероиддегидрогеназ [6].

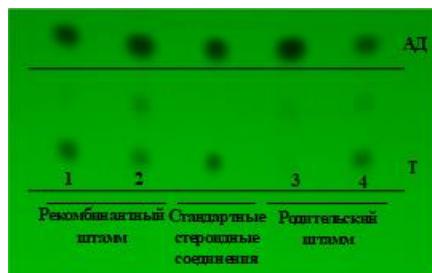


Рис. 2. ТСХ-профиль продуктов биоконверсии АД бесклеточным экстрактом (дорожки 1, 3) и дебрисом (дорожки 2, 4) рекомбинантного и родительского штаммов *M. neoaurum*, соответственно.

В табл. 1 представлены результаты ВЭЖХ-анализа биоконверсии АД клеточными фракциями рекомбинантного и родительского штаммов *M. neoaurum*, из которых следует, что рекомбинантная ГСД является функциональной и эффективно конвертирует АД в тестостерон в неоптимизированных условиях.

Таблица 1. Биоконверсия АД в присутствии НАДФ(Н) клеточным дебрисом и бесклеточным экстрактом рекомбинантного и родительского штаммов *M. neoaurum* в микроаэрофильных условиях

Субстрат и кофактор	Относительное содержание стероидов, %							
	АД		АДД		Тестостерон		1(2)-Дегидро-тестостерон	
	Клеточный дебрис							
	рек	род	рек	род	рек	род	рек	род
АД + НАДФ(Н)	79,4	78,1	2,4	2,2	16,2	17,5	1,3	1,2

	Бесклеточный экстракт							
	рек	род	рек	род	рек	род	рек	род
АД + НАДФ(Н)	64,9	97,2	0,6	1,2	33,5	1,4	1,0	0,1

Полученные результаты расширяют знания о рекомбинантных ферментах и указывают на перспективность использования гетерологичной ГСД в биотехнологии получения тестостерона.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 122040500054-3), а также гранта РНФ (21-64-00024).

Библиографический список

1. A very efficient bioconversion of soybean phytosterols mixtures to androstanes by mycobacteria / C. Perez [et al.] // J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 2006. V. 33. P. 719–723.
2. Конопельцов И.Г., Сапожников А.Ф. Гормоны и их применение в ветеринарии / СПО. Изд. 2-е, стер. Санкт-Петербург, Москва, Краснодар: Изд-во Лань, 2023. 192 с.
3. Highlight on engineering *Mycobacterium smegmatis* for testosterone production / U. Sood [et al.] // Microb. Biotechnol. 2017. V. 10. P. 73–75.
4. Microbial conversion of sterol-containing soybean oil production waste / M.V. Donova [et al.] // J. Chem. Technol. Biot. 2005. V. 80. P. 155–160.
5. Donova M.V. Current trends and perspectives in microbial bioconversions of steroids // Microbial Steroids. Methods in Molecular Biology / Eds: Barreiro C., Barredo JL. Humana, New York, NY. 2023. Article number 2704 P. 3-21.
6. Bioproduction of testosterone from phytosterol by *Mycolicibacterium neoaurum* strains: «one-pot», two modes / D.N. Tekucheva [et al.] // Bioresources and Bioprocessing. 2022. V. 9. Article number 116.
7. Cascade biotransformation of phytosterol to testosterone by *Mycolicibacterium neoaurum* VKM Ac-1815D and *Nocardiooides simplex* VKM Ac-2033D strains / D.N. Tekucheva [et al.] // Microbiology. 2022, V. 91. P. 303–312.
8. Экспрессия синтетического гена *cyp102A1-LG23* и функциональный анализ рекомбинантного цитохрома P450 BM3-LG23 в актинобактериях *Mycolicibacterium smegmatis* / В.Ю. Пошехонцева [и др.] // Биохимия. 2023. № 88. С. 1631–1641.
9. Single-stage biotransformation of phytosterol to testosterone by *Mycolicibacterium neoaurum* recombinant strains / D.N. Tekucheva [et al.] // Microbiology. 2024, V. 93. P. 134–138.
10. He K, Sun H, Song H. Engineering phytosterol transport system in *Mycobacterium* sp. strain MS136 enhances production of 9alpha-hydroxy-4-androstene-3,17-dione // Biotechnol. Lett. 2018. V. 40. P. 673–678.

11. Enhancing the bioconversion of phytosterols to steroidal intermediates by the deficiency of *kasB* in the cell wall synthesis of *Mycobacterium neoaurum* / L.B. Xiong [et al.] // *Microb. Cell Fact.* 2020. V. 19. P. 80.
12. Intracellular environment improvement of *Mycobacterium neoaurum* for enhancing androst-1,4-diene-3,17-dione production by manipulating NADH and reactive oxygen species levels / M. Shao [et al.] // *Molecules.* 2019. V. 24. Article number 3841.
13. Development of mycobacterial strains producing testosterone / N. Strizhov [et al.] // *Proc. Nat. Acad. Sci. Belarus. Series of chemical sciences.* 2016. № 3. P. 57-58.
14. Optimization of growth conditions for the testosterone-producing *Mycolicibacterium neoaurum* strain / T.A. Timakova [et al.] // *Opera Medica et Physiologica.* 2022. V. 9. P. 98-104.
15. Localization of 17beta-hydroxysteroid dehydrogenase in *Mycobacterium* sp. VKM Ac-1815D mutant strain / O.V. Egorova [et al.] // *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* 2005. V. 94. P. 519–525.

УДК 664-436, 664.9.037.5

**Феськов О.А., канд. техн. наук, доцент,
Новосад Т.П., аспирант**
(Российский биотехнологический университет
(РОСБИОТЕХ), г. Москва, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КРИОГЕННОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ ШАРООБРАЗНЫХ ЯГОДСОДЕРЖАЩИХ ДЕСЕРТОВ И НАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ НАПИТКОВ

Аннотация: Предложена идея создания шарообразных ягодсодержащих десертов на основе йогурта и творожной массы, наполнителей для напитков на основе пломбира и водного льда, замороженных криогенным способом на базе жидкого азота. Получены результаты определения основных параметров замораживания - продолжительности процесса и средней скорости, позволившие классифицировать процесс, как ультрабыстрый. Получены результаты оценки органолептического и физико-химического анализа опытных образцов шарообразных ягодсодержащих десертов на основе йогурта и творожной массы, на этапах после замораживания и длительного хранения, показавшие незначительное повышение титруемой кислотности, уменьшение индекса течения, и отсутствие выделения сыворотки. Большинство образцов не только сохранили заложенные вкусовые качества, но и приобрели полезный «пломбирный» привкус, и были рекомендованы к выработыванию в промышленных масштабах. Дополнительно установлено увеличение времени таяния ягодсодержащих шаров из водного льда, размещенного в спиртном напитке.

Ключевые слова: замораживание, криогенный метод, азот, ягододержащий десерт, наполнитель, шар.

Замороженные десерты пользуются спросом в течение всего года, причем одинаково, как в заведениях общественного питания, торгово-развлекательных комплексах, на культурно-массовых мероприятиях, так и в домашних условиях. На российском рынке все чаще стали появляться новые разновидности замороженных десертов, расширение ассортимента которых связано с совершенствованием их рецептур, например, за счет включения в их состав всевозможных добавок, повышающих пищевую и биологическую ценность продукта.

Профилактический эффект от употребления синбиотических продуктов может быть существенно повышен при включении в рецептуру натуральных фруктовых и овощных наполнителей [1, 2].

Применение натурального молочного, фруктового, ягодного или овощного сырья, замена сахара и жира на функциональные компоненты являются основным стимулом развития и расширения ассортимента замороженных десертов.

Обеспечение отечественного рынка изделиями с богатым составом полезных веществ для сохранения здоровья и увеличения продолжительности жизни человека, создание новых продуктов питания на основе растительного сырья со сбалансированным составом дефицитных в рационах питания, биологически и физиологически активных, веществ ускорит реализацию Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г [1, 2].

Большинство разновидностей ягододержащих молочных десертов, подвергаемых замораживанию, формируются по форме и консистенции еще на предварительных этапах технологической цепочки, до замораживания, а в ряде случаев, как, например, замороженный йогурт с последующим добавлением топингов в виде ягод, орехов или цукатов, после него. При этом, изделие имеет такую геометрию, при которой степень равномерности замораживания достаточно высока, что приводит к увеличению продолжительности замораживания с повышением энергозатрат, а возможно и к нарушению технологических показателей по объему продукта.

Известно, что максимальная равномерность распространения теплоты при тепломассопереносе имеет место для тел с геометрической формой подобия в виде шара.

Так, специалистами кафедры «Инженерия процессов, аппаратов, холодильной техники и технологии» ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ» была разработана идея сформировать десертное изделие в виде шара, внутри

которого возможно размещение какого-либо топинга, что позволит создать условия равномерного продвижения фронтов кристаллизации при замораживании со всех его сторон и обеспечить рациональное время процесса.

В качестве основного наполнителя шара было предложено использовать йогурт и творог, технологии производства которых были разработаны специалистами кафедры «Технология молока, пробиотических молочных продуктов и сыроделия» ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», а в качестве топингов применить разновидности ягод, имеющих соответствующий меньший диаметр.

Объекты такой же формы могут быть использованы и как наполнители для напитков, например, как шарики из мороженого для кофе или шарики льда для спиртных напитков, также с содержанием внутри ягодного, орехового или иного другого топинга [3, 4].

Выбор способа замораживания или «фиксации» поверхности таких шарообразных объектов учитывал необходимость максимально быстро зафиксировать требуемую форму, обеспечить достижение требуемых значений конечной температуры и запас времени, чтобы обеспечить подачу готового десерта посетителям с учетом кондитерского декорирования и незначительного отепления. Обеспечить такие условия возможно криогенным методом на базе жидкого азота.

Для практической реализации предложенной идеи был организован экспериментальный стенд, включающий в себя азотную камеру с распылительным устройством, сосуд Дьюара с жидким азотом и измерительные приборы, общий вид которых представлен на рис. 1.

Для формирования шарообразной формы будущих десертов и наполнителей для напитков использовали типовые формы для приготовления водного льда (рис. 2).



Рис. 1. Общий вид элементов экспериментального стенда.



Рис. 2 Общий вид форм для льда диаметром ячеек $D = 0,024$ м и $D = 0,044$ м.

Целью первого этапа исследований являлось определение основных параметров процесса: продолжительность замораживания (τ) до конечной среднеобъемной температуры $t_v = -18$ °C и среднюю скорость кристаллизации (ω_{cp}). Для осуществления измерительных работ по контролю основных параметров процесса использовали прибор измеритель температуры и тепловых потоков ИРТ-4.

В качестве основного наполнения использовали йогурт и творожную массу, приготовленные согласно разработанным технологиям, пломбир по ГОСТ 31457-2012, и воду питьевую ТУ 0131-001-18551114, а в качестве ягод:

- для шаров $d = 0,024$ м: малина $d = 0,02$ м; голубика $d = 0,016$ м;
- для шаров $d = 0,044$ м: малина $d = 0,02$ м; голубика $d = 0,016$ м; клубника $d = 0,024$ м.

В ячейки форм размещали поочередно разновидности ягод (малина, голубика, клубника), а затем заполняли их основным наполнителем.

Для вариантов с йогуртом, творожной массой и водой (лёд) криогенное замораживание носило характер основного производственного процесса (от +20 до -18 °C), позволяющего создать устойчивую шарообразную форму, для случая с пломбиров процесс носил характер фиксирующей форму шара с понижением температуры до необходимого уровня (от -8 до -18 °C).

В ходе замораживания испытуемых образцов, с помощью прибора ИРТ-4, снимали температурное поле продукта $t = f(\tau)$ и плотность теплового потока $q = f(\tau)$. Полученные результаты представлены на примере образцов десерта на основе йогурта с голубикой и малиной диаметром $d = 0,024$ м в виде табличных данных и соответствующих графических зависимостей (рис. 3 и рис. 4).

С использованием полученных термограмм определяли экспериментальные значения продолжительности ($\tau_{\text{эксп}}$) замораживания образцов, отмеченные на рисунках как момент достижения центром шара температуры $t_v = t_u = -18^{\circ}\text{C}$.

Поскольку на термограммах процесса распределение температуры $t_u = f(\tau)$ образцов для рассматриваемых вариантов ягод отличается в пределах $1 \div 3^{\circ}\text{C}$, то среднюю скорость замораживания определяли как отношение определяющего размера шара ($L = R = d/2$) ко времени, в течение которого температура изменяется от 0°C в центре до значения, на 10°C ниже криоскопической, но также в центре образца.

Результаты определения скоростей замораживания по всем рассматриваемым вариантам и классификация процесса по классификатору МИХ и FAO/WHO [5] представлены в табл. 1.

Согласно данным табл. 1, созданные условия криогенного замораживания образцов обеспечивают режим ультрабыстрого замораживания.

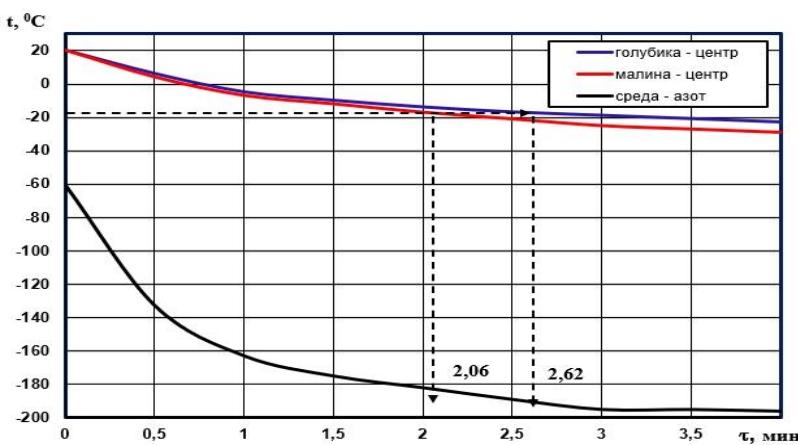


Рис. 3. Термограмма замораживания образцов на основе йогурта ($d = 0,024$ м) с малиной и голубикой.

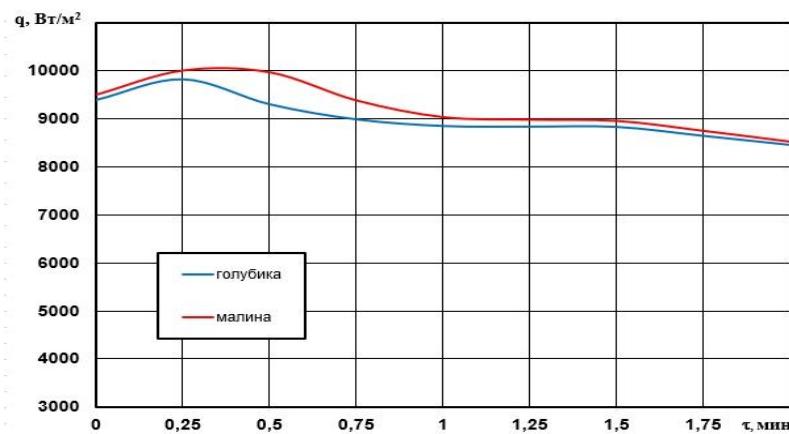


Рис. 4. Плотность теплового потока при замораживании образцов на основе йогурта ($d = 0,024$ м) с малиной и голубикой.

На втором этапе исследований специалистами - технологами проводилась сравнительная оценка технологических показателей для рассматриваемых образцов десертов на основе йогурта и творожной массы, разработанных ими рецептур, в нативном состоянии, после криогенного замораживания, после длительного хранения (3 мес) и при дефростации.

Таблица 1. Скорость и продолжительность замораживания и охлаждения (для пломбира) рассматриваемых образцов

Наполнение	Ягода	Время τ , мин	$\omega_{ср}$, м/с	Процесс
йогурт $d = 0,024$ м	Малина $d = 0,02$ м	2,06	$250 \cdot 10^{-6}$	ультрабыстрый
	Голубика $d = 0,016$ м	2,62	$222 \cdot 10^{-6}$	ультрабыстрый
творожная я масса $d = 0,024$ м	Малина $d = 0,02$ м	1,96	$250 \cdot 10^{-6}$	ультрабыстрый
	Голубика $d = 0,016$ м	2,45	$200 \cdot 10^{-6}$	ультрабыстрый
пломбир $d = 0,024$ м	Малина $d = 0,02$ м	1,97	$333 \cdot 10^{-6}$	ультрабыстрый
	Голубика $d = 0,016$ м	2,1	$250 \cdot 10^{-6}$	ультрабыстрый
лёд $d = 0,024$ м	Малина $d = 0,02$ м	2,52	$333 \cdot 10^{-6}$	ультрабыстрый
	Голубика $d = 0,016$ м	3,18	$200 \cdot 10^{-6}$	ультрабыстрый
йогурт $d = 0,044$ м	Малина $d = 0,02$ м	10,2	$105 \cdot 10^{-6}$	ультрабыстрый
	Голубика $d = 0,016$ м	11,3	$99,1 \cdot 10^{-6}$	ультрабыстрый
	Клубника $d = 0,024$ м	9,0	$105 \cdot 10^{-6}$	ультрабыстрый
творожная я масса $d = 0,044$ м	Малина $d = 0,02$ м	9,15	$73,3 \cdot 10^{-6}$	ультрабыстрый
	Голубика $d = 0,016$ м	10,3	$71,9 \cdot 10^{-6}$	ультрабыстрый
	Клубника $d = 0,024$ м	8,55	$91,7 \cdot 10^{-6}$	ультрабыстрый
пломбир $d = 0,04$ м	Малина $d = 0,02$ м	5,1	$147 \cdot 10^{-6}$	ультрабыстрый
	Голубика $d = 0,016$ м	6,1	$89,4 \cdot 10^{-6}$	ультрабыстрый
	Клубника $d = 0,024$ м	4,85	$204 \cdot 10^{-6}$	ультрабыстрый

Все образцы прошли органолептический и физико-химический анализ. После глубокого замораживания, длительного хранения и размораживания в образцах незначительно повысилась титруемая кислотность, уменьшился индекс течения, однако выделение сыворотки не наблюдалось. Большинство образцов не только сохранили заложенные вкусовые качества, но и приобрели полезный «пломбирный» привкус, и были рекомендованы к выработыванию в промышленных масштабах.

Комплекс проведенных исследований показал, что использование криогенного замораживания для ягодсодержащих десертов на молочной основе благоприятно влияет на максимальное сохранение органолептических и некоторых физико-химических показателей.

На рис. 5 представлен общий вид готовых образцов ягод, содержащих молочных десертов и наполнителей для напитков.

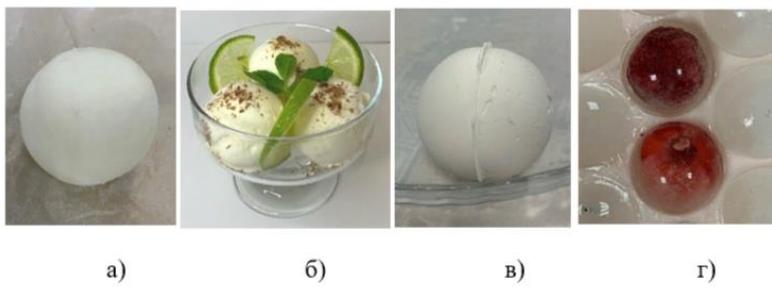


Рис. 5. Общий вид ягодсодержащих образцов из йогурта (а), творожной массы с декорированием (б), пломбира (в) диаметром $d = 0,044$ м и льда (г) диаметром $d = 0,024$ м.

Дополнительно было установлено, что образцы ягодсодержащего льда, при размещении в спиртном напитке, растворяются в нем с задержкой по времени до 15 минут в то время, как обычный лед растворяется в течение 4-5 минут.

Библиографический список

1. Ахмадеева О.А., Идрисова А.И. Тенденции развития рынка общественного питания в России / Молодой учёный. 2016. №8 (112). URL: <https://moluch.ru/archive/112/28107/> (дата обращения: 21.02.2024).
2. Маршалл Ф.Т., Гофф Г.Д., Гартел Р.У. Мороженое и замороженные десерты. СПб.: Профессия. 2005. 376 с.

3. Технологический процесс приготовления сложных холодных десертов / База знаний allbest. URL: https://revolution.allbest.ru/cookery/00579058_2.html (дата обращения 23.02.2024).

4. Наполнители для смешанных напитков – Барное дело / Портал Bstudy – статьи для высших учебных заведений. URL: https://bstudy.net/956264/ekonomika/napolniteli_smeshannyyh_napitkov (дата обращения 17.03.2024).

5. Антонов А.А., Венгер К.П. Азотные системы хладоснабжения для производства быстрозамороженных пищевых продуктов. Рязань: Узоречье, 2002. 208 с.

УДК 664.8.037.5

Фесъков О.А., канд. техн. наук, доцент,

Спиридонов А.Л., аспирант

(Российский биотехнологический университет
(РОСБИОТЕХ), г. Москва, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ГОТОВЫХ БЛЮД

Аннотация: Предложена классификация готовых блюд, подвергаемых быстрому замораживанию. Обоснованы принципиальные отличия блюд в виде многокомпонентных смесей от блюд с раздельными компонентами. Организованы стенды для экспериментального определения параметров замораживания многокомпонентных готовых блюд в условиях низкотемпературной воздушной камеры шокового замораживания и криогенной установки с использованием жидкого азота. Получены результаты определения продолжительности замораживания рассматриваемыми способами для отдельных компонентов многокомпонентного готового блюда, на базе снятых термограмм процесса. Представлены результаты сравнительной оценки полученных результатов, на базе разработанного критерия степени неравномерности, позволившие обосновать снижение неравномерности по величине общей продолжительности почти на 24 %, при криогенном замораживании, позволившим ее сократить практически в 4-4,5 раза. Доказано, что применение криогенного метода позволит существенно сократить продолжительность процесса, что является важным при совершенствовании и модернизации технологических процессов.

Ключевые слова: готовое блюдо, замораживание, низкотемпературный воздух, криогенный метод, азот, многокомпонентный, степень неравномерности.

Одним из важнейших секторов пищевой отрасли является индустрия производства быстрозамороженных пищевых продуктов.

Лидирующие позиции на мировом рынке быстрозамороженных пищевых продуктов (БЗПП) долгое время сохранялись за плодово-

овошной продукцией. На втором месте в рейтинге БЗПП стояли мясные продукты и птица, далее морепродукты, и ниже - готовые блюда.

На сегодняшний день картина существенно изменилась и на первую строку рейтинга БЗПП вышли именно готовые блюда.

Это связано с тем, что темп современной жизни постоянно увеличивается, превращая график жителей современных мегаполисов весьма насыщенный, у людей остается всё меньше времени для полноценного отдыха, семьи, и прочей активности, это же затрагивает и процесс приготовления пищи. В таких условиях, крайне привлекательной альтернативой стали готовые блюда. Согласно статистике, основными покупателями готовых блюд являются женщины и мужчины в возрасте до 30 лет [1, 2].

Современный ассортимент готовых блюд существенно расширился и по результатам анализа ряда научных работ [3, 4] была выделена группа признаков, по которым возможно произвести типизацию имеющихся в продаже готовых блюд: пригодность к замораживанию; характер потребления; температура подачи; принадлежность к той или иной национальной кухне; назначение; степень измельчения ингредиентов; способ приготовления; вид мясного сырья; консистенция; количество слоев; количество компонентов; тип гарнира.

Однако не весь представленный ассортимент блюд имеет отношение именно к «замороженным готовым блюдам», поэтому для них была разработана отдельная классификационная модель, где за основу принят характер потребления, количество компонентов и их разновидности.

Классификация замороженных готовых блюд показана в виде структурной схемы на рис. 1.

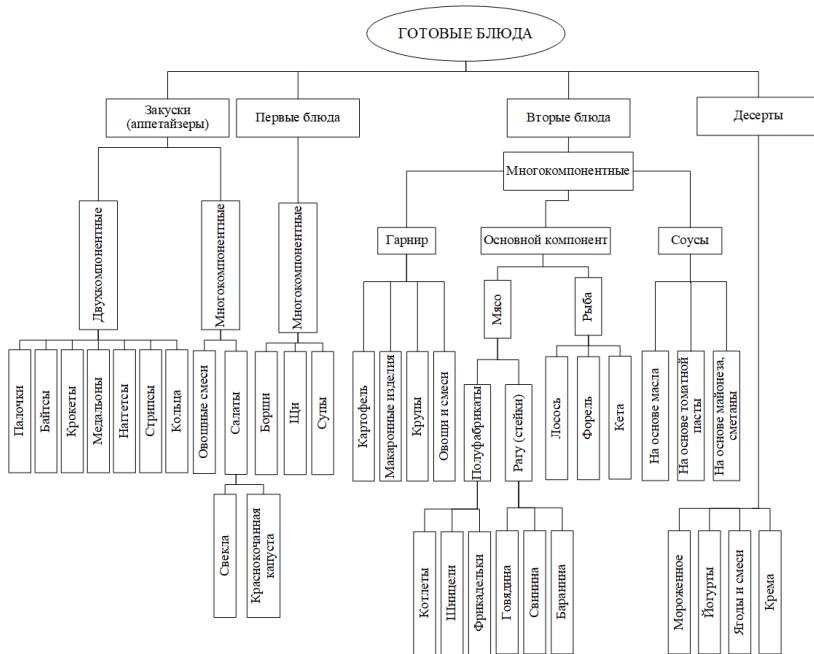


Рис. 1. Структурная схема классификации замороженных готовых блюд.

В данной классификации представлены наиболее часто встречающиеся разновидности готовых, подвергаемых замораживанию. Существует принципиальное отличие между блюдами, которые формируются в виде многокомпонентной смеси и в виде многокомпонентного блюда с раздельными компонентами.

В первом случае блюдо, не смотря на наличие разнородных компонентов, представляет собой фактически сформированный единой слой, замораживание которого осуществляется с равнораспределенной интенсивностью по его толщине.

В случае, когда блюдо содержит раздельные компоненты, что характерно для большинства вторых двух- или трехкомпонентных блюд, замораживание каждого компонента осуществляется по отдельности, но одновременно. Однако, в силу различия теплофизических характеристик разнородных компонентов, продолжительность процесса для каждого компонента будет различной, и, следовательно, воздействие охлаждающей среды на всё блюдо в

целом, будет неравномерным. При этом на момент начала замораживания компоненты могут иметь различную температуру.

В связи с этим научный интерес представляет определение степени неравномерности замораживания отдельных компонентов блюда и создание рациональных условий, позволяющих ее снизить.

С этой целью на кафедре “Инженерия процессов, аппаратов, холодильной техники и технологий” ФГБОУ ВО РОСБИОТЕХ были организованы стенды и проведены исследования по определению параметров замораживания на примере многокомпонентного готового блюда, состоящего из картофельного пюре $\delta = 0,02$ м, котлету $\delta = 0,015$ м и соус со специями $\delta = 0,012$ м в условиях низкотемпературной воздушной камеры ($t_b = -30$ °C) и криогенной азотной установки ($t_{az} = -196$ °C). При этом к каждому из компонентов были подключены измерительные термопары и датчики теплового потока (рис. 2).

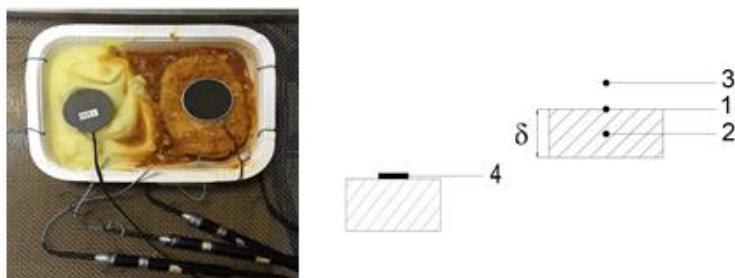


Рис. 2. Общий вид и схемы подключения датчиков: 1 - термопара на поверхности продукта; 2 - термопара в центре продукта; 3 - термопара в охлаждающей среде, δ - толщина компонента; 4 - датчик плотности теплового потока.

На рис. 3 представлен общий вид размещения исследуемого образца внутри воздушной камеры шокового замораживания и общий вид камеры с азотной системой охлаждения.



Рис. 3. Общий вид воздушной камеры шокового замораживания и криогенной азотной установки.

В камере шокового замораживания образец замораживали при температуре воздуха $t_b = -30$ $^{\circ}\text{C}$ и скорости его циркуляции на уровне $\omega_b = 0,5 \div 1$ м/с, а в камере азотного охлаждения – при температуре $t_{a3} = -196$ $^{\circ}\text{C}$ с учетом распыления жидкого азота при давлении $P = 0,8$ атм.

Результатами измерений стали термограммы процесса для каждого компонента блюда, представленные на рис. 4 (а, б, в) - для воздушного замораживания и на рис. 5 (а, б, в) - для азотного замораживания.

Сводные данные продолжительности замораживания готового блюда рассматриваемыми способами представлены в табл. 1.

Таблица 1. Основные параметры замораживания готового блюда в среде низкотемпературного воздуха и жидкого азота

Наименование блюда / компонента	Толщина слоя δ , м	Продолжительность процесса τ , мин	
		В воздухе	В азоте
Картофель	0,020	28	6,5
Котлета	0,015	22	5,5
Соус	0,012	20	4,5

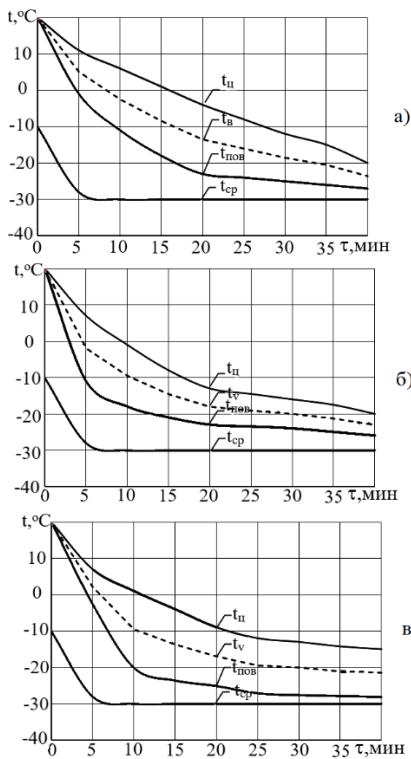


Рис. 4. Термограммы замораживания компонентов готового блюда в камере шокового замораживания: картофеля (а), котлеты (б), соуса (в).

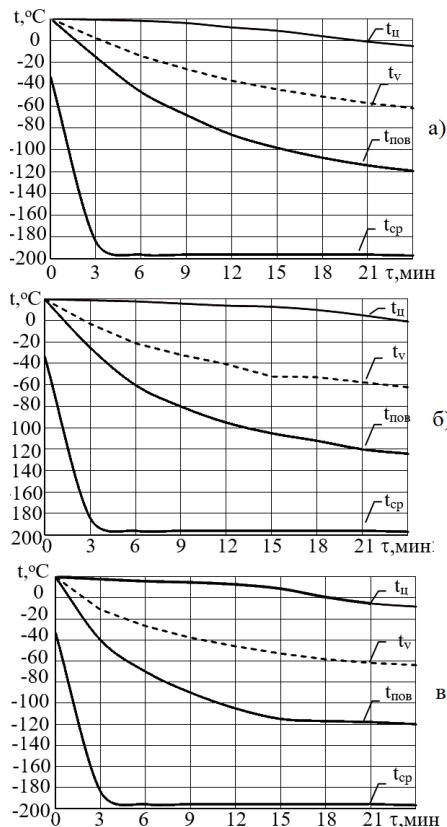


Рис. 5. Термограммы замораживания компонентов готового блюда в криогенной азотной установке: картофеля (а), котлеты (б), соуса (в).

Согласно полученным данным видно, что в период времени, который необходим для полного замораживания картофеля до конечной среднеобъемной температуры $t_v = -18$ °C, два других компонента не только достигнут этой температуры раньше, но и будут подвергаться дальнейшему её понижению. Всё это может привести к различным нежелательным последствиям, например, из-за роста кристаллов в «перемороженном» продукте могут возрасти внутренние напряжения, что вызовет его растрескивание. При этом, следует отметить, что два компонента будут потреблять избыточное количество холода, увеличивая эксплуатационные затраты на замораживание в целом.

Авторским коллективом была предложена методика по расчету критерия неравномерности по величинам продолжительности замораживания K_t и теплоотдачи K_α отдельных компонентов. В результате его применения для оценки полученных результатов установлено, что при увеличении интенсивности замораживания, за счет использования в качестве хладагента криогенного азота, величина неравномерности теплоотдачи на поверхностях компонентов увеличивается, почти на 40 %, и связано это с созданием большего температурного напора между компонентами готового блюда и охлаждающей средой. Однако, за счет этих же изменений в условиях организации замораживания, неравномерность в величинах продолжительности снижается почти на 24 %, при том, что общая продолжительность уменьшается с 28 до 6 мин, т.е практически в 4-4,5 раза.

Таким образом, можно заключить, что применение криогенного метода на базе жидкого азота для быстрого замораживания многокомпонентных готовых блюд позволит увеличить интенсивность теплообмена, снизить общую неравномерность замораживания отдельных его компонентов и в, итоге, существенно сократить продолжительность процесса, что является важным при совершенствовании и модернизации технологических процессов.

Библиографический список

1. Пластинина Н.В., Белоглазова О.А. Анализ рынка готовых блюд в России / Вопросы науки и образования. 2018. № 10(22). С. 122-125
2. Shuvro Sen, Neel Antara, Shusmita Sen. Factors influencing consumers' to Take Ready-made Frozen Food / Current Psychology. 2021. № 40. С. 57-67.
3. Бурова Т.Е., Баженова И.А., Баженова Т.С. Технология замороженных готовых блюд: учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург: Лань. 2022. 148 с.
4. Пырьева Е.А., Сафонова А.И., Георгиева О.В. Готовые блюда для детского питания // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2021. № 66:(6). С. 142-146.

Фролова Н.А., д-р техн. наук, доцент,

Верхотуров В.В., д-р биол. наук, доцент

(Калининградский государственный
технический университет, г. Калининград, Россия)

АНАЛИЗ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ НАСТОЯ ЧЕРНОГО ЧАЯ

Аннотация: Чай является одним из самых популярных и широко потребляемых напитков в мире после воды. В статье приведен анализ вторичных метаболитов настоя черного чая. В образцах настоя черного чая идентифицировано четыре основных производных катехинов: эпигаллокатехин галлат, эпигаллокатехин, эпикатехин галлат и эпикатехин, диапазон которых в настоях черного чая составил 0,107- 0,286 мг/100 мг, 0,356-5,972 мг/100 мг, 0,260-4,298 мг/100 мг, 0,208-1,338 мг/100 мг соответственно.

Ключевые слова: чай, биологически активные вещества, химический состав, анализ, ферментация.

Чайные напитки употребляются традиционно в каждой семье, однако их физиологическая ценность зависит от многих факторов: места и условий произрастания, процессов сушки и ферментации чайного листа и т.д. [1].

На протяжении многих лет чай считается полезным напитком благодаря широкому спектру содержащихся в нем антиоксидантов. Химический состав настоя черного чая в настоящей работе определялся при помощи современных методов ВЭЖХ. Было установлено, что черный чай содержит аланин, аргинин, аспарагин, аспарагиновую кислоту, глутамин, гистидин, изолейцин, лейцин, фенилаланин, серин, теанин, треонин и тирозин. Фенольные соединения, которые содержатся в чайных листьях составляют около 30% (в пересчете на сухой вес). Среди полифенолов флаванолы (катехины), составляют основную часть.

Свежесобранные чайные листья обычно содержат 75-85% влаги, которую необходимо снизить до 50-65%. Уменьшение содержания воды в чайных листьях называется увяданием. Рисунок ферментированного черного чая, собранного в Краснодарском крае представлен на рис. 1.



Рис. 1. Листья черного чая.

Биотехнологические подходы процессов ферментации листьев черного чая заключаются в процессе окисления за счет процессов проводимого, применения и разрушения мембран клеток с последующим освобождением фермент-оксидазы и протекания соответствующих реакций взаимодействия с полифенольными веществами.

Теанин – наиболее распространенная аминокислота, присутствующая в черном чае, которая составляет около 50-60% от общего количества свободных аминокислот. Структурная формула танина представлена на рисунке 1. При этом теанин представляет собой уникальную форму L-теанина (γ -нестилглутамина), которая является составной частью арубигина, отвечающего за цвет завариваемого чая (рис. 2).

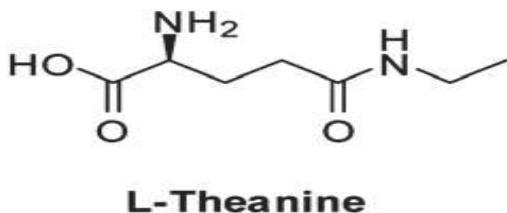


Рис. 2. Химическая формула L-теанина.

В образцах настоя черного чая идентифицировано четыре основных производных катехинов: эпигаллокатехин галлат, эпигаллокатехин, эпикатехин галлат и эпикатехин, диапазон которых в настоях черного чая составил 0,107- 0,286 мг/100 мг, 0,356-5,972 мг/100 мг, 0,260-4,298 мг/100 мг, 0,208-1,338 мг/100 мг соответственно.

Из-за процесса окисления катехинов полифенолоксидазой при производстве черного чая во время ферментации окисляется около 75% соединений катехинов с последующей полимеризацией в хиноны с образованием теафлавинов и теарубигинов, отвечающих за цвет черного чая. Более высокая температура заваривания и более длительное время настаивания приводят к более высоким уровням теафлавинов и теарубигинов.

Концентрация теарубигинов в настое черного чая находится в диапазоне 101,61-127,01 мг/г. Этот результат может варьироваться из-за разнообразия используемых методов заваривания чая.

Во время ферментации черного чая происходят физико-химические изменения, включая аромат, цвет и вкус чая. Цвет чайных листьев меняется с зеленого на медно-красный оттенок и улучшает вкус и аромат чая. Процесс окисления приводит к уменьшению содержания танина, который отвечает за горечь и придает чаю вяжущий вкус. Далее травянистый запах постепенно меняется на типичный приятный аромат черного чая [4].

Изменение содержания антиоксидантных соединений при ферментации напитков на основе чая свидетельствуют, что содержание катехиновых соединений уменьшалось постепенно в течение 9 дней ферментации. Не стабильность фенольных соединений происходит вследствие их разложения в кислой среде или биотрансформацией фенольных соединений ферментами, выделяемыми микроорганизмами (бактериями и дрожжами).

Библиографический список

1. Тамахина А. Я. Идентификация травяного чая из иван-чая узколистного (*Chamaenerium angustifolium* (L.) Scop.) // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2019. Т. 4, № 2(16). С. 85-92.
2. Макарова Н. В., Игнатова Д.Ф., Еремеева Н.Б. Выбор технологии экстрагирования для зеленого чая, бобов кофе, иван-чая // Современная наука и инновации. 2019. № 1(25). С. 120-129.
3. Ivanov, S. V. Funerary cones from the Tomb of Tjay (TT 23) // Egypt and Neighbouring Countries. 2021. No. 4. P. 35-62.
4. Научно-практические основы биотехнологической переработки сырьевых ресурсов Амурской области для разработки технологий продуктов специализированного назначения: монография / Н.А. Фролова [и др.]. Благовещенск: Изд-во Амурский государственный университет, 2022. 140 с.

Фролова Н.А., д-р техн. наук, доцент,

Верхогуров В.В., д-р биол. наук, доцент

(Калининградский государственный
технический университет, г. Калининград, Россия)

ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД К ИЗВЛЕЧЕНИЮ БАВ ИЗ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ

Аннотация: В течение последнего столетия современные промышленные предприятия готовы перерабатывать отходы цитрусовых в высококачественные коммерческие продукты с добавленной стоимостью. Очевидно, что при получении цитрусовых соков образуется большое количество кожуры, что выдвигает на первый план необходимость разработки перспективных мероприятий ее переработки. В статье проведен анализ экстракции эфирного масла измельченной апельсиновой цедры. После 4 часов гидродистилляции апельсиновой цедры выход эфирного масла составил $0,2 \times 10^{-2} \pm 1,3 \times 10^{-4}$ г/г, $1,6 \times 10^{-2} \pm 5,2 \times 10^{-4}$ г/г, $2,4 \times 10^{-2} \pm 1,2 \times 10^{-3}$ г/г сухого вещества соответственно.

Ключевые слова: апельсин, цедра, антиоксиданты, анализ, измельчение.

В настоящее время практически все производственные процессы в косметической, фармацевтической, пищевой и парфюмерной промышленности прямо или косвенно связаны с извлечением растительных ингредиентов, в частности эфирных масел. Заинтересованные сегменты экономики для комплексного использования исходных сырьевых ресурсов диктуют необходимость определения более эффективных процессов извлечения и/или корректировки традиционных процессов извлечения БАВ, с точки зрения рентабельности, актуализации и адаптации их к производственному циклу [1].

Эфирные масла в основном образуют большую часть летучих соединений. Среди нелетучих соединений можно отметить содержание антиоксидантных комплексов [2].

Сам механизм извлечения БАВ построен на взаимодействии: твердого вещества/пара, жидкости/пара и твердого вещества / жидкости. Первые два механизма тесно связаны со способностью к испарению/летучести; последний связан со способностью к растворению [3].

В процессе экстракции растворителем реализуются три механизма массопереноса: взаимодействие между растворителем и поверхностью

продукта; диффузия растворителя в сырьевой компонент; диффузия растворенного вещества в растворителе [4].

Апельсиновая цедра является распространенным источником эфирного масла среди цитрусовых. Рисунок апельсиновой цедры представлен на рис. 1.



Рис. 1. Цедра апельсина.

Чтобы детально изучить проницаемость апельсиновой цедры, мы сравнили экстракцию эфирного масла с использованием процесса гидродистилляции измельченных от 600 до 800 мкм; от 400 до 600 мкм и ниже 280 мкм апельсиновой цедры. После 4 часов гидродистилляции апельсиновой цедры выход эфирного масла составил $0,2 \times 10^{-2} \pm 1,3 \times 10^{-4}$ г/г, $1,6 \times 10^{-2} \pm 5,2 \times 10^{-4}$ г/г, $2,4 \times 10^{-2} \pm 1,2 \times 10^{-3}$ г/г сухого вещества соответственно. Анализ содержания наргинина и геспердина в апельсиновой цедре, измельченной до 280 мкм представлен на рис. 2.

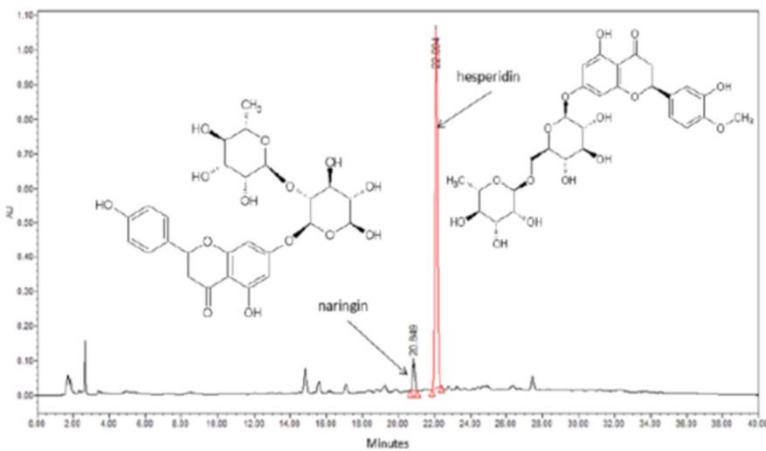


Рис. 2. Содержание наргинина и геспердина в апельсиновой цедре, измельченной до 280 мкм.

Анализ содержания наргинина и геспердина в апельсиновой цедре при разной степени измельчения показал, что содержание наргинина и геспердина в апельсиновой цедре, измельченной до 280 мкм, определялось на 20 и 22 минутах удерживания, а количественное содержание в 2 раза превышало содержание, чем у других анализируемых образцов.

Таким образом, препятствие, создаваемое гидродистилляцией при экстракции эфирных масел, вызывает провисание матрицы и снижение диффузии флавононов внутри структуры. Напротив, самовыражение летучих веществ с помощью гидродистилляции создает воздушную и стабильную структуру, что способствует увеличению площади поверхности обмена: более тесный контакт между растворителем и матрицей с большей начальной доступностью (промывкой) проявляет большую эффективную диффузационную способность.

Библиографический список

1. Резниченко И.Ю., Фролова Н.А. Мембранные процессы в технологии пищевых продуктов // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: материалы XXIII международной научно-практической конференции. Барнаул, 2023. С. 64-66.
2. Фролова Н.А. Получение экстрактов из дикорастущего сырья для обогащения рационов кормления сельскохозяйственных животных // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: материалы X Международной научно-практической конференции. Саратов, 2023. С. 616-620.
3. Фролова Н. А. Экстрагирование ягодного сырья - эффективный метод извлечения биологически активных веществ // АПК России. 2021. Т. 28, № 1. С. 116-119.
4. Frolova N.A., Reznichenko I.Yu. Analysis of the antioxidant potential of *Schisandra chinensis* // Современные технологии в сфере сельскохозяйственного производства и образования: материалы XIV Международной научно-практической конференции на иностранных языках. Кемерово, 2023. Р. 324-327.

Чернобровина А.Г., канд. техн. наук, доцент,

Куликова Н.Е., канд. техн. наук, доцент,

Попова О.Ю., преподаватель

(Российский биотехнологический университет,

г. Москва, Россия)

ВЫБОР БИОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И СПОСОБОВ ЕЕ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО СЫРЬЕВОГО ИНГРЕДИЕНТА ИЗ ЯГОД БРУСНИКИ

Аннотация: Выбор биокатализаторов Целлюлазы и Пектиназы, проводили в зависимости от увеличения выхода и улучшения ингредиентного состава сока. Установлено, что проведение ферментативной обработки ягод брусники, способствует увеличению выхода сока на 17-30 % при концентрации. Пектиназы- 0,20%, Целлюлазы 0,15%. Кроме того, установлено, что применение данных препаратов в составе МЭК позволяет увеличить общее содержание катехинов в ферменоализатах в 1,4 раза, витамина С в 1,35 раза, при этом увеличивается экстракция других компонентов, в том числе органических кислот, минеральных веществ и др., обеспечивающих высокую антиоксидантную активность гидролизата ягод брусники, которая составила 115 т.э. /100 мл. Полученный гидролизованный сок, является перспективным сырьевым ингредиентом при производстве продуктов питания.

Ключевые слова: ферментные препараты, оптимальные условия, биокомпоненты, выход сока, антиоксидантная активность.

Современные экономические условия диктуют новый подход к созданию отечественных технологий в пищевой промышленности, включающих эффективные технологические приемы для переработки сырья, которые не только позволяют получить полезные для организма человека продукты, но и разнообразить и расширить линейку этих продуктов.

Новые технологии разрабатываются по двум направлениям: максимальное сохранение полезных для организма веществ в конечном продукте при обработке сырья и полуфабрикатов или введение соответствующих пищевых добавок, разрешенных органами здравоохранения. Известно, что природные вещества, содержащиеся в растительном сырье, представляют большую ценность, прежде всего благодаря специфическим сочетаниям биологически и физиологически активных веществ, которые трудно создать искусственно и которые

обладают наибольшим эффектом в лечении и профилактике многих заболеваний [1, 2].

В технологическом процессе для производства новых продуктов все шире вовлекается дикорастущее растительное сырье, в том числе плодово-ягодное сырье, которое содержит в своем составе богатый и разнообразный комплекс ценных природных компонентов, оказывающих разностороннее положительное влияние на организм человека и ягоды брусники не являются исключением [1]. В состав ягод брусники входят вещества, обладающие Р-витаминной активностью (катехины, антоцианы, флавонолы, фенолокислоты и др.), которые придают им противовоспалительные, капилляроукрепляющие и противосклеротические свойства, и существенно повышают антиоксидантный эффект, обусловленный присутствием таких общепринятых антиоксидантов как витамин С и β-каротин, по содержанию которого брусника превосходит такие дикорастущие ягоды как голубика, клюква, черника, а среди садовых культур виноград, смородину белую и землянику садовую.

Среди органических кислот, содержащихся в ягодах, особый интерес вызывает бензойная и хлорогеновая. Проявляя антисептическое действие, эти кислоты, способствуют не только увеличению сроков хранения ягод брусники и продуктов ее переработки, но и играют важную роль в организме человека. Они создают определенный состав микрофлоры кишечника, что тормозит процессы гниения в желудочно-кишечном тракте и благоприятно сказывается на процессе пищеварения в целом. Широкий спектр витаминов, присутствующих в ягодах, дополняют и расширяют гамму полезных свойств ягод брусники.

Кроме того, они содержат значительные количества сахаров, некрахмалистых полисахаридов, минеральных веществ и соединений полифенольной природы [1]. Наличие всех этих веществ в ягодах брусники в значительной степени определяет их биологические и технологические свойства.

Многочисленными исследованиями доказана целесообразность деликатной обработки сырья для максимального сохранения и извлечения (экстракции) природных биокомпонентов, к такому виду обработки, в первую очередь, следует отнести применение ферментных препаратов [1-4]. Известно, что выбор биокатализаторов, обладающих разным катализитическим комплексом, происходит в зависимости от вида сырья (субстрата) и целей получения конечного продукта [1, 2]. Так применение пектиназ при обработке ягод позволяет существенно повысить выход сока, скорость его фильтрации, улучшить

качественный состав сока за счет разрушения внешней оболочки ягод и увеличения экстрактивных веществ, отвечающих за вкус и цвет [2-4].

Поэтому основой наших исследований является выбор ферментативной системы и выявление оптимальных способов ее применения для обработки ягод брусники с целью получения соковой фракции повышенной пищевой и биологической ценности.

Выбор ферментов и способов их применения для обработки плодово-ягодного сырья проводили на основе анализа практически полученных данных по выходу сока при действии ферментных препаратов, содержащих ферменты пектолитического действия-Пектиназу, полученную в результате направленной глубинной ферментации штамма *Aspergillus foetidus* и Пектинол F-RYH0719-отечественного производства и ферменты обладающие целлюлолитической активностью:, Целлполазу жидкий ферментный препарат, получен путём культивирования селекционированного штамма гриба *Trichoderma reese* действия и Целлполюкс-А жидкий – комплекс ферментов микробной культуры *Trichoderma viride*, имеющий целлюлозно-глюканазно-ксиланазное действие, производства Сибфармия. Для этого брали ферментные препараты и последовательно вносили в мезгу ягод брусники в концентрациях, рекомендованных фирмой – производителем (0,01% ф.п. к массе сырья). Вели обработку при оптимальной температуре в течение 2-х часов. Об эффективности действия ферментных препаратов судили по выходу сока. Контролем служил сок, полученный при тех же условиях, но без ферментов. Результаты исследований представлены на рис 1.

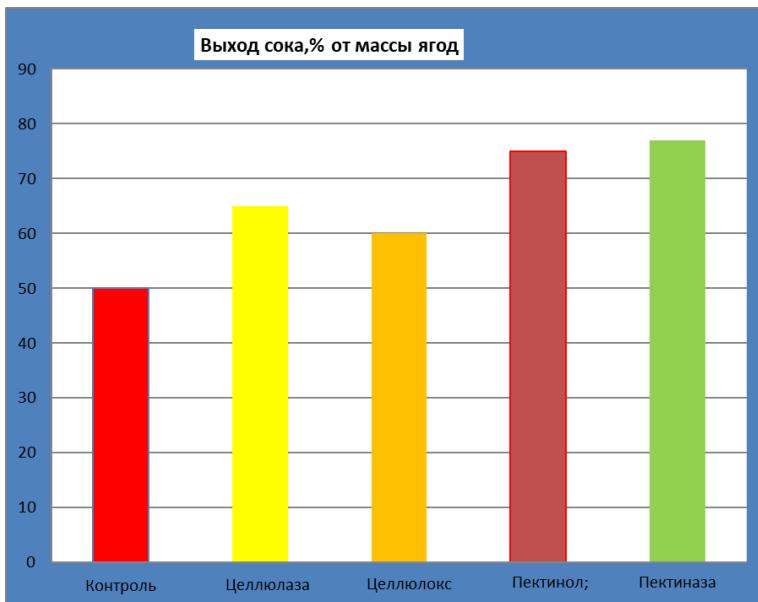


Рис. 1. Зависимость действия ферментных препаратов на выход сока.

Для оптимизации условий (время проведения гидролиза, концентрации ферментов) биокаталитической обработки ягодного сырья были выбраны ферментные препараты с комплексом активностей целлюлолитического действия-Целлюлазу и пектолитических активностей Пектиназу, так как их действие на мезгу ягод брусники оказались наиболее эффективными: выход сока увеличился на 15% и 27% соответственно. Для выбора оптимальной концентрации ферментных препаратов, проводили гидролиз в оптимальных для действия фермента условиях (последовательно вносили ферменты в разной концентрации в ряд образцов ягод измельченных, массой 100г). И через определенные промежутки времени определяли выход сока и содержание РВ в каждом ряду образцов ферментативной соковой фракции. Установлено, что проведение ферментативной обработки ягод брусники выбранными ферментными препаратами способствует увеличению выхода сока на 17-30 % при оптимальной концентрации. Пектиназы – 0,20%, Целлюлазы – 0,15%. Кроме того, применение ферментного препарата целлюлазного действия способствует увеличению содержания в 1,5 раза РВ в гидролизатах, по сравнению с соком, полученным при тех же условиях, но без добавления ферментного препарата, за счет частичного

гидролитического расщепления биополимеров, составляющих основу клеточной стенки-гемицеллюлозы и целлюлозы.

Применение ферментных препаратов с выраженной активностью ферментных систем, гидролизующих только один вид субстрата, не может привести к максимальному эффекту при воздействии на биополимеры сырья – целлюлозу-гемицеллюлозу-пектин, составляющих основу клеточной стенки [1-4]. И хотя, установлена положительная динамика в результатах исследований, но для более полной и глубокой трансформации природного сырья рационально комплексно воздействовать на структурные биополимеры [2, 4]. При этом следует ожидать существенного увеличения выхода готового продукта, повышение его качества, минимизации количества отходов и потерь ценных пищевых компонентов исходного сырья. Поэтому моделирование и применение МЭК, безусловно, актуально как с точки зрения совершенствование технологий, так с точки зрения получения высококачественных продуктов питания [1, 3, 5].

С применением метода математического планирования определен оптимальный композиционный состав МЭК на основе выбранных ферментных препаратов и длительность гидролиза при этом выход сока увеличился на 35% [5].

На основании исследований ингредиентного состава ферментативных гидролизатов установлено, что применение данных ферментных препаратов в составе МЭК оказывает благоприятное влияние и на химический состав получаемых гидролизатов. Как показали проведенные исследования существенно увеличился выход важнейших биологически активных компонентов (полифенольных соединений, органических кислот, витаминов).

Ферментативная обработка ягод брусники позволяет увеличить общее содержание катехинов в ферменоализатах в 1,3 раза, в том числе, эпигаллокатехина в 1,3 раза, катехина – в 1,2 раза, эпикатехина – в 1,5 раза.

Проведение ферментативной обработки приводит к увеличению содержания антоцианов – веществ, придающим характерную окраску плодам, ягодам и растениям [6]. Результаты, проведенных исследований, позволили увидеть положительную динамику по содержанию антоцианов более, чем в 2 раза в ферментативной соковой фракции по сравнению с их концентрацией в соке из брусники, полученном без применения ферментных препаратов.

Проведение ферментативной обработки ягод брусники целесообразно и с точки зрения увеличения содержания в 1,25 раза важнейшего в физиологическом отношении витамина С получаемых

ферментативных гидролизатов, при этом увеличивается экстракция других физиологически активных компонентов, в том числе органических кислот, биоактивных полифенольных соединений, минеральных веществ, оказывающих благоприятное воздействие на определенные функции организма человека, ускоряющих процессы выздоровления и снижающих риск возникновения заболевания.

Увеличение выхода ценных биоактивных соединений способствует повышению антиоксидантной активности получаемых ферментативных гидролизатов [7]. С применением ДРРН-теста установлена высокая антиоксидантная активность ферментативного гидролизата ягод брусники (ФГБ), которая составила 105 т.э. /100 мл ферментативного гидролизата (тролокс – аналог витамина Е, 1 т.э.=1 мг тролокса).

Полученный гидролизованный сок, является природным источником натуральных физиологически активных компонентов и натуральных красителей [6, 8], поэтому его можно рассматривать как перспективный сырьевой ингредиент при производстве продуктов питания функциональной направленности, оказывающих благотворное регулирующее действие на организм человека, особенно в условиях неблагоприятной экологической обстановки.

Библиографический список

1. Ферментные препараты и биокаталитические процессы в пищевой промышленности / Л.В. Римарева [и др.] // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 5. С. 63-74
2. Панкина И.А., Белокурова Е.С. Интенсификация технологии получения сока из плодово-ягодного сырья с высоким содержанием пектина // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2017. № 1. С. 36-41.
3. Эффективность применения ферментных препаратов для обработки плодово-ягодного сырья при приготовлении полуфабрикатов для ликероводочных изделий/ И.М. Абрамова [и др.] //Пищевая промышленность. 2018. № 11. С. 86-90.
4. Лунин П.Н. Комплексные технологические приемы обработки при экстрагировании ягодного сырья // Пищевые инновации и биотехнологии. 2017. С. 169-170.
5. Ферментативная соковая фракция дикорастущих ягод: получение, аналитическое изучение ингредиентного состава и перспективы его применения / Чернобровина А.Г. [и др.] // Пиво и напитки: безалкогольные, алкогольные, соки, вино. 2020. №2. С. 34-39.
6. Содержание, состав, и термостабильность антоцианового красителя, полученного из ягодного сырья/ А.Г. Чернобровина [и др.] // Вестник ДВО РАН. 2022. № 3. С.72-85.

7. Чернобровина А.Г. Ферментативный гидролизат красной смородины, его биохимическая характеристика и применение при получении пищевых продуктов: дис.канд. техн. наук: 03.00.04. М., 2008. 186 с.

8. Табала Е.Б. Формирование качественных характеристик припасов из дикорастущих ягод семейства брусничных // Пищевая промышленность. 2017. №. 10. С. 28-30.

УДК 615.322

Шадрина Я.А., студент,
Василенко Т.А., канд. техн. наук, доцент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ И АНАЛИЗ ИХ СОСТАВА

Аннотация. В статье рассмотрены методы получения эфирных масел, семейства растений из которых получают масла их насчитывают более 1000 видов, среди которых крупнейшие губоцветные, зонтичные и астровые семейства. Также рассмотрим способы фальсификации эфирных масел и как избежать приобретения некачественного продукта. Также привели классификацию душистых и не душистых веществ.

Ключевые слова: эфирные масла, получение.

Эфирные масла являются ценным продуктом, получаемым из растений, их аромат и свойства делают их востребованными в различных сферах, начиная от медицины и косметологии заканчивая пищевой промышленностью. Масла получают из различных частей растения, включая корни, стебли, семена, кору и др. В России множество производителей эфирных масел, такие как: АО «Алуштинский эфиромасличный совхоз- завод»; ООО «Научно-производственная фирма «Царство ароматов»; ООО «Травы Горного Крыма»; ООО «Биоквантекс»; ООО «Сиберина»; ООО ТК «Аромашка».

Известно несколько методов получения эфирных масел:

1. Сорбция твердым жиром (анфлераж).
2. Перегонка с водяным паром при различных давлениях в аппаратах постоянного и непрерывного действия.
3. Применение органических растворителей.
4. Экстракция сжиженными газами.
5. Мацерация – получение масел путем настаивания в жирном масле.
6. Холодное выжимание с использованием центрифугирования.

Большую часть эфирных масел получают с помощью гидродистилляции – отгонки воды в присутствии растительного

материала и пародистилляции - отгонка с использованием пригретого пара, для этого использую специальные установки гидродистилляторы и пародистилляторы соответственно. Также используют гидропародистилляторы, в них вода и сырье находятся в одном резервуаре, как в гидродистилляции, который разделен перегородкой за счет чего происходит обработка паром, как в пародистилляции [1].

Фальсификация эфирных масел представляет собой манипуляцию с их составом и свойствами с целью обмана потребителей. Злоумышленники укрывают истинную информацию о продукте, выдавая его за натуральный и высококачественный. Эфирные масла, подвергшиеся фальсификации, не только лишены своей природной ценности, но и могут нанести вред здоровью. Существуют различные приемы, которые используются для фальсификации эфирных масел. Рассмотрим их подробнее:

1. Введение синтетических добавок. Наиболее распространенный способ фальсификации заключается в добавлении в эфирное масло синтетических душистых веществ. Эти вещества, не обладая лечебными свойствами природных компонентов, ухудшают качество и могут спровоцировать аллергические реакции. Например, синтетические линалоол и линалилацетат используются для фальсификации масла лаванды.

2. Обогащение изолятами. Обогащение изолятами предполагает добавление в эфирное масло компонентов, выделенных из других эфирных масел. Этот прием позволяет стандартизировать и повысить коммерческую привлекательность продукта. Однако обогащенный изолятами продукт, хотя и остается натуральным, не является подлинным.

3. Добавление керосина, растительных или минеральных масел. Простейший способ фальсификации – добавление в эфирное масло очищенных фракций керосина, растительных или минеральных масел. Это приводит к разбавлению и удешевлению продукта, снижению интенсивности аромата и увеличению его объема.

4. Частичная или полная замена более дешевыми маслами. Фальсификаторы могут полностью или частично заменить дорогостоящее эфирное масло более дешевыми аналогами. Например, лавандовое масло могут разбавить маслом шалфея мускатного, которое имеет схожий аромат.

Последствия фальсификации эфирных масел: фальсифицированные эфирные масла не обладают лечебными свойствами, заявленными на этикетке, а порой могут быть даже опасны. Синтетические добавки могут вызвать аллергические реакции, раздражение кожи и другие

нежелательные эффекты. Кроме того, использование фальсифицированных эфирных масел может привести к неэффективности ароматерапии и других методов натуральной медицины. Чтобы избежать покупки фальсифицированных эфирных масел, следует внимательно относиться к выбору производителя. Приобретайте продукцию только у надежных поставщиков, которые могут предоставить сертификаты качества. Обращайте внимание на цену: слишком низкая стоимость продукта должна вызывать подозрение.

При возникновении сомнений в подлинности эфирного масла рекомендуется провести домашний тест. Нанесите несколько капель масла на белую ткань или бумагу. Если после высыхания не осталось пятна или масляного следа, вероятно, масло было разбавлено или содержит синтетические компоненты.

Существует широкий диапазон методов, позволяющих определить подлинность эфирных масел [2]:

1. Определение цвета, запаха и других органолептических свойств.
2. Определение физико-химических свойств масла.
3. Различные хроматографические методы.
4. Метод масс-спектрометрии.

Эфирномасличные растения составляют значительную часть мировой флоры, насчитываю около 2500-3000 видов. Они принадлежат к широкому спектру семейств, среди которых выделяются три крупнейших:

1. *Lamiaceae* (Губоцветные): включает растения с характерным интенсивным ароматом, такие как мята, шалфей и тимьян.
2. *Apiaceae* (Зонтичные): известно наличие эфирных масел в семенах, плодах и корнях, к примеру, аниса, тмина и фенхеля.
3. *Asteraceae* (Астровые): растения этой группы содержат эфирные масла в своих соцветиях, включая ромашку, календулу и полынь.

На территории бывшего Советского Союза было идентифицировано более 1100 видов эфирномасличных растений, представляющих 77 семейств. Основными регионами их распространения и промышленного выращивания являлись: Крым (Украина), Молдавия, Кавказ (Армения, Азербайджан, Грузия), Средняя Азия (Узбекистан, Таджикистан, Туркменистан, частично Киргизия и Казахстан) [3].

Эфирные масла составляют обычно от 0,05 до 6% массы растения. Их накопление и состав определяются фазой вегетации, климатическими условиями, такими как освещенность, температурный режим, широта местности, влажность и состав почвы, а также способом сбора и хранения растения. На синтез эфирных масел положительно влияют повышение температуры и ограничение доступа кислорода.

Интересно, что в одном и том же растении в разные периоды вегетации могут вырабатываться разные оптические изомеры, отражающие зеркальную симметрию молекул. Таким образом, качественный и количественный состав эфирных масел у растений одного вида, выращенных в различных условиях, может значительно отличаться. Например, у лаванды, культивируемой в высокогорных районах с интенсивным солнечным излучением и прохладными ночами, эфирное масло будет содержать больше терпеноидов и меньше эфиров, чем у растений, выращенных на равнине. На синтез эфирных масел может влиять следующее:

1. Влияние стресса на синтез эфирных масел: механические повреждения, засуха, заражение вредителями или болезнями могут индуцировать выработку эфирных масел как защитного механизма растения.

2. Роль генетики: генетические факторы также играют роль в химическом составе эфирных масел. Разные сорта одного и того же растения могут производить разные профили эфирных масел.

3. Влияние обработки после сбора урожая: способы сушки, экстракции и хранения эфирных масел влияют на их качество и стабильность. Правильная обработка помогает сохранить ценные компоненты и предотвратить их деградацию.

4. Экологические факторы: эфирные масла играют важную роль в экологии растений, выполняя функции привлечения опылителей, отпугивания вредителей и защиты от патогенов [4].

Эфирные масла можжевельника: выход и сезонная изменчивость. Можжевельник сибирский (*Juniperus sibirica*) — ценный источник эфирного масла, имеющего широкий спектр антибиотического действия. Выход масла зависит от сезона сбора растения. Обычно максимального выхода достигают в августе. Сезонная изменчивость может указывать на биологические особенности растения и его пригодность в качестве коммерческого источника эфирных масел [5].

Способ получения эфирного масла из укропа пахучего. Патент на изобретение предлагает экологически чистый способ получения эфирного масла из плодов укропа пахучего. Способ исключает использование специального оборудования, работающего под высоким давлением, и сложных операций по упариванию экстракта и конденсации растворителя. Он основан на мягкой экстракции с помощью углекислого газа при низком давлении, в результате чего получается высококачественный экстракт с минимальными потерями полезных компонентов [6].

Перспективы развития эфирномасличной промышленности. Использование эфирных масел в различных областях, включая фармацевтику, косметику и пищевую промышленность, продолжает расти. Это создает возможности для дальнейшего развития эфирномасличной промышленности, в том числе в странах, обладающих богатыми запасами эфирномасличных растений, таких как Россия, Украина и другие. Исследования и внедрение передовых технологий, направленных на повышение эффективности и экологичности производства эфирных масел, имеют решающее значение для устойчивого развития этой отрасли.

Парфюмерия представляет собой искусство создания и гармоничного сочетания душистых веществ. Основным компонентом парфюма является спирт, который составляет 90% его объема. Оставшиеся 20-30% приходятся на специально подобранные душистые композиции. Для создания духов используются различные виды душистых веществ:

1. Натуральные эфирные масла, полученные из растений путем перегонки. Дорогие духи обычно содержат высококачественные натуральные масла высокой степени готовности.

2. Синтетические душистые вещества, созданные химическим путем. Появление таких веществ значительно расширило арсенал парфюмерных композиций. Например, ванилин (запах ванили), терпиневое (сирень), кумарин (сирень).

Душистые вещества классифицируются по их происхождению, химическому составу, запаху и интенсивности. По происхождению они делятся на: растительные (эфирные масла), животные (мускус, амбра), синтетические. По химическому составу душистые вещества бывают: терпены, альдегиды, кислоты, эфиры и др. По запаху душистые вещества классифицируются как: цитrusовые, травянистые, цветочные, фруктовые, древесные, мускусные.

Парфюмерные композиции состоят из трех основных фаз раскрытия, которые соответствуют определенным нотам запаха:

1. Начальная нота (головная): легко выветриваемые, которые первыми ощущаются сразу после нанесения парфюма.

2. Нота сердца (средняя): более стойкие компоненты, которые раскрываются после испарения головных нот.

3. Конечная нота (базисная): самые стойкие и насыщенные компоненты, которые остаются на коже на протяжении длительного времени.

В процессе производства парфюмерии также используются вспомогательные вещества, которые не обладают собственным

запахом, но улучшают свойства конечного продукта: снижают испарение композиции, придают устойчивость запаху, препятствуют обесцвечиванию парфюмерных композиций. К ним относятся: диэтилфталат, бензилсалицилат, бензилбензоат, дипропиленгликоль и др. [7]. Микробиологический контроль в условиях производства продукции масел в косметических целях является важным [8].

Библиографический список

1. Ефремов А.А. Метод исчерпывающей гидропародистилляции при получении эфирных масел дикорастущих растений // Успехи современного естествознания. 2013. № 7. С. 88-94.
2. Лапко И. В., Аксенова Ю. Б., Кузнецова О. В. и др. Эфирные масла: методы определения подлинности и выявления фальсификации. Обзор // Аналитика и контроль. 2019. Т. 23. № 4. С. 444-475.
3. Аюпова Р.Б., Сакипова З.Б., Дильбарханов Р.Д. Эфирные масла: достижения и перспективы, современные тенденции изучения и применения (Обзорная статья) // Вестник КазНМУ. 2013. № 5-3.
4. Вяльцева К.Ю., Колобаева А.А., Фалалеев А.В., Котик О.А., Королькова Н.В., Паринов Д.Б. получение и исследование эфирного масла лемонграсса (*Cymbopogon citratus*), выращенного в условиях центрально-черноземного региона // Технические науки. 2015. №5. С. 265-268.
5. Матвеенко Е. В., Величко Н. А., Литовка Ю. А. [и др.] Химический состав эфирных масел древесной зелени *Juniperus sibirica burgsd* и их антибиотическая активность // Хвойные бореальной зоны. 2015. Т. 33. № 5-6. С. 301-304.
6. Способ получения эфирного масла из плодов укропа пахучего: пат. 2696134 С1 РФ / Н.Н. Бойко, Е.Т. Жилякова, Д.И. Писарев [и др.]; заявл. 18.12.2018: опубл. 01.08.2019.
7. Поладашвили, Р. О. Эфирные масла // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 73-2. С. 59-62.
8. Хрипкова А.П., Василенко М.И. Микробная контаминация косметических средств // Актуальные аспекты и перспективы развития современной биотехнологии: сб. докл. Всерос. науч. конф. с международным участием, Белгород, 22–24 марта, 2023 г. Белгород: Изд-во БГТУ, 2023. С. 173-179.

Шадрина Я.А., студент,

Половнева Д.О., ассистент

(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ВЛИЯНИЕ ЖЕЛУДОЧНОГО ГИДРОЛИЗА БЕЛКОВ НА ОБРАЗОВАНИЕ БЕЛКОВО-ПОЛИСАХАРИДНЫХ КОМПЛЕКСОВ (ОБЗОР)

Аннотация: В статье рассматривается желудочный гидролиз белков, его механизм и влияние на организм человека. Также приводятся способы обнаружения белково-полисахаридных комплексов – устойчивых структур, которые образуются в процессе желудочного гидролиза в результате взаимодействия белков с полисахаридами.

Ключевые слова: желудочный гидролиз, белково-полисахаридный комплекс, ферменты, гидролиз, пептиды, полисахариды.

Последние исследования в области пищевой биотехнологии все больше сосредотачиваются на изучении влияния различных технологических процессов на свойства пищевых ингредиентов. Одним из таких процессов является желудочный гидролиз белков, исследование которого проводится с целью улучшения функциональных свойств белковых продуктов [1].

Желудочный гидролиз белков представляет собой процесс разложения полноценных белков до меньших фрагментов с помощью ферментативного действия пепсина. В результате этого процесса образуются пептиды различной длины, которые могут обладать уникальными функциональными свойствами. Однако, недавние исследования показали, что желудочный гидролиз может также способствовать образованию комплексов с полисахаридами, что открывает новые перспективы для создания инновационных продуктов со специальными функциональными характеристиками. Этот процесс синергии между желудочным гидролизом и полисахаридами открывает возможности для разработки продуктов, обладающих улучшенными текстурой, стабильностью или питательными свойствами. Такие инновационные продукты могут быть использованы в пищевой промышленности, косметологии, фармацевтике и других областях, где требуются материалы с уникальными функциональными характеристиками. Дальнейшие исследования в этом направлении могут привести к созданию еще более эффективных и востребованных продуктов, удовлетворяющих потребности рынка и потребителей.

Желудочный гидролиз белков является важным процессом в пищеварении, который происходит под воздействием желудочного сока, содержащего пепсин. Пепсин является ферментом, способным разрушать белковые структуры и разбивать их на более мелкие фрагменты. В 1836 году был найден фермент пепсин, который расщепляет белки пищи на пептиды. Этот фермент присутствует в желудках всех позвоночных, кроме некоторых видов рыб. Главным образом он выделяется клетками желез фундальной и пилорической частей желудка. Исследования И. П. Павлова показали взаимосвязь между пищей и уровнем пепсина. Протеиназы содержатся в желудочном соке позвоночных и отвечают за переваривание белков пищи. В зависимости от ферментативных и иммунохимических свойств они классифицируются на 4 группы, включая пепсин А [2].

Желудочный сок у взрослых содержит пепсин С, химозин и пепсин В. Только у новорожденных можно найти химозин.

Ферментообразующая функция желудка определяется по количеству пепсина в желудочном соке. Для оценки ферментообразующей функции используются различные методы, наиболее распространенные:

1. Метод Туголукова - Количество пепсина в биологическом материале определяется по количеству переваренного белкового субстрата (яичного белка);

2. Метод Пятницкого – основан на осаждении казеина ферментами желудочного сока. Результаты исследования выражаются в условных единицах перцина (1 единица соответствует 0,01 мг чистого перцина);

3. Метод Вест-Эллиса и Скотта – основан на определении уротропсиногена путем свертывания смеси молока с уксусной кислотой.

Влияние желудочного гидролиза белков на образование белково-полисахаридных комплексов заключается в том, что разрушение белковых структур позволяет белкам взаимодействовать с полисахаридами и формировать стабильные комплексы. Это происходит за счет гидрофобных и электростатических взаимодействий между белковыми и полисахаридными цепями [3].

Такие взаимодействия могут способствовать образованию устойчивых структур, таких как гликопротеины (рис. 1) и гликозаминогликаны (рис. 2), которые играют важную роль в клеточной адгезии, сигнальных путях и других биологических процессах. Белково-полисахаридные комплексы могут также улучшать растворимость белков и увеличивать их стабильность. Этот процесс имеет большое значение в биотехнологии, медицине и пищевой промышленности, где

создание стабильных комплексов может быть ключевым для улучшения свойств продуктов.

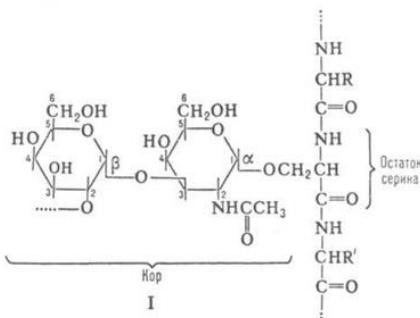


Рис. 1. Структурная формула гликопротеина.

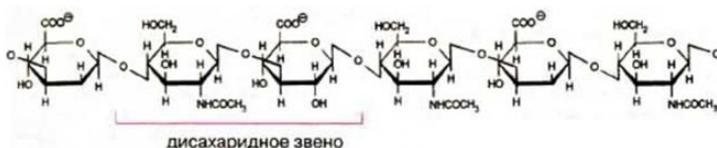


Рис. 2. Строение гликозаминогликана – гиалуроновой кислоты.

В результате образуются белково-полисахаридные комплексы, которые могут выполнять различные функции в организме. Например, они могут служить резервуарами питательных веществ, а также участвовать в регуляции обмена веществ и иммунной защите [2, 3].

Желудочный гидролиз белков является первым этапом пищеварения белков и играет важную роль в образовании белково-полисахаридных комплексов [4, 5].

После того, как белки попадают в желудок и подвергаются действию пищеварительных ферментов, они преобразуются в более простые формы, такие как пептиды и аминокислоты [6]. Эти комплексы могут образовываться за счет взаимодействия белков с углеводами в результате специфических химических реакций. Дальнейшее расщепление белков и усвоение этих комплексов происходит в тонком кишечнике под воздействием других ферментов, которые разрушают и перерабатывают их до более простых форм, готовых к усвоению организмом. Механизмы образования белково-полисахаридных комплексов включают в себя ряд физико-химических процессов. Вследствие действия желудочного гидролиза белков происходит

превращение долгих, сложных цепей аминокислот в более короткие пептиды. Это происходит под воздействием ферментов, выделяемых желудком, таких как пепсин.

Пептиды представляют собой цепи аминокислот, связанные между собой пептидными связями. Они обладают гидрофильными и гидрофобными свойствами, что позволяет им взаимодействовать с полисахаридами. Гидрофобные аминокислоты могут вступать в гидрофобное взаимодействие с полисахаридами, образуя гидрофобные взаимодействия, такие как взаимодействия ван-дер-Ваальса и гидрофобное взаимодействие [7]. Гидрофильные аминокислоты, с другой стороны, способны взаимодействовать с водой, а полисахариды являются гидрофильными соединениями. Таким образом, гидрофильные аминокислоты и полисахариды могут вступать водородные связи и электростатические взаимодействия, образуя белково-полисахаридные комплексы.

Механизмы образования белково-полисахаридных комплексов также могут включать ферментативные реакции, в которых ферменты, такие как амилазы или гликозидазы, способствуют связыванию полисахаридов с белками [3].

Формирование белково-полисахаридных комплексов может зависеть от нескольких факторов. Влияние желудочного гидролиза белков на образование таких комплексов является одним из основных. Желудочный гидролиз – это процесс, при котором белки расщепляются под воздействием пищеварительных ферментов в желудке [6, 7].

Одним из факторов, влияющих на формирование комплексов, является степень гидролиза белков. Чем больше белки гидролизованы, тем больше возможностей для образования комплексов с полисахаридами. Гидролиз белков снижает их молекулярный вес и изменяет их свойства, делая их более доступными для взаимодействия с полисахаридами. Это, в свою очередь, способствует увеличению степени стабильности и упругости полученных комплексов белков и полисахаридов. Таким образом, степень гидролиза белков играет важную роль в формировании функциональных пищевых комплексов, которые могут быть использованы в пищевой промышленности для улучшения текстуры, вкуса и питательной ценности продуктов [3].

Вторым фактором, влияющим на образование комплексов, является тип и концентрация полисахаридов. Различные полисахариды могут иметь разные аффинности и способность образовывать комплексы с гидролизованными белками. Кроме того, концентрация полисахаридов также может оказывать влияние на формирование комплексов. Высокая концентрация полисахаридов может способствовать образованию более

крупных и стабильных комплексов с белками, так как больше молекул полисахаридов могут связаться с белками и образовать множественные взаимодействия. Низкая концентрация полисахаридов, напротив, может привести к образованию более слабых комплексов или даже отсутствию образования комплексов вовсе из-за недостаточного количества молекул для связывания с белками. Таким образом, как тип, так и концентрация полисахаридов играют важную роль в образовании комплексов с белками и определении их стабильности и функциональных свойств [3, 5].

Третьим фактором, влияющим на образование комплексов, являются условия окружающей среды. Различные факторы, такие как pH, температура, наличие ионов и другие, могут менять структуру и свойства как белков, так и полисахаридов, и, следовательно, влиять на формирование комплексов. Например, изменение pH среды может привести к изменению заряда на молекулах белков и полисахаридов, что в свою очередь может способствовать формированию комплексов между ними. Температурные изменения также могут влиять на взаимодействие белков и полисахаридов, поскольку они могут изменять свою конформацию и стабильность при разных температурах. Наличие определенных ионов в окружающей среде также может способствовать созданию комплексов, поскольку они могут участвовать в образовании электростатических связей между молекулами. Таким образом, условия окружающей среды играют важную роль в образовании комплексов между белками и полисахаридами [7].

Белково-полисахаридные комплексы оказывают значительное влияние на различные биологические процессы. Эти комплексы формируются в результате взаимодействия белков с полисахаридами в организме человека. Важность таких комплексов заключается в их способности участвовать в формировании и поддержании структуры клеток, тканей и органов, а также в регуляции метаболических процессов. Одним из основных биологических значений белково-полисахаридных комплексов является их роль в образовании матрицы экстрацеллюлярного пространства. Такая матрица представляет собой сеть, в которой клетки супензируются, и играет важную роль в поддержании структуры и упругости тканей. Белково-полисахаридные комплексы, такие как гликозаминогликаны, являются основными компонентами этой матрицы и обеспечивают ее механическую прочность [2, 5].

Кроме того, белково-полисахаридные комплексы принимают участие в распознавании и связывании межклеточных сигналов. Они способны связываться с различными молекулами, такими как цитокины

и факторы роста, и передавать им сигналы, необходимые для регуляции клеточных функций. Таким образом, эти комплексы играют важную роль в иммунной реакции организма, воспалительных процессах и регуляции развития и роста клеток [3].

Структурные элементы пищевых веществ – пищевые белки и полисахариды, играют важную роль в образовании разнообразных комплексов в зависимости от рН, ионной силы и заряда биополимера. Короткие силы притяжения имеют преимущественное значение при формировании таких комплексов, которые могут быть как сильными, так и слабыми в зависимости от физико-химических факторов. Различные параметры, такие как рН, ионная сила, соотношение белка к полисахариду и заряды белка и полисахарида, играют решающую роль во взаимодействии этих элементов.

Образование комплексов и стабильность их структуры подвержены воздействию различных факторов, таких как молекулярная масса. Это связано с распространенной проблемой осаждения белково-полисахаридных соединений, но взаимосвязь между этими явлениями остается загадкой. Одновременное проявление образования комплексов и осаждения, например, при изменении рН, может быть воспринято как переход от одного состояния к другому. Необходимо учитывать, что образование комплексов не является идентичным осаждению.

Ионизация функциональных групп биополимеров значительно зависит от уровня рН, что способствует взаимодействию с комплексами и осадками. Растворение белков и образование полисахаридов могут происходить параллельно, причем скорость этого процесса может изменяться во времени. Взаимодействия между белками и полисахаридами могут замедлять гидролиз белков пепсинами в желудке [8].

Образование нерастворимых и растворимых комплексов при взаимодействии белка и полисахарида способно предотвратить деградацию пепсина в разной мере. Эти комплексы, называемые «свободные белки», проявляют устойчивость к воздействию пищеварительного фермента и могут иметь различные функции в организме.

Проведение исследований по влиянию желудочного гидролиза белков на образование белково-полисахаридных комплексов предоставляет широкие перспективы для развития пищевой и медицинской промышленности. Одним из важных направлений исследований является изучение влияния различных факторов на качество получаемых комплексов. Например, исследования могут включать в себя определение оптимальной концентрации ферментов,

время гидролиза и воздействие различных составляющих на образование комплексов [3, 7].

Одним из часто использованных методов исследования является спектрофотометрия, позволяющая определить степень образования комплексов и их устойчивость. Кроме того, изучается изменение физико-химических свойств комплексов, таких как структура, размер частиц и заряд. Эти данные могут быть полезными при определении потенциальных применений полученных комплексов в пищевой и фармацевтической промышленности [8].

Одной из перспективных областей исследований является изучение влияния желудочного гидролиза белков на их антиоксидантную активность. Существует предположение, что гидролиз белков может привести к увеличению антиоксидантной активности комплексов, что является важным для профилактики и лечения различных заболеваний, связанных с окислительным стрессом.

Исследования в этой области также позволяют расширить ассортимент пищевых добавок, обогащенных витаминами, минералами и другими полезными веществами [7, 8].

Методика обнаружения белково-полисахаридных комплексов основывается на использовании различных экспериментальных подходов. Один из них – иммунофлуоресценция. Первый флуоресцентный микроскоп был создан Оскаром Хеймштадтом, после его доработали Август Хирт и Филипп Эллингер. Ученые разработали микроскоп, в котором возбужденный свет отсекали светофильтрами, с помощью этого появилась возможность рассмотреть даже слабую флуоресценцию. В подобном изобретении, способном пометить отдельный белок, на тот момент как раз нуждались биохимики. Этую задачу смогли осуществить с помощью антител, их связывали с красителем и окрашивали препарат [8]. Но для наблюдения за живыми белками необходимо было найти способ привязать к ним флуорофор – люминесцентную молекулу. Теперь меченные антитела могут быть получены путем иммунизации животных различными белками, а также патогенами, что позволяет получать антитела, позволяющие определить расположение и количество этих белков в клетках и тканях [9]. Первым таким флуорофором стал знаменитый зеленый флуоресцентный белок (GFP), впервые выделенный из медузы Ован Осаму Шимомурой в 1962 году [10]. Впоследствии зеленый флуоресцентный белок был генетически внедрен в клетки, включен в состав химерных белков и «сшит» с исследуемым белком.

В дальнейшем за короткое время были открыты белки всех цветов спектра и улучшены их свойства для повышения флуоресценции и

стабильности; в 2008 году за флуоресценцию и генетические технологии, связанные с GPF, была присуждена Нобелевская премия. Сегодня существуют флуоресцентные белки, которые излучают свет в присутствии определенных молекул (например, кальция, АТФ, глюкозы, глутамата), флуоресцируют при связывании двух белков, активируют определенные клеточные процессы (например, гибель клеток) или изменяют активность факторов транскрипции [11]. Приведенная методика позволяет идентифицировать и локализировать белково-полисахаридные комплексы в тканях и клетках, что важно для понимания их роли в различных биологических процессах.

Таким образом, белково-полисахаридные комплексы, образующиеся в процессе желудочного гидролиза в результате взаимодействия белков с полисахаридами, играют важную роль в различных биологических процессах.

Проведение исследований по образованию таких устойчивых структур и изучение их свойств имеет важное значение для понимания их роли в живом организме, а также для развития новых подходов в биотехнологии, пищевой промышленности, косметологии, фармацевтике и медицине.

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Библиографический список

1. Бурак Л.Ч. Существующие способы обработки пищевых продуктов и их влияние на пищевую ценность и химический состав // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. № 3. С. 59-73.
2. Демидова Т.И., Горбачев М.Г. Белково-полисахаридные комплексы для продуктов специального назначения // Пищевая промышленность. 2011. № 11. С. 22-25.
3. Мамажонова О.С. Соотношение секреторной деятельности слюнной амилазы и желудочных желез у человека // Re-Health Journal. 2020. № 3-2(7). С. 185-188.
4. Moore A, Guzman N. Gut lining: The guardian of the body. Medicine (Baltimore). 2019. Vol. 47. P. 2-7.
5. Полтырев С. С. Физиология пищеварения: учеб. пособие. М.: Высш. школа, 1998. С. 256
6. Аруин Л.И. Каппuler Л.И., Исаков В.А. Морфологическая диагностика болезней желудка и кишечника. Хабаровск: Триада, 1998. 187 с.

7. Мамажанова О.С., Алейник В.А., Худаярова А.Г., Бабич С.М. Влияние желудочного гидролиза белков на образование белково-полисахаридных комплексов // Медицина Кыргызстана. 2022, № 1. С. 70-74.

8. Боголюбова А. Иммунитет: борьба с чужими и... своими // Биомелекула [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://biomolecula.ru/articles/immunitet-borba-s-chuzhimi-i-svoimi> (дата обращения: 25.03.2024).

9. Абелев Г.И., Олиферова Ж. Моноклональные антитела // Биомелекула [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://biomolecula.ru/articles/monoklonalnye-antitela> (дата обращения: 25.03.2024).

10. Osamu Shimomura, Frank H. Johnson, Yo Saiga. Extraction, Purification and Properties of Aequorin, a Bioluminescent Protein from the Luminous Hydromedusan, Aequorea // J. Cell. Comp. Physiol. 1962. Vol. 59. P. 223-239.

11. Fluorescent indicators for Ca^{2+} based on green fluorescent proteins and calmodulin / A. Miyawaki [et al.] // Nature. 1997. Vol. 388. P. 882–887.

УДК 615.322

**Широчкина А.И., студент,
Василенко Т.А., канд. техн. наук, доцент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)**

МЕТОДЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Аннотация: биологически активные вещества играют важную роль в биотехнологических процессах получения лекарственной продукции. Представлены методы извлечения биологически активных веществ из лекарственного растительного сырья, к которым относятся: двухфазная, циркуляционная, ускоренная и флюидная экстракции; ультразвук; мацерация и др. Исследуются основные принципы и подходы к экстракции, а также различные методы. Описываются преимущества и недостатки каждого метода.

Ключевые слова: биологически активные вещества, лекарственное растительное сырье, экстракция.

Издавна лекарственные травы применяются в медицине для лечения разнообразных заболеваний. Традиционно отдаётся предпочтение природным средствам, поскольку они считаются наиболее гармоничными по составу и безопасными для организма.

Лекарственными травами принято считать растения, содержащие биологически активные вещества (БАВ), действующие на организм

человека и животных и используемые для заготовки лекарственного растительного сырья, применяемого с лечебными целями [1].

Ценность такого сырья определяется наличием в его составе БАВ. Эти вещества представляют собой все элементы, способные влиять на биологические процессы в организме – это витамины, эфирные масла, полисахариды и многие другие. Они могут играть разную роль, поэтому их разделяют действующие, сопутствующие и балластные. БАВ, определяющие терапевтическую ценность лекарственного растительного сырья, принято называть действующими. Все другие вещества, содержащиеся наряду с действующими, называются сопутствующими. В комплексе БАВ растения имеются и такие, присутствие которых не отражается на действии основных веществ, и сами по себе они фармакологически индифферентны. Такие вещества принято называть балластными [2].

Извлечение биологически активных веществ из лекарственного растительного сырья является важным этапом в производстве лекарственных препаратов и биологически активных добавок. Применение различных методов позволяет получить высокочистые и концентрированные экстракты, которые обладают лечебными свойствами.

Основной способ извлечения биологически активных компонентов из растительного сырья заключается в использовании методов экстракции, что позволяет собрать необходимые биологически значимые компоненты в соответствующем растворителе. При этом, учитывая особенности экстрагирующего вещества, время и условия процесса экстракции, можно получить разные составы биологически активных соединений из одного и того же исходного материала [1].

В качестве растворителей могут применяться различные полярные и неполярные вещества. В рамках фармацевтического производства в качестве полярных растворителей обычно используются водные растворы спирта с различной концентрацией, которые, как правило, извлекают гидрофильные компоненты и минимально содержат липофильные вещества. Неполярными растворителями являются дезодорированные масла растительного происхождения, жиры, вазелин, жидкий парафин и компоненты основ для суппозиториев, а также летучие органические соединения, которые при помощи экстракции извлекают липофильные соединения. Однако, несмотря на все преимущества этих технологий, они имеют и свои недостатки, включая использование растворителей, следы которых могут оставаться в конечном продукте, а также многоступенчатость и продолжительность процесса [3].

В настоящее время двухфазная экстракция является одним из наиболее перспективных методов извлечения биологически активных веществ. Этот метод заключается в применении системы взаимно нерастворимых экстрагирующих веществ, таких как водный раствор спирта и растительное масло, для обработки исходного сырья [4].

Также все большую популярность приобретает использование ультразвука для экстракции биологически активных компонентов из растений и животных. Эта технология демонстрирует высокую эффективность за счет увеличения выхода целевых веществ благодаря дополнительным механическим воздействиям акустической кавитации и более глубокому проникновению экстрагирующего раствора в сырье.

Применение масляных экстрактов, содержащих гидрофобные биологически активные вещества из водных источников, способствует повышению их усвояемости и объединению полезных свойств натуральных компонентов из растительных и водных источников [5]. Такие продукты могут обеспечить качественно новый эффект за счет сбалансированного укрепляющего и защитного действия на пищевой продукт.

Флюидная экстракция обычно проводится с использованием двуокиси углерода под высоким давлением. Этот процесс экстракции проходит при низких температурах и требует использования небольших объемов растворителей и относительно короткого времени для осуществления экстракции. Флюидная экстракция также обладает высокой селективностью, то есть способностью отделять один компонент от других в смеси. Эффективность этого метода определяется несколькими параметрами, включая давление, температуру, время проведения экстракции и растворимость [6].

Ускоренная экстракция растворителем – этот метод проводится с использованием тех же растворителей, что и обычная экстракция растворителем, но при этом применяется более высокое давление и повышенная температура. Этот метод имеет несколько преимуществ, таких как увеличение объема получаемого экстракта, ускорение процесса экстракции, автоматизация процесса и повышение его кинетики, а также улучшение эффективности извлечения фенольных соединений и каротиноидов [6-8].

Извлечение методом встряхивания – это метод экстракции использует вибрационные устройства для повышения эффективности экстракции и сокращения времени процесса. Основным преимуществом данного метода является увеличение площади контакта растворителя с растительным материалом. Большое количество доступных встряхивающих устройств и доступных растворителей

делает этот метод подходящим для экстракции множества различных компонентов [6].

Другой широко распространенный метод извлечения – мацерация. В этом процессе сырье замачивают в спиртовом растворе в течение определенного периода времени, после чего проводят фильтрацию и отделение экстракта. Мацерация позволяет извлекать различные группы веществ, включая летучие и тяжелые масла. Преимуществами метода являются простота и доступность метода, возможность использования недорогих экстрагентов, подходит для небольшого объема сырья. Недостатком этого метода является низкая степень извлечения БАВ и длительное время экстракции [9].

Метод циркуляционной экстракции находит применение с использованием легко испаряющихся экстрагентов, которые имеют низкую температуру кипения и малый уровень теплоты парообразования. В ходе процесса в устройство помещается сырье и определенное количество экстрагента, после чего настаивание происходит в течение конкретного периода времени. Затем добавляется избыточное количество экстрагента и полученное вещество сливаются через специальное сифонное устройство в испарительное устройство, где экстрагент переходит в паровую форму. Затем пар охлаждается, конденсируется и собирается в специальном резервуаре, откуда возвращается в исходную смесь. После достижения определенной степени экстракции, поток паровой фазы, используемой для экстракции, прекращается и экстрагент удаляется из полученного вещества до получения концентрированного экстракта. Основными преимуществами этого метода являются использование малого объема экстрагента, достижение высокой разности концентрации на границе фаз, сокращение общего времени экстракции и высокий выход биологически активных веществ. Однако, недостатком является то, что биологически активные вещества подвергаются длительному тепловому воздействию, и требуется значительное количество энергии для испарения экстрагента. Впрочем, последний недостаток может быть частично компенсирован за счет использования энергосберегающих технологий [10, 11]. Важным аспектом контроля качества лекарственных препаратов является микробиологический контроль [12].

Извлечение биологически активных веществ из лекарственного растительного сырья имеет большое значение для фармацевтической промышленности. Он позволяет получать экстракты высокого качества, которые могут быть использованы для производства лекарственных препаратов, косметических средств и пищевых добавок. Методы

извлечения постоянно усовершенствуются и совершенствуются, что позволяет получать все более эффективные и ценные продукты.

Библиографический список

1. Биологически активные вещества растительного происхождения / Б.Н. Головкин [и др.]. М.: Наука, 2002. 764 с.
2. Пономарев В.Д. Экстрагирование лекарственного сырья. М.: Медицина, 1976. 238 с.
3. Тихонов, Б.Б. Комплексная экстракция гликанов и флавоноидов из растительного сырья [Текст] / Б.Б. Тихонов, А.И. Сидоров, Э.М. Сульман [и др.] // Вестник ТвГТУ. 2011. № 19. С. 57-63.
4. Нго З.Т.Т., Жохова Е.В. Разработка методики количественного определения суммарного содержания флавоноидов в траве пустырника спектрофотометрическим методом // Химия растительного сырья. 2007. № 4. С. 73-77.
5. Эффективность биологически активных добавок из голотурий и совершенствование технологии их получения / В.Н. Акулин [и др.] // Изв. ТИНРО. 2012. Т. 170. С. 291-298.
6. Любавская Т.А. Антимикробные и иммуномодулирующие свойства комплексных экстрактов из трепанга японского: автореф. дис. канд. мед. наук. Владивосток, 1996. 29 с.
7. Яцюк, В.Я., Чалый Г.А., Сошникова О.В. Биологически активные вещества травы крапивы двудомной // Российский медико-биологический вестник имени академика Павлова. 2006. № 1. С. 25-29.
8. Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В. Процессы и аппараты пищевой технологии. М.: Колос, 1999. 551 с.
9. Зорина О.В. Будущее официальной фитотерапии и фитофармакологии в России // Провизор. 2010. Вып. 6. С. 15-23.
10. Муравьев И.А., Маняк В.А. Зависимость условий ремацерации солодкового корня от способа его измельчения // Актуальные вопросы фармации. Ставрополь. 1974. Вып. 2. С. 235-240.
11. Синютина, С.Е., Романцова, С.В., Савельева, В.Ю. Экстракция флавоноидов из растительного сырья и изучение их антиоксидантных свойств // Вестник ТГУ. 2011. Т. 2, № 1. С. 345-347.
12. Белых А.А., Василенко М.И. Микробиологический контроль в условиях производства лекарственных средств // Актуальные аспекты и перспективы развития современной биотехнологии: сб. докл. Всерос. науч. конф. с международным участием. Белгород: Изд-во БГТУ, 2023. С. 26-29.

Широчкина А.И., студент,
Нежданова А.И., студент,
Половнева Д.О., ассистент

Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАЛИЧИЯ ПЕПТИДНЫХ СВЯЗЕЙ В МОЛЕКУЛАХ ЖИВОТНЫХ И РАСТИТЕЛЬНЫХ БЕЛКОВ

Аннотация: В работе рассматриваются функции белков, его состав, свойства связей между их структурными единицами – аминокислотами, а также один из методов определения наличия таких связей, обусловленный образованием биуретового комплекса в виде фиолетового кольца. Определение наличия пептидных связей в молекулах животных и растительных белков играет важную роль в изучении их структуры, функций и роли в живых организмах, а также является важным инструментом для их исследования и имеет широкое применение в различных областях науки и медицины.

Ключевые слова: белки, пептидные связи, функции белков, нуклеиновые кислоты, биуретовая реакция.

Белки являются важной составляющей нашего организма, они выполняют много разных функций. Такие вещества играют важную роль в синтезе живой материи, поскольку способны связываться с нуклеиновыми кислотами – носителями генетической информации, образуя целые комплексы – нуклеопротеиды. Все ферменты, участвующие в окислительно-восстановительных процессах в живых организмах, представляют собой белки, что указывает на их катализическую активность. Строительная функция обусловлена обеспечением структуры клеток и организма в целом. Защитные свойства организма также связаны с белками, так как антитела, формирующиеся при проникновении посторонних веществ, являются белковыми структурами. Процессы коагуляции крови протекают с участием белков плазмы крови. Транспортная функция белков заключается в обеспечении тканей и органов кислородом и питательными веществами [1, 2].

Оценка качества питания включает определение степени обеспеченности человека белковой пищей, одним из методов которой является определение азотистого баланса [1].

Основными источниками белков являются продукты животного происхождения, такие как мясо, рыба, яйца и молочные продукты, а

также растительные белки, которые содержатся в бобовых, орехах, семечках и некоторых зерновых продуктах [2].

Белки можно разделить на две основные категории: простые и сложные. Простые белки состоят исключительно из аминокислотных остатков, в то время как сложные белки содержат небелковые компоненты, такие как нуклеиновые кислоты (РНК и ДНК), углеводы и жирные кислоты. Все белки включают в себя 20 аминокислот, из которых 12 считаются заменимыми и могут быть синтезированы организмом, а 8 являются незаменимыми и должны поступать в организм с пищей [3-4].

В молекулах белков аминокислоты соединяются друг с другом с помощью пептидных связей. Такой процесс называется полимеризацией аминокислот, которая обусловлена отделением молекулы воды от аминогруппы одной аминокислоты и от карбоксильной группы другой аминокислоты. Этот процесс создает связь между двумя аминокислотами, называемую пептидной.

Полипептиды образуются путем постепенного наращивания низкомолекулярных структур, присоединяя дополнительные аминокислоты к уже существующим полипептидным цепочкам. Дикетопиеразины также образуются в процессе полимеризации аминокислот, когда две молекулы аминокислоты соединяются через свои амино- и карбоксильные группы, образуя дикетопиеразиновый цикл [5-6].

Пептидные связи обладают рядом свойств, которые делают их важными для функционирования белков. Во-первых, они очень стабильны и не подвержены гидролизу при нормальных условиях. Это обеспечивает стабильность белковых молекул и предотвращает их разрушение под действием внешних факторов.

Во-вторых, пептидные связи обладают высокой специфичностью, что означает, что каждая аминокислота может образовывать пептидную связь только с определенной аминокислотой. Это свойство обеспечивает точность процесса белкового синтеза и предотвращает образование неправильных структур [7].

Пептидные связи играют ключевую роль во многих биохимических процессах, таких как ферментативный катализ, сигнальная трансдукция, транспорт ионов и молекул и регуляция клеточного цикла. Например, некоторые ферменты используют пептидные связи для связывания с субстратами и катализа их реакций. В сигнальной трансдукции пептидные связи являются частью рецепторов, которые распознают лиганды и связываются с ними, передавая сигналы внутри клетки [8-9].

Биуретовая реакция – это качественная цветная реакция, используемая для обнаружения пептидных связей в молекулах белков и пептидов.

Реакция Пиотровского широко применяется в биохимии и молекулярной биологии для определения содержания белков в образцах, исследований структуры белков, а также в пищевой промышленности для контроля качества продуктов.

Биуретовая реакция основана на способности пептидных связей (связи между двумя аминокислотами) образовывать комплексы с ионами меди (II) в щелочной среде. Так как медь (II) вступает в реакцию с пептидной связью белка только в виде гидроксида. В результате реакции образуется комплекс фиолетового или синего цвета (рис. 1):

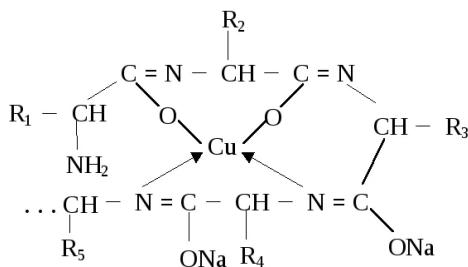


Рис. 1. Структурная формула биуретового комплекса.

Окраска комплексов зависит от длины пептидной цепи: пептиды с длиной цепи от четырёх аминокислотных остатков и выше формируют красный комплекс, трипептиды – фиолетовый, а дипептиды – синий.

Реакция является специфической для пептидных связей и не происходит отдельно с другими типами связей, как у амидных или карбоксильных групп [10].

Цель исследования заключалась в обнаружении в молекулах белка пептидных связей с использованием реакции Пиотровского, обусловленной образованием биуретового комплекса в виде фиолетового кольца на границе двух слоев жидкости в результате соединения ионов меди с пептидной связью белка.

В качестве объектов исследования использовались приготовленные образцы белков животного и растительного происхождения в виде следующих растворов:

- раствор молока животного происхождения;
- раствор соединительнотканых белков (коллаген и эластин);
- раствор клейковины пшеничной муки (глиадин и глютенин).

Опыт заключался в следующем: к 2-3 мл разбавленного или исходного белка добавляли двойной объём 20%-ного раствора гидроксида натрия или калия, тщательно перемешивали и вносили 2-3 капли 1%-ного раствора CuSO_4 . В результате чего на границе двух слоев жидкости появляется фиолетовое кольцо. Затем снова перемешивали и наблюдали фиолетовую окраску во всем объеме жидкости. Если белка мало, чувствительность реакции можно увеличить, добавив на слой белка в щёлочи 1 мл 1%-ного раствора сульфата меди. При стоянии на границе двух слоёв возникает фиолетовое кольцо из-за образования комплексных соединений меди с белками (рис. 2) [11].



Рис 2. Биуретовая реакция с использованием раствора клейковины пшеничной муки.

В заключение можно сказать, изучение структуры, свойств и типов белков имеет огромное значение для осознания их функций и значимости в живой природе и жизни людей. Определение наличия пептидных связей в молекулах белков растительного и животного происхождения способствует углублению знаний о белках, их характеристиках и влиянии на живые организмы.

Таким образом, биуретовая реакция является важным инструментом в анализе белков и нашла широкое применение в различных областях науки и промышленности. Ее простота и высокая чувствительность делают этот метод неотъемлемым элементом в исследованиях и контроле качества.

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Библиографический список

1. Пехов А.П. Биология с основами экологии: учебное пособие для вузов с грифом МО. Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2005. 688 с.
2. Овчинников Ю.А., Шамин А.Н. Строение и функции белков. М.: Наука, 1983. 128 с.
3. Чиркин А. А., Данченко Е. О. Биохимия: учебное пособие для студентов и магистрантов высших учебных заведений по биологическим и медицинским специальностям. М.: Медицинская литература, 2010. 605 с.
4. Марри Р., Греннер Д., Мейес П., Родуэл В. Биохимия человека в 2 томах. Т. 2. М.: Мир, 2009. 414 с.
5. Якубке Х.-Д., Ешкайт Х. Аминокислоты, пептиды, белки. М.: Мир, 1985. 456 с.
6. Ефремов И. Е., Новикова Т. А., Остроглядов Е. С. Пептиды и белки: учебное пособие. СПб.: Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2013. 59 с.
7. Липина Э. С., Зобачева М. М. Пептиды и белки: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Издательство РГПУ им. А.И. Герцена, 2013. 59 с.
8. Биохимия: учебник для вузов / под ред. Е.С. Северина. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. 768 с.
9. Белки: структура, функции, синтез и стабильность / под ред. А.Н. Парфёнова. М.: Наука, 1995. 320 с.
10. Дюга Г., Пенни К. Биоорганическая химия. Химические подходы к механизму действия ферментов. М.: Мир. 1983. 512 с.
11. Филиппович Ю.Б., Егорова Т.А., Севастьянова Г.А. Практикум по общей биохимии: учеб. пособие для студентов хим. спец. пед. ин-тов. М.: Просвещение, 1982. 311 с.

УДК 663.127

Ячников Д.В., студент

Агафонова С.В., канд. техн. наук, доцент

(Калининградский государственный технический
университет, г. Калининград, Россия)

ПОЛУЧЕНИЕ БИОМАССЫ И ГИДРОЛИЗАТА ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVIAE*

Аннотация: экспериментально подтверждена возможность использования соевой мелассы в качестве источника питательных веществ для дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Приведены результаты получения ферментативного гидролизата из биомассы дрожжей. Исследовано содержание сухих веществ и аминного азота в дрожжевых гидролизатах. Обоснован выбор метода ферментативного гидролиза, обеспечивающий более полный процесс гидролиза сырья и наиболее подходящие для использования в пищевой промышленности органолептические характеристики гидролизата.

*Ключевые слова: *Saccharomyces cerevisiae*, соевая меласса, дрожжевой гидролизат, ферментолиз.*

Уже много лет существует проблема недостатка пищевого белка в мире. Больше половины населения Земли страдает от дефицита белка. Одна из возможностей решения этой проблемы – развитие нового биотехнологического направления получения пищевых объектов с повышенным содержанием и улучшенным качеством белка. Такими объектами стали белковые изоляты, концентраты и гидролизаты [3].

Нетрадиционным и принципиально новым способом получения белковых веществ является микробиологический синтез. По скорости роста микроорганизмы превосходят сельскохозяйственные культуры в сотни, а животных – в тысячи раз. Поэтому микробиологический синтез с большей эффективностью использует материальные и энергетические ресурсы, не требует больших земельных площадей и не зависит от погодных и климатических условий и не загрязняет окружающую среду ядохимикатами, так как не использует пестициды. При этом качество микробных белков близко к белкам животного происхождения.

Преимуществом дрожжей перед другими микроорганизмами является их технологичность: устойчивость к инфекциям, легкость отделения от среды благодаря крупным размерам клеток. Они способны накапливать до 60 % белка, богатого лизином, треонином, валином и лейцином [2, 4].

В табл. 1 представлен аминокислотный состав дрожжевого белка, в сравнении с «идеальным» белком по ФАО/ВОЗ.

Таблица 1. Аминокислотный состав белка хлебопекарных дрожжей [1,5]

Аминокислоты	Содержание в дрожжах, г/100 г белка	Содержание в «идеальном» белке ФАО/ВОЗ, г/100 г белка
Лизин	3,5–9,8	4,8
Треонин	2,5–6,0	2,5
Валин	2,7–5,9	4,0
Метионин+цистеин	0,9–2,8	2,3
Триптофан+тироzin	0,7–1,5	0,66
Изолейцин	2,9–6,2	3,0
Лейцин	3,5–8,5	6,1
Фенилаланин	1,9–4,6	4,1

Колебания в количественном содержании аминокислот в дрожжах объясняются неодинаковыми условиями культивирования дрожжей.

Питательная ценность дрожжевой биомассы ограничена низкой доступностью внутриклеточных биополимеров для действия пищеварительных ферментов. Для полноценного усвоения этого субстрата необходимо разрушить клеточные стенки дрожжей и перевести все содержащиеся в них биологически ценные высокомолекулярные полимеры в растворимые легкоусвояемые соединения [6]. Процесс получения дрожжевого гидролизата может быть реализован как за счет собственных ферментов дрожжей (автолиз), так и за счет внесения ферментных препаратов (ферментолиз). Второй способ имеет преимущества, поскольку является управляемым процессом и требует меньших затрат времени.

Актуальной задачей при получении биомассы дрожжей также является оптимизация состава питательных сред. Доступным сырьевым источником углеводов для дрожжей в условиях Калининградской области является соевая меласса – побочный продукт, образующийся при производстве высокобелковых продуктов из сои. Массовая доля сухих веществ в соевой мелассе меньше, чем в свекловичной и составляет 50 %. В состав соевой мелассы входят различные моно-ди- и олигосахариды, полифенольные соединения, изофлавоны, фосфолипиды и фенольные кислоты. Химический состав соевой мелассы непостоянен и зависит от способа обработки соевого сырья.

Целью настоящего исследования явилось получение гидролизата дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Для достижения цели решались задачи по получению биомассы дрожжей на средах с различными источниками углеводов; подбору ферментных препаратов и условий для наиболее эффективного ферментативного гидролиза биомассы.

Состав питательной среды для культивирования дрожжей представлен в табл. 2. В первом случае культивирование вели с добавлением соевой мелассы, во втором – с добавлением свекловичной мелассы.

Таблица 2. Количество компонентов на 1 дм³ питательной среды

Компоненты среды	Количество, г
Меласса	135,0
Калий фосфорнокислый однозамещенный	1,5
Аммоний сернокислый	1,5
Магний сернокислый	0,5
Карбамид	0,7
Калий хлористый	2,0
Дрожжевой автолизат	2,5

Для культивирования в качестве стартовой культуры использовали хлебопекарные дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* в количестве 0,5 г на 100 см³ питательной среды в расчете на абсолютно сухие дрожжи. Для поддержания температуры и обеспечения постоянного перемешивания культуральной жидкости сосуды для культивирования были размещены в лабораторном шейкере-инкубаторе. Температуру среды поддерживали на уровне 30 °С, общее время культивирования составило 390 минут. Подсчет количества дрожжевых клеток (N) производили с помощью счетной камеры Горяева, определение общего содержания сахара в среде (ω) – с помощью портативного рефрактометра RSG-100 ATC.

При выборе ферментных препаратов для получения гидролизата ориентировались на их доступность и эффективность в отношении полимеров дрожжевой клетки. Для гидролиза белков дрожжей использовали ферментный препарат протеолитического действия протозим (рабочий диапазон pH 5,5–11,0; температура 25–70°C). Поскольку основным структурным компонентом дрожжевой клетки является бета-глюкан, для его гидролиза использовали ферментный препарат бета-глюканаза (рабочий диапазон pH 3,5–6,5; температура 40–80°C). Ферментные препараты вносили совместно и поэтапно в соответствии с табл. 3.

Таблица 3. План экспериментов по ферментолизу биомассы дрожжей

№ образца	Бета-глюканаза, %	Протозим, %	Одностадийный / двухстадийный гидролиз	pH	Продолжительность, ч
1	0	0,3	-	6,0±0,2	3,0
2	0,3	0,3	одностадийный	5,5±0,2	3,0
3	0,3	0,3	двухстадийный	5,0±0,2 / 6,0 ±0,2	2,0 / 2,0

Для получения гидролизата дрожжевых клеток культуральную жидкость центрифугировали и удаляли надосадочную жидкость. Затем производили несколько промываний дрожжевого осадка дистиллированной водой с его ресуспенсированием и дальнейшим центрифугированием для полного удаления компонентов питательной среды. К полученному осадку добавляли воду в соотношении 1:1 по

массе. Ферментолиз проводили при температуре 60 ± 5 °С. После ферментативного гидролиза произвели инактивацию ферментов при температуре 80 °С в течение 10 мин.

Содержание сухих веществ в гидролизате устанавливали методом высушивания в сушильном шкафу. Степень гидролиза оценивали по содержанию в гидролизатах аминного азота (по ГОСТ 29311-92).

Динамика роста культуры и потребления сахаров питательной среды представлена на рис. 1.

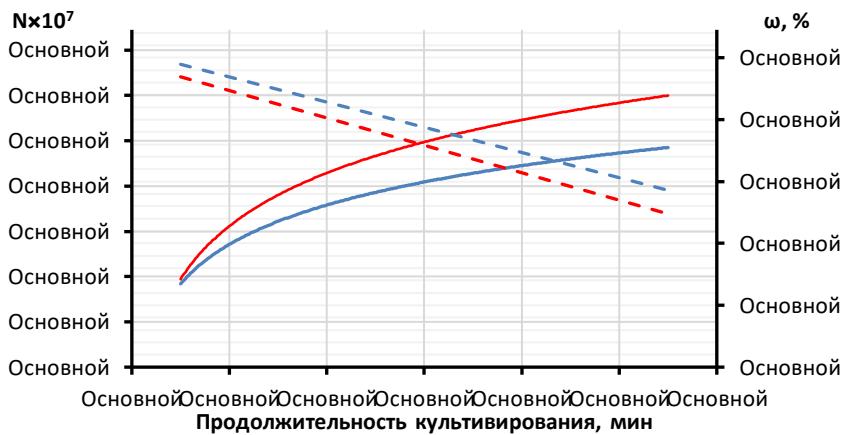


Рис. 1. Динамика роста дрожжей (—) и использования сахаров субстрата (--) при культивировании на питательных средах с добавлением соевой (■) и свекловичной мелассы (■).

Из графика видно, что использование сахаров дрожжевыми клетками, а также динамика их роста не имеют существенных различий для обеих сред. Следовательно, соевая меласса может быть выбрана в качестве доступного регионального субстрата для культивирования дрожжей. По прошествии 6,5 ч культивирования прирост дрожжевых клеток прекратился, культивирование было остановлено.

В табл. 4 представлены характеристики полученных дрожжевых гидролизатов.

Таблица 4. Результаты исследования гидролизатов

№ образца	Содержание сухих веществ, %	Содержание аминного азота, мг%	Органолептические свойства
1	4,8	175,0	Мутная жидкость светло-коричневого цвета с хлебным запахом
2	4,2	206,5	Мутная жидкость светло-коричневого цвета со слабым хлебным запахом
3	4,6	196,0	Прозрачная жидкость темно-коричневого цвета с грибным запахом

Анализируя данные табл. 4, можно сделать вывод, что введение ферментного препарата бета-глюканазы способствует увеличению глубины гидролиза за счет дополнительной деструкции углеводного каркаса клеточной стенки дрожжей. Несмотря на небольшую разницу в содержании аминного азота во втором и третьем образцах гидролизатов, полученных при совместном и поэтапном гидролизе двумя ферментными препаратами соответственно, образцы существенно различались по органолептическим характеристикам. Так, второй образец имел светло-коричневый цвет и слабый хлебный запах, третий же образец отличался более темным коричневым цветом, запах характеризовался как насыщенный грибной.

По результатам исследования содержания аминного азота и органолептических характеристик, наиболее эффективным принят последовательный гидролиз дрожжей бета-глюканазой и протозимом. Однако, процесс получения дрожжевого ферментолизата требует более детального исследования и контроля гидролиза для получения высококачественного продукта. Дальнейшее исследование и оптимизация процесса гидролиза дрожжевых белков могут привести к разработке новых продуктов с повышенным содержанием белка и созданию биологически активных добавок к пище.

Библиографический список

1. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome: FAO. Auckland, 2013. 66 р.
2. Биотехнология: теория и практика / Н.В. Загоскина [и др]. М.: Оникс, 2009. 496 с.
3. Казимирова Е. А., Землякова Е. С. Обоснование совершенствования

технологии получения белкового гидролизата из остаточных пивных дрожжей // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2017. №2. С. 1-10.

4. Кошелев Ю.А., Скиба Е.А., Аверьянова Е.В. Введение в биотехнологию. Бийск: АГТУ им. И. И. Ползунова, 2018. 78 с.

5. Меледина Т.В., Давыденко С.Г. Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*: Морфология, химический состав, метаболизм. СПб.: Университет ИТМО, 2015. 88 с.

6. Серба Е.М. Разработка биотехнологического процесса ферментативного гидролиза дрожжевой биомассы с целью получения биологически активных добавок: автореф. на соиск. ученой степ. канд. тех. наук: 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов (по отраслям). М., 2005. 28 с.

Секция 2. БИОКОНВЕРСИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

УДК 636.087.25

^{1,2}Волкова Е.Н., д-р с.-х. наук, профессор

(1 – ФБГНУ Агрофизический НИИ,
г. Санкт-Петербург, Россия;

2 – Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна
г. Санкт-Петербург, Россия)

ПРОБЛЕМЫ И СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ БИОКОНВЕРСИИ ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ

Аннотация: Проблема уменьшения количества образования пищевых отходов является нерешенной во всем мире. Захоронение их на полигонах является экологически опасным и экономически невыгодным. В России перерабатывают не более 1% пищевых отходов. Ведутся поиски путей биоконверсии этих отходов, среди которых наиболее перспективными являются получение биоэтанола, использование личинок мухи черная львинка.

Ключевые слова: пищевые отходы, биоконверсия, продукты питания, полигоны, черная львинка.

По определению ФАО, «пищевые отходы» - это продовольственные потери, которые возникают в розничной торговле и на заключительных стадиях потребления (выбрасывание еды). По данным ООН, ежегодно примерно 1/3 всего объема производимого продовольствия в мире (около 1,3 млрд тонн) оказывается в мусорных баках [1]. В соответствии с Целями устойчивого развития предполагается к 2030 году сократить в два раза общемировое количество пищевых отходов на душу

населения и значительно снизить потери на производстве и при сбыте [2].

В странах СНГ под «пищевыми отходами» считают продукты питания, утратившие полностью или частично свои первоначальные потребительские свойства в процессах их производства, переработки, употребления или хранения (ГОСТ 30772-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения). Они относятся к 4-5 классам опасности и могут иметь различное агрегатное состояние. В некоторых случаях пищевые отходы могут быть отнесены ко второму классу опасности, например, семена зерновых, корнеплодных и других культур, проправленные фунгицидами или инсектицидами с истекшим сроком годности. Раздельное накопление пищевых отходов регламентируется разделом 2.4 "СанПиН 42-128-4690-88.

С проблемой переработки непригодных к реализации продуктов сталкиваются как юридические, так и физические лица. Наиболее актуальна подобная услуга для таких субъектов хозяйствования:

- заведения общественного питания
- магазины и супермаркеты
- предприятия, производящие продукты питания
- логистические предприятия.

Ежегодно в России на уровне розничной торговли и домохозяйств образуется около 17 млн. пищевых отходов, 94% из них вывозят на полигоны. По экспертным оценкам, пищевые отходы составляют около половины всего мусора в стране. В среднем одна семья из 3-4 человек в городе выбрасывает ежедневно до $\frac{1}{4}$ кг пищевых отходов [1]. В настоящее время обсуждается вопрос о запрете захоронения подобных отходов. Это связано со следующими причинами:

1) Пищевые отходы на полигонах превращаются в источник загрязнения окружающей среды: почвы, воды и воздуха, так как при их разложении выделяются вредные аммиак и сероводород, а также метан, усиливающий парниковый эффект в атмосфере;

2) Значительные финансовые потери. Рыночная стоимость выброшенных за год продуктов оценивается более чем в 1,6 трл. руб. Такого объема хватило бы для обеспечения продовольствием около 30 млн. человек в течение года, в то время как за чертой бедности в нашей стране находится около 20 млн. человек.

3) Пищевые отходы на полигонах — это рассадник инфекций для человека, переносимых различными насекомыми, птицами и грызунами.

4) Увеличение площадей под полигонаами, в том числе и для захоронения пищевых отходов происходит, как правило вблизи

источников их образования, что приводит к выводу из оборота значительных площадей земельных участков.

В некоторых странах, где уже существует запрет на захоронение пищевых отходов, их успешно перерабатывают в компост, удобрения, биогаз или корма для животных, сжигают (Германия, Швеция, Канада и другие).

Если пищевые отходы оказываются в составе ТКО, это существенно затрудняет сортировку и переработку отходов на мусороперерабатывающих заводах. Существуют правила, регламентирующие накопление и вывоз таких отходов. Предприятия, связанные с продуктами питания, постоянно проверяются на этот предмет. Пищевые отходы запрещено хранить долго, поэтому их вывоз должен быть регулярным, своевременным и соответствовать требованиям санитарно-эпидемиологической службы. Есть также и такие, что требуется вывозить экстренно. Нарушение требований, касающихся охраны окружающей среды при обращении с отходами производства и потребления, чревато административным наказанием – немалыми штрафами.

Потери продовольствия возможны на этапах: производство сырья, производство продуктов, транспортирование. В мире в среднем, пищевые отходы имеют следующую структуру: 35% - потери при потреблении, 24% - потери при производстве, 24% - потери при хранении и 17% -прочие.

Пути решения проблемы потерь продовольствия могут быть следующие:

- 1) Предотвращение сверхпокупок и содействие полному использованию продуктов потребителем (разумное потребление).
- 2) Передача продуктов нуждающимся людям (foodsharing — фудшеринг).
- 3) Переработка продуктов в другие продукты для людей.
- 4) Передача и переработка продуктов, которые уже не могут быть съедены людьми, на корм животным.
- 5) Раздельное накопление и переработка пищевых отходов в компост.
- 6) Сбраживание для производства биогаза или биоэтанола.

Некоторые из этих вариантов решения проблемы пищевых отходов слабо урегулированы юридически (фудшеринг), вызывают сомнения с этической точки зрения или экономически не выгодны.

Ранее нами была рассмотрена возможность получения биоэтанола из хлебобулочных изделий, утративших свои потребительские свойства, которые ежедневно образуются в городской розничной торговой сети Санкт-Петербурга. Использование данного вида отхода в качестве

сырья для переработки стало особенно актуально, так как в декабре 2018 года были внесены поправки в ФЗ №381 «Об основах государственного регулирования торговой деятельности в РФ», которые запрещают возврат продовольственных товаров заводам-изготовителям, если срок годности этих товаров не превышает 30 суток. В результате в настоящее время торговые сети не могут отправить просроченный хлеб заводу изготовителю, а направляют его на захоронение. Предлагаемая нами технологическая схема позволяет перерабатывать до 100000 кг таких пищевых отходов в сутки с выходом спирта до 50000 л, который является ценным и востребованным в народном хозяйстве сырьем [4]. Биоэтанол может использоваться в качестве добавки к топливу, как самостоятельное топливо, а также и как ценное сырьё для химического синтеза.

Также, на наш взгляд, весьма перспективными путями решения проблемы биоконверсии пищевых отходов могут быть технологии ускоренной аэробной биоферментации в закрытых установках, вермикомпостирование с использованием дождевых червей или личинок мухи черной львинки. Однако в настоящее время в России перерабатывается менее 1% пищевых отходов.

Аэробный способ используют при компостировании пищевых отходов для получения стабильного гумифицированного продукта биологическим окислением органических отходов. При компостировании протекают одновременно два процесса – биоконверсия и биосинтез [5].

Технология биоконверсии органических отходов с использованием личинок черной львинки (*Hermetia illucens*) стала популярной в последние годы. Ее преимуществами является то, что для поддержания жизнедеятельности насекомых не требуется много энергии, они неприхотливы в питании и способны поедать практически все виды пищевых и сельскохозяйственных отходов. Личинки мухи способны эффективно перерабатывать органические отходы (5,57 кг/сут/м²), накапливая в своем организме комплекс веществ, процентное содержание которых зависит от диеты питания, тем самым становясь высокобелковой кормовой добавкой сельскохозяйственным животным [6,7]. Этую технологию можно считать природоподобной и отвечающей требованиям циркулярной экономики. Сравнение финансовых затрат показало, что переработка органических отходов, в том числе и просроченной продукции из торговых точек, путем выращивания личинок Черной львинки в экологическом и экономическом аспектах выгоднее, чем сжигание и анаэробное сбраживание и сопоставимо с затратами на компостирование [8]. Также определено, что личинки

Hermetia illucens утилизируют пищевые отходы быстрее, чем дождевые черви [9].

Таким образом, сокращение потерь и порчи продовольствия, внедрение обоснованных с экологической и экономической точек зрения технологий биоконверсии, означает большее количество продовольствия для всех, меньше выбросов парниковых газов, улучшение санитарно-эпидемиологической обстановки в окружающей среде, а также повышение производительности труда и улучшение экономических показателей производства. Пищевые отходы представляют собой возобновляемые ресурсы ценных извлекаемых или преобразуемых химических веществ, которые можно использовать для разработки новых функциональных ингредиентов.

Библиографический список

1. Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства. Цели устойчивого развития ООН [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-consumption-production/> (дата обращения 21.03.24).
2. Цели в области устойчивого развития. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/1231/ru/> (дата обращения 21.03.24).
3. Титов И.Н. Вермикультура: переработка органической фракции отходов // Твердые бытовые отходы. 2008. №8 (26). С.18-25.
4. Волкова Е.Н. Мероприятия по утилизации хлебобулочных изделий, утративших потребительские свойства // Экологические чтения – 2023: материалы XIV Национальной научно-практической конференции (с международным участием). Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2023. с. 157-161.
5. Громова Н.Ю. Теоретические аспекты биоконверсии целлюлозосодержащих отходов // Известия Международной академии аграрного образования. 2012. Т. 1. №. 15. С. 8.
6. Национальные проекты РФ [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://национальныепроекты.рф> (дата обращения 30.03.24).
7. Иванов Г.А., Антонов А.М. Промышленные и прикладные аспекты кормления сельскохозяйственных животных: материалы междунар. науч.-практ. конф., ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Дубровицы: ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, 2018. С.117-119.
8. Ites S., Smetana S., Toepfl S., Heinz V. Modularity of insect production and processing as a path to efficient and sustainable food waste treatment // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 248, Article 119248. 17 p.
9. Warburton K., Hallman V. Processing of organic materials by the soldier fly, *Hermetia illucens* // in integrated biosystems for sustainable development. Edited by K. Warburton, U. Pillai-McGarry, D. Ramage. 2002. P. 118-129.

Гладков Д.В., студент,
Василенко Т.А., канд. техн. наук, доцент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

АНАЛИЗ СОСТАВА ГРИБНОЙ МИКРОБИОТЫ КУРИНОГО ПЕРЕПРЕВШЕГО ПОМЁТА ПРИ ПОСЕВЕ НА СРЕДЕ ЧАПЕКА

Аннотация: В настоящее время плесневые грибы и дрожжи являются одними из самых распространенных предметов изучения микробиологии, что связано с особенностями их морфологии и жизнедеятельности. Многие из представителей являются продуcentами органических кислот, ферментов и антибиотиков, своим действием или чистотой превосходящих подобные вещества из других источников. В работе проведён анализ грибной микробиоты образцов перепревшего куриного помёта, посев которых был проведен на среду Чапека.

Ключевые слова: микромицеты, микробиота, плесневые грибы, дрожжи, среда Чапека

Микромицеты – это эукариотические гетеротрофные организмы, обладающие микроскопическими спорообразующими структурами. Представителями таких организмов являются дрожжи, плесневые грибы, дерматомицеты. Они не превышают нескольких микрометров в диаметре, получают энергию путем разложения органических веществ и благодаря образованию спор эффективно распространяются и выживают в неблагоприятных условиях. Насчитывают более ста тысяч видов подобных грибов. Микромицеты часто являются возбудителями порчи пищевых продуктов, а также могут вызывать заболевания у растений, животных и людей, в том числе микозы и кандидозы. Являясь гетеротрофами, активно участвуют в разложении органических веществ и материалов, способствуя возрождению питательных веществ в экосистемах [1].

Плесневые грибы являются источником ценных ферментов, таких как глюкоамилаза и целлюлаза. Глюкоамилаза – фермент, способный гидролизовать крахмал, разлагая его на глюкозу и некоторое количество декстринов. Этот фермент добывают из плесневых грибов и успешно применяют для производства кристаллической глюкозы и глюкозной патоки. Целлюлаза, в свою очередь, представляет собой комплекс двух ферментов: эндоглюканазы и экзоглюканазы. Она способна гидролизовать клетчатку, разлагая ее на целлобиозу. Она играет важную роль в процессе разложения растительных остатков. Однако

целлюлаза также является активным ферментом у грибов-вредителей, использующих её для разрушения клеточных стенок древесины, что позволяет им получать питательные вещества [2].

Различные виды грибов рода *Aspergillus* используются для производства самых разных ферментов. Так, ферменты грибкового происхождения – пектиназы используются для осветления фруктовых соков; фитиназы – для улучшения качества и увеличения пищевой ценности животных кормов, амилазы — для гидролиза крахмала при производстве спирта, вин, в пивоварении, хлебопечении и т.д. [3-4].

Высушенная биомасса дрожжей, принадлежащих к родам *Saccharomyces*, *Candida*, *Torulopsis*, *Hansenula* и другим, используется в качестве подкормки для сельскохозяйственных животных. Для выращивания кормовых дрожжей используются различные непищевые материалы, такие как углеводороды нефти, этанол, метанол, гидролизаты древесных и сельскохозяйственных отходов (опилки, стружки, солома, кукурузная кочерыжка и прочие) и другие вещества. По своей пищевой ценности, кормовые дрожжи не уступают рыбной муке, они улучшают обменные процессы организма и являются источником необходимого количества витаминов группы В, что помогает в росте и развитии животных, а также используются при откорме скота т.к. ускоряют набор массы тела [3].

Полностью ядовитые продукты жизнедеятельности некоторых плесеней сходны с алкалоидами. Ядовитые свойства плесени, обусловлены не только наличием самих микотоксинов и сопутствующей бактериальной микрофлоры. Плесневые грибы приобретают выраженные токсические свойства в период спорообразования. В этой стадии в мицелии запускается ферментативный процесс, приводящий к распаду составных веществ как самого гриба, так и субстрата. В результате этого образуются ядовитые продукты распада, в том числе микотоксины. При потреблении зараженных продуктов или с вдыхаемым воздухом споры плесени попадают в пищеварительный тракт и дыхательные пути, что может вызвать развитие пищевой аллергии или стать причиной заболевания - легочный аспергиллез [5].

Микотоксины могут накапливаться в кормах, поражение которых не сопровождается видимым изменением внешнего вида. Вещества долго сохраняются в продуктах, не разрушаются при любых видах термической обработки, обезвредить их не выходит даже автоклавированием и промораживанием. Микотоксины обладают различными токсическими эффектами, включая поражение печени, почек, нервной и иммунной систем, способны вызывать

наследственные изменения и аллергии. Проявления отравления плесневыми грибами могут быть разнообразными в зависимости от вида гриба, количества и продолжительности воздействия токсинов [6].

Существует три основных механизма действия микотоксинов: нарушение концентрации, абсорбции и обмена в организме питательных веществ, изменение в эндокринной и нейроэндокринной системах и подавление иммунной системы. Микотоксины нарушают функционирование иммунных клеток, подрывая их способность бороться с инфекциями. Это делает организм восприимчивым к вторичным инфекциям, вызываемым условно-патогенными и патогенными микроорганизмами [7].

Почва вблизи территории птицефабрик не редко содержит бактериальное загрязнение, поэтому установление видового микробоценоза перепревшего куриного помёта является актуальной задачей [8].

Объектом для исследования являлся перепревший куриный помёт с приблизительной влажностью 50 %. Для анализа состава грибной микробиоты применялся метод прямого поверхностного посева. Навеску 0,1 грамма помёта растворили в 100 миллилитрах прокипячёной водопроводной воды и в пронумерованных пробирках провели серию разведений до получения растворов со степенями разведения в 10^{-11} и 10^{-16} . Параллельно готовили раствор питательной среды для посева – агар Чапека.

Готовую среду после приготовления разлили в заранее простилизованные и промаркованные чашки Петри. После застывания питательной среды производился посев разведённой суспензии исследуемого образца по 400 мкл с использованием автоматической пипетки. Посевы инкубировали при температуре 20–25 °C в течение 20 дней, после чего производили подсчет колоний несовершенных грибов (табл. 1) [9].

В чашках Петри наблюдались четыре вида колоний (рис. 1–4). Точечные и мелкие диаметром 1–2 мм, округлой формы с ровным контуром края, поверхность блестящая с глянцем, влажная, гладкая, выпуклой поверхностью и гомогенной консистенцией, бесцветные *Saccharomyces cerevisiae*, которые приведены на рис. 1.

Колонии несовершенного гриба *Penicillium Griseofulvum* (ранее имел название *Penicillium notatum*) приведены на рис. 2. На агаре Чапека колонии имеют бархатистый вид с белым мицелием, размеры колоний при разведении в 11 раз от 1,7 до 3,5 см, при разведении в 16 раз от 3,5 до 4,5 см. Споры сине-зелёное до тёмно-зелёного. Капли экссудата

крупные и обильные, золотисто-жёлтые. Водорастворимый пигмент, выделяемый в среду, и реверс колоний также золотисто-жёлтый.

На рис. 3, помимо колоний *Penicillium Griseofulvum* следует отметить колонии *Cladosporium cladosporioides*. Колонии среднего размера диаметром 3-5 мм, амебовидной формы с волнистым краем, поверхность выпуклая шероховатая, темно-бурого или черного цвета.

Таблица 1. Подсчет колоний несовершенных грибов на среде Чапека

№ п/п	Кратность разведения	Число колоний в чашке Петри, шт.	Чашка Петри с колониями грибов
1	10^{-11}	46	
2	10^{-16}	18	
3	10^{-16}	15	



Рис. 1. Чашка Петри с колониями *Saccharomyces cerevisiae*.



Рис. 2. Чашка Петри с колониями *Penicillium Griseofulvum* (ранее имел название *Penicillium notatum*).

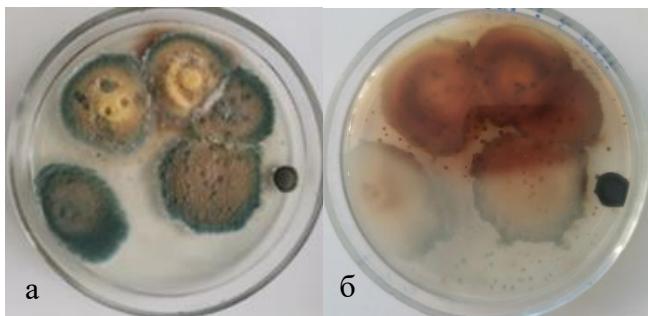


Рис. 3. Колонии грибов *Penicillium Griseofulvum* и *Cladosporium cladosporioides* в чашке Петри: *а* - вид сверху; *б* – реверс.

Еще одним представителем является крупные колонии диаметром от 2 до 5 см, округлой формы с белым валиком по краю, поверхность шероховатая, войлочная, с волнистым профилем, представленные на

рис. 4. Предполагаемый вид – *Aspergillus calidoustus*. Цвет колоний на среде Чапека: светлый/серовато-желтый, коричневато-серый или серовато-коричневый. Конидиация на среде Чапека: обильная. Цвет реверса желтый с бежевым или оливково-коричневым центром. Текстура колонии хлопьевидная. Конидиальные головки рыхло-столбчатые. Патогенен для человека [10].

Для изучения морфологии несовершенных грибов была применена микроскопия нативных препаратов, приготовленных по типу препарата «раздавленная капля». Были рассмотрены конидии (споры) видов грибов, представленные на микрофотографиях (рис. 5).

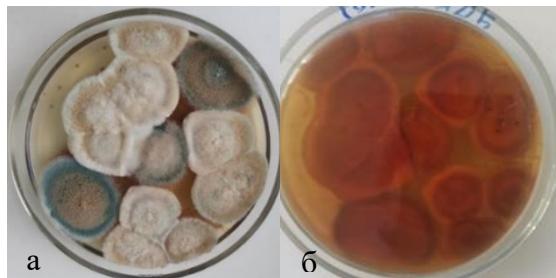


Рис. 4. Колонии грибов *Aspergillus calidoustus* и *Penicillium Griseofulvum* (три колонии) в чашке Петри: *а* – вид сверху; *б* – реверс.

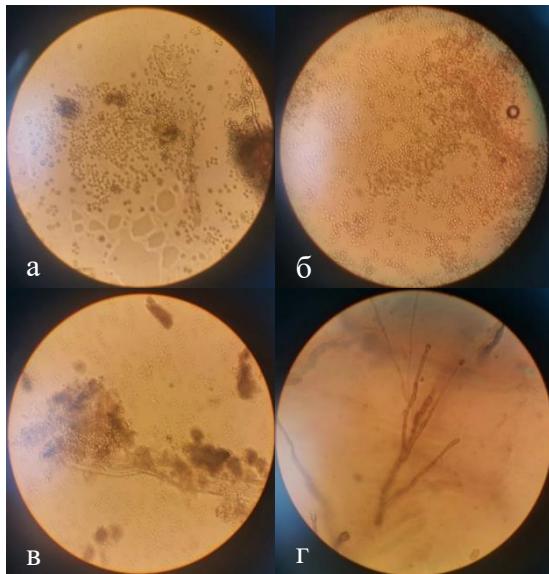


Рис. 5. Снимки под микроскопом с общим увеличением $\times 600$:
 а – споры *Penicillium Griseofulvum*; б – споры *Aspergillus calidoustus*;
 в – часть конидиеносца *Aspergillus calidoustus*;
 г – мицелиальные нити *Cladosporeioides*.

Библиографический список

1. Сахарова О.В., Сахарова Т.Г. Общая микробиология и общая санитарная микробиология: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 224 с.
2. Овчинникова С.И., Михнюк О.В., Шкуратова Е.Б. Практикум по энзимологии: учебное пособие. Мурманск: МГТУ, 2016. 106 с.
3. Захарычев В.В. Грибы и фунгициды: учебное пособие для вузов / Изд. 4-е, стер. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 270 с.
4. Протеолитические ферменты микромицетов рода *Aspergillus*, гидролизующие фибриллярные белки, для биомедицины и биотехнологических процессов / С.Н. Тимортина [и др.] // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 16. Биология. 2022. Т. 77. № 3. С. 195–200.
5. Зоогигиена: учебник / И.И. Кошиш [и др.]. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 464 с.
6. Бажов, Г. М. Отравления животных микотоксинами: учебное пособие для вузов / Санкт-Петербург: Лань, 2022. 199 с.
7. Масалов В.Н., Михеева Е.А., Смагина Т.В. Микотоксины: воздействие и последствия. Методы решения проблемы: учебное пособие. Орел: ОрелГАУ, 2013. 89 с.

8. Василенко Т.А., Вороненко З.В., Мальцева Е.К. Определение бактериального загрязнения почвы вблизи территории птицефабрики // Наукоемкие технологии и инновации (XXIV научные чтения) [Электронный ресурс]: сб. докладов междунар. науч.-практ. конф. Белгород, 2021. С. 289–293.

9. Ермаков В.В. Микробиология и вирусология: практикум: учебное пособие. Самара: СамГАУ, 2023. 164 с.

10. Polyphasic taxonomy of *Aspergillus* section *Usti* / J. Houbraken [et al.] // Studies in Mycology 59: 2007. С. 107–128.

УДК 636.087.24

Зюзина О.В., канд. техн. наук, доцент,
Еськова М.А., аспирант,
Челак В.Д., магистр
(Тамбовский государственный технический
университет, г.Тамбов, Россия)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ НА ЭТАПЕ РАЗМНОЖЕНИЯ МАТОЧНЫХ ДРОЖЖЕЙ

Аннотация: Представлены данные по химическому составу разных видов послеспиртовой барды и сведения о рекомендуемых способах ее переработки. Приведены результаты исследований по включению послеспиртовой мелассной барды в состав питательной среды как стимулирующей добавки при дрожжегенерировании спиртовых дрожжей. Определен временной промежуток отсутствия негативного влияния барды на физиологическое состояние популяции спиртовых дрожжей и значение ее концентрации. Установлена кинетическая закономерность изменения популяции дрожжей при разной концентрации барды в среде и характер изменения активной кислотности на протяжении цикла развития.

Ключевые слова: послеспиртовая барда, меласса, сахаромицеты, питательная среда, метаболизм.

Переработка послеспиртовой барды в целях снижения экологической нагрузки действующих биохимических заводов, производящих органические растворители, реализуется с использованием как физико-химических методов, так и биотехнологических приемов. Применение на практике определенной технологии утилизации барды обуславливается, как правило, ее химическим составом и физико-химическими свойствами, которые зависят от вида, используемого промышленным предприятием исходного сырья – зерна, картофеля, мелассы, мучных затворов (в

производстве ацетона и бутанола). Так зерновая барда по количеству питательных веществ примерно в два раза превосходит картофельную. В ее составе присутствуют протеины (1,8-3,4%), жиры (0,4-1,2%), клетчатка (0,6-1,1%), а также полный набор аминокислот и минеральных веществ, переходящих из зерна. В сухих веществах картофельной барды меньше протеина, чем в зерновой: 18,7-19,5 % и жиров – 3,1 %. Однако картофельная барда богаче зерновой по содержанию углеводов и золы, так в сухом веществе картофельной барды 56,2-58,5 % углеводов, в то время как в зерновой – в пределах 40,0-41,8 %.

Мелассная барда образуется при перегонке бражки, получаемой сбраживанием сахаров мелассы, и представляет собой быстро закисающую суспензию с определенной питательной ценностью и значительных объемах. В барде присутствуют в значительном количестве коллоиды - 11-14 % к массе, которые не представляют собой соединения определенного типа. Это смесь различных по своей природе и происхождению веществ, которые составляют от 30 до 40 % сухого вещества исходного сырья и могут выступать как питательная основа при биотехнологической переработке.

Послеспиртовая мелассная барда используется как подкормка для получения биогумуса; основа питательной среды для получения кормового белка; органическая подпитка для комнатных растений; компонент питательной среды для выращивания базидиальных грибов. Также послеспиртовую барду можно непосредственно разливать в полях как жидкое минерально-органическое удобрение. На практике, для переработки послеспиртовой барды, в основном предпочтение отдается производству сухих кормовых добавок, либо высушиванию барды с использованием комбинированных схем.

Альтернативным методом использования отходов спиртового промышленности является возврат барды в производственный цикл и включение ее как источника питательных веществ или специального титранта для снижения величины pH, а также повышения буферности питательной среды [1].

Позитивное воздействие барды на клетки целевого биологического агента во время биотехнологической стадии связано с выполнением роли эффекторов ферментов входящих в ее состав минеральных веществ, витаминов и аминокислот. Известно, что большинство ферментов цикла брожения содержат металлы, витамины и витаминоподобные вещества в качестве простетических групп. Поэтому использование в составе сусла фильтрата барды позволяет увеличить бродильную активность дрожжей за счет активации

ферментных систем клеток и стимулирует их размножение, сокращая процесс сбраживания сусла на 8-12 часов. Также можно предположить, что частичное включение барды в питательные среды повышает устойчивость клеток дрожжей к ингибирующему действию продуктов обмена дрожжей за счет ассимиляции ими азотистых, ростовых веществ. Липидные компоненты автолизованных дрожжей, присутствующие в барде, участвуют в укреплении и регенерации липидной мембранны клеток [2].

При производстве спирта на зерновом сырье также практикуется возврат барды в производственный цикл. Отмечено, что в этом случае содержание в заторе сухих веществ возрастает от 2,5 до 3,5%. Помимо этого, при возврате барды снижается вязкость заторов, в результате чего ускоряется процесс их охлаждения.

Экспериментальные данные показывают, что если использовать для приготовления замеса смесь 70 % фугата и 30 % воды, возможен рециклинг в количестве 10-ти раз, если же на 100 % использовать только фугат, то кратность рециклинга уменьшается до 7 раз. При дальнейшем рециклинге в сусле накапливается значительное количество ингибирующих рост дрожжей веществ, увеличивается содержание сухих веществ и глицерина, как побочного продукта ферментации. Для решения проблемы накопления ингибирующих веществ и продуктов метаболизма дрожжей рассматривают различные способы очистки фугата - экстракция, ионный обмен, коагуляция и флокуляция, мембранные методы, глубокая нейтрализация фугата до pH 7-7,5 с отделением образовавшегося осадка [3].

Использование барды как компонента сусла практикуется в ацетоно-бутиловом производстве. При изготовлении кормовых дрожжей и витамина B₁₂ барда является основой питательной средой. Один кубометр возвращаемой в производство барды позволяет получить от 2,5 до 2,8 кг растворителей из них более половины приходится на этиловый спирт, а остальное – ацетон [4].

Известны приемы возврата послеспиртовой барды в качестве технической жидкости с целью сокращения расхода воды для рассиропки мелассы [5].

Для мониторинга состояния популяции спиртовых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* B-3855 в питательной среде на основе мелассного сусла с добавлением разного количества послеспиртовой мелассной барды в лабораторных условиях были выполнены экспериментальные исследования. Были изготовлены четыре образца питательной среды на основе производственного мелассного сусла с различным содержанием барды и мелассы. Мониторинг проводился с

использованием методов определения сухих веществ рефрактометром, редуцирующих сахара - йодометрическим методом, активной кислотности среды потенциометрически. В исходное сусло вводили от 5 до 15 % послеспиртовой барды, подготовленные образцы среды подвергались термической стерилизации в течение 40 мин при температуре 105 °C.

В табл. 1 приведены физико-химические показатели подготовленных сред.

Таблица 1. Показатели образцов питательной среды

Количество, %		Сухие вещества, %	Концентрация РВ, %	pH
сусло	барда			
100	-	12,7	7,58	4,66
95	5	12,2	7,56	4,62
90	10	12	7,51	4,59
85	15	11,8	4,47	4,61

К подготовленным образцам питательной среды добавляли одинаковое количество дрожжевой суспензии, предоставленной действующим биохимическим заводом. Дрожжевая культура переносилась в жидкую среду в ламинарном боксе, обеспечивающем стерильные условия для исключения контаминации изучаемых образцов. В табл. 2 приведены показатели физиологического состояния дрожжевой суспензии.

Таблица 2. Состояние дрожжевой суспензии перед засевом

Показатель	Значение
Концентрация клеток, млн / см ³	112,6
Количество мертвых клеток, %	2,3
Количество почкающихяя клеток, %	20,8
Посторонние микроорганизмы	Отсутствуют

Культивирование дрожжей проводили в колбах со средой в количестве 150 см³ в термостате при температуре 30 °C в течение 7 дней. Через каждые 24 часа проводили анализы состояния популяции дрожжевых клеток и культуральной жидкости. На рис. 1 приведены кинетические кривые изменения количества дрожжевых клеток в течение периода наблюдения.

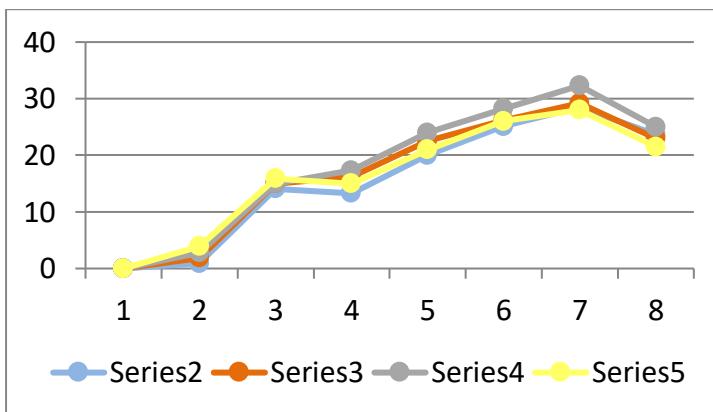


Рис. 1. Кинетика изменения количества дрожжевых клеток.

Также ежедневно в каждой из четырех колб на протяжении четырех суток отслеживали изменение в популяциях доли почекущихся и мертвых клеток (рис. 2).

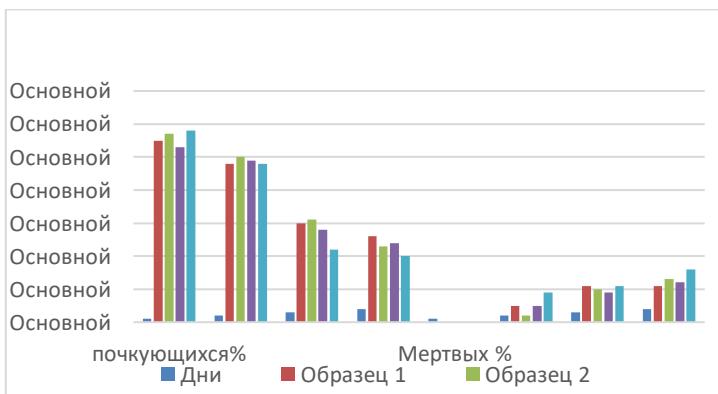


Рис. 2. Количество почекущихся и мертвых клеток.

На основании полученных экспериментальных данных, было установлено, что в течение первых суток в питательной среде 4 с добавлением 15% барды доля почекущихся клеток на 8 % превышала этот показатель развивающейся популяции по сравнению с контрольной средой, изготовленной на мелассном сусле, согласно

рекомендациям промышленного предприятия, работающего с использованием сырья от конкретного сахарного завода. Спустя сутки различия в этих образцах уже отсутствовали, а в последующий временной промежуток наблюдений стала заметна значительная разница и доля почкающихся клеток в 4 опытном образце уже была на 7-8 % меньше. Стимулирующий эффект введения барды стабильно имел положительную тенденцию при добавлении к суслу 5 - 10% барды. Доля мертвых клеток в средах с добавлением 5 - 10% барды по уровню к мелассной среде была несколько меньше в течение первых двух суток, а затем возрастила на 2 - 3%.

Изменение активной кислотности при культивировании спиртовых дрожжей на разных по составу средах в виде четырех кривых на протяжении 7 суток представлено на рис. 3.

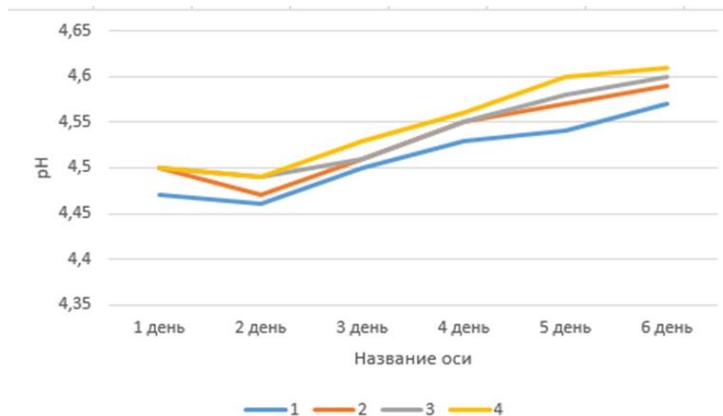


Рис. 3. Изменение активной кислотности при культивировании.

Дрожжи в процессе жизнедеятельности производят экскрецию метаболических продуктов, таких как аммиак, ацетат, формат и другие, которые приводят к повышению уровня рН среды, как это видно из характера кривых. Причем изменения начинают проявляться после трехсуточного культивирования при заметном возрастании численности популяции клеток в объеме питательной среды и хотя незначительно, но в большей степени происходят заметнее при введении в состав среды послеспиртовой барды.

Результаты исследования показывают, что барда может влиять на скорость роста дрожжей. Использование барды для культивирования дрожжей является перспективным направлением в биотехнологической

промышленности. Концентрация барды в сусле до 20% не влияет на качество дрожжегенерации в первые 48 часов культивирования, что позволяет возвращать ее в производство на стадию роста биомассы.

Библиографический список

1. Кузнецов А.Е. Высокоэффективные экологически чистые системы микробиологического синтеза и очистки сточных вод с оксидативным стрессовым воздействием: дис. ... док. тех. наук: 03.01.06: утв. 30.03.2021. М., 2021. 708 с.
2. Зюзина О.В., Гриднева Л.Т., Самохвалов Д.С. Утилизация послеспиртовой барды в виде стимулирующей добавки // В.И.Вернадский: университетская наука регионам, современные реалии и перспективы устойчивого развития инженерии будущего: материалы Международной научно-практической конференции. Тамбов. 2021. С. 464-466.
3. Глушенко Л.Ф., Глушенко Н.А. К вопросу об управлении жизнедеятельностью микроорганизмов (на примере дрожжей). М.: Академия Естествознания, 2010. 49 с.
4. Активирующий эффект воздействия дрожжевого экстракта на клетки *Saccharomyces cerevisiae* / О.Ю. Бодрова [и др.] // Производство спирта и ликероводочных изделий. 2006. № 3. С. 29–30.
5. Шишкин Ю.И. Регулирование метаболизма дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* // Индустрия напитков. 2008. № 2. С. 52–55.

УДК 579.64

Кириюшина Н.Ю., канд. техн. наук, доцент,

Василенко Т.А., канд. техн. наук, доцент,

Марченкова Е.Н., студент,

Фатеева Е. А., студент

(Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА МИКРОБОЦЕНОЗА ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОСОРБЕНТОВ ИЗ ИЛОВ СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация: В работе дана оценка влиянию внесенного в разных концентрациях биочара из илов сточных вод, полученного при температуре 300 °С на микробиологические показатели серых лесных почв.

Ключевые слова: биочар; переработка отходов СВ; иммобилизация почвенных микроорганизмов.

Одной из серьезных экологических проблем является загрязнение почв химическими веществами, в частности гербицидами. Многолетнее

употребление высокотоксичных пестицидов и агрохимикатов привело к деградации земель. Использование гербицидов ведёт к гибели полезных микроорганизмов, образующих гумус, ухудшается самоочищающая способность почвы, снижается её потенциал [1, 2].

Активизировать почвенный микробоценоз возможно путем внесения доступных питательных веществ. В качестве активаторов почвенных ферментов применяют растительные компоненты: компосты, органические удобрения, торф, органические материалы с высокой поглотительной способностью. Данные вещества ускоряют процесс разложения гербицидов и активируют микробоценоз почвы. Отходы агропромышленного комплекса демонстрируют положительное влияние биосорбентов на почвенные процессы и гумусообразование. Но простое внесение органики в почву не гарантирует удержание органического углерода в стабильном состоянии [2, 3].

Поиски новых сорбентов для этих целей позволили обратить внимание на осадки сточных вод (ОСВ). Получение биосорбентов возможно при переработке отработанного и обезвреженного ила СВ в биоуголь. Биоуголь - это органическое вещество, продукт пиролиза, проведенного в условиях низкого или нулевого содержания кислорода органического материала. При данных условиях пиролиза происходит образования стойкого высококлеродистого соединения, подходящего для использования в качестве почвенной добавки. Также сырьем для получения биочара могут служить отходы животноводства, сельского хозяйства [4].

Существуют разные методы переработки илов сточных вод: сжигание до золы, компостирование и др. Сжигание до минеральных веществ вносит свой вклад в увеличение содержания парниковых газов в атмосфере и загрязнение воздушного бассейна. Поэтому все более перспективной считается переработка органических отходов в биоуголь путем пиролиза с последующим внесением последнего в почву [5].

Биосорбент, полученный при высокой температуре, обусловлен высокой площадью поверхности и микропористостью, тогда как более низкая температура обеспечивает ему низкую адсорбционную способность. Внесение биоугля способствует изменению почвенных условий в благоприятную для нитрификаторов сторону благодаря усилению аэрации и увеличению рН почв, а также адсорбции ингибиторов нитрификации [6].

К прямым воздействиям биосорбента на почвы относятся изменения фильтрационной способности и влагозапаса почв, запаса доступной для

растений влаги. Изменения в содержании доступной почвенной влаги влияют на ход микробиологических процессов, в том числе тех, которые связаны с образованием парниковых газов (CO_2 , N_2O и CH_4), на активность почвенной фауны, доступность питательных веществ, выщелачивание растворенных веществ. Поровое пространство биоугля служит убежищем для микоризных грибов и для микроорганизмов. Считается, что именно с этим связано влияние биосорбента на рост микробной биомассы, а также рост ее активности [3, 4].

Целью данного исследования была оценка воздействия биоуглей из илов сточных вод, полученных при температуре 300 °C в разных концентрациях при внесении их в почву на микробиологические показатели серых лесных почв.

Изучение микробиологической деятельности микроорганизмов проводили методом прямого посева на питательную среду. В качестве посевного материала приготовили суспензию бактерий в соотношении 0,4 г субстрата на 100 мл воды. При приготовлении использовалась горячая дистиллированная вода. Высев суспензии осуществляли в разведении 10^{-6} на контрольную чашку без заражения. В опыте в качестве питательной среды использовали мясопептонный агар.

Мясопептонный агар – это среда общего назначения, которая является неселективной и подходит для культивирования широкого спектра нетребовательных микроорганизмов. Применима для оценки общего микробного числа. Представляет собой непрозрачный гель светло-коричневого цвета. Желатиновый пептон и мясной экстракт в агаре служат источниками питательных веществ, необходимых для роста микроорганизмов. Они предоставляют необходимые азот, витамины, минеральные соли и аминокислоты [7].

Почва для вегетации растений была отобрана из пахотного горизонта на территории Карабевского района Брянской области. Согласно классификации почв СССР 1977 г., почва определена как серая лесная. Содержание гумуса в почве составляло 3,03 %, pH солевой вытяжки – 5,7. Для опыта почву перетерли и просеяли через сито №1 (размер отверстия – 1 мм).

В горшочки помещается по 400 г почвы и биосорбент с содержанием 2 % и 5 % по весу от почвы. Для контроля берется горшок с почвой, не содержащий добавки бочара. Высаживаются семена горчицы по 20 штук в горшок. Повторность эксперимента для каждого содержания биоугля – двукратная.

На 30-й день опыта из вегетационных горшков отбираются образцы почвы для определения микробиологической деятельности почвенных микроорганизмов.

Посев разведённой суспензии на чашку Петри осуществляли при помощи шпателя.

Эксперимент показал, что наилучший рост бактерий наблюдался при концентрации биосорбента в почве 5 %. При росте концентрации биоугля происходило увеличение микробного числа. Количество колоний указано в табл. 1. Расчет индекса при использовании метода прямого посева на агаризованные питательные среды (КОЕ/г, кл/г) с учетом влажности проводили по формуле (1):

$$\chi = \frac{\Sigma \text{КОЕ}}{k} \cdot a, \quad (1)$$

где КОЕ – количество колоний в одной чашке, шт.; k – коэффициент влажности удобрения (1 – W); a – кратность разведения (10^n); W – фактическая влажность удобрения, доли единицы.

Внесение биоугля из илов сточных вод в почву приводит к статистически значимому по сравнению с контролем увеличению микробиологической деятельности (рис. 1).

Таблица 1. Подсчет колоний бактериальных клеток на мясопептонном агаре

№ п/п	Наименование опыта	Число колоний в чашке Петри, шт.	Индекс, КОЕ/г
1	Контроль	36	$0,36 \times 10^8$
2	Почва + биоуголь 2 %	178	$1,8 \times 10^8$
3	Почва + биоуголь 5 %	718	$7,2 \times 10^8$

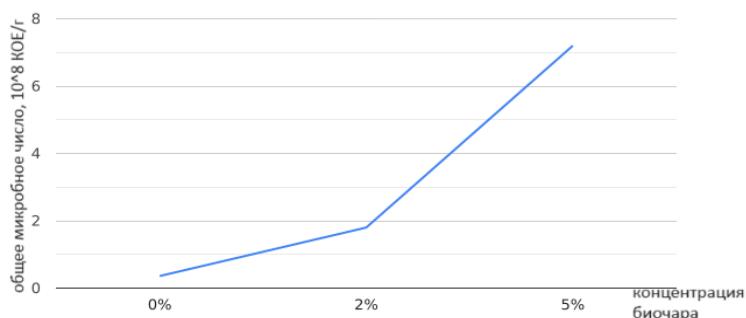


Рис. 1. Общее микробное число на 30-й день опыта.

По результатам проведения работы было установлено, что при концентрации биоуглей из илов сточных вод в размере 5 % от почвы наблюдается максимальная микробиологическая деятельность. С увеличением концентрации в почве внесенного биосорбента происходит увеличение общего микробного числа.

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Библиографический список

1. Бакланова О.В., Брындина Л.В., Лукин А.Л. Экологическая роль осадков сточных вод и биочара в восстановлении биологической активности почвы // Экология. 2023. №3. С. 5-9. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskaya-rol-osadkov-stochnyh-vod-i-biochara-v-vosstanovlenii-biologicheskoy-aktivnosti-pochvy/viewer> (дата обращения 11.03.2024).
2. Пендюрин Е.А., Рыбина С.Ю., Смоленская Л.М. Органоминеральное удобрение на основе побочных продуктов промышленности // Белгород: Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 54–58.
3. Жданова (Белик) Е.С., Рудакова Л.В. Обоснование возможности получения биосорбентов для ликвидации нефтяных загрязнений природных объектов // Вестник ПГТУ. Урбанистика. 2011. № 3. С. 97–107.
4. Шафигуллина Л.Р. Различные аспекты применения биочара // Вестник магистратуры. 2020. № 5-5 (104). С. 5–10. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://magisterjournal.ru/docs/VM104_5.pdf?ysclid=ltned0c155814074176 (дата обращения 12.03.2024).
5. Влияние биоуглей из илов сточных вод на рост растений, почвенные микроорганизмы и содержание азота в серых лесных почвах / С.С. Рязанов [и др.] // Принципы экологии. 2020. № 4. С. 54-70.
6. Белик Е.С. Получение нефтяного биосорбента на основе карбонизата – отхода пиролиза избыточного активного ила // Вестник технологического университета. 2017. Т.20. №14. С.120–124. [Электронный ресурс] – Режим URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/poluchenie-neftyanogo-biosorbenta-na-osnove-karbonizata-othoda-piroliza-izbytochnogo-aktivnogo-ila/viewer> (дата обращения 13.03.2024).
7. Готовая питательная среда Мясопептонный агар: сайт. 2024. Режим доступа: <https://bio-media.ru/catalog/pischevaya-promyshlennost/gotovaya-pitatelnaya-sreda-myaso-peptonnyy-agar/> <https://bio-media.ru/catalog/pischevaya-promyshlennost/gotovaya-pitatelnaya-sreda-myaso-peptonnyy-agar/> (дата обращения: 11.03.2024).

Лупандина Н.С., канд. техн. наук, доцент,

Марченкова Е.Н., студент

(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ЭКОБИОТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Аннотация: В работе был дано обзор существующим экобиотехнологическим методам переработки органических отходов. Основными способами переработки отходов являются компостирование, вермикомпостирование, анаэробная биоконверсия с получением биогаза, ферментация (твердофазная или в жидкой среде), применение личинок мухи Черная львинка. Среди применяемых технологий компостирование характеризуется самыми низкими капитальными и эксплуатационными затратами. Рассмотрены достоинства и недостатки экобиотехнологических методов переработки.

Ключевые слова: переработка органических отходов; компостирование; вермикомпостирование; анаэробная биоконверсия; ферментация; личинки Черной львинки.

В России образуется около 300 млн тонн органических отходов от животноводства и птицеводства в год, включая навоз крупного рогатого скота, свиной навоз и птичий помет. Однако только 16% этих отходов используются в качестве удобрений, остальная часть накапливается в окружающей среде, нанося ей вред. Наиболее вредными для экологии являются жидкие отходы, которые содержат органические вещества, такие как мочевина и медицинские препараты, а также неорганические вещества, включая соединения азота, фосфора, калия и различных металлов. Также в отходах присутствуют патогенные микроорганизмы, которые могут вызывать заболевания у животных и людей.

Пищевые отходы, а также некоторые иные отходы органического происхождения (такие, как листья, трава и т.п.) традиционно относят к 5 классу опасности, т.е. практически неопасным отходам. Данный класс отходов разрешается вывозить на полигоны. Предполагается, что в данном случае ущерб окружающей среде практически отсутствует [1].

Однако именно органические отходы являются источником ряда существенных проблем полигонов твердых коммунальных отходов. Переработка органических отходов очень важна по нескольким причинам. Во-первых, она помогает уменьшить количество отходов, которые загрязняют окружающую среду. Во-вторых, переработка может помочь сохранить энергию и ресурсы, так как многие

органические отходы могут быть использованы для получения энергии или в качестве удобрения. В-третьих, переработка помогает снизить выбросы парниковых газов, которые способствуют глобальному потеплению [1].

Методы экобиотехнологии применяют для переработки углевод-, белок- и жиро содержащих жидкых отходов, растительной биомассы, сельскохозяйственных отходов (навоз, помет), органической фракции твердых бытовых отходов, осадка сточных вод (ОСВ) и др. Биологические способы преобразования органических отходов включают в себя компостирование, вермикомпостирование (с помощью червей), анаэробное сбраживание, термофильное твердофазное компостирование и другие методы [2].

Компостирование представляет собой процесс, при котором органические отходы разлагаются микроорганизмами до состояния гумуса (органического удобрения). Термофильное твердофазное компостирование проводится при высоких температурах, что ускоряет процесс разложения и уничтожает патогенные микроорганизмы, яйца гельминтов и личинки мух. Методы компостирования охватывают широкий технологический спектр от единичных куч до сложных промышленных биореакторов. Во многих компостерах часто используют простые решения с естественной аэрацией, которые требуют незначительных инженерных изысканий и капитальных вложений, предусматривают конвективную аэрацию и естественное разложение, что сопровождается увеличением длительности периода времени, необходимого для получения компоста. При этом смесь органического сырья помещают в длинные узкие кучи, называемые буртами, которые затем регулярно перемешивают или переворачивают [3, 4, 5].

Вермикомпостирование является методом переработки органических отходов, основанном на использовании специальных видов червей, которые поедают отходы и выделяют в процессе своей жизнедеятельности гумус. Основным объектом вермикультуры является выведенный в США гибридный компостный червь – красный калифорнийский червь *Eisenia foetida*. Компостирующие материалы находятся в условиях высокой влажности и хорошей аэрации, а также при температуре окружающей среды менее 35°C. Эти системы компостирования работают эффективнее, если органические материалы предварительно были хорошо размягчены и перемешаны. В системе биогумуса дождевые черви изменяют состав органических отходов, постепенно уменьшая их соотношение С: N, уровень кислотности и содержание металлов. При этом сохраняя такие элементы питания, как

фосфор, магний и кальций – их содержание в биогумусе выше, чем в органическом сырье. Органическое сырье, перерабатываемое с участием дождевых червей, трансформируется в высококачественные биоудобрения, не уступающие по свойствам химическим [1, 6].

При анаэробной биоконверсии отходы обрабатываются бактериями в отсутствие кислорода, в результате чего образуются метан, углекислый газ, вода и небольшое количество твердого остатка. Органические отходы могут быть переработаны в биогаз с использованием специальных установок. Биогаз состоит из метана и углекислого газа и может использоваться для получения тепла и электроэнергии.

Однако в толще отходов в условиях анаэробного окисления образуются такие газы, как оксиды серы, сероводород, меркаптаны, которые являются причиной неприятного запаха полигонов. Кроме этого, анаэробные процессы являются причиной образования свалочного газа, основным компонентом которого является метан. Выделяемое полигоном тепло провоцирует возгорания и как результат – самовоспламенение отходов и загрязнение атмосферы продуктами горения, которые зачастую более токсичны, чем первичные газообразные продукты разложения органики [7, 1].

Ферментация в жидкой среде (или «под водой», «жидкая», «глубинная») включает образование ферментов, антибиотиков, витаминов и других продуктов микроорганизмами, развивающимися в жидкой среде (в суспензии), благодаря питательным веществам, которые либо растворены, либо взвешены в виде твердых частиц. Существует два распространенных метода, с использованием которых происходит ферментация в жидкой среде: периодическая и непрерывная. При периодической подаче в культуру добавляют стерилизованные питательные вещества для роста биомассы в ферментере. Для непрерывной ферментации обычно используют открытую систему. Стерилизованные жидкые питательные вещества медленно и непрерывно добавляют в биореактор с той же скоростью, с которой преобразованный питательный раствор извлекается из системы [3, 8].

Твердофазная ферментация – процесс культивирования, при котором микроорганизмы растут на твердых материалах без свободной жидкости. Этот метод служит альтернативой ферментации в водной среде для производства таких продуктов с добавленной стоимостью, как антибиотики, одноклеточный белок, полиненасыщенные жирные кислоты (например, Омега-3), ферменты, биопестициды, биотопливо и ароматизаторы. Наиболее часто используемые твердые субстраты –

зерновые (рис, пшеница, ячмень и кукуруза), семена бобовых, пшеничные отруби, лигноцеллюлозные материалы (солома, опилки, древесная стружка, а также широкий спектр растительных и животных материалов) [3, 9, 10].

Также есть опыт использования личинок мух. В настоящее время разработана экологически чистая технология утилизации навоза, пищевых отходов с помощью личинок мухи Черная львинка (*Hermetia illucens*). Отходы используются в качестве субстрата для ее выращивания. Биогумус, полученный таким образом, является высокоэффективным органическим удобрением, и в результате его использования увеличивалась урожайность сельскохозяйственных культур в 1,2–1,5 раза, при этом нематоды и другие вредители погибали. Внесение биогумуса в почву в результате действия специфических микроорганизмов способствует минерализации фосфорорганических соединений [11].

Переработка органических отходов может быть сложной задачей из-за их разнообразия и сложности состава. Органические отходы содержат большое количество влаги и микроорганизмов, которые ускоряют процессы гниения и разложения. Это приводит к быстрому уменьшению массы отходов и потере качества сырья для переработки. Органические отходы включают множество различных видов, таких как пищевые отходы, отходы животноводства и растениеводства, что усложняет их переработку и требует применения разных технологий и подходов. Органические отходы при неправильном обращении могут стать источником загрязнения окружающей среды, включая загрязнение почвы и грунтовых вод. Некоторые отходы, такие как навоз животных, могут содержать патогенные микроорганизмы, которые могут быть опасны для здоровья людей и животных. Органические отходы могут загрязнять другие виды отходов, такие как пластик, бумага и металл, что затрудняет их сортировку и переработку.

Переработка органических отходов часто является менее рентабельной по сравнению с другими видами отходов из-за высоких затрат на сбор, транспортировку и обработку. В отличие от других видов отходов, для органических отходов нет единого стандарта переработки. Это требует разработки и внедрения новых технологий и решений для каждого вида отходов.

Для решения этих проблем необходимо разрабатывать и внедрять новые технологии переработки органических отходов, обеспечивающие их эффективное использование, снижение загрязнения окружающей среды и повышение рентабельности.

Библиографический список

1. Боровенко М.Е., Андреева Т.С. Переработка органических отходов: анализ отечественного опыта и предпосылки для внедрения // Инновационная наука. 2022. № 4. С. 40-43.
2. Миронов В.В. Экобиотехнологии переработки органических отходов // Вестник ВНИИМЖ. 2018. №1. С.60-65.
3. Обзор активных методов биологической переработки органических отходов / А.Д. Горбенко [и др.] // Земледелие. 2023. № 3. С. 36-40.
4. Варданян М. А. Технология утилизации органических отходов // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2023. № 3. С. 15-19.
5. Панова Т.В., Панов М.В. Использование теплоты на термофильной фазе компостирования как продукт альтернативного источника энергии // Известия оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6. С. 173-175.
6. Лыгина Н.О., Мишина М.Н. Вермикультивирование как биотехнология утилизации органических отходов // Экологические биотехнологии. 2017. №2. С.1-6.
7. Кадысева А.А., Безухова С.В., Гильмутдинов Р.М. Биохимическое окисление органических веществ в анаэробных условиях // Науки о земле. №1. С. 1-5.
8. Технологические направления по переработке органических отходов / С.Ю. Миронов [и др.] // Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2017. № 1. С. 1-13.
9. Смирнов К.А., Алашкевич Ю.Д., Решетова Н.С. Особенности твердофазной ферментации // Химия растительного сырья. 2009. №3. С. 161-164.
10. Будаева В.В., Митрофанов Р.Ю., Золотухин В.Н. Использование ферментативного гидролиза отходов переработки злаков // Ползуновский вестник. 2008. № 3. С. 322-327.
11. Способ переработки органических отходов личинками мух *Hermetia illucens* с получением белка животного происхождения и биогумуса: пат. 2654220 Рос. Федерации. № 2017109420 / Н.А. Бабаев, А.И. Бастраков, И.В. Соколов; заявл. 21.03.2017; опубл. 17.05.2018, Бюл. № 14. 8 с.

Поленяка Ю.Т., аспирант,
Марченкова Е.Н., студент,
Лупандина Н.С., канд. техн. наук, доцент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ

Аннотация: Статья посвящена рассмотрению проблемы утилизации твердых коммунальных отходов и анализу существующих путей решения данной проблемы. К основным способам утилизации ТКО относятся складирование отходов на полигонах, комплексная сортировка с переработкой выделенных компонентов, биотермическое компостирование мусоросжигание.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, полигоны ТКО, переработка отходов.

Главной задачей переработки промышленных и коммунальных отходов является оздоровление окружающей среды, резкое снижение ее загрязнения и мутации путем переработки любых отходов по безотходным экологически чистым технологиям с выпуском высокооценной продукции. При этом должен строго выполняться основной экологический закон: техногенный мир, создаваемый человеком, необходимо развивать строго гармонично, в соответствии с развитием Мира, созданного Природой. Невыполнение данного закона привело к созданию в нашей стране жесточайшего экологического кризиса.

Все отходы можно условно разделить на две неравные группы: отходы, образующиеся при производственных процессах в промышленности и отходы, непосредственно образующиеся в процессе жизнедеятельности населения, обычно называемые твердыми коммунальными отходами (ТКО).

К твердым коммунальным отходам относят отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд, а также отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления

физическими лицами [1]. Другими словами – это обычный мусор, который мы оставляем в повседневной жизни. Всяческие обертки, коробки, очистки овощей, остатки еды, разбитая чашка, использованная батарейка и т. д. – все это относится к твердым бытовым отходам.

Основную часть состава ТКО повсеместно представляют различные органические материалы. Это в большинстве случаев бумага и остатки различных пищевых продуктов. Их соотношение незначительно изменяется в зависимости от географического расположения страны, уровня развития и культурных особенностей. В общем случае доля органических материалов в ТКО составляет 60% в развитых странах. В развивающихся странах этот показатель может достигать 70%.

По морфологическому признаку ТКО можно разделить на следующие компоненты: картон, бумагу, металл (чёрный и цветной), дерево, пищевые отходы, кости, текстиль, кожу, стекло, камни, резину и другие полимерные материалы, прочие (неклассифицируемые виды), в том числе медицинские отходы больниц, медпунктов и санаториев страны.

Как показал анализ, состав отходов в нашей стране несколько отличается от состава отходов западных стран. В нём достаточно велико содержание строительного мусора (достигает 10%) и высокая доля пищевых отходов потребления. Кроме того, на городских свалках часто встречается промышленные отходы.

Большое влияние на состав ТКО оказывает организация сбора в городе пищевых отходов, утильной бумаги и стеклотары. С течением времени, как показывает опыт других стран, состав ТКО претерпевает незначительные изменения. Происходит увеличение количества бумаги, различных видов полимерных материалов, отходов фруктов и овощей, цветных металлов.

Самым распространенным способом утилизации твердых бытовых отходов в России является захоронение их на специальных полигонах. Полигонами являются специализированные сооружения, предназначенные для складирования и изоляции отходов. Под специальные полигоны для отходов выделяются огромные территории, которые можно было бы использовать рациональнее и с большей пользой. Однако использование полигонов никак не решило проблему, а лишь обострило ее.

Более 14 тысяч полигонов насчитывается на территории РФ, их площадь составляет около 4 млн. га., при этом ежегодно площадь увеличивается на 0,4 млн. га., эта площадь равна Москве и Санкт-Петербургу вместе взятым. При таком способе утилизации возникает возможность производства свалочного биогаза, который образуется в

результате того, что со временем отходы подвергаются интенсивному разложению находясь под слоем земли. Свалочный биогаз может применяться в качестве топлива, потому что в нем находится от 40 – 70 % метана. Данный метод утилизации имеет ряд недостатков. Свалочный биогаз, основным элементом, которого является метан, поступает в атмосферу, что приводит к негативным последствиям как локального, так и глобального характера.

В настоящий момент полигоны ТКО считаются источником биологического загрязнения и местом обитания грызунов, которые являются переносчиками различной инфекции. И, кроме всего этого, с полигонов ветром разносится мусор на очень большое расстояние [2].

В экономически развитых странах с каждым годом все больше делается акцент на вопросы охраны окружающей среды в борьбе с отходами. При этом развиваются и поощряются системы очистки территорий от мусора, и разрабатываются способы его сжигания. Тем не менее, есть ряд причин, почему технологии утилизации отходов до сих пор считаются недостаточно эффективными. На сегодняшний день нужны такие технологии, которые могли бы удовлетворить запросы населения и одновременно обеспечить сохранность окружающей среды. На сегодняшний день существуют такие технологии. И они действительно удовлетворяют потребности обеих сторон. Они снижают затраты на ликвидацию отходов и при этом экономически выгодны для государства [3].

Одним из вариантов является утилизация отходов, с дальнейшей сортировкой на составляющие.

На данный момент есть успешные проекты по переработке и хранению ТКО: предварительная сортировка отходов, земляная засыпка, сжигание, биотермическое компостирование, пиролиз и другие.

Предварительная сортировка отходов. Данный метод подразумевает разделение отходов на части в мусороперерабатывающих заводах вручную, или при помощи автоматизированных конвейеров. Благодаря этому уменьшаются размеры измельчения и просеивания. Также, извлекая крупные металлические части из предметов, их можно направить на дальнейшую утилизацию, например, на сжигание.

Санитарная земляная засыпка. Данный метод способствует удалению отходов непосредственно в землю без какой-либо угрозы и вреда здоровью людей. Несмотря на то, что данный метод считается приемлемым при утилизации ТБО, он нешироко применяется обществом, так как происходит путаница с терминологией и понятием «санитарная земляная засыпка» неправильно называют обычные

открытые городские свалки.

Компостирование отходов. Компостирование представляет собой технологию переработки отходов, которая основана на их естественном биоразложении. По этой причине компостирование широко применяется для переработки отходов, имеющих органическое происхождение. Сегодня существуют технологии компостирования как пищевых отходов, так и неразделенного потока ТКО [4].

В нашей стране компостирование не получило достаточно широкого распространения, и обычно оно применяется населением в индивидуальных домах либо на садовых участках. Однако процесс компостирования также может быть централизован и осуществляться на специальных площадках, представляющих собой завод по переработке (ТКО) мусора органического происхождения. Конечным продуктом данного процесса является компост, которому можно найти различные применения в сельском хозяйстве.

Сжигание. В некоторых государствах сжиганию подвергается до 70% отходов, в России показатели колеблются в пределах 8%. Метод сжигания, действительно, имеет много преимуществ. Например, благодаря сжиганию освобождается большое пространство от отходов. Сжигание несет минимальный вред экологии. Появляется возможность вырабатывать тепло и энергию по минимальной себестоимости, также снижаются затраты, которые изначально предназначались для хранения мусора на полигонах. Все эти преимущества дают большие плюсы для государства в экономическом плане. Также достоинство метода в том, что при сжигании полностью отсутствуют неприятные запахи. Но у метода также есть свои недостатки: выброс углекислоты, который влияет на развитие парникового эффекта и попадание в окружающую среду токсичных элементов (серы, фураны, азот, диоксины). Диоксинами являются стойкие органические соединения, которые увеличивают слой парниковых газов в атмосферу, что является вредным для окружающей среды [5].

Пиролиз является одним из самых перспективных направлений переработки твердых бытовых отходов. В отличие от сжигания, этот метод имеет явные преимущества. Преимущество метода заключается в том, что в окружающую среду не поступают продукты горения и тем самым не загрязняется природа, не наносится вред здоровью людей. Вторым фактором является то, что сырьем служат ТКО. Например, автомобильные шины сложно утилизировать иными методами. Благодаря этому методу отходы, которые сложно перерабатывать другим способом, перерабатывается пиролизом. Продукты, которые получаются в результате, не содержат в себе агрессивных веществ. Их

легко складировать даже под землей. Материалов образуется значительно меньше, чем при обычном сжигании. Тяжелые металлы уходят в золу, а не восстанавливаются. Такой способ утилизации – безотходный [6].

К недостаткам метода можно отнести сложность печей, дороговизну оборудования и необходимость задействования большого количества работников.

Линии демонтажа старых автомобилей. Для переработки старых автомобилей используется технология промышленного демонтажа, которая позволяет использовать отдельные детали вторично. Стандартная линия линии промышленного демонтажа способна перерабатывать около 10 000 старых автомобилей в год или до 60 машин в день при смене 12 человек.

Перечисленные современные технологии имеют как преимущества, так и недостатки. Благодаря таким технологиям у людей появляется надежда, что через пару десятилетий отходов и мусора будет значительно меньше, и они будут перерабатываться в нужном направлении.

Библиографический список

1. Шилкина С.В. Мировые тенденции управления отходами и анализ ситуации в России // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2020 №1, <https://resources.today/PDF/05ECOR120.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/05ECOR120.
2. Шубов, Л.Я. Технология твёрдых бытовых отходов / Л.Я. Шубов, М.Е. Ставровский, А.В. Олейник; под ред. Л.Я. Шубова. М.: Альфа-М, 2011. 396 с.
3. Бычкова, Е.И. От накопления отходов – к их использованию в качестве вторичного сырья / Е.И. Бычкова // Экология производства. – 2013. № 3. С. 32–39.
4. Гунич С.В., Янчуковская Е.В., Днепровская Н. И. Анализ современных методов переработки твердых бытовых отходов [Электронный ресурс] // Изв. вузов. Приклад. химия и биотехнология. 2015. № 2 (13). URL:http://journals.istu.edu/izvestia_biochemi/journals/2015/02/articles/6_2.pdf (дата обращения: 25.03.2024).
5. Алимкулов С.О., Алматова У.И., Эгамбердиев И.Б..Отходы – глобальная экологическая проблема. Современные методы утилизации отходов // Молодой ученый. 2014. № 21 (80). С. 66-70. URL: <https://moluch.ru/archive/80/14470/> (дата обращения: 25.03.2024).
6. Бернадинер И.М., Александрова Е.Ю. Использование RDF и отработавших автомобильных покрышек в цементной печи // Вестник ПНИПУ. Приклад. экология. Урбанистика. 2018. № 2 (30). С. 47-59.

Рагозин Д.А., студент,

Василенко Т.А., канд. техн. наук, доцент,

Кириюшина Н.Ю., канд. техн. наук, доцент

(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРАНУЛИРОВАННОГО ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Аннотация: Статья посвящена анализу разработкам и внедрению технологий повышения эффективности гранулированного органоминерального удобрения в сельском хозяйстве. Питательными веществами в составе таких удобрений являются азот, фосфор, калий, которые должны удовлетворять потребностям растений. Описаны новые подходы к созданию удобрений, который позволяет улучшить питательный состав почвы, увеличить урожайность и качество продукции. Разработаны улучшенные методы гранулирования органоминерального удобрения. В качестве добавок при гранулировании помета возможно введение в рецептуру: обедненного фосфатного сырья; фосфорит; глауконит; золы.

Ключевые слова: органоминерального удобрение; гранулирование; питательные вещества;

Органоминеральные удобрения (ОМУ) – это вид удобрений, в составе которых есть и органическая, и минеральная составляющая. Данный вид способен полностью заменить минеральные подкормки, не имея негативного влияния на землю и воду. Выбор и применение конкретного состава удобрения зависит от типа почвы, видов культур, климатических условий и требований посевов [1].

Результатами исследований установлено, что не менее 45% от его содержания в урожае растения получают за счет разложения органического вещества в процессе жизнедеятельности микроорганизмов и биологической азотофиксации. Применение органических удобрений ускоряет активизацию деятельности почвенных микроорганизмов. Оно усиливает процессы иммобилизации азота и минерализации органического вещества в почве, что обеспечивает лучшее использование растениями не только азота почвы, включая микробную биомассу, но и минеральных удобрений [2].

Питательными веществами в составе помета являются азот, фосфор, калий, которые должны удовлетворять потребностям растений. Азот

(N) – это один из основных элементов, необходимых для синтеза белков в растениях. Белки являются строительным материалом для клеток и необходимы для роста и развития растений. Азот также играет важную роль в процессе фотосинтеза, помогая восстанавливать энергию, утраченную во время процесса. Без азота растения могут стать желтыми и замедлить свой рост. Фосфор (P) – необходим для растений для образования ДНК, РНК, ферментов и энергетических молекул, таких как АТФ, которые необходимы для обмена энергии и фотосинтеза. Фосфор также способствует корневому росту, цветению и плодоношению растений. Если у растений недостаток фосфора, их корни могут быть слабыми и неспособными к поиску воды и питательных веществ в почве. Калий (K) - играет важную роль в регуляции водного баланса в растениях, а также в процессе транспирации. Калий также помогает в борьбе с болезнями и стрессом, улучшает качество плодов и овощей и увеличивает устойчивость к вредителям. Без достаточного количества калия, растения могут стать слабыми и чувствительными к засухе и вредителям [3].

Органическая часть в данном случае выполняет роль связующей основы, в качестве которой чаще используется черный низинный торф, навоз, помет. В ходе специальной обработки их состав обогащается макро- и микроэлементами. В результате получают хорошо усваиваемый растениями органоминеральный комплекс. Содержание органической основы в таких удобрениях колеблется от 40% до 80% [4].

ОМУ существуют в нескольких формах:

- гранулированные – наиболее распространенные, так как характеризуются хорошей сыпучестью, удобны для хранения и механизированного внесения;
- жидкие – представляют собой питательные концентрированные вытяжки, которые перед применением разбавляются водой и используются для опрыскивания по листу или внесения в корневую зону с капельным поливом.

Органоминеральные удобрения, полученные путем гранулирования, обладают рядом преимуществ, таких как улучшенная стабильность и меньшая подверженность потерям питательных веществ, повышенная удобность в применении, а также более равномерное распределение питательных веществ в почве. Поддержание оптимальной влажности сырого материала является важной составляющей процесса гранулирования. Сырье должно иметь достаточную влагу, чтобы удобно формировать гранулы, но при этом избегать излишней влаги, которая может привести к склеиванию или затруднить сушку и отверждение гранул. Технологии гранулирования позволяют создавать

удобрения с контролируемыми характеристиками, что способствует их эффективному применению и обеспечивает стабильное питание растений на протяжении длительного времени. Эти основные аспекты технологии гранулирования органоминеральных удобрений могут различаться в зависимости от конкретного производителя или технологического процесса, однако они обычно являются общими для большинства методов производства таких удобрений. Одним из таких методов является метод экструзии гранул. Экструзионный метод позволяет получить гранулы с высокой прочностью и контролируемым размером. Преимущества метода: обладает высокой прочностью гранул и контролируемым размером; удобный процесс формирования гранул; возможность обработки различных материалов. Недостатки: более высокая стоимость оборудования; сложный процесс настройки и контроля; неклеиванию или затруднить сушку и отверждение гранул [5]. Показатель pH в конечном продукте должен быть в пределах 6,0-8,5 [6]. Согласно ГОСТ Р 113.15.01-2019 к наилучшим доступным технологиям обработки навоза/помета на сельхозпредприятии производство органоминеральных гранулированных удобрений [7].

Процесс гранулирования включает формирование мелких гранул путем сжатия и/или прокатывания материала через специальное оборудование. Это позволяет создать гранулы определенного размера и формы. Гранулирование органоминеральных удобрений может включать несколько этапов, таких как смешивание компонентов, гранулирование, сушку, охлаждение и сортировку, чтобы получить конечный продукт определенного качества [8].

Гранулирование удобрений облегчает их хранение, транспортировку и применение на поле. Гранулы растворяются медленно, обеспечивая постепенное высвобождение питательных веществ, что способствует более эффективному использованию удобрений растениями [9].

При экструзионном методе органический материал смешивается с водой или жидкостью-связкой, чтобы образовать пластичную массу. Затем масса пропускается через экструдер (гранулятор), где происходит выдавливание гранул через отверстия с определенной формой. Гранулы затем подвергаются сушке и отверждению.

Разработана технология получения сложного гранулированного ОМУ, основанная на смешении и гранулировании компонентов в нужных для марки удобрения соотношениях и влажности смеси 50–60 %. Для упрочнения они направляются в барабанный экструдер или окаточный барабан гранулятор-сушилку. Сушку гранул ведут при 115–125 °C. В качестве связующего при грануляции смеси используют

насыщенный раствор микроэлементов. В результате сложное гранулированное ОМУ обогащено минеральными компонентами и содержит 12–15 % общих гуминовых соединений и комплекс аминокислот и микроэлементов. Предлагаемый способ получения сложного гранулированного органического удобрения позволяет производить удобрения с различным соотношением питательных компонентов в зависимости от исходных компонентов и назначения удобрений [10].

Методом экструзии возможно получение ОМУ из куриного помета, торфа и извести в количествах соответственно 1,0-1,5; 0,1-0,4 и 0,3-0,8 массовых частей. Эту смесь пропускают через фильтр, а образовавшиеся гранулы сушат при температуре окружающего воздуха до постоянной массы. Полученные данным способом гранулы обладают высокой прочностью, но продукт необходимо проверять на наличие составе удобрения бактерий, сальмонеллы. Кроме того, используемый торф для производства ОМУ на основе птичьего помета ранее не использовался, так как не обладает высоким удобрительным эффектом и имеет кислую реакцию, что требует дополнительного внесения извести. Свойства полученного удобрения не стабильны в условиях длительного хранения [11]. При гранулировании помета возможно введение в рецептуру: обедненного фосфатного сырья; фосфорит; глауконит; золы [5, 12].

Проанализированные разработки описывают различные технологические решения для процесса гранулирования органических удобрений, которые могут потенциально привести к получению продукта с улучшенными характеристиками и более высоким выходом.

Библиографический список

1. Толстопятова Н.Г. Изучение органоминеральных удобрений // Владимирский земледелец. 2012. № 2. С. 14-15.
2. Караев Н.В., Аксенов М.П. Использование минеральных удобрений в растениеводстве // ScienceTime. 2017. № 5 (41) С. 202-207.
3. Мерзляя Г.Е., Понкратенкова И.В. Эффективность органоминеральных систем удобрения // Плодородие. 2016. № 2 (89). С. 25-28.
4. Максимов Д.А., Кисилев Н.Г. Методы и средства производства комплексных органоминеральных удобрений // АгроЭкоИнженерия. 2004. № 76. С. 145-154.
5. Сквородников П.В., Черепанова М.В. Способы гранулирования органоминеральных удобрений // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. 2017. № 3. С. 117-127.

6. ГОСТ Р 53117. Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия. Введ. 01.01.2010 М.: ФГУП Стандартинформ. 2008. 11 с.

7. ГОСТ Р 113.15.01-2019. Рекомендации по обработке, утилизации и обезвреживанию органических отходов сельскохозяйственного производства. Технические условия. Введ. 23.08.2019. М.: ФГУП Стандартинформ. 2019. 13 с.

8. Макаренков Д.А., Назаров В.И. Особенности процесса гранулирования комплексных и органоминеральных удобрений в скоростных и тарельчатых грануляторах окатывания // Географическая среда и живые системы. 2012. № 4. С. 81-88.

9. Способ микробиологической переработки птичьего помета: пат. 2437864 РФ №2010133029 / В.И. Дмитриев; заявл. 05.08.2010; опубл. 27.12.2011.

10. Способ получения сложного гранулированного органического удобрения, обогащение минеральными компонентами: пат. 2337900 Рос. Федерации. № 2007106414/12 / В.М. Суханов, В.Я. Маланчук, А.Р. Должич и др. заявл. 21.02.2007; опубл. 10.11.2008.

11. Состав для производства органоминерального удобрения: пат. 2026271 Рос. Федерация. № 925042703 / Л.В. Родненко, А.Н. Салюков, П.П. Сапелкин; заявл. 19.05.1992; опубл. 09.01.1995.

12. Технология NPCa – удобрений из обедненных фосфоритов / И.М. Рыщенко [и др.] // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2014. № 1. С. 152-156.

УДК 579.63

Силкова Е.В., студент,
Василенко Т.А., канд. техн. наук, доцент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

СОСТАВ ГРИБНОЙ МИКРОБИОТЫ КУРИНОГО ПЕРЕПРЕВШЕГО ПОМЕТА ПРИ ПОСЕВЕ НА СРЕДЕ САБУРО

Аннотация: Загрязнение окружающей среды продуктами жизнедеятельности птиц, особенно куриного помета, представляет серьезную угрозу водным, почвенным и воздушным ресурсам. Однако разумные подходы к утилизации отходов птицеводства могут превратить их из экологических проблем в экономически выгодные преимущества для сельского хозяйства. В работе был изучен грибной микробоценоз перепревшего помета птицы. Посев из водной суспензии помета (разведение 10^{-11} и 10^{-16}) показал наличие при идентификации четырех несовершенных грибов: *Penicillium Steckii*, *Aspergillus flavipes*, *Aspergillus Rambellii*, *Aspergillus Flavus* и *Aspergillus fumigatus*. Данные представители относятся к двум родам: *Aspergillus* и *Penicillium*.

Ключевые слова: удобрения, куриный помет, грибная микробиота.

Сельскохозяйственные отрасли занимают большую часть от общего удельного веса агропромышленного комплекса России. Птицеводство, в результате деятельности которого образуется большое количество отходов, все же является весьма перспективным и экономически прибыльным направлением на сегодняшний день. Сельское хозяйство в целом и птицеводство, в частности, является тем сектором экономики, который наиболее тесно связан с окружающей природной средой и процессами, протекающими в ней [1].

Для снижения негативного воздействия птичьего помета на природную среду и получения безопасного органического удобрения в России были разработаны и запатентованы такие технологии как переработка методом активного или пассивного компостирования в буртах; технология каталитической конверсии (биоферментация в установках камерного или барабанного типа); технология механической сушки в пресс-фильтрах или центрифугированием; технология термической сушки с возможной грануляцией (вариант – термическое высушивание помета при различных температурных режимах); технологии вакуумной сушки; кавитационный способ обеззараживания жидкого навоза и помета; вермикомпостирование (переработка помета червями и насекомыми).

Наибольшее распространение получила технология компостирования, которая, с одной стороны, позволяет получить ценное органическое удобрение, с другой стороны является процессом очистки помета, так как полученный конечный продукт становится стабильно гумифицированным и экологически безопасным [2].

По действию на урожайность сельскохозяйственных культур птичий помет почти не уступает равному количеству питательных веществ минеральных удобрений. Внесение повышенных доз птичьего помета в почву значительно изменяет гумусовое состояние почв, увеличивает ферментативную и целлюлозолитическую активность почвы, улучшает ее микрофлору, снижает количество условно фитопатогенных грибов, не оказывая при этом фитотоксического действия. Высокая степень минерализации поступающих в почву органических соединений приводит к небольшому накоплению органического вещества почв [3].

У кур-несушек в зависимости от рациона кормления и возраста птицы помёт содержит 0,8–1,2 % азота, потери которого в зависимости от сроков и условий хранения могут достигать до 40%. Основной химический состав помёта, следующий: сухие вещества 34,5–48,3%; зола 14–40% (в том числе кальция до 8,5%); фосфора 2–3%; сырой жир (эфирный экстракт) 2,9–4,5%; сырая клетчатка 14,25%; безазотистые экстрактивные вещества 46–48%. Определено, что у кур-несушек

использование азота корма организмом составляет 53%. Микроэлементный состав характеризуется следующими величинами (%): медь 0,0025–0,0094; железо 0,01–0,04; цинк 0,004–0,056; марганец 0,50–1,00; магний 0,019–0,044 [4].

Традиционной средой для установления грибной микробиоты является среда Сабуро – а именно подсчета числа дрожжевых и плесневых грибов при контроле микробной загрязненности [5]. В процессе исследования была приготовлена водная суспензия с использованием перепревшего куриного помета (первое разведение 1 : 10) на основе дистиллированной воды. Далее из водной суспензии, содержащей в 1 см³ 0,1 г помета, готовили последовательно убывающие концентрации растворов (от 10⁻² до 10⁻¹⁶). В работе посев из разведений 10⁻¹¹ и 10⁻¹⁶ в объеме 0,1 см³ выполняли на поверхность агаризированной среды Сабуро в стерильных чашках Петри и равномерно шпателем растирали по всей поверхности чашки.

Белковой основой классического варианта среды Сабуро является пептон (мясной или казеиновый). В ГНЦ ПМБ белковой основой разрабатываемых сред является панкреатический гидролизат рыбной муки и панкреатический гидролизат казеина, обеспечивающие питательные потребности не только широкого круга бактерий, но и грибов.

Состав питательной среды № 2 ГРМ Сабуро обеспечивает чёткие морфологические признаки, являющиеся основой дифференциальной диагностики грибов рода *Candida* от других дрожжеподобных грибов, плесневых грибов и микробов-ассоциантов [6]. Спустя 7 дней был произведен подсчет колоний (табл. 1).

Таблица 1. Подсчет грибных колоний на среде Сабуро

№ п/п	Кратность разведения	Число колоний в чашке Петри, шт.	Фотография колоний клеток в чашках Петри
1	10^{-11}	43	
2	10^{-16}	29	

В ходе изучения полученной грибной микробиоты большинство представителей относились к двум родам: *Aspergillus* и *Penicillium*.

Aspergillus – род плесневых грибов. Аспергиллы широко распространены во внешней среде как сапропфиты, а при попадании в организм птиц или млекопитающих при благоприятных условиях приобретают патогенные свойства паразитов. Некоторые виды аспергилл вызывают серьёзные заболевания у людей и животных. Наиболее часто патогенность проявляют виды *A. fumigatus* и *A. flavus*, производящие афлатоксины, которые одновременно являются и токсинами, и гепато-канцерогенами. Они могут заражать пищу, например, орехи, семена и зерно. Распространёнными возбудителями различных аллергических заболеваний являются виды *A. fumigatus* и *Aspergillus clavatus*. Другие виды важны как патогены сельскохозяйственных культур. Представители вида Аспергиллы вызывают заболевания у многих зерновых, особенно у кукурузы; некоторые синтезируют микотоксины, включая афлатоксин.

В исследуемом помете нами были обнаружены сразу два представителя этого рода. *A. puniceus* (цвет мицелия от кремово-бурового до тускло-охристо-оливкового; диаметр колоний на агаре Сабуро 3,5-4,0 см после 14 дней при 25°C, от плоских до хлопьевидных) преимущественно встречается в почве и замечен нами вместе с *A. niger* (аспергилл чёрный, который вызывает заболевания человека, животных и растений), которые приведены на рис. 1.



Рис. 1. Чашка Петри с несовершенными грибами *A. puniceus* и *A. niger*.

Колонии *A. puniceus* шаровидные, шероховатые размером 2,5-3,3 мкм. Клетки удлиненные, серповидные ил неправильной формы, часто скрученные в желтоватые массы. При росте на креатине мицелий ярко-желтый без выделения кислоты [7].

Penicillium – род широко распространенных грибов, которые уничтожают бактерии, разрушая главную часть системы роста клетки – клеточную стенку. Виды рода – сапротрофы и слабые паразиты. Большинство видов – исконно почвенные сапротрофы, меньшая доля – оппортунистические паразиты растений, поражающие ослабленные всходы и длительно хранящиеся плоды растений [8].

Penicillium rugulosum, который часто встречается в почве, на плодовых культурах и в различных продуктах. Этот гриб имеет морфологические признаки типичные для рода *Penicillium*, такие как колонии, обычно зеленовато-серого цвета, с характерным пушистым или порошкообразным опилком. Спорулирующие гифы имеют форму сферических или цилиндрических клубков, на которых образуются конидиальные стержни и конидии [9].

В другой чашке Петри нами был определен *A. flavipes* (Аспергилл желтоножковый), который как раз хорошо прорастает на синтетических

средах, в том числе Сабуро. По морфологическим признакам колонии белые и пушистые, с возрастом становящиеся светло-желтого цвета. Эксудат обильный, формируется в большие капли сначала светлого, затем янтарного цвета [10].

Представителем рода *Penicillium* в данном случае является *P. Steckii* (назван по имени польского ботаника Константина Стецкого). На среде Сабуро колонии обильно спороносящие в серо-зелёном тоне. Колонии после недельного роста достигают 2,5-3,5 см в диаметре и имеют радиальные пушистые края, а по мере роста становятся плотными и вытянутыми; широко распространены в окружающей среде. Конидиофоры гриба гладкие и плодовые тела имеют сине-зеленый цвет, в среду как видно на фотографии выделяется бледно-янтарный пигмент (рис. 2).



Рис. 2. Чашка Петри с несовершенными грибами *P. Steckii* и *A. flavipes*.

В процессе исследования нами были измерены колонии грибной микробиоты (рис. 3, 4). Размер колонии после 20 дней роста: *A. niger* – 5÷8 см, *P. Steckii* – 2÷6 см, *A. puniceus* – 1,7÷3,5 см. Радиус колоний *A. puniceus* – в чашке с разведением 10^{-11} составил от 1,2 до 2,3 см, а с разведением 10^{-16} – от 2 до 3 см. На основании этого можно сказать, что с увеличением разведения размер колоний увеличивается.

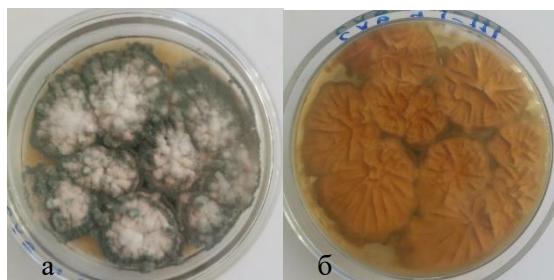


Рис. 3. Колонии гриба *P. Steckii* в чашке Петри: *а* - вид сверху; *б* – реверс.

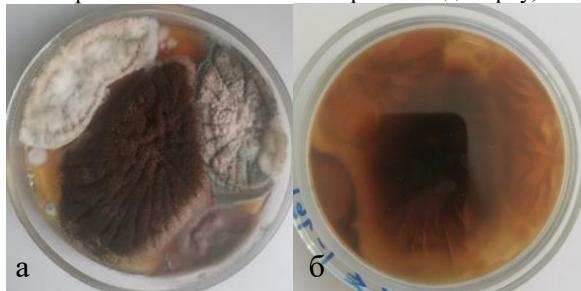


Рис. 4. Колонии грибов *A. Niger* и *A. Punicetus* в чашке Петри: *а* - вид сверху; *б* – реверс.

Микроскопирование препаратов с использованием метода раздавленной капли материала грибов приведен на рис.5.

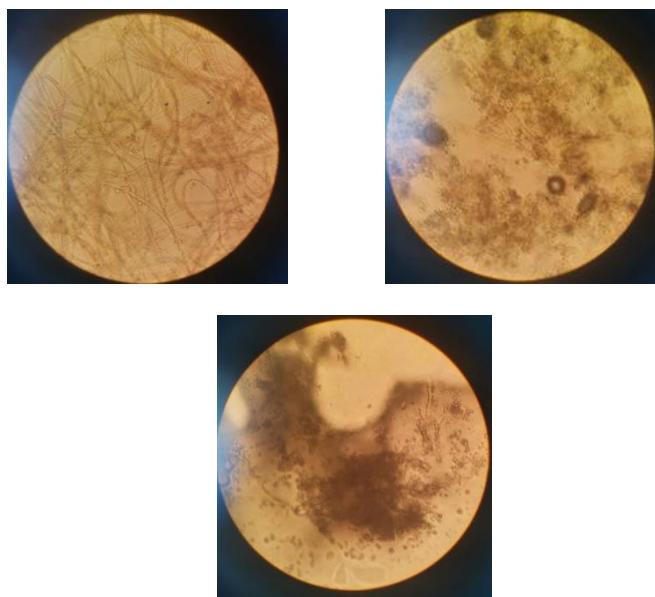


Рис. 5. Микрофотографии (увеличение $\times 600$): *а* – мицелиальные нити *A. Niger*; *б* – конидии *P. Steckii*; *в* – конидии *A. flavipes*.

Исследования показывают, что перепревший куриный помет содержит разнообразную грибную микробиоту, которая имеет потенциал для использования в сельском хозяйстве и биотехнологии. Эти грибы могут играть важную роль в разложении органических веществ, повышении урожайности почвы и борьбе с патогенными микроорганизмами. Дальнейшие исследования в этой области могут привести к разработке новых способов повышения устойчивости сельскохозяйственных культур и улучшения качества почвы.

Библиографический список

1. Анализ отходов птицеводческого комплекса Республики Татарстан и оценка возможности их вторичного использования / О.В. Пашева [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2015. № 13. С. 209-212.
2. Михайлова О.П., Сулейменова С.Б., Ефименко Д.В. Использование органического удобрения на основе птичьего помета для питания сельскохозяйственных культур // Молодой ученый. 2023. № 11 (458). С. 65-67.
3. Васильченко Н.И., Звягин Г.А. Применение птичьего помета для повышения плодородия темно-каштановых почв северного Казахстана // Плодородие. 2016. № 4 (91). С. 23-26.
4. Гриценко В.Л. Эффективность применения препарата «Байкал - ЭМ 1» при утилизации свежего куриного помета // АВУ. 2007. № 3. С. 61-63.
5. Сухорукова М.В., Василенко Т.А. Качественная оценка микробоценоза биоудобрения «Биогор-С» (серия КМ) на питательных средах ГРМ 2 и ГРМ 10 // «Наукоемкие технологии и инновации (XXV научные чтения) [Электронный ресурс]: сб. докладов Междунар. науч.-практ. конф.: Белгород: БГТУ, 2023. С. 601-605.
6. Шепелин А.П. Сравнительная оценка качества среды Сабуро отечественного и импортного производства // Актуальные проблемы медицины. 2013. № 18 (161). С. 182-187.
7. Polyphasic taxonomy of *Aspergillus* section *Usti* / J. Houbraken и др. // Studies in mycology. 2007. № 59. С. 107-128.
8. Анализ состава грибной микробиоты в курином помете для сокращения времени приготовления органических удобрений в буртах аэратором – обеззараживателем подстилочного навоза / Д.В. Гурьянов // Вестник РГАТУ. 2018. №1 (37). С. 74-79.
9. Houbraken, J., Frisvad, J. C., & Samson, R. A. Taxonomy of *Penicillium citrinum* and related species. // Fungal Diversity. 2011. №51(1). С. 117-124.
10. Штамм грибов *Aspergillus flavipes* – продуцент тирозиназы: пат. 1437395 Рос. Федерации. № 4225919/28-13 / И.И. Иванов; заявл. 10.04.1987; опубл. 15.11.1988, Бюл. № 42. 3 с.

УДК 691.32:666.97

Яремчук М.В., аспирант,
Соловьев С.В., аспирант

(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ПРИНЦИП ПРИМЕНЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ И ОТХОДОВ В ЗАМКНУТЫХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ЦИКЛОВ В СОВРЕМЕННОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

Аннотация: Область в строительном материаловедении важно обосновать механизма формирования структуры композитов с применением вторичных ресурсов и отходов замкнутых циклов с позиций биоминерализации совокупности биохимических процессов, в ходе которых происходит образования неорганических твёрдых веществ с участием живых существ. Высокая степень биоэнергическая насыщенность состава с вторичных ресурсов и отходов замкнутых циклов минеральная структура обеспечит формирование эффективных строительно-технических свойств композита и его долговечности.

Ключевые слова: принцип применения вторичных ресурсов и отходов замкнутых циклов, композитные материалы, модификация в строительном материаловедении.

Проблема селективного отбора и утилизации промышленных отходов носит глобальный характер и обуславливает ее важность. На пути к промышленной продукции теряется часть её превращается в отходы. Современное развитие технологий до 50 % исходного материала уходит в окружающую среду [1].

Исходя, что биоминерализации состава материала влияет на процессы структурообразования обеспечит формирование строительно-технических характеристик в результате повышенной органоминеральными модификаторами, в составе которых присутствуют реакционноспособные бактериальные субстракции различной природы [2].

Большой интерес в этом отношении представляет собой аппарат синергетики, который рассматривает любые необратимые процессы в биоминерализации, их развития и возникшие в результате новые состояния системы. При уплотнении, когда материал достигает максимальной плотности и динамической устойчивости, в равновесном

энергетическом взаимодействии, повышается возможность уплотнить структуры до средней плотности 2000-2100 кг/м³ и ускорить набор прочности до 30-40 МПа.

Поэтому, синергетическая концепция с биотехнологией способна объяснить и облегчить в понимании механизм структурообразующих процессов в материальном мире, в частности происходящих при твердении систем эксплуатационных материалов в будущем.

Перекликается тема синергетической технологии с биоминерализацией материалов – совокупность биохимических процессов, в ходе которых происходит образование неорганических твердых веществ в живых организмах [3]. Продуктами биоминерализации являются гибридные «органические/неорганические» композиты, отличающиеся сложной формой, иерархической организацией и специфическими свойствами. Подобные структуры не известны в обычной неорганической химии.

В результате проведенных работ получены новые данные по изучению и разработке составов и технологии применения органоминеральных композиций. Главной задачей, которая решалась нахождение смеси ингредиентов, в которой начинаются самопроизвольные процессы и структуры материала при сохранении высокого качества. Высокоэффективный композит, полученный из формовочных смесей, независимо от размера входящих в него частиц, обязательно содержащие в своем составе органическую (живую) высокоактивную фазу. Однако, несмотря на названия, сущность получения этого материала остается одна – наличие микроническую часть состава, обеспечивающей высокую прочность и долговечность.

В последнее время научный интерес к процессу получения т.н. «известняковых биоминералов», обусловлен с перспективами получения композитов с необходимыми свойствами, путём использования природных принципов бактерий (рис. 1).



Рис. 1. Известняковые биоминералы», полученные по принципу природных бактерий.

Возможно образование неорганических соединений происходит двумя основными путями: первый, при «биологическим стимулировании минерализации» минеральная фаза с бактериями происходит в окружающей среде из насыщенного раствора, который содержит необходимые ионы, при «вмешательстве» живого микроорганизма для образования минерального осадка. Второй путь, «биологически контролируемая минерализация» минеральная фаза происходит под постоянным технологическим контролем человека, когда минеральный осадок в объёме полученного «бульёна» с бактериями получает характерные уникальные кристаллические свойства, развивающиеся в процессе осаждения из насыщенных растворов ионов. Форма, размер, положение и ориентация полученных кристаллов могут контролироваться участвующими в этом процессе микроорганизма. Практически все биоминеральные структуры развиваются на заранее сформированных матрицах, состоящих из продуктов выделения бактерий [4].

Неорганическая часть «материалов», которые формируются в процессе биоминерализации представляет собой карбонат кальция, сульфат кальция, сульфат бария, аморфные поликремниевые кислоты с участием фосфолипидов, полисахаридов или пептидов. Кальцийсодержащие минералы составляют примерно 50 % из числа всех известных биоминералов, так как сам кальций выполняет множество фундаментальных функций [5-7].

Биоминерализация лежит в основе образования карбонат кальция – один из минералов, кристаллизацию которых запускают

микроорганизмы. Карбо анионам – отрицательно заряженными атомами, образуются при реакции переработки (гидролизе) бактериями. Несмотря на простоту реакций этого процесса, природа биоминерализации до сих пор до конца не изучена, в том числе в части кристаллизации осажденных минералов.

Важно использовать «опыт» геологических процессов участием бактерий, по прочности и свойствам близким к высокопрочным бетонам. Для создания долговечного камня необходимо обеспечить надежные физико-механические характеристики структуры материала с учетом энергетических показателей всех участвующих веществ, а также соответствие свойств. Эта структура должна иметь сходство с природными значениями. Учёт всех сторон технологического процесса, а также совместного действия веществ на принципах биологического, химического, минералогического и других свойств даёт результат на протяжении всего жизненного цикла материала: порошковых смесей и затвердевшего камня надлежащей прочности.

Единого подхода к методике создания многокомпонентных составов в настоящее время не выработано. Некоторые исследователи подходят к проблеме со стороны технологической схемы. Научно обоснованный расчет органоминеральных композиции и её структуры осуществляют специальным, разработанным применительно к данному виду материала методом. Также изучению подвергаются энергетические показатели компонентов, как и живых веществ, для определения характера взаимодействия веществ, в том числе, с техногенными материалами. Методика определения кардинально отличается от подбора составов предполагает обязательно учитывать энергетику применяемых веществ.

В настоящее время в изучении композитов, структурированных бактериальной субстанции, в составе которых присутствуют реакционноспособные тонкодисперсные минеральные наполнители различной природы. Эти органоминеральные твердеющие композиции обеспечивают медленный набор прочности материала. Вследствие их взаимодействия в присутствии воды, как между собой, так и с поверхностью минеральной и бактериальной части, модифицированной комплексной органоминеральной компоненты. Возможно получение композиционного композита, предполагающего учет энергетических и структурных показателей применяемых исходных материалов. Это значит, что происходит постоянное зарастание порового пространства новообразованиями с усиленным эффектом в начальный период и стабильным течением процесса.

Библиографический список

1. Дворкин Л.И., Пашков И.А. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие. К.: Вища школа, 2007. 368с.
2. Толстой А.Д. Бесцементный строительный материал на основе полимер-карбонатной композиции // Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления: материалы докл. Междунар. научно-техн. конф. Минск, БГТУ, 2004. С. 383-385.
3. Корляков К.А. О роли органических и биоорганических веществ в кристаллогенезе // Минералогия техногенеза-2017. 2017. №18. С. 219-226.
4. Кораго А.А. Введение в биоминералогию. СПб.: Недра, 1992. 280 с.
5. Юшкин Н.П. Биоминеральные взаимодействия. М.: Наука, 2002. 60 с.
6. Мак-Конвэлл Д. Биоминералогия фосфатов и физиологическая минерализация. В сб.: Фосфор в окружающей среде. М., 1977. 767 с.
7. Взаимодействие глинистых минералов с микроорганизмами: обзор экспериментальных данных / Е.Б. Наймарк [и др.] // Журнал общей биологии, 2009. Т. 70. № 2. С. 155-167.

Секция 3. БИОТЕХНОЛОГИИ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 57.087.1

Андряшенкова Д.С., студент,
Калинина Д.Е., студент,
Никипелая В.В., студент
Кирюшина Н.Ю., канд. техн. наук, доцент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

К ВОПРОСУ О БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКЕ ВОЗДУХА

Аннотация: Рассмотрено 3 основных биологических установки для очистки воздуха: биофильтры, биоскрубы, биореакторы. Дано определение каждой из них, указано их строение, функции и роль.

Ключевые слова: очистка воздуха, биофильтр, биоскрубер, биореактор, очистные установки.

Биологические методы очистки газовоздушных выбросов начали применять сравнительно недавно и до сих пор только в ограниченных масштабах. Основой этих методов является способность микроорганизмов разрушать широкий спектр веществ и соединений в аэробных условиях, превращая их в конечные продукты – CO₂ и N₂O.

Микроорганизмы способны утилизировать аммиак, окислять сернистый газ, сероводород и диметилсульфоксид. Образующиеся сульфаты, в свою очередь, могут быть утилизированы другими микробными видами.

Для очистки воздуха на предприятиях применяются три основных типа установок: биофильтры, биоскреберы и биореакторы с омываемым слоем. Из них наиболее перспективными являются биореакторы с омываемым слоем. Эти установки компактны и эффективны для очистки воздуха на предприятиях интенсивного животноводства. Степень очистки воздуха в реакторе с иммобилизованными на активированном угле микроорганизмами от таких веществ, как ацетон, бутанол, пропионовый альдегид и этиловый ацетат, достигает 90 % при удельной производительности установки в размере 10 000 ч⁻¹ [1].

Биореакторы, включающие в себя биофильтры с омываемым слоем, представляют собой прямоугольные емкости, заполненные опилками, корой и прочим наполнителем. Сверху установлены системы подачи питательной жидкости, которая разбрызгивается на наполнитель, а снизу находится поддерживающая слой решетка, через которую поступает загрязненный воздух и выходит отработанная жидкость. Очищенный воздух свободно выводится сверху слоя или собирается в коллекторе.

Биослой реактора состоит из гранул, на которых обитают иммобилизованные микроорганизмы. Этот слой омывается водой со специальными минеральными веществами, необходимыми для развития клеток. Загрязненный воздух проходит через биослой, и вещества, подлежащие деструкции, диффундируют в водную пленку, которая покрывает биокатализаторы, а затем окисляются микроорганизмами. Скорость деструкции может быть ограничена скоростью диффузии веществ из газовой фазы в жидкую, а также скоростью протекания реакций в микробных клетках. Сама скорость диффузии зависит от свойств токсичных веществ и их концентрации. После запуска биореактора с омываемым слоем стационарный режим наступает через 5-10 дней. Если использовать заранее адаптированные микроорганизмы, то этот срок может быть сокращен до нескольких часов.

Периодически, примерно раз в несколько месяцев, биослой очищают от избытка биомассы и наполняют свежими гранулами.

Недостатком таких устройств является их неполная защита от холода и попадания осадков [2, 3].

В качестве другого устройства для очистки газов может использоваться мембранный биореактор, который эффективно удаляет загрязняющие вещества с низкой растворимостью в воде. В этом устройстве газовый поток отделяется от жидкости специальной

микропористой мембраной, которая пропускает только загрязняющие вещества.

Жидкая среда в мембранным биореакторе насыщена питательными элементами, и на нее накладываются микроорганизмы, способные разрушать токсичные вещества. Органические соединения и кислород переносятся из газовой фазы к мембране. Проходя через мембрану, вещества разлагаются микроорганизмами, которые либо иммобилизованы на мембране, либо находятся в жидкой среде. Жидкая фаза поддерживается в резервуаре, куда постоянно поступают кислород и питательные элементы, и поддерживаются постоянной температурой и pH. Мембранные могут быть гидрофобными или гидрофильными [4].

Биофильтр – это реактор неподвижного слоя, который используется для очистки воздуха или воды, имеющий биологическое воздействие. Основная цель биофильтра — это фильтрация газообразных примесей и растворенных вредных веществ, а не твердых частиц. Идея очищения отработанного воздуха биологическим способом возникла еще в 1970-х годах, но была применена в практике только в 1980 году благодаря интенсивным исследованиям ученых [5].

Биофильтрация представляет собой относительно простой и экономичный процесс очистки отработанного воздуха от летучих органических соединений и неприятных запахов. В результате этого процесса микроорганизмы разлагают вредные и запаховые вещества на безопасные продукты, такие как углекислый газ и вода. Биофильтры обычно используются в основном для очистки воздуха, но также могут применяться для очистки сточных вод по аналогичному принципу [6].

Весь процесс заключается в том, что микроорганизмы, используя кислород, превращают вредные вещества в углекислый газ и воду. Это происходит в результате реакции распада материи, которая может происходить только тогда, когда вредные вещества переходят из газообразного состояния в жидкое, где микроорганизмы могут существовать.

Существует несколько разновидностей биофильтров в зависимости от способа их эксплуатации и области применения, таких как плоские рукавные, контейнерного типа, для колодцев, этажные, сотовые и башенные. Однако все они используют какой-либо фильтрующий материал для прохождения отработанного воздуха [5].

В процессе эксплуатации биофильтра основной проблемой является поддержание оптимальной влажности фильтрующего слоя, чтобы избежать его пересыхания или чрезмерного увлажнения, и тем самым обеспечить равномерный проход загрязненного воздуха.

Для достижения этой цели, в первую очередь, применяется капсуляция биофильтров. К недостаткам этих устройств можно отнести большие размеры занимаемой площади, затраты на энергию для повышения давления и необходимость дополнительного орощения. Однако в сравнении с другими методами, такими как ионизация воздуха с использованием ионизирующих труб, постоянный биологический процесс очистки с помощью биофильтров более выгоден благодаря экономии СО₂ и множеству экономических преимуществ, таких как низкие затраты на приобретение, долгий срок службы и низкие производственные издержки.

Основное применение устройств биологической фильтрации — это очистка воздуха от неприятных запахов. Микробиологический распад веществ, вызывающих запах, на углекислый газ и воду, происходит при обычных температурах, поэтому нет необходимости в дополнительной энергии и добавках. Следовательно, издержки производства в этом процессе очень незначительны. Во многих отраслях биофильтрация становится неотъемлемой частью технического оснащения производства [6].

Биоскруббера являются еще одним видом систем контроля загрязнения воздуха, применяемых для очистки вредных веществ из промышленных газов перед их выбросом в окружающую среду. Основной метод, используемый в биоскрубберах, основан на использовании микроорганизмов, в основном *Acidithiobacillus thioxidans* [7].

Процесс очистки воздуха в биоскрубберах осуществляется в две стадии в двух разных установках. На первом этапе (в абсорбере) поглощаются токсические вещества, присутствующие в воздухе, а также растворяется кислород в водной среде. В результате очистки выходит очищенный воздух, а загрязненная вода направляется на дальнейшую очистку. Используются различные типы абсорбера (барботажные, насадочные, распылительные, форсуночные и т. д.), целью усовершенствований которых является увеличение площади контакта между газовой и жидкой фазами, что определяет эффективность поглощения. На второй стадии загрязненная вода поступает в аэротенк, где происходит ее регенерация. Очистка воды в аэротенке происходит с использованием обычной схемы с участием кислорода. В процессе очистки сложные органические вещества окисляются микроорганизмами, образующими активный ил, в конечном итоге превращаясь в биомассу [7].

Биоскруббера имеют ряд преимуществ: они подходят для очистки водорастворимых соединений, облегчают контроль биологического

процесса благодаря составу жидкой среды и не накапливают вредные продукты, оказывающие негативное воздействие на микроорганизмы. В биоскруберах время, необходимое микроорганизмам для роста, меньше по сравнению с биофильтрами. Однако недостатком биоскруберов является их высокая стоимость, поскольку требуется обслуживание двух систем: одной для поглощения загрязнений, а другой для разложения загрязняющих веществ, что делает их менее экономичными по сравнению с биофильтрами [8].

Таким образом, использование биофильтров, биоскруберов и биореакторов с омываемым слоем является достаточно эффективным способом для очистки воздуха от различных загрязняющих веществ, при этом, не нанося вред окружающей среде. Очистка газовоздушных выбросов данными установками является достаточно перспективным направлением.

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Библиографический список

1. Волова Т.Г. Биотехнология. Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения Российской Академии наук, 1999. 252 с.
2. Сазонова И.А., Щербаков А.А. Биотехнология защиты окружающей среды: краткий курс лекций для бакалавров IV курса направления подготовки 19.03.01 «Биотехнология». Саратов: ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2016. 51 с.
3. Модульный биофильтр для очистки газов: пат. 197539U1 Рос. Федерация № 20200513 / Б.Е. Рябчиков, А.Ю. Савочкин, С.Ю. Ларионов; заявл. 09.12.2019; опубл. 13.05.2020, бюл. №8. 4 с.
4. Ксенофонтов Б.С. Основы микробиологии и экологической биотехнологии: учеб. пособие М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2019. 221 с.
5. Flemming H.C., Wingender J. Nature Reviews Microbiology // Open Access Library Journal. 2015. №4. С. 8-9.
6. Joseph S. Devinny, Marc A. Deshusses, Todd S. Biofiltration for Air Pollution Control. Boca Raton: Lewis, 1999. 299 с.
7. Gayatri Talakkula. Air Treatment Technologies: Bioscrubbers and Biofilters. URL: <https://www.tutorialspoint.com/air-treatment-technologies-bioscrubbers-and-biofilters> (дата обращения: 15.03.2024).
8. Загоскиной Н.В., Назаренко Л.В. Основы биотехнологии: учебник и практикум для среднего профессионального образования. Москва, 2024. 384 с.

УДК 628.3

Антиофеева Е.С., ст. преподаватель,
Лупандина Н.С., канд. техн. наук, доцент,
Локтионова Е.В., аспирант,

Енгамбе Ф.И., студент

(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ОБЗОР МЕТОДОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация: в данной статье представлен анализ различных методов, применяемых для биологической очистки сточных вод, включая активационный и биологический ил, мембранные биореакторы, биологическую фильтрацию и другие. В аннотации представлен обзор основных принципов и эффективности данных методов, их преимуществ и недостатков, а также возможных областей их применения. Результаты исследования могут использоваться для оптимизации процессов очистки сточных вод с целью улучшения качества окружающей среды и обеспечения устойчивого водопользования.

Ключевые слова: сточные воды, биологическая очистка, микроорганизмы, активный ил, биопленка, аэробная очистка воды, аэробная очистка воды.

Один из самых острых экологических вопросов, стоящих перед человечеством, связан с очисткой сточных вод. Существует три основных группы сточных вод: производственные стоки, бытовые стоки и атмосферные стоки. Производственные стоки включают в себя воду, использованную в процессах производства, изготовлении различных устройств и получении материалов. Бытовые стоки возникают из санитарных узлов производственных и жилых помещений. Атмосферные стоки включают дождевые воды и талый снег [1].

Наибольшие проблемы вызывают бытовые и производственные стоки. За последние годы многие предприятия перешли на использование воды по закрытой технологии, которая позволяет повторно использовать воду и снижает ее потери и воздействие на окружающую среду. Однако для бытовых стоков подобные технологии не так широко применяются из-за несоответствия стандартам качества воды, предназначенной для бытового использования. Обычно после очистки бытовые стоки сбрасываются в водный резервуар, находящийся ниже по уровню от места взятия воды [2].

Согласно статистическим данным, ежедневно в РФ сбрасывается примерно 1,5 миллиона кубических метров жидких бытовых сточных вод [3].

Анализ состава этих сточных вод показывает, что 85% его состава состоит из органических отходов человеческой деятельности. Очистка бытовых сточных вод обычно осуществляется последовательно согласно распространенной цепочке, что можно увидеть на рис. 1.

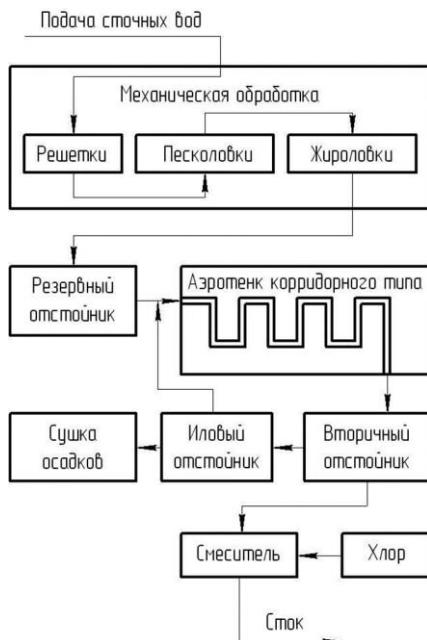


Рис. 1. Схема очистки сточных бытовых вод.

Биологическая очистка превосходит другие методы по ряду преимуществ. Микроорганизмы осуществляют полное разложение бытовых стоков до нейтральных продуктов, таких как газ и вода, способствуя круговороту веществ в природе. Этот подход отличается тем, что не приводит к извлечению или превращению загрязнений в другие формы, обеспечивая практически безотходное производство. Кроме того, биологические методы обычно более экономичны, поскольку, за исключением начальных капитальных вложений, требуют минимальных эксплуатационных расходов. Дополнительно, основной

рабочий компонент – активный ил, при благоприятных условиях может самовоспроизводиться [4].

В биологической очистке воды применяют методы аэробной и анаэробной очистки в зависимости от протекающих процессов. Сооружения искусственной биологической очистки могут включать как аэробные, так и анаэробные системы. По характеру используемых биоценозов эти сооружения можно классифицировать на системы с активным илом, с биопленкой и комбинированные (рис. 2).

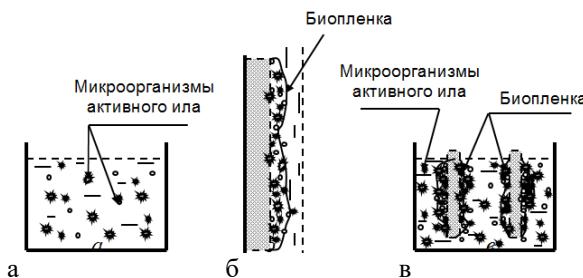


Рис. 2. Принципы функционирования аэробных методов очистки:
а – с активным илом (аэротенки); б – с биопленкой (биофильтры),
в – с активным илом и биопленкой (биотенки).

Классификация искусственных методов аэробной очистки представлена на рис. 3.

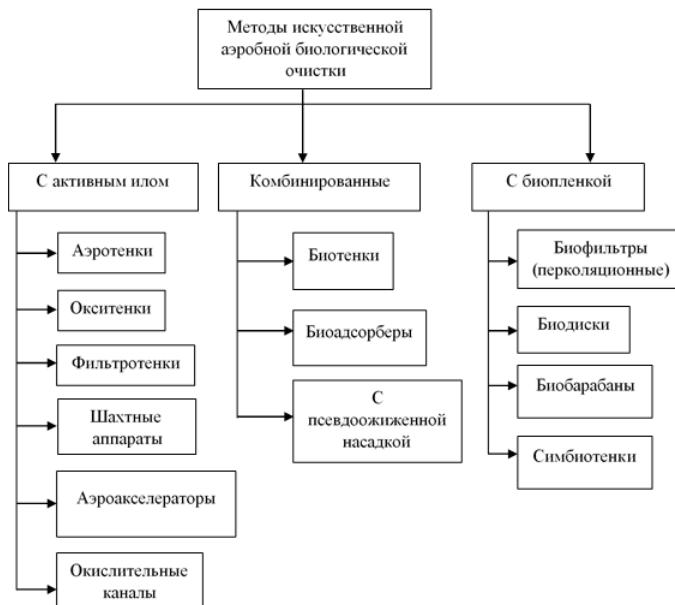


Рис. 3 Искусственные методы биологической очистки.

Аэробная очистка воды

Метод аэробной биологической очистки воды основан на высоком содержании кислорода в сточных водах, что обеспечивает необходимую среду для жизнедеятельности аэробных бактерий. В результате происходит очистка сточных вод с образованием углекислого газа и воды, а также увеличивается активный ил, представляющий собой бактерии и многоклеточные организмы.

«Рабочий процесс» при этом методе происходит в специальных сооружениях, называемых аэротенками, где происходит разложение загрязнений на биохимические элементы под воздействием бактерий.

Важным условием для успешной аэробной очистки воды является наличие в сточных водах биогенных элементов, таких как азот, фосфор, железо, сера и щелочи. При соблюдении определенных условий возможно даже разложение химически устойчивых органических загрязнителей [5].

Анаэробная очистка воды

Метод анаэробной биологической очистки не только применяется для очистки воды, но также для обезвреживания осадков и осуществляется без использования кислорода. Этот процесс

происходит в специальных сооружениях, называемых метантенками, и может применяться при высокой концентрации загрязнений.

Суть анаэробного метода заключается в том, что в результате брожения или ферментации происходит выделение метана. Этот процесс максимально приближен к естественным процессам, аналогичным происходящим в природе, например, в болотах. Метан, в свою очередь, является конечным продуктом разложения органических веществ.

Эффективность анаэробной очистки зависит от строгого соблюдения последовательности "рабочих фаз" процесса. Первая стадия - гидролиз, которая представляет собой разложение сложных углеводов на простые составные части и воду. Вторая стадия - преобразование сложных органических соединений в простые формы. Третья стадия - окисление и выделение метана. Эта последняя стадия критически важна для процесса, поскольку качество и скорость окисления определяют конечный результат - образование метана и углекислого газа [6].

Биологическая очистка сточных вод считается на сегодняшний день одним из наиболее эффективных и экологически безопасных методов. Она обеспечивает высокую степень очистки и химическую безопасность по сравнению с альтернативными методами. Тем не менее, эффективность этого процесса во многом зависит от размера флоккул активного ила. Поэтому создание методов, способных эффективно изменять размеры флоккул в кратчайшие сроки до оптимальных значений для достижения наибольшей активности, остается актуальной задачей в области водоочистки.

Библиографический список

1. Круглова М. И., Анисина О. В. Биологическая очистка сточных вод //Актуальные проблемы ветеринарной медицины. 2018. С. 148-151.
2. Акимова А., Кидибаева А. Ю. Роль биологического метода очистки сточных вод //Экономика и социум. 2023. № 6-2 (109). С. 646-649.
3. Development of technology for biological treatment of oily wastewater with a consortium of microorganisms, microalgae and aquatic plants / G.I. Yernazarova [et al.] //Вестник Карагандинского университета. Серия: Биология. Медицина. География. 2021. Т. 102. №. 2. С. 30-36.
4. Василенко Т. А., Харед М. А. Применение осадка механической и биологической очистки бытовых и производственных сточных вод в качестве удобрения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. 2016. № 6. С. 211-219.
5. Решетникова О. В., Иванова И. В. Аэробная биологическая очистка сточных вод //Редакционная коллегия: ОВ Виноградов, ЖЛ Демида. 2022. С. 342.

6. Ширтанова Ю. В. Интесификация анаэробной стадии биологической очистки сточных вод //Вестник магистратуры. 2016. № 11-1 (62). С. 14-16.

УДК 504.064

**Базаева Д.С., студент,
Иванова В.В., студент,
Лунёва А.А., студент,**

Кирюшина Н.Ю., канд. техн. наук, доцент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ОЧИСТКА ЗАГРЯЗНЕНИЙ, ВЫЗВАННЫХ ДВИГАТЕЛЯМИ, С ПОМОЩЬЮ МИКРООРГАНИЗМОВ

Аннотация: одним из направлений очистки технологических газов являются биологические методы в биореакторах, биоскрублерах и биофильтрах. Их использование позволяет значительно снизить нагрузку на окружающую среду.

Ключевые слова: двигатель, загрязнение, биотехнологическая очистка, окружающая среда, фильтр.

Двигатель – это энергосиловая машина, преобразующая какую-либо вид энергии в механическую работу, которая используется в рабочих машинах. Различают первичные и вторичные двигатели. К первичным относятся двигатели, которые преобразуют энергию природных ресурсов, таких как вода, ветер, топливо, в механическую энергию. К ним относятся: двигатель внутреннего сгорания, гидравлическая турбина. Наибольшую группу среди первичных двигателей составляют тепловые двигатели, использующие топливо различного агрегатного состояния или ядерную энергию. Вторичные двигатели получают энергию от первичных двигателей или от преобразователей и накопителей энергии. К таким преобразователям относятся: солнечные батареи, пружинные механизмы и другие. Различают двигатели стационарные, то есть установленные неподвижно, и передвижные – перемещающиеся на транспортных средствах или работающие в их приводах. Двигатели характеризуются эффективной мощностью и высоким коэффициентом полезного действия [1].

Наиболее высокий выброс загрязняющих веществ осуществляется тепловыми двигателями. Тепловая машина – такой тип двигателя, который преобразует тепло в полезную работу. Он

состоит из трех элементов: нагревателя, холодильника и рабочего тела. Работа теплового двигателя основана на способности веществ расширяться при повышении температуры. В качестве рабочего тела в этом двигателе используется газ, который нагревается за счет сжигания топлива [2].

Основная причина загрязнения воздуха состоит в чрезмерном и неполном сгорании топлива [3]. Вредные вещества, выделяемые транспортными средствами, влияют на количество, режим и скорость движения. Также это зависит от скорости движения автомобилей, поскольку с увеличением скорости выброс оксидов азота увеличивается в 1,5-2 раза, а содержание неорганических веществ увеличивается в 1,2 раза. Помимо этого, выбросы автомобилей негативно влияют на дыхательные пути человека, попадая в нижние слои атмосферы. Например, в городе около 500 тысяч автомобилей, каждая из которых использует 200 литров кислорода для сжигания 1 кг бензина. Это больше, чем количество кислорода, которое человек потребляет за день. В среднем автомобиль сжигает 1,5-2 тонны топлива и 20-30 тонн кислорода в год на расстоянии 15 тысяч километров [4].

Большинство автомобилей работает на бензиновых и дизельных двигателях, сжигающих нефть, ради движения автомобиля. Вещества, образующиеся при сгорании нефти – загрязнители атмосферы, в частности, твердые частицы и летучие органические соединения. Они скапливаются в атмосферном воздухе, в большом количестве, особенно в крупных городах.

Наибольшее количество загрязняющих веществ выбрасывается именно при разгоне автомобиля, так как в этот момент двигатель потребляет наибольшее количество топлива, а значит, выбросы выхлопных газов наиболее интенсивны. Относительная доля углеводородов и оксида углерода от общей массы выбросов наиболее высока при торможении и на холостом ходу.

Так же от автомобилей, в частности из-за работы двигателей, в воздух попадают и твердые частицы, например, кусочки шин, образованные при резком торможении автомобиля. При этом наибольшее негативное влияние на атмосферный воздух идет именно от них, а не от газов, выделяемых при сгорании топлива. В момент торможения трение между дорожным покрытием и шинами автомобиля достаточно велико, что и приводит к истиранию колодок, дисков сцепления машин, износу резины и поверхности дорог. Все это сопровождается попаданием в воздух мелких частиц резины и металлов, а также крупиц асфальта. Эта мелкая пыль остается в воздухе над загруженными дорогами в большом количестве. Также этот процесс

истириания является причиной плохого качества дорожного покрытия, которое постоянно разрушается из-за больших перепадов температур, ведь трение так же повышает температуру как самой машины, так и асфальтного покрытия [5].

Всего в выхлопных газах обнаружено более 280 компонентов. По своим химическим свойствам и характеру воздействия на организм человека вещества, подразделяются на несколько групп.

В группу нетоксичных веществ входят азот, кислород, водород, водяные пары, а также диоксид углерода. Группу токсичных веществ составляют: оксид углерода, оксиды азота, многочисленная группа углеводородов, включающая парафины, олефины, ароматики и другие. Также присутствуют альдегиды и сажа.

Особую группу составляют канцерогенные полициклические углеводороды (ПАУ), в том числе - наиболее активный бензапирен, являющийся индикатором присутствия канцерогенов в отработавших газах.

Влияние отдельных компонентов на организм человека изучено довольно полно. Практически для каждого компонента установлена ПДК. Учитывая все это, необходимым является нахождение методов и способов, как уменьшения токсичности, так и полной нейтрализации выхлопов двигателей внутреннего сгорания [6].

Для очистки воздуха используются различные технологии, включая механический, химический и физико-химический методы. Некоторые из этих методов включают термический дожиг, каталитическую очистку, озонирование и газоразрядный катализ.

Существуют несколько методов ликвидации загрязнений от продуктов сгорания бензиновых ДВС, в том числе использование альтернативных топлив, в особенности в тепловозных и судовых дизельных установках, а также стационарных дизельных генераторах каталитических нейтрализаторов, в том числе из палладия, приготовленных методом микродуговой оксидации и каталитических покрытий поршня. Однако полностью избавиться от выбросов не представляется возможным, поэтому при попадании вредных веществ в почву, в водную среду и в приземный слой атмосферы используют биологические методы очистки.

Биологические методы подразумевают использование углеводородокисляющих и других микроорганизмов (УОМ), которые способны разлагать продукты сгорания до безопасных минеральных соединений. В различных источниках имеется описание 22 родов бактерий, 31 рода микроскопических грибов и в том числе 19 родов дрожжей, выделенных из почвенных экосистем. Из морской среды

обитания выделено 25 родов бактерий и 27 родов микроскопических грибов. В их числе: бактерии (*Bacillus*, *Clostridium*, *Escherichia* и др.), мицелиальные грибы (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor* и др.), дрожжи (*Candida*, *Saccharomyces*, *Trichosporon* и др.), цианобактерии (*Microcoleus*, *Oscillatoriam*, *Plectonema* и др.).

Для биологической очистки воздуха применяют наиболее прогрессивный метод очистки воздуха – биоремедиацию [7]. Он сочетает в себе преимущества абсорбционной очистки и биологической деградации загрязняющих веществ. Загрязненный воздух улавливается и фиксируется в растворе, который затем минерализуется в аппарате типа биореактора до состояния естественного аналога. Абсорбер с подвижной насадкой, постоянно орошаемой абсорбентом на основе воды, позволяет проводить процесс стабильно и эффективно даже при изменении нагрузок по объему очищаемого воздуха и степени загрязнения вредными веществами, поэтому позволяет улавливать даже довольно крупные частицы. Характер загрязнителей мало влияет на эффективность работы аппарата, поскольку проводится тщательный подбор состава абсорбента и технологии его регенерации. Раздельная регенерация абсорбционного раствора позволяет обрабатывать кислые, щелочные и неорганические соединения [8]. Абсорбционно-биохимический метод широко используется для очистки воздуха от токсичных органических веществ, таких как фенол, формальдегид, метанол, триэтиламин, летучие органические соединения (ЛОС) и спирты, и может заменить другие известные методы очистки, поэтому и является наиболее эффективным в очистке воздуха от загрязнений, вызванных работой ДВС и работой автомобилей в целом [9].

Использования биотехнологических методов не требует больших трудовых затрат и расходов на обслуживание оборудования, а также практически не имеют побочных продуктов, требующих дополнительной обработки. В сравнении с другими методами, биотехнологические, применимы во всех сферах деятельности, поэтому и приобретают всё большую мировую известность.

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Библиографический список

1. Двигатель. Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/dvigate1/> (дата обращения: 12.03.2024).
2. Тепловые машины и их влияние на окружающую среду [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cleanbin.ru/problems/heat-machines/> (дата обращения: 12.03.2024).
3. Загрязнение окружающей среды двигателями внутреннего сгорания [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://studfile.net/preview/> (дата обращения: 12.03.2024).
4. Аятхан М.А., Бахытхан Ж. Анализ влияния отходов автотранспорта на экологию// Наука и реальность. 2021. № 1 (5). С. 59 -62.
5. Пепина Л.А., Созонтова А.Н. Загрязнение атмосферного воздуха автомобильно-дорожным комплексом // ALFABUILD. № 1 (1). 2017. С. 99-110.
6. Демченко О.Н. Пути уменьшения вредности отработавших газов карбюраторных двигателей. М.: НИИНавтопром, 1966. 235 с.
7. Леончук Я.С., Белогуров Ю.Н., Булавин А.В. Анализ методов очистки газовых выбросов двигателями внутреннего сгорания // Донецкий национальный технический университет. 2020. С. 594-602.
8. Как микробы помогают очищать воздух от токсичных выбросов // Минск Новости [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://minsknews.by/kak-mikroby-pomogayut-ochishhat-vozduh-ot-toksichnyh-vybrosov-promyshlennyyh-predpriyatiy/> (дата обращения: 12.03.2024).
9. Александров А.Ю. Характеристика штаммов микроорганизмов, участвующих в процессе биоремедиации // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. 2009. № 1. С. 231-237.

УДК 661.123

Белых А.А., магистрант,
Василенко М.И., канд. биол. наук, доцент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

НЕКОТОРЫЕ ОПАСНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ЖИДКИХ ОТХОДОВ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Аннотация: Проведен анализ основных растворителей, используемых в фармацевтических производствах при получении лекарственных средств; представлены их основные характеристики, включая токсичность и воздействие на людей.

Ключевые слова: лекарственные средства, органические растворители, токсичность, предельно допустимое содержание, воздействие на живые системы.

Как известно, органические растворители - это огромная группа углеводородов. К ним относятся группы жирного и алифатического ряда и их производные (спирты, эфиры, бензол и т.д.). Они используются для обезжиривания поверхностей, при покрасочных работах, как растворители в органическом и фармацевтическом синтезе и т.д.

Общее количество растворителей, расходуемых за год в нашей стране, приближается к 0,5 млн. т. Остаточные концентрации этих соединений в составе промышленных сточных вод или газовоздушных выбросов наносят огромный урон окружающей среде.

В сложном химическом синтезе лекарственных средств с уникальными целебными свойствами широко используются органические и неорганические химические вещества. В фармацевтической промышленности органические растворители используют либо в химическом синтезе сырья для лекарственных препаратов, либо в целях аналитического контроля получаемых промежуточных субстанций, а также создаваемых на их основе непосредственно лекарственных препаратов.

Огромное количество органических растворителей идет на процессы синтеза создаваемого сырья и проведение процедуры его аналитического контроля. После производства необходимой субстанции из неё удаляют органические растворители, так как их присутствие в составе лекарства должно быть исключено в силу токсичного влияния на организм.

Токсичность – способность химических веществ вызывать нарушение физиологических функций живого организма, в результате чего возникают симптомы его интоксикации, а при тяжелых поражениях – гибель [1].

Основной характеристикой токсичности вещества является величина токсической дозы – количества вещества, отнесенного к единице массы животного или человека, вызывающее определенный токсический эффект. Одним из показателей токсичности является средняя смертельная доза ($ЛД_{50}$, мг/кг). Оценить токсичность соединения можно также, сравнивая фактическую его концентрацию с установленной предельно допустимой концентрацией (ПДК) [2].

Среди используемых в фармацевтических производствах растворителей особенной востребованностью отличаются ацетонитрил, метанол, бензол, диэтиламин, изопропанол, толуол.

Ацетонитрил (CH_3CN) – аprotонный полярный органический растворитель, который в промышленности используется чаще всего при производстве фармацевтических препаратов и фотопленки

К уникальным свойствам ацетонитрила можно отнести:

- способность смешиваться с водой, этиловым спиртом, диэтиловым эфиром, ацетоном, и другими органическими растворителями (кроме углеводородов);
- способность образовывать азеотропные смеси с водой, бензолом, этанолом, этилацетатом, многими алифатическими углеводородами.

Благодаря этим свойствам, ацетонитрил нашел широкое применение в аналитической химии, в первую очередь, в обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), в жидкость-жидкостной экстракции (ЖЖЭ), твердофазной экстракции (ТФЭ) и микротекстракции [2].

Метанол (CH_3OH) – органическое вещество, ряда одноатомных спиртов. Бесцветная жидкость с характерным запахом, неотличимым от запаха этилового спирта. Опасный для человека яд [3].

В фармацевтической отрасли метанол используется в качестве растворителя для многих лекарственных препаратов. Он обладает высокой растворимостью и способностью эффективно перемешиваться с другими веществами. Это позволяет улучшить растворимость и стабильность лекарства, а также обеспечить достаточную концентрацию активного вещества для достижения нужного терапевтического эффекта. Преимуществами использования метанола в фармацевтике являются его низкая стоимость и широкая доступность.

Бензол – органическое вещество, давшее название целому классу бензольных соединений (ароматических углеводородов), содержащих «бензольное кольцо». Он хорошо растворяется в углеводородах и большинстве органических растворителей, например, в бензине; слабо растворяется в воде, но горюч и взрывоопасен [4].

Диэтиламин – органическое соединение, производное амиака; относится к классу аминов (вторичный амин, содержащий два этильных радикала); структурная формула - $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$.

В химических реакциях диэтиламин проявляет выраженные основные свойства: взаимодействует с неорганическими и органическими кислотами с выделением солей; вступает в реакции с сильными щелочами, сероуглеродом, кислородом, солями, ангидридами карбоновых кислот, хлорангидридами, алкилгалогенидами, диметилсульфатом.

Изопропанол – вторичный спирт алифатического ряда. Способен образовывать различные эфиры, вступает в реакцию с активными металлами, при конденсации с ароматическими соединениями из него получают изопропилбензол. Изопропанол является отличным растворителем и сам растворяется в бензole и ацетоне, а с водой и

органическими растворителями смешивается в любых пропорциях.

Толуол обладает рядом преимуществ перед другими растворителями, включая низкую стоимость по сравнению с альтернативными растворителями, такими как ацетон или минеральные спирты, имеет отличные эксплуатационные характеристики и относительно низкую токсичность; способен растворять многие органические соединения, нерастворимые в водных растворах, отличается широким спектром применения.

В целом, толуол является экономичным решением для многих промышленных процессов благодаря своей универсальности в различных отраслях промышленности в сочетании с его экономичностью по сравнению с альтернативными растворителями, представленными на современном рынке.

Предельная концентрация в лекарственных средствах перечисленных выше веществ обуславливается максимально допустимым количеством, которое принимается вместе с суточной дозой лекарственного препарата [4].

Ацетонитрил, метанол, бензол, диэтиламин, изопропанол, толуол относятся к растворителям, которые не влияют на генную структуру организма.

Существует основное правило при определении содержания остаточных концентраций органических растворителей в лекарственных средствах: все остаточные органические растворители второго класса опасности должны быть идентифицированы, и каждый из них должен быть определен количественно.

Если анализ на остаточные органические растворители необходим для определения качества входящего сырья, либо полупродукта, то его проводят в соответствии с нормативной документацией.

Величины предельно допустимого содержания основных остаточных органических растворителей в лекарственных средствах представлены в табл. 1 [5].

Таблица 1. Предельно допустимые концентрации (ПДК) органических растворителей в лекарственных средствах

Растворитель	Предельное содержание, мг/сут	Предельное содержание, ppm
Ацетонитрил	4,1	410
Метанол	30,0	3000
Бензол	-	2
Диэтиламин	-	5
Изопропанол	-	3
Толуол	8,9	890

Летучесть органических растворителей обуславливается их низкой температурой кипения. Чем она ниже, тем большие концентрации паров растворителя будут находиться в воздухе.

Ароматические углеводороды часто вызывают тяжелые и необратимые поражения жизненно важных органов. Прежде всего, они оказывают на организм наркотическое воздействие. Симптомы данного воздействия следующие: возбуждение, нарушение координации движений, легкое опьянение. Далее наступает угнетенное состояние, сонливость, головокружение, появляются головные боли, учащается пульс. В случаях острого отравления может произойти потеря сознания или даже смерть пострадавшего.

Помимо наркотического воздействия, вещество может обладать раздражающими свойствами. Тогда к симптомам добавляются следующие: светобоязнь, жжение в горле, воспаление глаз. Если контакт с отравляющим веществом был достаточно долгий, но концентрации его были не велики, то может развиться хроническое отравление. Его главными признаками являются: сонливость, потеря аппетита, потеря в весе.

Нередко растворители оказывают влияние на сердечно-сосудистые функции организма. В зависимости от специфичности отравляющего вещества, у человека возможны поражения тех или иных органов или систем органов [6].

В заключении можно сказать, что далеко не всегда при производстве субстанций из неё удается полностью удалить органические растворители, участвовавшие в синтезе. Поэтому, перед тем как сырье пустить на дальнейшую переработку, его тщательно проверяют на наличие вредной остаточной органики.

Важно проводить обучение и информирование сотрудников,

работающих с остаточными органическими растворителями, о правилах безопасности и правильной утилизации этих веществ. Это поможет снизить риск возникновения аварийных ситуаций и минимизировать воздействие на здоровье персонала и окружающую среду.

Библиографический список

8. Вредные химические вещества. Азотосодержащие органические соединения: Справочник / Т.П. Арбузова [и др.] / Под ред. Б.А. Курляндского, В.А. Филова. СПб.: Химия, 2012. 432 с.
9. Спутник хроматографиста. Методы жидкостной хроматографии / О.Б. Рудаков [и др.]. Воронеж: Водолей, 2004. 528 с.
10. Рудаков О.Б. Растворитель как средство управления процессом в жидкостной хроматографии. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2003. 300 с.
11. Кропачева Т.Н. Неводные растворители в химическом анализе: учеб.-метод. пособие. Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2021. 52 с.
12. Бурков В.Н. Щепкин А.В. Экологическая безопасность. М.: ИПУ РАН, 2003. 92 с.
13. Охрана окружающей среды / С.В. Белов [и др.]. М.: Высш. шк., 2013. 319 с.

УДК 504.4.504

**Бочарова К.В., студент,
Василенко Т.А., канд. техн. наук, доцент**
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ МИКРОПЛАСТИКОМ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ (ОБЗОР)

Аннотация: Изобретение синтетических полимерных пластиков произвело революцию в нашей повседневной жизни, как в положительную, так и в отрицательную сторону. Пластик стал одним из самых универсальных материалов в истории, трансформировав сферы упаковки, питания, транспорта и одежды. Однако пластиковая революция принесла определенную цену. Загрязнение океана пластиком достигло тревожных масштабов, ежегодно в воды поступает около 9,5 млн тонн новых пластиковых отходов. Это катастрофически влияет на морскую биоту, нанося ущерб хрупким экосистемам, от которых мы зависим. Кроме того, широкое распространение пластикового загрязнения в океанах быстро превращается в опасность для здоровья человека.

Ключевые слова: микропластик, океан, загрязнение, биота, экосистема, здоровье человека.

С 1950 по 2020 год было произведено колоссальное количество пластика – около 9 миллиардов тонн. Однако ошеломляющим остается тот факт, что лишь 9 % из них были переработаны, а 12 % – сожжены. Огромные 79 % пластиковых отходов не были переработаны и оказались на свалках, незаконных мусорных кучах или в окружающей среде. Это порождает серьезную экологическую проблему, особенно с учетом того, что загрязнение пластиком водных объектов вызывает все большую обеспокоенность. Более половины пластиковых отходов попадает в итоге в водные экосистемы, нанося ущерб морской жизни и прибрежным сообществам [1].

Согласно данным Международного союза охраны природы, существует семь основных источников попадания микропластика в окружающую среду: износ автомобильных шин, истирание синтетических тканей, разрушение судовых и морских покрытий, разметка автомобильных дорог, средства личной гигиены, городская пыль и потери гранул пластика на производстве, при транспортировке и переработке. За исключением средств гигиены, большая часть микропластика попадает в природу непреднамеренно в результате истирания, выветривания или случайных разливов. Вторичный микропластик в значительной степени обусловлены неправильным обращением с отходами во время удаления продуктов, содержащих пластмассы [2].

Все синтетические полимерные материалы состоят из смеси макромолекул различной длины цепи. Полиэтиленовые воски – это макромолекулы меньшего размера, от короткой длины цепи. Полиэтиленовые воски являются водорастворимыми, твердыми материалами с температурой плавления выше максимальной температура моря, следовательно, попадают под определение морского микропластикового мусора. Более длинные цепи производят более жесткие материалы, например, полиэтилен [3].

Показано, что при воздействии солнечного ультрафиолетового излучения и механических сил, таких как волны, приливы и отливы, пластмассы уменьшают свой средний молекулярный вес, в результате чего они становятся достаточно хрупкими, что позволяет им рассыпаться на порошкообразные фрагменты (микропластики). Этот процесс также усиливает вымывание химических веществ из пластмасс в воду, тем самым увеличивая токсичность водной среды [4].

Пресноводная среда также подвержена загрязнению микропластиком. Было опубликовано исследование открытой воды на предмет загрязнения пластиком в системе Лаврентийских Великих озер. Образцы были собраны с 21 участка в трех озерах (озера Верхнее, Гурон

и Эри) и были исследованы с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM). Все образцы, кроме одного, содержали пластик [5].

Мелкие частицы искусственных полимеров могут попадать в водные экосистемы в виде гранул или микросфер, образующихся во многих промышленных процессах и продуктах личной гигиены, или в процессе последовательного разложения более крупных пластиковых изделий, в основном в результате действия физических и химических факторов. Микропластик может поступать в водоемы и водотоки из различных точечных и диффузных источников. Диффузные источники (например, пластиковый мусор по берегам) распределены на больших площадях, точечные источники объединяют прямое поступление со сточными водами – канализационными, сельскохозяйственными, ливневыми, промышленными [6].

В арктические моря России значительное количество пластиковых частиц поступает с атлантическими течениями из густонаселенных районов Европы и Америки. В Баренцевом море исследователями обнаружено максимальное количество микрочастиц пластика, составляющее 30 шт./м³. Меньшее количество частиц микропластика найдено в Карском море (9 шт./м³), море Лаптевых (7 шт./м³), Белом море (6,42 шт./м³) и Восточно-Сибирском море (2 шт./м³), несмотря на то, что данные моря являются местом стока крупных рек Европейского Севера России и Сибири (Северная Двина, Обь, Енисей, Лена и др.). Количественный вклад этих рек в загрязнение микропластиком морей Северного Ледовитого океана пока остается неопределенным [7].

Микропластик может находиться на поверхности воды, перемещаться в толще воды и накапливаться в донных отложениях. Это говорит о том, что его влиянию могут быть подвержены организмы, занимающие различные экологические ниши. Живые организмы подвергаются воздействию микропластмассы в морской среде различными путями. Полевые и лабораторные исследования показали, что микропластмасса поглощается и сохраняется в морских организмах, после чего поглощается определенными тканями их организма. Затем происходит перенос микропластмассы из добычи к хищнику, распространяясь по пищевой цепи [8]. Так, например, микропластик был обнаружен в 80 % образцов печени 13 исследованных рыб, выловленных в Средиземном море [9].

Потенциальное воздействие микропластика и его загрязняющих веществ в пищевой цепи, а также последствия для экосистем и потребителей – это основная тема исследований для научных сообществ. Хотя мало известно об их токсичности, исследования

показали, что микропластик может влиять на фитопланктонические виды и питающихся фильтрами двустворчатых моллюсков, которые могут поглощать микропластик в свои ткани [10].

Микропластик интенсивно накапливается в морских и пресноводных объектах по всему миру. Процессы переноса полимеров в поверхностных водах зависят от гидрологических и метеорологических условий. Повышенная устойчивость микропластика к внешним факторам приводит к длительному периоду полураспада, что способствует поступлению и аккумуляции полимеров в организме рыб на разных трофических уровнях. Частицы микропластика в желудочно-кишечном тракте рыб характеризуются сравнительно низким потенциалом накопления, однако его аккумуляция приводит к изменению поведения, повреждению антиоксидантных систем организма, попаданию пластика в ткани, а также механическому закупориванию кишечника [11].

Как показали исследования, проведенные в NCEAS (Национальном центре экологического анализа и синтеза Калифорнийского университета), крошечные частицы пластика (до 1 мм в длину) серьезно ухудшают состояние здоровья и даже могут вызвать массовую гибель морских червей-пескожилов. Ученые оценивали состояние животных в двух аквариумах: в одном вода и грунт содержали пластиковые частицы, а в другом нет. Обитатели в загрязненном аквариуме очень быстро потеряли аппетит и стали заметно менее подвижными по сравнению с контрольной группой. Пескожилы являются важной частью морской экосистемы, так как могут 50 млн тонн 230 млн тон пропустить через свой кишечник до 16 тонн грунта в сутки. А в грунте оседает огромное количество пластиковых частиц. Также пескожилы – частая добыча многих рыб и ракообразных, а человек использует их в качестве наживки [12].

Учеными из Морской лаборатории Плимута (Великобритания) было сообщено о наличии микропластика в организмах черепах. А спустя месяц они обнародовали результаты осмотра 50 мертвых особей морских млекопитающих (дельфинов, тюленей, китов), найденных на побережье Британии. Оказалось, что синтетикой питалось каждое из животных [13].

Данные о негативном воздействии микропластика на представителей водной биоты в России в проанализированной научной литературе отсутствуют. Однако такие сведения были получены зарубежными исследователями в других регионах мира. Установлено связанные с микропластиком нарушение репродуктивного и пищевого

поведения, а также снижение выживаемости у веслоногих ракообразных и у рыб [14].

Поверхности микронанопластика могут служить средой обитания для микробной колонизации и образования биопленок, что позволяет мигрировать оппортунистическим патогенам и инвазивным видам. Последнее может иметь отношение к очистным сооружениям, так как оно может повлиять на функционирование процессов очистки, а также на увеличение переноса бактерий очистных сооружений из этих установок в приемные воды [15].

Загрязнение океанических вод – не единственная проблема, связанная с микропластиком. Молекулы пластмассы могут нарушить не только жизнедеятельность морской биоты, но и самого человека. Процесс превращения природной воды в питьевую предполагает трехэтапную обработку, которая включает в себя: коагуляцию, флокуляцию и фильтрацию. Это происходит, в первую очередь, для удаления спор криптоспоридий из питьевой воды, размер которых достигает лишь 5 Нм. Поэтому водоочистные установки должны удалять микропластик такого же размера, как и споры простейших и предотвратить их попадания в питьевую воду. Однако даже самые современные водоочистные сооружения не всегда способны удалить частицы наименьшего размера, что приводит к попаданию микропластика в питьевую воду [16].

Проблема загрязнения окружающей среды пластиковыми отходами с каждым годом становится все более масштабной и острой. По оценкам экспертов, если не принять срочных мер, то к 2050 году количество пластика в океанах превысит количество рыбы по весу. Уже сейчас из-за попадания микропластика в пищевые цепочки микрочастицами пластика загрязнены практически все организмы в водной среде, включая рыб и моллюсков, употребляемых человеком в пищу.

Библиографический список

1. Ding J. Accumulation, tissue distribution, and biochemical effects of polystyrene microplastics in the freshwater fish red tilapia (*Oreochromis niloticus*) // Environmental pollution. 2018. Vol. 238. P. 1-9.
2. Fan S. Biological effects on the migration and transformation of microplastics in the marine environment // Marine Environmental Research. 2023. Vol. 185. № 3. P. 105-875.
3. Mason S.A., Welch V.G., Neratko J. Synthetic polymer contamination in bottled water // Frontiers in chemistry. 2018. Vol. 6. P. 1-11.
4. Andrady A.L. Microplastics in the marine environment // Marine pollution bulletin. 2011. Vol.62, № 8. P. 1596-1605.

5. Eriksen M. Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea // PloS one. 2014. Vol. 9, № 12. P. 111-113.
6. Франк Ю.А., Воробьев, Е.Д., Рахматуллина, С.Н. Скрининг содержания микропластика в поверхностных водах российских рек // Экология и промышленность России. 2022. Т. 26. № 9. С. 67-71.
7. Ганичев П.А. О влиянии частиц микропластика в питьевой воде на здоровье населения. Обзор // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 9. С. 40-43.
8. Бирицкая С.А., Бухаева, Л.Б., Долинская, Е.М. Изучение влияния частиц микропластика на эндемичных амфипод озера Байкал // Байкальский зоологический журнал. 2022. № 1(31). С. 134-135.
9. Франк Ю.А. Скрининг содержания микропластика в поверхностных водах российских рек // Экология и промышленность России. 2022. Т. 26, № 9. С. 6-71.
10. Lin V.S. Research highlights: impacts of microplastics on plankton // Environmental Science: Processes & Impacts. 2016. Vol. 18. № 2. P. 160-163.
11. Козловский Н.В., Блиновская Я.Ю. Микропластик – макропропроблема мирового океана // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 10. С. 159-162.
12. Якименко А.Л., Блиновская, Я.Ю. К вопросу об изученности микропластика в морской среде // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2015. № 7-2. С. 139-141.
13. Сероус М.И., Сергеева, В.С., Блиновская, Я.Ю. Опыт изучения микропластика в прибрежных водах // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 12-4. С. 148-151.
14. Peng L. Micro- and nano-plastics in marine environment: Source, distribution and threats // Science of the total environment. 2020. Vol. 698. P. 134-254.
15. Синицына О.О. Еремин Г.Б., Турбинский В.В. Загрязнение микропластиком воды – угроза здоровью человека и окружающей среде (обзор литературы) // Анализ риска здоровью. 2023. № 3. С. 172-179.
16. Leslie H.A. Plastic in Cosmetics // Plastic in Cosmetics. 2015. Vol. P. 664-665.

Власова Н.С., магистрант,
Сордонова Е.В., канд. биол. наук, доцент,
Ламажапова Г.П., д-р биол. наук, доцент
(Восточно-Сибирский государственный университет
технологий и управления, г. Улан-Удэ, Россия)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ФИЗИЧЕСКИХ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДЫ ОЗЕРА ГУСИНОЕ В РЕСПУБЛИКЕ БУРЯТИЯ

Аннотация: были изучены физические и микробиологические показатели воды в районе северного побережья озера Гусиное (Селенгинский район Республики Бурятия). Было установлено, что физические показатели воды в основном соответствуют данным, полученным в результате предыдущих исследований, описанных разными авторами. Было подтверждено наличие теплового загрязнения и определено наличие повышенного числа микроорганизмов в одной из точек отбора проб.

Ключевые слова: озеро Гусиное, антропогенная нагрузка, бактерии, качество воды.

В настоящее время вопрос загрязнения поверхностных вод, подверженных мощной антропогенной нагрузке, достаточно актуален, так как вода является важнейшим природным ресурсом. С течением времени нагрузка на водные объекты возрастает, что приводит к загрязнению различной степени, уменьшению биоразнообразия водных экосистем, уменьшению объема чистых водных ресурсов.

Озеро Гусиное – крупный водоем, относящийся к бассейну р. Селенга, крупнейшее озеро на территории Байкальской природной территории после оз. Байкал, относится к малопроточным водоемам с замедленным водообменом [1]. В административном отношении озеро расположено на территории Селенгинского района Республики Бурятия.

Озеро Гусиное является важнейшим объектом водопользования: источником воды для населенных пунктов, расположенных вокруг него, водоприемником сточных вод, природным охладителем для Гусиноозерской ГРЭС и т.д. В то же время озеро имеет особо ценное рыбохозяйственное значение. Оно занесено в Государственный рыбохозяйственный реестр как водный объект высшей рыбохозяйственной категории [2].

Учитывая значение данного водоема, важно сохранить сложившиеся в нем экосистемы и чистоту воды. Для этого необходимо постоянно

проводить мониторинговые исследования, направленные на выявление отклонений от норм различных показателей, установленных на законодательном уровне. Отклонение индикаторной биотической характеристики от некоторой заданной нормы свидетельствует о превышении уровней допустимого воздействия абиотических факторов.

Целью работы явилась оценка физических и микробиологических показателей воды в районе северного побережья озера Гусиное для выявления возможного загрязнения.

Объекты и методы

Объектом исследования является вода северного побережья озера Гусиное. Предметом исследования является микробиологическая индикация возможного загрязнения воды вследствие антропогенного воздействия.

Сбор микробиологического материала проводился в соответствии со стандартными методиками [3]. Пробы воды отбирались с поверхностного горизонта согласно правилам Госстандарта в запланированных точках (участках водного объекта).

Отбор проб воды осуществлялся в 3 точках, расположенных в разных местах:

- точка №1 расположена в районе сбросного канала Гусиноозерской ГРЭС (возможное место загрязнения), координаты 51.291349, 106.481846;

- точка №2 расположена в районе подводящего канала Гусиноозерской ГРЭС (фоновая точка), координаты 51.293231, 106.446964;

- точка №3 расположена в северо-западной части озера (фоновая точка 2), координаты 51.293374, 106.454445.

Расстояние между фоновыми точками составило 520 м.

Климат Селенгинского района резко континентальный с продолжительной и малоснежной зимой и коротким, но жарким летом. Через 0°C среднесуточная температура воздуха переходит весной в первой декаде апреля, осенью во второй декаде октября и держится выше этого предела 190 дней. Через 5 °C температура переходит в конце апреля и начале октября. Переход температуры воздуха через 10°C, характеризующий начало летнего сезона, наступает в конце мая – начале июня. Осень начинается в начале сентября (климатическая характеристика приводится по данным наблюдений метеостанции с. Новоселенгинск [4]).

Отборы проб воды из озера Гусиное были осуществлены в середине апреля, начале сентября и середине октября 2023 года. В апреле озеро

еще достаточно крепко сковано льдом, температура воздуха близка к 0°C, что соответствует в данном регионе холодному сезону, несмотря на календарную весну. В начале сентября сохраняется достаточно теплая погода, продолжается сезон вегетации, температура воздуха незначительно ниже летней. В октябре наблюдается понижение температуры, начинается переходный период. Таким образом, можно говорить о том, что отбор проб пришелся на разные сезонные периоды года.

Погодные условия при отборе проб:

- 15.04.2023 - температура воздуха около 0°C, ветер незначительный, давление 702 мм, солнечно;
- 10.09.2023 - температура воздуха +12°C, ветер незначительный (4-6 м/с), давление 710 мм, во время отбора проб начался небольшой дождь;
- 15.10.2023 - температура воздуха около +7°C, ветра нет, давление 705 мм, солнечно.

Во время отбора проб воды были измерены следующие показатели: температура воды в месте отбора; показатель минерализации воды; электропроводность; соленость воды; сопротивление, количество кислорода, растворенного в воде.

В лаборатории было осуществлено культивирование каждой отобранный пробы в двойной повторности на среде МПА (мясопептонный агар). Исследуемая вода в количестве 1 мл помещалась на поверхность застывшей среды и втиралась в агар стерильным стеклянным шпателем Дригальского. Инкубация посевов осуществлялась в течение трех дней при температуре 37°C.

Результаты и обсуждение

Согласно полученным данным, температура воды приповерхностного слоя в озере в холодное время года в фоновых точках за пределами участков интенсивного антропогенного воздействия составила около 1-2°C, в теплое время – около 18°C, в переходный период – 12-13°C. В точке №1 наблюдалось тепловое загрязнение, температура воды здесь была выше, чем в фоновых точках. Наибольшая разница наблюдалась в зимнее время и составляла 18°C. В данном месте в зимнее время наблюдалась обширная полынь, тогда как в фоновых точках толщина льда достигала 1,0-1,5 м.

В соответствии с Приложением к приказу Министерства сельского хозяйства РФ №552 [5] температура воды не должна повышаться под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод) по сравнению с естественной температурой водного объекта более чем на 5°C, с общим повышением температуры не более

чем до 28°C летом и 8°C - зимой. В точке отбора №1 данное правило не соблюдалось.

Минерализация воды в фоновой точке №2 в зимнее время достигала показателей природных водоемов, отдаленных от антропогенной нагрузки. В остальных точках показатели минерализации были близки к средним многолетним, находящимся на уровне 377-444 мг/дм³ [6]. Показатели минерализации и электропроводности в точке №3 были зафиксированы в диапазоне 435-454, что также выше показателей в точке №2. Наибольшая минерализация отмечалась в апреле.

Значения минерализации и электропроводности в точке №1 были зафиксированы на уровне 440-483 мг/л, причем наивысший показатель был отмечен в зимнее время года. Измеренное удельное сопротивление было незначительно ниже, чем в других точках отбора. По данным показателям можно судить о том, что в точке №1 вода была несколько более насыщена активными ионами, а значит, вода здесь наиболее загрязнена.

В теплое время года показатели минерализации во всех точках были примерно одинаковые, что, возможно, обусловлено более интенсивным перемешиванием водных масс в данный период.

Показатель электрического сопротивления в точках отбора проб варьировал в пределах 2,1-7,8, соленость изменялась в пределах 0-0,2. Колебания в разных точках по сезонам были незначительными. Величина удельного сопротивления в теплое время года в точке №1 не отличалась от величин в остальных точках. Зимой показатель повышался, что говорит о повышении чистоты воды в точке в этот период.

Содержание растворенного кислорода в воде характеризует кислородный режим водоема и имеет важнейшее значение для оценки его экологического и санитарного состояния. В соответствии с Приложением к приказу Министерства сельского хозяйства №552 [5] содержание растворенного кислорода не должно опускаться ниже 6,0 мг/дм³ под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод). В водных объектах высшей рыбохозяйственной категории, к которой относится оз. Гусиное, содержание растворенного кислорода в любой период года не должно опускаться ниже 6,0 мг/дм³.

Согласно показателям, зафиксированным во время отбора проб, количество растворенного кислорода во всех точках находилось в границах указанной нормы. В апреле самое низкое значение показателя наблюдалось в точке №1 – 8,6 мг/л, что может говорить о влиянии сбрасываемой после использования на ГРЭС «отработанной» воды с повышенной температурой. Процент насыщения во всех точках отбора

был близок к равновесному показателю – 100%. В октябре наименьшее значение показателя было зафиксировано в точке №2 (7,2 мг/л и 73%).

Концентрация растворенного кислорода в точке №1 в холодный период ниже, чем в теплое время года, и составляет 8,6 мг/л (99,8%) и 9,4 мг/л (119%) соответственно. В природных водах обычно наблюдается обратное – растворенного кислорода в холодной воде наблюдается больше. Однако, учитывая, что температура воды в данной точке не зависит от природных условий, колебания здесь значения растворенного кислорода могут отличаться от таковых в нормальных условиях. Процент снижения концентрации кислорода в воде, зафиксированный через 2 недели Методом Винклера (отложенные пробы) после отбора в зимнее время, составил около 93%, что может говорить о наличии в пробе большого количества микроорганизмов, потребляющих кислород.

Концентрация растворенного кислорода в точке №2 в холодный период была выше, чем в теплое время года. Процент снижения концентрации кислорода в отложенных пробах составил 40-45%.

Концентрация растворенного кислорода в точке №3 была отмечена на достаточно хорошем уровне. Наименьшее значение составило 10,7 мг/л и 100%. По результатам анализа методом Винклера наблюдалось снижение концентрации растворенного кислорода летом и повышение его к зиме. Наибольший процент снижения концентрации при двухнедельной выдержке проб зафиксирован в летнее время (72,8%), что может указывать на большее количество микроорганизмов в данное время года в исследуемой точке.

При культивировании материала из точки №1 были обнаружены колонии белого, кремового и оранжевого цвета. У всех колоний была круглая форма, края ровные, профиль выпуклый, либо плоский. В зимнее время наблюдалось появление крупных колоний. Преобладали колонии белого цвета. Большее количество микроорганизмов наблюдалось в сентябре (7×10^8 КОЕ), меньшее – зимой (33×10^4 КОЕ).

В результате окрашивания по Граму были определены грамположительные и грамотрицательные бактерии, с преобладанием грамотрицательных. В сентябре отмечалось увеличение числа грамположительных бактерий в рассматриваемой пробе.

При культивировании материала из точки №2 были обнаружены колонии белого, кремового, желтого и оранжевого цвета. У всех колоний была круглая форма. Края колоний были ровные, за исключением одной с волнистыми краями. Профиль колоний наблюдался выпуклый, либо плоский. В зимнее время наблюдалось появление крупных колоний. В зимнее время преобладали колонии

белого цвета, в теплое время года – кремовые. Количество микроорганизмов в пробе из данной точки было значительно ниже количества из точки №1. Больше всего микроорганизмов отмечалось в сентябре (36×10^4 КОЕ), меньше всего – зимой (1×10^4 КОЕ).

В результате окрашивания по Граму были определены грамположительные и грамотрицательные бактерии, с преобладанием грамотрицательных. В сентябре отмечалось увеличение числа грамположительных бактерий в рассматриваемой пробе.

В результате микроскопирования в точках №1 и 2 было определено преобладание палочковидных форм микроорганизмов. В сентябре отмечалось увеличение количества кокков.

При культивировании материала из точки №3 были обнаружены колонии белого и кремового цвета с преобладанием белого. Колонии круглые и гладкие, большая часть колоний имела ровные края. В одном случае края колоний были неровными. Диаметр наиболее крупной колонии составил 0,9 см. В одном случае рост колоний наблюдался на 2-е сутки и еще в одном – только на 3-и сутки. Количество микроорганизмов в среднем составило 12×10^4 КОЕ.

В результате окрашивания по Граму были определены грамположительные и грамотрицательные бактерии, с преобладанием грамотрицательных. В результате микроскопирования были обнаружены колонии, состоящие из нескольких видов бактерий, среди которых преобладали палочковидные формы.

Выводы

В результате исследований были определены следующие критерии:

- измеренные физические показатели среды в местах отбора проб зафиксированы в пределах средних значений по озеру, сопоставимых с данными в литературных источниках. Показатель содержания растворенного кислорода в воде во всех точках находился в пределах нормы. В точке №1 подтвердилось наличие теплового загрязнения, зафиксированного ранее в исследованиях других авторов [7]. Максимальная разница температур по сравнению с фоном составила 18°C и наблюдалась в теплое время года. В холодное время года разница составила около 4°C , в переходный период – около 7°C . В холодное время года и в переходный период в точке №1 зафиксировано превышение норматива по соблюдению температурного режима водного объекта при осуществлении хозяйственной деятельности [5];

- в каждой из точек отбора проб отмечалось наличие микроорганизмов. В фоновых точках в теплый период микроорганизмов было больше в 5-6 раз, чем в холодный. В точке

теплового загрязнения №1 по сезонам отмечалась разница в количестве микроорганизмов в пределах 3-4 порядков;

- количество колоний в точке №1 было больше, чем в точках №2, 3: в холодное время года в среднем в 23 раза, в теплое время года – на 3-4 порядка;

- в составе выращенных колоний отмечалось наличие грамположительных/грамотрицательных бактерий. Преобладали грамотрицательные микроорганизмы, количество которых составило 74% от общего количества в холодное время года и 56% - в теплый период;

- в исследованных пробах преобладали палочковидные бактерии, количество которых в среднем составило 62% от общего числа. В сентябре отмечалось увеличение кокков на 52%.

Библиографический список

1. Экология озера Гусиное / И.М. Борисенко [и др.]. Улан-Удэ, 1994. 199 с.
2. Бобкова Е.А. Рыбоязяйственная характеристика озера Гусиное // Фонды БФ ФГБНУ ВНИРО. 2016. 2 с.
3. ГОСТ 31942-2012 (ISO 19458:2006). Отбор проб для микробиологического анализа. М.: Стандартинформ, 2016, 2019. 23 с.
4. Майстренко М.А. Работы по содержанию Усть-Чикойской ледовой переправы на км 1+156 автомобильной дороги Стрелка – Подлопатки (через улус Зурган-Дэбэ) в Селенгинском районе Республики Бурятия (мероприятия по оценке воздействия на водные биологические ресурсы р. Чикой и среду их обитания): отчет о НИР // Фонды БФ ФГБНУ ВНИРО. 2018 г. 26 с.
5. Приложение к приказу Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. N 552 (с изм. от 12 октября 2018 г., 10 марта 2020 г., 22 августа 2023 г.) «Нормативы качества воды водных объектов рыбоязяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбоязяйственного значения». URL: <https://base.garant.ru/71586774/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> (дата обращения 20.04.2023).
6. State of Lake Gusinoe – A Cooling Pond of the Gusinoozersk GRES Ecological / L.D. Radnaeva [и др.] // Article in Water. 2022. № 14, 4. URL: https://www.researchgate.net/publication/357227256_Ecological_State_of_Lake_Gusinoe-A_Cooling_Pond_of_the_Gusinoozersk_GRES (дата обращения 29.05.2023).
7. Влияние сбросов Гусиноозерской ГРЭС на термический и гидрохимический режим озера Гусиное / Б.З. Цыдыпов [и др.] // Известия Иркутского государственного университета. 2017. № 22. С 135-150.

УДК 579.262

Калёнов С.В., д-р техн. наук, профессор,
Кузьмицкая А.А., аспирант
(Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия)

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ В ПРИСУТСТВИИ ЧАСТИЦ МИКРОПЛАСТИКА

*Аннотация: Пластик – это один из самых распространённых синтетических полимерных материалов на планете. Решение проблем, связанных с глобальным пластиковым загрязнением, в последние годы стало особенно актуальным. Новые области исследований включают в себя изучение влияния микропластика на различные природные и искусственные экосистемы. Загрязнение окружающей среды микропластиком представляет собой как прямую, так и опосредованную угрозу для экологической безопасности и сохранения здоровья человека. В данном исследовании проводились эксперименты по культивированию сообщества микроорганизмов *Microbacterium aigut* и *Brevundimonas bullata* в жидкой питательной среде, содержащей микрочастицы полиэтилентерефталата (ПЭТФ).*

Ключевые слова: микропластик, полиэтилентерефталат, биодеградация пластика.

Мировое производство пластмассовых изделий постоянно увеличивается, что обусловлено всё возрастающими потребностями человечества. С 1950 по 2020 г. на Земле было произведено почти 9 млрд тонн пластика. Согласно статистическим данным, лишь 9% этого объёма было переработано, 12% сожжено, а оставшиеся 79% не были подвергнуты переработке и находятся на полигонах твёрдых бытовых отходов, нелегальных свалках или в природной среде.

Термин «микропластик» впервые появился в научной литературе в 2004 г. благодаря биологу Ричарду Томпсону. Микропластик представляет собой пластиковые частицы размером менее 5 мм. При воздействии солнечного ультрафиолетового излучения и механических сил пластмассы уменьшают свой средний молекулярный вес, что приводит к их разрушению до более мелких фрагментов. Такие более мелкие фрагменты пластика постепенно становятся достаточно хрупкими и могут рассыпаться на порошкообразные частицы. Так образуется микропластик [1, 2].

Микрочастицы и волокна пластика находят в прибрежных поверхностных отложениях, в пелагических зонах, в пресных водах, в почвах и даже в водопроводной воде. Микропластик, содержащийся в

воде, способен адсорбировать различные загрязняющие вещества, такие как пестициды, фармацевтические препараты, средства личной гигиены, металлы и микроорганизмы, и переносить их в различные экосистемы [1, 3].

Полиэтилентерефталат (ПЭТФ), благодаря своим превосходным физическим и химическим свойствам, широко используется, например, в текстильной промышленности, а также в качестве упаковочных материалов и бутылок для напитков. Однако значительное количество ПЭТФ попадает в окружающую среду и накапливается в экосистемах, что представляет собой серьёзную экологическую проблему [3].

В ходе скрининга сообществ микроорганизмов пойменных биотопов, загрязнённых синтетическими полимерными отходами различного происхождения, был выделен консорциум, включающий в себя клетки бактерий *Microbacterium aurum* и *Brevundimonas bullata*. Бактерии *B. bullata* не способны использовать крахмал в качестве питательного субстрата. Поэтому культивирование *M. aurum* и *B. bullata* проводилось в жидкой питательной среде, содержащей крахмал и дрожжевой экстракт, в качестве источников углерода (pH 7, 28°C), что позволило индуцировать рост *M. aurum* и увеличить долю этих микроорганизмов в культуральной жидкости.

Спустя 12 суток культивирования консорциума в жидкой питательной среде, содержащей крахмал (150 об/мин, 28°C), суспензия полученных клеток пересевалась в жидкую питательную среду, содержащую стерильный порошок кристаллического полиэтилентерефталата (ПЭТФ; микропластик с размером частиц менее 1 мм; рис. 1).

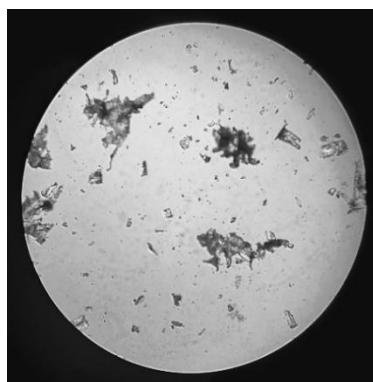


Рис.1. Световая микроскопия ПЭТФ-микропластика (100×).

В каждую лунку 12-луночного планшета вносились 600 мкл питательной среды различного состава, 200 мкл стерильной дистиллированной воды, содержащей порошок ПЭТФ массой 15 мг, и 200 мкл инокулята. Использовались три варианта питательной среды: без добавления дрожжевого экстракта, но с порошком ПЭТФ; без добавления ПЭТФ-порошка, но с дрожжевым экстрактом; среда, содержащая и ПЭТФ-порошок, и дрожжевой экстракт. Культивирование на планшете проводилось 12 суток в режиме 22°C, 205 об/мин после чего проводились измерения показателей оптической плотности каждой лунки при длине волны 600 нм. Увеличение оптической плотности наблюдалось во всех лунках планшета, кроме контрольных (с незасеянной питательной средой, содержащей порошок ПЭТФ). Наиболее низкий средний показатель оптической плотности наблюдался в питательной среде, содержащей пластик без дрожжевого экстракта. Проведённые контрольные высеывы из всех лунок планшета на плотные питательные среды продемонстрировали высокую выживаемость клеток сообщества *M. aurum* и *B. bullata* в данных условиях культивирования.

Проведённый однофакторный ANOVA (однофакторный дисперсионный анализ) показал, что гипотеза о несущественности влияния фактора (состава питательной среды) на изменение результативного признака (оптической плотности питательной среды в ходе культивирования) отвергается с вероятностью ошибки, равной 0,05, так как $F_{\text{набл.}} = 17,24 > F_{\text{крит.}} = 5,14$.

С целью более точного сравнения культивирования исследуемого консорциума в условиях отсутствия и наличия микропластика в питательной среде проводился следующий эксперимент. Спустя 12 суток культивирования консорциума в жидкой питательной среде, содержащей крахмал (150 об/мин, 28°C), суспензия полученных клеток пересевалась в лунки 12-луночного планшета, где 6 лунок содержали питательную среду без добавления ПЭТФ-порошка, но с дрожжевым экстрактом, и 6 лунок содержали питательную среду вместе с ПЭТФ-порошком и дрожжевым экстрактом. Культивирование на планшете проводилось 12 суток в режиме 22°C, 205 об/мин после чего проводились измерения показателей оптической плотности каждой лунки при длине волны 600 нм.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась в RStudio, для оценки нормальности распределения полученных данных использовался критерий Шапиро-Уилка, для оценки различий между количественными данными – t-критерий Стьюдента на уровне значимости 0,05. Так как $t_{\text{расч.}} = 4,14 > t_{\text{крит.}} = 2,228$, можно принять

гипотезу о том, что существуют статистически значимые различия между сравниваемыми условиями культивирования (рис. 2).

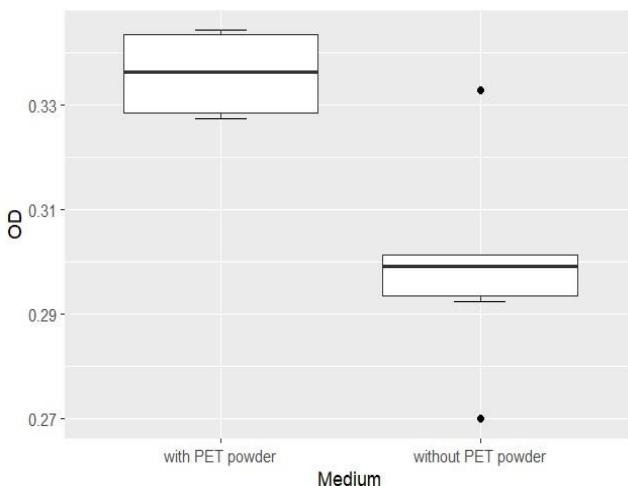


Рис.2. Сравнение оптической плотности питательной среды с добавлением и без добавления порошка ПЭТФ через 12 сут. культивирования сообщества *M. aurum* и *B. bullata* (OD = 600 нм).

Однако биодоступность синтетических полимеров снижается по мере увеличения степени их кристалличности. Возможно, исследуемые бактерии используют частицы микропластика в качестве субстратоносителя для образования биоплёнок, что способствует более быстрому росту их численности. Данный эксперимент показывает, что микропластик действительно способствует широкому распространению ассоциированных с ним микробных популяций в различных экосистемах. Необходимо проведение дальнейших исследований, которые включают в себя как увеличение числа повторностей уже проведённых экспериментов (по культивированию бактериального консорциума на планшетах вместе с частицами микропластика и без них), так и применение методов, направленных на обнаружение возможных признаков биодеградации полимера под воздействием микроорганизмов, а также методов, способствующих увеличению биодоступности синтетических полимеров.

Библиографический список

1. Загрязнение микропластиком воды – угроза здоровью человека и окружающей среде (обзор литературы) / О.О. Синицына [и др.] // Анализ риска здоровью. 2023. № 3. С. 172-179.
2. Lost at sea: where is all the plastic? / R.C. Thompson [et al.] // Science. 2004. Vol. 304. № 5672.
3. Biodegradation of microplastic derived from poly (ethylene terephthalate) with bacterial whole-cell biocatalysts / J. Gong [et al.] // Polymers. 2018. Vol. 10. № 12. P. 1326.

УДК 579.695

Кириюшина Н.Ю., канд. техн. наук, доцент,

Марченкова Е.Н., студент,

Андрянишенкова Д.С., студент,

Фатеева Е.А., студент

(Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Аннотация: Нефтепродукты, содержащиеся в сточных водах, могут нанести вред водной флоре и фауне, а также представлять опасность для здоровья человека. Биологическая очистка сточных вод от нефтепродуктов позволяет снизить уровень загрязнения водных объектов и улучшить их качество. Это в свою очередь способствует сохранению водных экосистем и обеспечению безопасности водных ресурсов для человека.

Ключевые слова: сточные воды, нефтепереработка, методы очистки сточных вод, экологическая проблема, эффективность очистки.

Нефтепродукты являются распространенными вредными веществами, загрязняющими водоёмы. Поступая в составе сточных вод в природный водоем, нефтепродукты вовлекаются в цепь разнообразных превращений и миграционных процессов под влиянием различных факторов. Попадание сточных вод, содержащих нефтепродукты, в водную среду вызывает изменение физических, химических и биологических свойств и характеристик природной среды обитания, нарушает ход естественных биологических процессов. При попадании нефтепродуктов в водоём образуется нефтяное пятно. Это пленка на поверхности воды, которая препятствует обмену кислородом воздуха, что нарушает экосистему водоёмов [1].

Главными источниками загрязнений нефтью и нефтепродуктами являются добывающие предприятия. На каждом из заводов объемы отходов нефтепродуктов составляют сотни тысяч кубометров. Большинство хранилищ таких отходов уже на протяжении десятилетий стали настоящими источниками таких загрязнений. Доля сточных вод, содержащих нефтепродукты, на крупных предприятиях составляет до 70 % общезаводского стока. Нефтесодержащие сточные воды, поступающие с низкой степенью очистки в водоемы, создают токсикологическую опасность для водных экосистем и человека [2, 3].

Нефтесодержащие сточные воды представляют собой сложную многокомпонентную и многофазную систему, органическая часть (50-98 %) которой представлена нефтяными углеводородами (алифатическими, поли- и гетероциклическими, ароматическими) и их производными. Наряду с нефтепродуктами в стоках присутствуют другие органические соединения, поверхностно-активные вещества, а также соли различных металлов. Следует отметить, что состав и концентрация нефтепродуктов в сточной воде зависят от вида, назначения и технологии производства [4].

Снижение концентрации нефтепродуктов в воде может происходить в результате их естественного распада и химического окисления, испарения и биологической деструкции аборигенной микрофлорой. В основном на предприятиях нефтепереработки для очистки стоков используются механическая и химическая очистки, однако на выходе они все еще содержат достаточно большое количество растворенных и тонкодиспергированных нефтепродуктов, а также других органических загрязнений и не могут быть выпущены в водоем без дальнейшей очистки. Для более тщательного удаления нефтепродуктов из воды применяются методы биологической очистки.

Биологический метод очистки основан на способности микроорганизмов использовать разнообразные вещества, содержащиеся в сточных водах, в качестве источника питания в процессе их жизнедеятельности. Задачей биологической очистки является превращение органических загрязнений в безвредные продукты окисления.

Для правильного использования микроорганизмов при биологической очистке необходимо знать физиологию микроорганизмов, т.е. физиологию процесса питания, дыхания, роста и их развития. На эффективность очистки биологическими методами влияют температура, величина pH, содержание биогенов, уровень питания, токсические вещества.

Температура напрямую влияет на жизнеспособность бактерий. Роль температуры связана, в частности, с температурной зависимостью растворимости кислорода в воде. Как правило, оптимальные температуры для аэробных процессов 20-30 °С, превышение этих порогов вызывает гибель микроорганизмов, что снижает эффективность очистки. Оптимальный pH = 6,5-7,5; для каждого типа бактерий данные значения свои, некоторым необходима кислая среда, кому-то щелочная.

Биогенные элементы азот и фосфор необходимы бактериальной клетке как «строительный» (азот) и энергетический (фосфор) материал, без них жизнеспособность качественно снижается. Несмотря на то, что бактерии питаются именно токсинами, превышение их концентрации в очищаемой воде могут привести к задержанию роста и развития организмов, а также к их гибели. Поэтому на очистных сооружениях должна действовать система контроля превышения ПДК загрязнителей в воде [5].

Наиболее перспективными подходами в области биоочистки сточных вод являются гидроботаническая очистка в прудах и каналах с подсадкой водных растений с высоким уровнем активности специфических ферментов, а также использование штаммов нефтеокисляющих культур [6].

Штаммы позволяют избирательно воздействовать на углеводороды, обладают высокой нефтеокисляющей активностью в обычных условиях и достаточно высокой при пониженной температуре (7-10 °С), биоэмульгирующей активностью, обеспечивающей большую доступность углеводородов для бактерий. Бактериальные штаммы обладают также устойчивостью к таким неблагоприятным факторам среды, как водородный показатель, соленость, присутствие тяжелых металлов, фенола, формальдегида и других. Механизм действия штаммов нефтеокисляющих бактерий заключается не только в биохимической деструкции нефтепродуктов, но и в активации всего микробного биоценоза. В настоящее время в России создано довольно большое число препаратов на основе штаммов, большинство из которых относят к родам *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Corynebacterium*, *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas* [7].

В настоящее время нашел применение биопрепарат Multibac. Введение в резервуары биопрепарата обеспечивает интенсивный прирост биомассы системы при очистке сточных вод. Препарат содержит специально выращенный консорциум микроорганизмов-деструкторов, разлагающие сложные соединения, с которыми не справляется биоценоз активного ила или биопленки. Отобранные штаммы микроорганизмов позволяют улучшить результаты очистки

при условии совместного применения биостимуляции и биопрепарата, т.е. биоаугментации. Биоаугментация с применением препаратов серии Multibac, включая их непрерывное подпиточное дозирование, позволяет сократить затраты на реконструкцию очистных сооружений. Это происходит за счет увеличения работы резервуаров: биомасса приобретает способность адаптироваться при колебаниях нагрузки, а также нейтрализует влияние качества очищаемых стоков [6].

Также применяют препарат «Дестройл», выпускаемый ПО «Сиббиофарм», г. Бердск. Он содержит выделенную из природы культуру *Acinetobacter* sp., избирательно воздействующую на углеводороды. Способ предусматривает введение биопрепарата «Дестройл» в сточные воды до аэротенка и в активный ил до аэротенка, причем биопрепарат «Дестройл» вносят в сточные воды и в активный ил в соотношении от 3:4 до 4:3. Способ позволяет повысить эффективность удаления нефтепродуктов [8].

Еще один метод очистки сточных вод от нефтепродуктов предусматривает внесение штамма бактерий *Rhodotorulamucilaginosa* ВКПМ Y-4056 в очищаемые стоки. При этом деструкцию нефтепродуктов осуществляют при концентрации нефтепродуктов в очищаемых стоках не более 750 мг/дм³. Преимуществом штамма-деструктора *Rhodotorulamucilaginosa* ВКПМ Y-4056 является его способность роста на обедненных синтетических питательных средах и высокая степень деградации нефтепродуктов в сточных водах нефтехимических производств. Полная очистка от загрязнителя осуществляется за 48 часов. Результатом является повышение эффективности деструкции нефтепродуктов и снижение их содержания в очищаемых стоках [9].

Так можно выделить ряд преимуществ биологической очистки нефтесодержащих сточных вод. Это простота аппаратурного оформления и невысокие эксплуатационные затраты. И самое главное - возможность удалять из сточных вод разнообразные органические и некоторые неорганические соединения, находящиеся в воде в растворенном, коллоидном и нерастворенном состоянии, в том числе и токсичные.

Недостатками такого метода очистки являются высокие капитальные затраты на строительство очистных сооружений большой площади, необходимость строгого соблюдения технологического режима очистки, постоянного контроля за концентрацией загрязнителей в поступающей в аэротенк воде. Трудностью очистки является токсичное действие на микроорганизмы ряда органических и неорганических соединений, приводящее к гибели и снижению эффективности очистки. При этом

степень очистки составляет 70-80 % и требуются дополнительные способы обезвреживания нефтепродуктов в стоках [5].

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Библиографический список

1. Серебренникова М.К., Тудвасева М.С., Куюкина М.С. Биологические способы очистки нефтезагрязненных сточных вод (обзор) // Вестник Пермского университета. 2015. С.15-30. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/biologicheskie-sposoby-ochistki-neftezagryazneniyh-stochnyh-vod-obzor/viewer> (дата обращения: 20.10.2023).
2. Смоленская Л.М. Теоретические основы очистки сточных вод и отходящих газов: монография. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова. 2009. 81 с.
3. Фазуллин Д.Д., Маврин Г.В., Шайхисев И.Г. Оценка и устранение токсичности нефтесодержащих сточных вод // Вестник технологического университета. 2015. Т.18. № 11. С.213-215.
4. Кузьмин М.В. Биологическая очистка сточных вод от нефтепро-дуктов [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2014/article/2014007659> (дата обращения 20.10.2023).
5. Кузнецова В. М., Овсянкина А. В. Современный взгляд на методы очистки сточных вод на нефтеперерабатывающих заводах и предприятиях // Молодой ученый. 2017. № 32 (166). С. 4-9. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/166/45361/> (дата обращения: 19.10.2023).
6. Биологическая доочистка сточных вод в энергетике / Р. Такташев [и др.] // Энергетическая политика. 2021. № 12(166). С.80-91.
7. Надеин А.Ф. Повышение эффективности биологической очистки нефтесодержащих сточных // Экология человека. 2009. № 12. С.10-12.
8. Способ биологической очистки сточных вод от нефтепродуктов: пат. 2 391 295 С1 РФ. / Надеин А.Ф.; заявл. 21.07.2008; опубл. 10.06.2010.
9. Способ очистки сточных вод нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств от нефтепродуктов: пат. 2 663 796 С1 РФ / Абизгильдина Р.Р. и др.; заявл. 13.07.2016; опубл. 13.09.2018.

Локтионова Е.В., аспирант,
Антиофеева Е.С., ст. преподаватель,
Сыса О.К., к.т.н., доцент,
Жулай Н.С., студент

(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОТОКСИЧНОСТИ ОТХОДА ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМЗИТА НА ВЫСШИХ РАСТЕНИЯХ

Аннотация: Для применения оставшихся от производственного процесса отходов в качестве искусственного ресурса нужно точно определить их токсикологические воздействия. Это важно понимать, потому что элементы отходов могут иметь токсичные характеристики и негативно влиять на окружающую среду и живые организмы. Проведенные исследования показали возможность использования керамзитового гравия как вторичного ресурса. Обнаружено, что тестируемые образцы не оказывают фитотоксического действия на среду обитания.

Ключевые слова: токсичность, биотестирование, фитотоксичность, керамзит, токсикологические свойства, техногенный отход, окружающая среда, вторичное сырье.

Массовое накопление на промышленных предприятиях и в других сферах отходов производства и потребления говорит не только о несовершенстве технологий производства и нерациональном использовании отходов в качестве вторичных ресурсов, но и создании экологических проблем [1].

Примеси, поступающие с предприятий, производящих керамзитовые изделия, в зависимости от конкретных технологических процессов, выделяются в воздух, попадают в водоемы, накапливаются на поверхности в виде отходов, которые влияют на окружающую среду, а также имеют неприятные запахи. Характер и уровень загрязнения воздуха, количество твердых отходов и сточных вод зависят от многих факторов, в частности от вида сырья, топлива и способа производства [2].

- выбросы в воздух: при производстве керамзита могут выделяться пыль, твердые частицы, сажа, газообразные вещества (оксиды углерода, азота, серы, неорганические соединения фтора и хлора, органические соединения, тяжелые металлы);

- сбросы сточных вод: по большей части содержат минеральные (взвешенные частицы) и иные неорганические компоненты, небольшое

количество различных органических веществ, а также тяжелые металлы;

- технологические потери/отходы производства: отходы при производстве керамзитовых изделий в основном представляют собой различные осадки, сорбирующие агенты, сухой остаток (пыль, зола) и отходы упаковки;

- потребление энергии/выброс CO_2 : все отрасли керамзитовой промышленности потребляют значительное количество энергии, поскольку основные стадии процесса включают сушку и последующий обжиг при температуре от 600 до 1350 °C [3].

Переработка глины и сырья, особенно сухого, неизбежно ведет к появлению пыли. Сушка (включая распылительную), измельчение (дробление, помол), рассев, смешение и транспортировка смесей приводят к образованию особо тонкой пыли. Некоторое количество пыли выделяется при обжиге изделий, а также при после обжиговой обработке. Выбросы пыли могут быть связаны не только с сырьевыми материалами, но и со сгоранием топлива.

Основным отходом производства керамзита является пыль циклонов и пылеосадительных камер. Химический состав пыли представлен в табл. 1.

Таблица 1. Оксидный состав керамзитовой пыли, масс% [4]

№	Оксидный состав												
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	TiO_2	Na_2O	P_2O_5	MnO	SO_3	V_2O_5	ZnO
Пыль пылеосадительных камер													
1	66,83	66,86	17,9	17,78	5,64	5,56	3,0	2,75	2,16	0,66	0,08	-	-
2	66,69	67,54	17,06	16,7	4,86	4,71	4,8	4,57	2,91	2,77	0,85	0,85	0,12
Пыль циклонов													
3	66,69	67,54	17,06	16,7	4,86	4,71	4,8	4,57	2,66	2,59	0,79	0,79	0,09
4	66,69	67,54	17,06	16,7	4,86	4,71	4,8	4,57	2,11	2,07	0,69	0,70	0,09

Одним из перспективных направлений является исследование и применение сорбентов на основе природных материалов. Такие сорбенты чаще всего не наносят ущербы окружающему миру, и они же решают проблему утилизации отходов производства. Следовательно,

работа с использованием отхода производства керамзита для очистки сточных вод, в настоящее время является актуальной.

Что бы установить степень токсичности отхода керамзитовой пыли (КП) было проведено биотестирование с помощью семян овса (*Avena sativa*).

Принцип оценки степени опасности и уровня безвредности базируется на экспериментально установленной зависимости величины фитотоксического эффекта от водной вытяжки.

Для оценки фитотоксического действия готовили водные среды. Образцы КП заливали дистиллированной водой в соотношении 1:10, выдерживали в течение суток при постоянном перемешивании. После фильтрования полученные жидкости использовали в качестве питательной среды для прорастания тест-объектов - семян овса.

Эксперимент представлен на рис. 1.

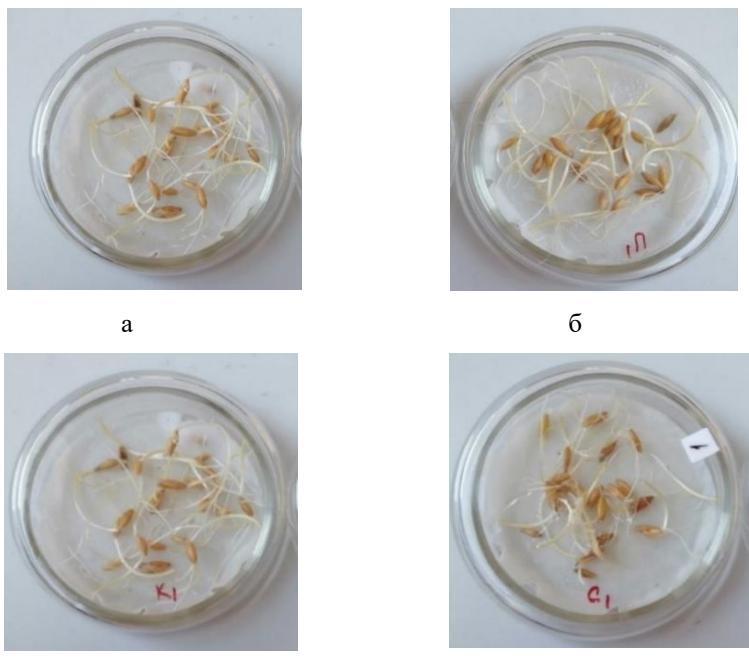


Рис. 1. Пророщенные семена овса в чашках Петри:
а – Контрольный опыт; б – Пыль газоочистки после пылеосодительной камеры; в – Пыль газоочистки после циклона;
г – Смешенная проба пыли газоочистки.

Оценка фитотоксического действия основана на способности семян овса адекватно реагировать на экзогенное химическое воздействие путем изменения интенсивности прорастания корней, что позволяет длину корневой системы использовать в качестве тест-функции. Критерием вредного действия считается ингибирование роста корней семян, а также наличие морфологических изменений корневой системы.

По экспериментальным данным вычисляются средние длины корней 1 растений контрольного и опытного экспериментов (формула 1):

$$l = \frac{\sum l_i}{n} \quad (1)$$

где n - количество растений в эксперименте; l_i - длины корней растений.

Далее рассчитывают эффект торможения по формуле 2:

$$E_m = \frac{L_k - L_{оп}}{L_k} \cdot 100\% \quad (2)$$

где E_m – эффект торможения (%); $L_{оп}$ – средняя длина корней в опыте (мм); L_k – средняя длина корней в контроле (мм).

Фитотоксическое действие считается доказанным, если фитоэффект составляет 20% и более. Результаты исследования представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты биотестирования на семенах овса

Эксперимент	Количество проросших семян		Длина корней на 7 сут. l_i , см	Эффект торможения*	Фитотоксический эффект*
	На 3 сутки	На 7 сутки			
Контроль	10	17	5,97	-	-
Пыль газоочистки после циклона	5	16	5,37	9	-
Пыль газоочистки после пылеосадительной камеры	8	18	5,74	7	-
Смешенная проба пыли газоочистки	6	14	5,54	4	-

* «+» – анализируемая среда оказывает фитотоксическое действие на среду обитания;

«-» – анализируемая среда не оказывает фитотоксическое действие на среду обитания.

По полученным результатам (табл. 2), можем сделать вывод, что фитотоксическое действие отсутствует. Обильное восхождение семян овса доказывает, что отход КП является не токсичным. Следовательно, использование отхода керамзитового гравия не навредит окружающей среде.

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Библиографический список

1. Илларионов И.Е., Жупавлёв Ю.А., Стрельников И.А. Экологические проблемы металлургического производства: конспект лекций. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2015. 88 с.
2. Вредные выбросы при производстве, мероприятия по их устраниению [Электронный ресурс] https://studbooks.net/2548892/tovarovedenie/vrednye_vybrosy_proizvodstve_meopriyatiya_ustraneniyu (дата обращения 27.02.2024).
3. Радкович О.А., Басалай И.А. Особенности негативного воздействия на окружающую среду производства строительной керамики // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах: материалы XI Международной научно-практической конференции. Кемерово, 2015. С.86.
4. Борисенко Ю.Г., Солдатов А.А., Калгин Ю.И. Структура и адсорбционная активность минеральных порошков на основе высокодисперсных отсевов дробления керамзита для дорожных асфальтобетонов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2011. №. 4. С. 97-102.

УДК 628.35

Лупандина Н.С., канд. техн. наук, доцент,

Марченкова Е.Н., студент

*(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)*

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД БИОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ И СОПРЯЖЕННЫЕ С МЕТОДОМ ПРОБЛЕМЫ

Аннотация: В статье рассматриваются роль и значение биологического метода очистки сточных вод. Описываются анаэробный и аэробный методы очистки стоков. Рассматриваются проблемы, сопряженные с биологическими методами очистки сточных вод.

Ключевые слова: биологическая очистка СВ; методы биологической очистки СВ; проблемы биологической очистки СВ.

Сточные воды образуются в процессе бытовой и производственной деятельности человека. Содержащиеся в них загрязняющие вещества (примеси), поступая в биоценоз без предварительной очистки, несут серьезную опасность для экологического благополучия территории и здоровья населения [1].

С целью обезопасить окружающую среду и человека стоки необходимо очищать перед сбросом. Методы для очистки сточных вод классифицируют как механические, химические, физико-химические и биологические (биохимические). Наиболее эффективные технологии очистки сточных вод включают физико-химические методы (сорбция, ионный обмен и пр.), их применяют главным образом для удаления солей тяжелых металлов, цианидов, фторидов и др. Это дорогие методы, требующие аппаратного обеспечения [1,2].

Биологическая очистка сточных вод – многостадийная процедура удаления из отработанного стока потенциально опасных веществ, реагентов путём их разложения посредством специально выращенных бактерий и иных простейших (одноклеточных) организмов. Этот процесс может осуществляться в аэробных или анаэробных условиях [2].

Аэробная очистка происходит в присутствии кислорода и осуществляется бактериями, которые используют органические вещества в качестве пищи. Анаэробная очистка происходит без доступа кислорода и осуществляется бактериями, которые разлагают органические вещества до метана и углекислого газа. Анаэробные методы могут быть использованы как для очистки сточных вод, так и для утилизации осадков, полученных при аэробном способе. В

анаэробных процессах принимают участие три группы микроорганизмов. Первая группа – гидролитические ацидогенные бактерии: протеолитические – *Eubacterium*, цепнолитические – *Clostridium*, *Acetobacterium*, облигатные анаэробы – *Bacteroides*, *Bifidobacteria* и факультативные анаэробы – *Streptococcus* и *Enterobacteriaceae*. Они обеспечивают начальный гидролиз высокомолекулярных субстратов и сбраживание промежуточных метаболитов до низкомолекулярных органических соединений [3].

Биологическая очистка является одним из наиболее эффективных методов очистки сточных вод, так как она позволяет удалить до 99% органических загрязнений. Кроме того, этот метод является экологически безопасным, так как не приводит к образованию вредных веществ [1, 3].

Биологическая очистка основывается на расщеплении микроорганизмами очистных сооружений органики до простейших газов. Органические вещества – жиры, углеводы, неразложившиеся белки – исходный реагент, источник питания (а с ним и энергии) для микроорганизмов, применяемых в качестве септических одноклеточных культур [2, 4].

Бактерии окисляют органические вещества не полностью до CO_2 , H_2O и различных солей. Только часть их переходит в белковые комплексы, но они уже служат пищей для животного мира водоема, продолжая его минерализацию. Такие биологические процессы в естественных условиях являются самыми крупными в жизни водоемов, на них расходуется до 50-70 % всей энергии в водных экосистемах [4].

Бактерии могут окислять клетчатку, гуминовые вещества, углеводороды. Некоторые из них получают энергию, окисляя восстановленные минеральные соединения. На биоматериале могут также сорбироваться ионы тяжелых металлов и некоторые токсичные соединения, например, бенз(а)пирен. Энергия, которая выделяется при окислении, используется для биосинтеза вещества клеток бактерий с большой эффективностью. То есть бактериальная деструкция сопровождается продуцированием биомассы [4].

Биологическая очистка сточных вод – процесс, требующий внимания и аккуратного использования устройств. Биологические методы очистки реализуются в таких сооружениях, как биологические пруды-отстойники, гидроботанические площадки, биофильтры, аэротенки, окситенки, метантенки. Поскольку очистка производится живыми микроорганизмами, аэробными бактериями, то иногда приходится подстраиваться под их возможности. Так, аэробные бактерии с трудом выдерживают залповый поток сточных вод. Бытовые

стоки должны подаваться в резервуары равномерно, ровно по столько, сколько нужно имеющемуся количеству бактерий [2, 5].

Биодоочистка – этап, сменяющий на всём процессе очистки стоков механический и физико-химический способы. Биологическая очистка используется на заключительной технологической стадии очистки и основана главным образом на использовании микроорганизмами в процессе их жизнедеятельности органических и неорганических загрязняющих веществ. Также на этой стадии для очистки сточных вод от загрязняющих веществ применяют высшие растения. Однако в России есть опыт применения в очистных сооружениях исключительно высших водных растений (рогоз, камыш, рдест, водный гиацинт и др.) [2, 3].

Биологическая очистка сточных вод является одним из самых эффективных и экологически безопасных методов. Однако этот метод не лишен сложностей. Среди недостатков биологического метода очистки можно отметить сложность контроля и поддерживания необходимого и достаточного количества микроорганизмов для протекания процесса; существенные капитальные затраты при строительстве очистных сооружений. Также необходим четкий регламент проведения очистки стоков. Несоблюдение или отклонение от правил значительно снижает положительный эффект. Кроме того, часть органических веществ невозможно переработать, а ядовитые элементы, поступающие со сточными водами или накапливающиеся в очистных сооружениях, приводят к гибели микроорганизмов [5].

Для эффективной очистки требуется правильный подбор микроорганизмов, которые могут эффективно расщеплять загрязнители. Это может быть сложно, так как при существовании большого разнообразия микроорганизмов все они имеют разные реакции на различные условия обитания, при этом реакции могут существенно отличаться [6].

Микроорганизмы могут адаптироваться к определенным условиям, но процесс адаптации может занять много времени. В случае изменения условий (например, изменение состава сточных вод) микроорганизмы могут существенно замедлить процесс очистки или полностью его остановить [5, 6].

Биологическая очистка может использоваться для удаления патогенных микроорганизмов из сточных вод. Однако некоторые микроорганизмы, участвующие в очистке сточных вод, могут вызывать заболевания. Поэтому необходимо соблюдать меры предосторожности при работе с такими водами. Несоблюдение надлежащих мер безопасности может привести к распространению заболеваний. Кроме того, в сточных водах могут содержаться антибиотики, которые могут

подавлять рост микроорганизмов. Это может привести к незэффективной очистке, так как микроорганизмы, устойчивые к антибиотикам, могут преобладать над другими видами [4, 6].

Биологические процессы в очистных сооружениях зависят от температуры. Некоторые микроорганизмы могут терять свою активность при низких температурах. Это может стать проблемой в регионах с холодным климатом [7].

Не менее важной проблемой биологической очистки сточных вод является сложность утилизации отходов (активного ила, водорослей и тд.). После того, как процесс биологической очистки завершен, остается твердый остаток, который называется илом. Этот ил может быть использован в качестве удобрения или корма для животных [3,8].

Однако иногда ил может содержать патогенные микроорганизмы, такие как бактерии и вирусы, которые могут вызвать заболевания у людей или животных. В таких случаях ил должен быть обработан дополнительно, чтобы уничтожить эти патогенные [8].

Одним из способов дополнительной обработки ила является его сжигание. При сжигании ила патогенные микроорганизмы уничтожаются, а зола, которая остается после сжигания, может быть использована в качестве удобрения. Также ил может быть обработан с помощью химических веществ, таких как хлор, который убивает патогенные микроорганизмы. Этот метод называется химической дезинфекцией. В некоторых случаях ил может быть переработан в биогаз, который можно использовать в качестве источника энергии [8].

Таким образом, биологическая очистка сточных вод является одним из наиболее эффективных и экономически выгодных методов очистки сточных вод. Биологический метод позволяет удалять до 99% органических загрязнителей. Это позволяет его называть одним самых эффективных способов очистки.

Библиографический список

1. Безматерных М.А., Селезнева И.С. Экологические проблемы и нетрадиционные источники энергии при биологической очистке сточных вод // Альтернативная энергетика и экология. 2015. № 8. С. 70-75.
2. Достоинства и недостатки биологического метода очистки воды и почвы от нефтяных загрязнений [Электронный ресурс] URL: https://studbooks.net/1239403/ekologiya/dostoinstva_nedostatki_biolicheskogo_metoda_ochistki_vody_pochvy_neftyanyh_zagryazneniy#:~:text=Главным%20преимуществом%20биологического%20метода%20очистки,бактерий%20и%20сокращения%20их%20активности (дата обращения: 16.03.2024).

3. Преснякова Е.А. Биологическая очистка сточных вод // Вестник магистратуры. 2014. № 12(39). Том I. С. 64-65.
4. Василенко Л.В., Никифоров А.Ф., Лобухина Т.В. Методы очистки промышленных сточных вод: учеб. пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. университет, 2009. 174 с.
5. Акимова А., Кидирбаева А.Ю. Роль биологического метода очистки сточных вод // Экономика и социум. 2023. №6. С 646-649.
6. Руденко Е. Ю. Биологическая ремедиация нефтезагрязненных почв // Альтернативная энергетика и экология. 2012. № 5. С. 208-220.
7. Кирсанов В.В. Влияние температуры в аэротенках на эффективность биоочистки основных ингредиентов промышленных сточных вод химического предприятия // Экологические биотехнологии. Т.1. 2013.- 496 с.
8. Васильева А.В., Харламова М.Д. Современные способы переработки осадков сточных вод и перспективы их использования в России // Sciences of europe. 2016. № 9. С. 27-34.

УДК 632.651:631.147

**Лупандина Н.С., канд. техн. наук, доцент,
Марченкова Е.Н., студент,
Поленяка Ю.Т., аспирант**

*(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)*

РАЗВЕДЕНИЕ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ И ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ ВЕРМИКУЛЬТИВИРОВАНИЯ И ВЕРМИКОМПОСТИРОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РФ

Статья посвящена вопросам, связанным с утилизацией органических отходов с применением «живых» объектов – червей. Описываются положительные и ряд отрицательных аспектов вермикультивирования.

Ключевые слова: вермикультивирование, живые организмы, вермикультуры, дождевые черви.

Вермикультивирование – это процесс выращивания дождевых червей для использования их в качестве корма для животных или для переработки органических отходов в биогумус. Дождевые черви являются важным компонентом экосистемы и играют важную роль в переработке почвы и улучшении ее плодородия [1].

В вермикультивировании предметом и средством производства являются живые организмы (черви, сопутствующая им микро – и мезофауна, а также комплекс микрофлоры, т.е. сложная

биоценотическая система с множественными трофическими цепочками) [2].

Основным объектом вермикультуры является выведенный в США гибридный компостный червь – красный калифорнийский червь *Eisenia foetida*. Важной особенностью указанного вида червя является потеря им инстинкта покидать место своего обитания при неблагоприятных условиях, что позволяет разводить их в открытом грунте без опасения потери популяции. Кроме этого, используются черви отечественной селекции – Червь-Старатель и Червь Русский Московский Гибрид [3,4].

Пытаясь, черви быстро размножаются и способствуют превращению отходов в компост. При этом в сравнении с компостом, получаемым традиционными методами, вермикомпост характеризуется гомогенностью и высокой водоудерживающей способностью. Также здесь отмечается сбалансированное соотношение основных макроэлементов, что позволяет сократить применение минеральных удобрений, а также в конечном итоге решить проблему утилизации бытовых и прочих органических отходов [4,5].

Процесс вермикультурирования включает в себя этапы по подготовке субстрата таким образом, чтобы он был достаточно влажным, но не слишком мокрым. Влажность субстрата на уровне 60–80% является оптимальной. После дождей, когда в почве много воды, дождевые черви выплзают на поверхность. При выращивании дождевых червей в лабораторных условиях их максимальный вес и плодовитость достигаются при влажности субстрата 70–85%, т. е. близкой к содержанию воды в теле дождевого червя [4].

Также необходимо обеспечить достаточное количество корма для дождевых червей. При недостаточном питании рост и развитие червей сильно замедляются, они гибнут. Дождевые черви нуждаются прежде всего в азотсодержащей органике, запасы которой в почве ограничены, поэтому наибольшая численность, темпы индивидуального роста и плодовитость червей обычно наблюдаются в местах локализации органического субстрата, богатого азотом (на пастбищах, вблизи экскрементов травоядных животных и т. п.) [4].

Дождевые черви должны быть посажены на субстрат в достаточном количестве, чтобы обеспечить их быстрый рост и размножение. На размножении червей отрицательно оказывается перенаселенность перерабатываемого субстрата: черви испытывают стресс и возбуждаются. В этих условиях возможны случаи каннибализма. Необходимо следить за влажностью субстрата и обеспечивать дождевым червям достаточное количество корма. Также следует контролировать температуру и влажность в помещении, где

выращиваются дождевые черви. При понижении температуры ниже +10 °C они начинают переходить в состояние покоя, при +6 °C – перестают питаться, а при +4 – +5 °C у них освобождается содержимое пищеварительного тракта [4,6].

Многие черви боятся света и ультрафиолетовых лучей – для поиска полового партнера они выползают из своих норок только ночью, поэтому зона их обитания не должна освещаться ни естественными, ни искусственными источниками света [4].

Виды червей, пригодные для вермикультуры в естественных условиях, обитают преимущественно в поверхностном хорошо аэрируемом слое почвы. Они чрезвычайно чувствительны к выделению газов, образующихся в процессе гниения: аммиаку, сероводороду, метану. в промышленных установках вермикультурирования стараются избегать образования мертвых (застойных) зон и поддерживают содержание кислорода в газовой фазе не менее 15%, а CO₂ – не более 6% [4].

Технология вермикультурирования используется для переработки органической части ТБО растительного и животного происхождения. Технология предусматривает извлечение и реализацию ресурсно-ценных компонентов, утилизацию органической части ТБО и получение продукта переработки – экологически чистого сбалансированного (по всем элементам) питания для растений – органического удобрения (биогумус) с высокими агрохимическими показателями, а также произведенных на его основе стимуляторов роста растений и почвенных смесей. Вермикультурирование является мощным источником воспроизводимого полноценного белка для животноводства, что объясняется, с одной стороны, богатым аминокислотным составом, с другой стороны, пролонгированным действием биостимуляторов вермикультуры, которые улучшают обменные процессы и укрепляют иммунную систему, что повышает сохранность и эффективность использования кормов [2, 6].

Вермикультурирование имеет несколько недостатков, которые следует учитывать при выборе этого метода переработки отходов. Во-первых, этот процесс требует значительных затрат на оборудование и материалы, такие как контейнеры для выращивания дождевых червей и корм для них. Во-вторых, дождевые черви требуют определенных условий для своего роста и развития, таких как температура, влажность и наличие пищи, что может быть сложно обеспечить в некоторых условиях. Кроме того, дождевые черви могут быть переносчиками некоторых заболеваний, таких как гельминтоз, поэтому необходимо

соблюдать меры предосторожности при работе с ними [1, 5].

Вермикультивирование и последующее вермикомпостирование являются методами из решений экологических проблем, связанных с переработкой органических отходов. Дождевые черви, которые используются в процессе вермикомпостирования, питаются органическими отходами, такими как навоз, птичий помет, отходы пищевых производств и т.д. В процессе пищеварения дождевых червей эти отходы превращаются в биогумус - ценное органическое удобрение, содержащее полезные микроорганизмы, которое улучшает структуру и плодородие почвы. После того, как дождевые черви переработали органические отходы, необходимо собрать полученный биогумус и использовать его в качестве удобрения для растений. Биогумус, полученный в результате вермикомпостирования, может использоваться для рекультивации земель, загрязненных тяжелыми металлами и другими токсичными веществами [1, 4, 6].

Вермикомпостирование может быть эффективным способом получения экологически чистого удобрения и улучшения состояния почвы. Также данный способ является экологически безопасным методом переработки отходов, так как не производит вредных выбросов в атмосферу и не загрязняет почву и воду [7,8].

Вермикомпостирование помогает уменьшить загрязнение окружающей среды, поскольку конечный продукт заменяет использование химических удобрений и пестицидов, которые могут быть вредными для окружающей среды. Также он позволяет перерабатывать органические отходы, которые в противном случае могли бы попасть в окружающую среду и нанести вред экосистеме. Этот метод является экономически выгодным, так как требует меньше затрат на оборудование и материалы по сравнению с другими методами переработки отходов [7].

Процесс вермикомпостирования может использоваться для борьбы с тяжелыми металлами, так как дождевые черви могут накапливать эти металлы в своих телах. После смерти дождевых червей их тела разлагаются, и тяжелые металлы попадают в почву, где они могут быть поглощены растениями [9].

Однако использование дождевых червей для борьбы с тяжелыми металлами имеет свои ограничения. Во-первых, дождевые черви не всегда могут эффективно удалять тяжелые металлы из почвы. Во-вторых, некоторые виды дождевых червей могут сами быть токсичными из-за высокого содержания тяжелых металлов в их телах [9].

Поэтому перед использованием дождевых червей для борьбы с тяжелыми металлами необходимо провести исследования, чтобы определить, насколько эффективно они могут удалять эти металлы из почвы и не представляют ли они угрозу для окружающей среды.

Вермикомпостирование стимулирует ускорение процесса разложения и минерализации органического вещества. При данном процессе будет происходить увеличение выхода компоста при использовании в качестве сырья бытового мусора при одновременном уменьшении объема отходов. Количество подвижных форм элементов питания в компосте будет увеличиваться [7].

В вермикомпосте отходы, заселенные червями, быстро перестают выделять неприятные запахи. В ходе процесса вермикомпостирования компост обезвреживается более глубоко, так как дождевые черви поедают вредные микроорганизмы и перерабатывают их в биогумус. Кроме того, компост становится более рыхлым и воздушным, что улучшает его структуру и повышает плодородие почвы. Коэффициент гумификации почвы увеличивается в 1,5–2,5 раза. Также происходит снижение кислотности почвы [1, 8].

Таким образом, вермикульттивирование и вермикомпостирование не только решают экологические проблемы, связанные с переработкой отходов, но и способствует улучшению состояния почвы и повышению ее плодородия, что в свою очередь ведет к снижению выбросов парниковых газов и улучшению качества жизни людей.

Библиографический список

1. Ручин А.Б. Вермикульттивирование как путь решения некоторых экологических проблем // Астраханский вестник экологического образования. 2013. № 1. С. 137-140.
2. Назынина К.С., Давыдов Д.С Использование технологии вермикульттивирования при рекультивации нарушенных горными работами земель // Экологические биотехнологии. 2014. №2. С.401-406.
3. Лыгина Н.О., Мишина М.Н. Вермикульттивирование как биотехнология утилизации органических отходов // Экологические биотехнологии. 2017. №2. С.1-6.
4. Вермикульттивирование и вермикомпостирование [Электронный ресурс]. – URL: <https://studfile.net/preview/5865387/page:18/> (дата обращения: 20.03.2024).
5. Кощаев А.Г., Кощаева О.В., Елисеев М.А. Биотехнология вермикульттивирования органических отходов // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 95. С.1-30.

6. Вермикультивирование и его применение [Электронный ресурс]. – URL: https://otherreferats.allbest.ru/agriculture/00478570_0.html (дата обращения: 20.03.2024)

7. Вермикомпостирование [Электронный ресурс]. – URL: <https://zarya.org.ua/vermikompostirovaniye/> (дата обращения: 20.03.2024)

8. Исмайлова С.Д., Пашаев Р.А. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур при применении вермикомпоста // Почвоведение и агрохимия. 2020. №4. С. 75-83.

9. Резниченко И.С. Накопление Cd, Cu, Zn, Pb почвенным и почвенно-подстильочными морфо-экологическими типами дождевых червей в условиях вермикультивирования // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2017. №4. С. 1-5.

УДК 628.316.13

Лушников А.С., аспирант,
Макридина Ю.Л., ст. преподаватель,
Лифинцев А.Н., аспирант,
Старостина И.В., канд. техн. наук, доцент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕАГЕНТОВ КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация: В статье рассматриваются возможности использования разрабатываемых на основе алюмо- и железосодержащих коагулянтов-флокулянтов (АКФ и КФК) реагентов комбинированного действия для очистки сточных вод предприятий молочной промышленности.

Ключевые слова: сточная вода, реагенты комбинированного действия, молочная промышленность.

Сточные воды предприятий молочной промышленности можно разделить на четыре вида:

- производственные,
- хозяйственно-бытовые,
- теплообменные,
- ливневые.

Состав и соотношение отдельных видов стоков складывается на каждом молочном предприятии по-разному и зависит от времени года. Самое большое количество загрязнений содержится в сточных водах в летние месяцы.

Производственные сточные воды являются наиболее загрязненными. Они образуются в результате различных технологических операций, а также при мойке емкостей и уборке производственных помещений. Их нагрузка по БПК₅ зависит от ряда факторов и при экономическом хозяйствовании колеблется в пределах от 500 до 2000 мг О₂ на м³.

Хозяйственно-бытовые сточные воды составляют большую часть общего количества сточных вод. Их нагрузка зависит исключительно от количества людей на производстве, а также от степени обеспечения предприятия санитарным и хозяйственным оборудованием. БПК₅ составляет в среднем 400 мг О₂ на 1 м³.

Теплообменные сточные воды относятся к группе так называемых условно чистых вод. Они образуются при охлаждении молочного оборудования, а также холодильной аппаратуры и чаще всего направляются в сборник оборотных вод. Оттуда часть воды идет на мойку помещений, а часть сбрасывается через перелив в канализацию. Нагрузка теплообменных вод по БПК₅ около 20 мг О₂ на 1 м³.

Ливневые сточные воды образуются из атмосферных осадков, которые, проходя через околоземные слои воздуха, улавливают пыль, газы, продукты неполного сгорания топлива. Их нагрузка зависит от состояния территории предприятия, покрытия кровли, вида колесного транспорта и его интенсивности, степени загрязнения воздуха, интенсивности и длительности дождя. Нагрузка по БПК₅ колеблется в пределах от 30 до 100 мг О₂ на 1 м³ [1-2].

В зависимости от системы канализационной сети сточные воды отводятся в водоем либо по одному общему коллектору, либо по нескольким. При общей сточной канализации производственные, хозяйственно-бытовые, ливневые и теплообменные сточные воды попадают в один канализационный водовод и направляются к ближайшему водоему. При раздельной канализации сбрасываются вместе производственные и хозяйственно-бытовые воды, а в ливневую канализацию направляются также теплообменные воды.

Производственные сточные воды молочных предприятий состоят главным образом из органических веществ в виде водных растворов, коллоидных суспензий (табл. 1), содержащие нерастворимые хлопья белковых веществ, частицы жира, растворимый молочный сахар, растворы белковых веществ, моющих и дезинфицирующих средств [3-4].

Таблица 1. Состав сточных вод молочных предприятий

Состав, мг/дм ³	Наименование предприятия		
	Гормолзавод	Завод сгущенного и сухого молока	Сыродельное предприятие
pH	6,5-8,5	6,8-7,4	6,2-7,0
Взвешенные вещества	350	350	600
Азот общий	60	50	90
Фосфор	8	7	16
Жиры	до 100	до 100	до 100
Хлориды	150	150	200
ХПК, мгО/дм ³	1200	1000	2400

Взвешенные вещества сточных вод представлены частичками твердых продуктов переработки молока (кусочки творога, молочные пленки, сырное зерно и пр.) и другими примесями (грунт, песок), попадающими при мойке технологического оборудования, тары, помещений. Основная часть взвесей представляет собой высококонцентрированные дисперсные системы из эмульгированных органических веществ.

Свежие производственные стоки имеют белый или желтоватый цвет. Реакция их щелочная.

Кроме этих загрязнений производственные сточные воды молочных предприятий содержат еще и химические соединения, применяемые для мойки емкостей, аппаратуры и полов.

Высокое содержание в стоках белковых веществ, углеводов и жиров становится причиной быстрого окисления, они подвергаются загниванию и закисанию. Наступает сбраживание молочного сахара в молочную кислоту, что приводит к осаждению казеина и других протеиновых веществ. Загнивание последних сопровождается выделением очень неприятного запаха. pH сточных вод при этом снижается до 4,5. Самыми опасными для водоемов являются сточные воды, сбрасываемые при производстве казеина, твердых сыров и творога.

В настоящее время проводятся активные исследования по усовершенствованию существующих и разработке новых, высокопроизводительных, эффективных и экономичных способов очистки, среди которых значительное место занимают физико-химические методы - сорбция, флотация, коагуляция и др. Их

использование позволяет: уменьшить содержание взвешенных частиц, белково-жировых компонентов на стадии предварительной очистки; снизить величину загрязненности сточных вод по ХПК, БПК; уменьшить содержание биогенных элементов - азота, фосфора, углерода; извлечь составные компоненты молока из концентрированных сточных вод с целью их утилизации в пищевых и кормовых производствах [4].

Целью данной работы является тестирование составов реагентов комбинированного действия, разрабатываемых на основе АКФ и КФК, для очистки сточных вод на предприятиях молочной промышленности.

Объектом исследования является сточная вода предприятия пищевого комплекса ОАО «Белгородский молочный комбинат».

Эксперименты были проведены в лабораторных условиях следующим образом: в стеклянный стакан помещали сточную воду объемом 1000 см³ и добавляли различные комбинации разрабатываемых реагентов на основе АКФ и КФК. Перемешивание проводилось сначала на быстрых оборотах на магнитной мешалке в течение 60 секунд для равномерного распределения реагента, а затем - 30 минут на низких оборотах для формирования крупных и быстро оседающих хлопьев.

Отстаивание проводили в течение 1 часа в цилиндрах объемом 1000 см³. Анализ осветленной воды проводился в специализированной лаборатории. Результаты исследований представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2. Показатели осветленной воды после использования реагентов на основе АКФ

№ п/п	Показатель	Исх. вода	Номера составов					
			1	2	6	7	8	9
1	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	910	166	226	210	211	228	209
2	ХПК, мгО/дм ³	1800	372	450	408	430	442	432
3	Массовая концентрация взвешенных веществ, мг/дм ³	1148	32.0	11	46	25	20	75
4	Массовая концентрация нитрат-ионов, мг/дм ³	27.1	11.3	10.2	9.7	11.7	13.6	5.4

5	Массовая концентрация фосфат-ионов, мг/дм ³	14.9	1.3	4.4	3.2	3.9	2.9	7.8
6	Мутность, NTU	1000	13.3	46.4	73.1	33.9	34.7	89.3
7	pH	9.2	7.33	7.41	7.41	7.67	8.44	9.27

Таблица 3. Показатели осветленной воды после использования реагентов на основе КФК

№ п/п	Показатель	Исх. вода	Номера составов						
			10	11	12	13	14	15	16
1	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	910	204	269	215	242	302	214	231
2	ХПК, мгО/дм ³	1800	420	522	412	493	590	439	454
3	Массовая концентрация взвешенных веществ, мг/дм ³	1148	102	125	93	112	258	131	88
4	Массовая концентрация нитрат-ионов, мг/дм ³	27.1	12. 6	8.4	11.7	11.4	7.3	12.6	5.9
5	Массовая концентрация фосфат-ионов, мг/дм ³	14.9	3.0	0.97	0.32	1.8	2.3	0.81	1.1
6	Мутность, NTU	1000	55. 4	66.2	27.3	90.7	117	39	55.7
7	pH	9.2	8.2 2	7.12	9.1	9.9	7.64	7.55	7.15

Из рис. 1 видно, что процесс коагуляции проходит интенсивно.



Рис. 1. Процесс коагуляции.

Из табл.2 видно, что pH среды соответствует нормативным значениям, за исключением состава № 9. Значения всех показателей уменьшаются при использовании для очистки сточной воды всех составов на основе АКФ. Но наилучшие результаты достигнуты при использовании реагента состава №1: эффективность очистки по БПК₅ составила 81,8%; по ХПК – 79,3%; по содержанию взвешенных веществ 97,2%; по содержанию нитрат-ионов – 58,0%; по содержанию фосфат-ионов – 91,3% и по мутности – 98,7%.

Из табл.3 видно, что при использовании составов №12 и 13 значения pH очищенного стока составили 9,1 и 9,9, соответственно, что не удовлетворяет нормативным значениям. Необходимо отметить, что по остальным показателям фиксируется снижение по сравнению с исходными значениями.

Применяемые на основе КФК составы №№15 и 16 показали наилучшие результаты. Так эффективность по БПК₅ у составов №15 и 16 составила 76,5 и 74,6%; по – ХПК – 75,6 и 74,8%; по содержанию взвешенных веществ – 88,6 и 92,3%; по содержанию нитрат-ионов – 53,5 и 78,2%; по содержанию фосфат-ионов – 94,6 и 92,6% и по мутности – 96,1 и 94,4%, соответственно.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что составы на основе АКФ №1 и на основе КФК № 15 и 16 можно рекомендовать к использованию для очистки сточных вод предприятий молочной промышленности.

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Библиографический список

1. Байлад Г. Технология производства молочных продуктов Tetra Pak // Байлад. М.: Tetra Pak, 2000. 440 с.
2. Вышемирский Ф.А. Масло из коровьего молока и комбинированное // Вышемирский Ф.А. СПб.: ГИОРД, 2004. 720 с.
3. Анализ источников формирования сточных вод на агропредприятиях, их качественных и количественных показателей: научный аналитический обзор / С.М. Васильев [и др.]. Новочеркасск: ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», 2017, 82 с.
4. Рабкопиров М.Н., Лисенкова Л.Л. Физико-химические методы очистки сточных вод предприятий молочной промышленности: обзор, информ. М.: ЦНИИТЭИ мясомолпром, 1980. 441 с.
5. Предприятия молочной промышленности [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://alternativa-sar.ru> (дата обращения 27.09.2022).

УДК 628.316.13

Лушников А.С., аспирант,
Лифинцев А.Н., аспирант,
Старостина И.В., канд. техн. наук, доцент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕАГЕНТОВ КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы возможного использования разрабатываемых на основе алюмо- и железосодержащих коагулянтов-флокулянтов (АКФ и КФК) реагентов комбинированного действия для очистки сточных вод предприятий АПК.

Ключевые слова: сточная вода, реагенты комбинированного действия, предприятия АПК.

В производственных процессах вода – это самое универсальное вещество, которое выступает в качестве теплоносителя и охладителя, выполняет функцию транспорта, применяется как реакционная среда и

т.д. По этой причине любое промышленное предприятие ежегодно сбрасывает значительное количество сточных вод.

Исследования в области состояния водных ресурсов РФ показывают [1], что по расходу воды на единицу выпускаемой продукции пищевая промышленность занимает одно из первых мест среди отраслей народного хозяйства. К наиболее водоемким относятся птице- и мясоперерабатывающие предприятия, где до 95% расходуемой воды переходит в стоки. Для обработки 1 тушки бройлерной птицы массой 2 кг используется от 5 до 10 дм³ чистой воды, а при обработке 1 тушки индейки – 40 дм³. В сутки при производительности предприятия в 7-10 тыс. голов образуется от 1,5 до 3,5 тыс. м³ загрязненных сточных вод, что является обычными показателями для современных птицеперерабатывающих комплексов.

Стоки цеха убоя и потрошения птицефабрик содержат в своем составе минеральные и органические загрязнения – пух, перо, кровь, жир, части шкуры, каныга, моющие средства, соли и т.п., что позволяет характеризовать их как высококонцентрированные жидкие отходы органоминерального характера.

По фазово-дисперсному составу 20% приходится на грубодисперсные взвеси, около 40% - надколлоидные, около 20% - на коллоидные и 20% - на растворимые примеси. Более 70% загрязнителей составляют жиро-белковые комплексы, предрасположенные к гнилостным анаэробным процессам, сопровождающиеся образованием летучих веществ с неприятным запахом [2, 3].

Основная доля вредных веществ, образующихся при убое и переработке мяса и оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду, приходится на неочищенные и недостаточно очищенные сточные воды. Для очистки подобных стоков применяются различные методы. Наиболее часто используемые - это коагуляция и флокуляция.

Коагуляция применяется для осаждения мелкодисперсных частиц, находящихся во взвешенном состоянии, вследствие их взаимодействия, объединения и утяжеления под влиянием добавляемых к ним специальных веществ - коагулянтов.

Коагулянты в воде подвергаются процессу гидролиза с образованием хлопьев гидроксидов металлов, которые характеризуются слабым положительным зарядом. Коллоидные частицы имеют преимущественно слабый отрицательный заряд. В результате электростатического взаимодействия образуются агрегаты, которые быстро оседают под действием силы тяжести.

В качестве коагулянтов используют соли алюминия и железа: сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$; алюминат натрия $NaAlO_2$; гидроксохлорид алюминия $Al_2(OH)_5Cl$; алюмокалиевые и аммиачные квасцы, сульфаты железа $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 2H_2O$, $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 3H_2O$ и $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, а также хлорное железо $FeCl_3$ [4].

Флокуляция – это процесс агрегации взвешенных частиц при добавлении в сточную воду высокомолекулярных соединений, называемых флокулянтами. В отличие от коагуляции при флокуляции агрегация происходит не только при непосредственном контакте частиц, но и в результате взаимодействия молекул флокулянта, адсорбированного на поверхности частиц. Флокуляцию проводят для интенсификации процесса коагуляции – образования хлопьев гидроксидов алюминия и железа с целью повышения скорости их осаждения.

Использование флокулянтов позволяет снизить дозы коагулянтов, уменьшить продолжительность процесса коагуляции и повысить скорость осаждения образующихся хлопьев.

Для очистки сточных вод используют природные и синтетические флокулянты.

В настоящее время реагенты – коагулянты и флокулянты, в технологической схеме водоотведения предприятий применяются в виде водных растворов или суспензий, что имеет некоторые недостатки:

- для хранения растворов необходим большой парк емкостей и складских помещений для их размещения;

- растворы коагулянтов характеризуются низким уровнем pH среды, т.е. обладают кислотными свойствами, что может привести к коррозии оборудования;

- длительное хранение в жидком виде приводит к изменению химического состава, а, следовательно, к ухудшению свойств коагулянтов;

- ограничена дальность перевозок реагентов.

Исключить эти недостатки позволяет использование новых веществ для реагентной очистки сточных вод – композиционных материалов, совмещающих коагуляционные и флокуляционные функции.

Одним из таких направлений в интенсификации технологии коагуляционной очистки воды является использование композиционных реагентов, к которым относятся исследуемые препараты на основе алюмосодержащих (АКФ) и железосодержащих (КФК) соединений и разрабатываемые составы на их основе.

Композиционные коагулянты обладают аддитивным и синергетическим действием, что позволяет повысить эффективность

очистки воды, сократить расходы и количество применяемых реагентов, упростить технологию их применения [5].

Целью данной работы является проведение сравнительного анализа реагентов комбинированного действия, применяемых для очистки многокомпонентных сточных вод.

Объектом исследования в данной работе являются сточные воды ООО «Белгородская индейка», (п. Разумное Белгородской области).

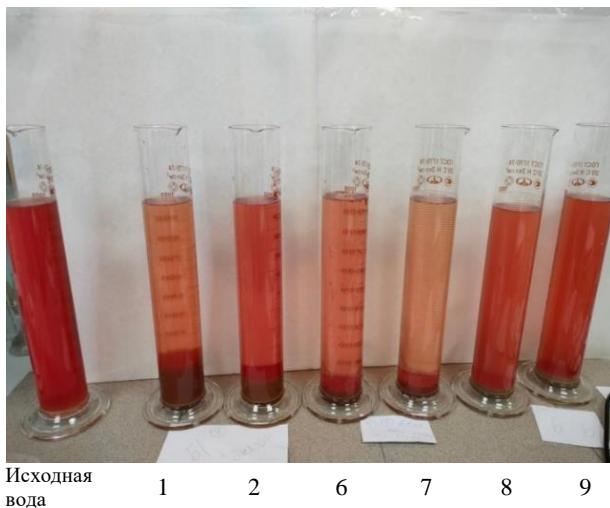


Рис. 1 Процесс отстаивания.

Сточные воды птице- и мясоперерабатывающих производств характеризуются как многокомпонентные и по содержанию органических веществ относятся к категории высококонцентрированных. Они содержат жиры, белки, продукты белкового распада, жирные кислоты и другие азотогорганические соединения, а также значительное количество углеводов. Присутствие различных компонентов крови и лимфы обусловливают стокам высокую цветность [6].

Присутствие в сточной воде пигментов мяса и белков крови обуславливают их высокую цветность (рис.1).

Экспериментальные исследования по использованию разрабатываемых составов на основе АКФ и КФК для очистки сточных вод проводили следующим образом: в стеклянные стаканы помещали 1000 см³ сточной воды и добавляли составы № 1, 2, 6, 7, 8 и 9 в соответствующих количествах.

Составы № 1, 2 и 6 разрабатывались на основе АКФ, № 7, 8 и 9 – на основе КФК.

Отдозированные реагенты добавляли в сточную воду объемом 1000 см³, перемешивание проводили с помощью магнитной мешалки в течение 30 минут. Отстаивание осуществляли в цилиндрах объемом 1000 см³ в течение 60 минут, после чего осветленная вода была направлена на исследование в специализированную лабораторию. Результаты исследований представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Некоторые показатели сточных вод после применения различных составов реагентов комбинированного действия

№ п/п	Показатель	Вода исх.	Номера составов					
			1	2	6	7	8	9
1	ХПК, мгО ₂ /дм ³	1330	376	402	440	314	396	253
2	Массовая концентрация фосфат-ионов, мг/дм ³	15,6	0,95	1,0	2,7	1,0	1,5	1,4
3	Мутность, NTU	206	10,6	10,1	41,1	30,0	21,0	17,3
4	pH	7,67	7,12	7,00	7,13	9,21	9,2	7,44

Результаты показали, что эффективность очистки по мутности лежит в пределах от 80,1 до 95,1%, эффективность извлечения фосфат-ионов – от 82,7 до 93,9%, а по ХПК – от 66,9 до 98,3%.

Таблица 2. Эффективность очистки сточных вод, %

№ п/п	Показатель	Номера составов					
		1	2	6	7	8	9
1	ХПК, мгО/дм ³	71,7	69,8	66,9	76,4	70,2	98,3
2	Массовая концентрация фосфат-ионов, мг/дм ³	93,9	93,6	82,7	93,6	90,4	91,0
3	Мутность, NTU	94,9	95,1	80,1	85,4	89,8	91,6
4	pH	7,12	7,00	7,13	9,21	9,2	7,44

Одним из важных показателей очищенной воды является рН среды. По результатам использования составов реагентов № 7 и 8 происходит подщелачивание среды - рН очищенного стока составила 9,21 и 9,20, соответственно, что не удовлетворяет нормативным показателям.

В результате проведенных исследований можно сделать следующий вывод: протестированные составы № 1, 2, 6, полученных на основе АКФ, и № 9, полученного на основе КФК, подтвердили свою эффективность. Их можно рекомендовать к использованию для очистки сточных вод ООО «Белгородская индейка».

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова

Библиографический список

1. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Белгородской области в 2019 г.». Белгород, 2020. 217 с.
2. Сравнительная оценка возможности применения различных сорбентов для очистки производственных сточных вод мясоперерабатывающих предприятий / Т.Н. Боковикова [и др.] // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2009. № 6. С. 102-105.
3. Очистка и обеззараживание сточных вод перерабатывающих предприятий АПК / Л.С. Кузнецова [и др.] // Пищевая промышленность. 2002. № 10. С. 52-53.
4. Гетманцев С.В., Нечаев И.А., Гандурина Л.В. Очистка промышленных сточных вод коагулянтами и флокулянтами. М.: Изд-во ассоциации строительных вузов, 2008. 272 с.
5. Байрамукова С.Р., Мешарова В.Ю. Воздействие предприятий агропромышленного комплекса на окружающую среду // Стратегия устойчивого развития регионов России. 2015. №. 29. С. 52-55.
6. Получение железокремниевого флокулянта-коагулянта из отхода металлургического производства и его применение в процессе очистки эмульгированных сточных вод / И.В. Старостина [и др.] // Экология и промышленность России. 2022. Т. 26. №. 7. С. 20-25.

Марченкова Е.Н., студент,
Лупандина Н.С., канд. техн. наук, доцент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ И ВОДОРОСЛЕЙ

Загрязнение окружающей среды – одна из глобальных экологических проблем современного мира. Проведен анализ применяемых методов для очистки сточных вод от тяжелых металлов. Основное направление возможного решения - переход к природоподобной экономике замкнутого цикла, где отходы одного производства используются в качестве сырья для другого производства. Многие водоросли также обладают огромной способностью сорбировать металлы, и существует значительный потенциал для их использования для очистки сточных вод.

Ключевые слова: тяжелые металлы, загрязнение, отходы АПК, фиторемедиация.

В большинстве водоемов можно обнаружить тяжелые металлы. Они поступают вместе со сточными водами из различных источников, включая природные процессы (эрзийные процессы, селевые смыки, лесные пожары и т. д.), техногенную (добыча и переработка полезных ископаемых, отрасли энергетики и т.д.) и антропогенную деятельности (транспорт, сельское хозяйство, бытовые стоки) [1].

Тяжелые металлы в воде не обнаруживаются органолептически, то есть не заметны на вкус, запах и цвет. Тяжелые металлы не являются биоразлагаемыми, как следствие они имеют свойство накапливаться в живых тканях, вызывая различные заболевания и расстройства. Поэтому они обязательно должны быть удалены перед сбросом в экосистемы [1, 2].

Тяжелые металлы могут накапливаться в сточных водах в виде донных отложений. Если в сточных водах также содержатся анионы или молекулы органических соединений, то ионы таких металлов организуют многообразные комплексы разного строения и устойчивости. В таком случае наблюдается загрязнение водной массы [2].

Для максимально полного удаления тяжелых металлов из сточных вод используются различные методы, такие как нейтрализация, коагуляция, флотация. Эти методы могут снижать концентрацию

тяжелых металлов, но не всегда эффективно и могут создавать опасные отходы. Возможности замены сложных и дорогих методов очистки на более дешевые и простые сорбционные технологии привлекают интерес ученых и конструкторов. Наиболее распространенными методами являются физико-химическая очистка, которая основана на использовании химических реагентов для связывания и осаждения тяжелых металлов. Адсорбция является эффективным физико-химическим процессом для удаления ионов тяжелых металлов из водных растворов [3, 4].

В последние годы возрастает интерес к использованию экологически чистых методов для борьбы с загрязнением водных ресурсов тяжелыми металлами (ТМ). Одним из основных решений является вторичное использование крупнотоннажных органических отходов в замкнутом цикле для очистки сточных вод. Особое внимание уделяется разработке технологий создания и использования новых адсорбционных материалов из различных видов отходов [6].

Новым, быстро развивающимся направлением, занимающим особую нишу, является разработка технологий создания и использования новых сорбционных материалов, изготовленных из различных отходов. Изготовление адсорбентов из отходов позволит минимизировать нагрузку на окружающую среду и одновременно экономить природные ресурсы, так как отходы переводятся в ранг вторичного сырья. Преимуществами растительных отходов являются их относительно простая обработка, хороший адсорбционный потенциал, селективность к ионам ТМ, низкая стоимость и доступность. Сорбенты на основе экологически чистых природных материалов могут быть использованы для удаления ТМ из поверхностных стоков городских поселений [5].

Такими отходами являются отходы АПК. Сорбенты из экологически чистого природного сырья могут быть использованы для очистки поверхностных сточных вод городских поселений от тяжелых металлов [6, 8].

Зачастую отходы в необработанном виде обладают низкими сорбционными свойствами, поэтому для придания необходимых качеств их модифицируют или комбинируют с другими материалами с высокой сорбционной способностью. Такой подход позволяет эффективно очищать многокомпонентные стоки от различных загрязнений, включая тяжелые металлы.

В процессе сорбции тяжелых металлов происходит повышение уровня химического потребления кислорода (ХПК), биологического потребления кислорода (БПК), а также общего органического углерода

(ООУ) в очищаемой воде в связи с выходом растворимых органических соединений, содержащиеся в растительных материалах. Увеличение значений ХПК, БПК и ООУ может вызвать снижение содержания кислорода в воде, что может угрожать водным экосистемам. Поэтому перед использованием отходов в качестве сорбентов их необходимо модифицировать для последующего применения для извлечения ионов тяжелых металлов [6, 8].

Множество исследований по изучению сорбции тяжелых металлов проводятся на различных растительных материалах, таких как кукурузные листья, конопляная лузга, солома и рисовая шелуха. Данные отходы содержат целлюлозу, обладают высокой гидрофобностью. Основными химическими элементами в их составе являются экологически безопасные элементы: углерод, кислород, калий. В лузге конопли отсутствует кальций, в соломе — магний, а в лузге гречихи — кремний [6].

Отходы пищевой промышленности, такие, как жом сахарного тростника, также были исследованы на возможность использования в качестве сорбентов. Жом состоит из целлюлозы (50 %), полиоз (27 %) и лигнина (23 %). Присутствие этих трех биологических полимеров насыщает материал гидроксильными и фенольными группами. Это позволяет получить адсорбирующие материалы с новыми свойствами путем химической модификации. Было установлено, что жом, обработанный этилендиамином и триэтилентетрамином, значительно увеличивает содержание азота по сравнению с необработанным образцом. Отход после обработки триэтилентетрамином показал в два раза большую адсорбционную ёмкость в отношении к ионам кадмия и свинца по сравнению с немодифицированным жомом. Это делает жом эффективным средством для удаления указанных тяжелых металлов из сточных вод [5, 6].

В последние десятилетия очистка промышленных сточных вод, в том числе загрязненных тяжелыми металлами, с использованием водорослей вызывает все большую заинтересованность. Преимуществом использования водорослей является их неприхотливость и активное размножение. Они, как и некоторые бактерии и грибы, обладают значительной биосорбционной способностью [7]. Физические воздействия, такие как нагревание, кипячение, заморозка, измельчение и сушка, могут увеличить поглощение тяжелых металлов (ТМ) водорослями. При физических воздействиях изменяется поверхность клеток водорослей, тем самым создаются дополнительные участки связывания. Например, морские макроводоросли отделов *Cyanophyta* и *Chlorophyta* эффективно

сорбируют мышьяк и висмут, а представители *Phaeophyta* являются гипераккумуляторами ТМ из-за присутствия значительных количеств альгинатов и сульфатированных полисахаридов внутри клеточных стенок, к которым металлы имеют высокое сродство. Но прикрепленный образ жизни этих водорослей, медленные темпы набора биомассы и рост в открытом море ограничивает их активное использование в очистке сточных вод и водных объектов [7].

Микроводоросли обладают большей эффективностью восстановления ТМ за счет более простой структуры и малого времени регенерации. Удаление ТМ микроводорослями осуществляется непосредственно при помощи двух основных механизмов – биосорбции и биоаккумуляции. За биосорбцию (пассивное накопление) ТМ отвечают такие компоненты клеточной стенки, как фукоидан и альгинат. При биоаккумуляции ионы ТМ переносятся через клеточные мембранны с помощью пассивных и активных транспортных систем и накапливаются внутри клеток. Таким образом водоросли могут накапливать металлы до 10% биомассы. Водоросли родов *Chlorella* и *Scenedesmus* являются наиболее подходящими. Однако некоторым микроводорослям присущи и другие механизмы извлечения ТМ. Например, штамм *Spirulina platensis* вырабатывает фермент арсенит-С-аденозилметионинметилтрансферазу, который обладает способностью метилировать мышьяк, делая его нетоксичным. При этом значительным ограничением использования микроводорослей является дальнейшая переработка их биомассы с последующим удалением воды. Для этого существует ряд методов (центрифугирование, фильтрация и др.). Наиболее эффективным решением этой проблемы является иммобилизация клеток водорослей, позволяющая не только упростить процесс разделения, но также создавать более высокую плотность клеток, улучшить их продуктивность и рециркуляцию биомассы [6].

Загрязнение водных ресурсов тяжелыми металлами в настоящее время является серьезной экологической проблемой. Растительные отходы, отходы пищевой промышленности, макро- и микроводоросли обладают высокой сорбционной емкостью и способны эффективно удалять тяжелые металлы из стоков и водоемов. Водоросли обладают высокой поглощающей способностью и могут эффективно очищать сточные воды и водоемы от тяжелых металлов.

Отходы сельскохозяйственного производства являются экологически безопасным и эффективным поглощающим материалом, который может извлекать тяжелые металлы из поверхностного стока городов и промышленных предприятий. Максимальная эффективность

очистки будет достигаться при использовании нескольких методов одновременно.

Библиографический список

1. Тихомирова В.В., Смирнова П.С. Загрязнение поверхностных и сточных вод Российской Федерации тяжелыми металлами // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 10. С. 1-5.
2. Загрязнение воды тяжелыми металлами: опасность для водной среды, последствия и способы предотвращения [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://rcycle.net/ekologiya/gidrosfera/zagryaznenie-vody-tyazhelyimi-metallami-opasnost-dlya-vodnoj-sredy-posledstviya-i-sposoby-predotvrascheniya> (дата обращения: 14.12.2023).
3. Зыкова И.В., Панов В.П. Обезвреживание от тяжелых металлов и утилизация избыточных активных илов БОС в глобализующемся мире // Региональная экология. 2007. № 1. С. 269-288.
4. Левоцкий Я.Л. Исследование процесса сорбции ионов тяжелых металлов в динамических условиях из модельных многокомпонентных растворов керамической крошки / Я.Л. Левоцкий, И.В. Зыкова, И.В. Лысенко // Новые химические технологии: производство и применение: материалы научно-практической конференции/. Пенза: Общество «Знание». 2001. С. 78-80.
5. Чиркова В.С., Собгайда Н.А., Рзазаде Ф.А. Сорбенты на основе отходов агропромышленного комплекса для очистки сточных вод // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 20. С. 263-266.
6. Самодолова О.А. Использование растительных отходов в очистке сточных вод, загрязненных тяжелыми металлами / О.А. Самодолова, А.П. Самодолов, Д.В. Ульрих, Т.М. Лонзингер // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. № 5. С.747—56.
7. Искужина М.Г., Кузина Е.В., Мухаматдьярова С.Р. Биологические методы очистки окружающей среды от тяжелых металлов // Экобиотех. 2023. Т. 6 № 2. С. 120-138.
8. Использование производственных отходов для очистки сточных вод / Н.С. Лупандина [и др.] // Экология и промышленность России. №5. 2010. С. 38-41.

Марченкова Е.Н., студент,
Лупандина Н.С., канд. техн. наук, доцент,
Антиофеева Е.С., ст. преподаватель
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ПРОБЛЕМЫ И ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Аннотация. Масштабы применения нефти и нефтепродуктов приводят к загрязнению окружающей среды. При этом ежегодно сохраняется высокий уровень загрязнения водных объектов, которым наносится серьезный экологический ущерб, что в первую очередь связано с развитием нефтедобывающей отрасли и ростом потребления нефтепродуктов. Для снижения антропогенной нагрузки необходимо принятие мер, которые связаны с развитием и совершенствованием технологий по очистке водных объектов. Широкое внедрение и распространение этих мер позволит снизить общий уровень загрязнения окружающей среды и сохранить ее для будущих поколений.

Ключевые слова: нефть, нефтепродукты, поверхностные воды, сточные воды.

Нефтяное загрязнение водных экосистем является одной из главных проблем современного мира. Оно наносит значительный ущерб водной флоре и фауне, нарушая естественные процессы и приводя к гибели многих видов. Ежегодно в Мировой океан попадает по разным оценкам от 0,5 до 11 млн. тонн нефти и нефтепродуктов. Нефтепродукты в водоемы попадают как в результате естественных (природных) процессов, так и следствием человеческой деятельности [1, 2].

Попав в воду, нефть перемещается на поверхности и в толще воды (растекание, дрейф, седиментация, затопление), распространяясь по поверхности и опускаясь на дно. В процессе распространения нефть претерпевает различные изменения: она может испаряться, растворяться, разбиваться на мелкие частицы, образовывать эмульсию (смесь с водой), подвергаться окислению и разрушению под действием микроорганизмов. В ходе этих превращений нефть меняет свои физические и химические свойства. Скорость этих процессов определяется количеством и составом нефти, особенностями углеводородов (плотность, вязкость), а также условиями водной среды, временем года и преобладающими погодными условиями. В результате нефть распределяется в водных экосистемах неравномерно,

накапливаясь на границах различных сред, таких как поверхность воды, дно и берега [2, 3].

Один из основных источников загрязнения - это природные процессы (около 50%). В результате вулканической активности и тектонических сдвигов могут высвобождаться залежи нефти. Они могут образовывать миграционные потоки, которые попадают в воду. Такие пути поступления нефти характерны для регионов, где сосредоточены нефтегазовые бассейны [3].

Вторым по важности источником загрязнения является судоходство (30% от общего нефтесодержания). С судов в воду попадают льяльные и балластные воды, которые могут содержать нефтепродукты. Кроме того, на судах производится очистка, и остатки нефтепродуктов могут попадать в воду. Также сюда можно отнести аварийные ситуации и нелегальные сбросы судовых нефтяных отходов.

Аварийные разливы, вызванные добычей и транспортировкой, составляют менее 10% от суммарного потока углеводородов в морскую среду. Они могут происходить при добыче и транспортировке нефти и нефтепродуктов, а также при авариях на нефтеперерабатывающих заводах [3].

Наконец, нефтепродукты могут попадать в воду в результате человеческой деятельности, например, при утечках из резервуаров или при неправильном обращении с нефтепродуктами (около 10%). Такие ситуации возникают путем перевоза нефтепродуктов с суши по рекам, в результате деятельности на берегу, связанной с потреблением, хранением и переработкой нефти, а также с удалением в прибрежные воды нефтесодержащих отходов разного состава и происхождения [3].

Для пресноводных водоемов основной причиной загрязнения и как следствие увеличения содержания углеводородов являются аварии на объектах добычи и транспортировки нефти. Главным загрязнителем пресных водоемов являются плохо очищенные или неочищенные вовсе сточные воды, содержащие различные углеводороды. Утечка нефтяных компонентов также будет происходить за счет миграции и рассеяния при обычной эксплуатации нефтепромысловых объектов [2].

К не связанным с нефтедобывающей отраслью источникам загрязнения относится и коммунально-бытовая деятельность, выпадение атмосферных осадков, образовавшихся в результате дренирования торфов и почв [3].

Вклад естественных процессов в загрязнение нефтью пресных водоемов может достигать 50%. К естественным процессам можно отнести разложение растительности и микроорганизмов, способных

накапливать в своих тканях нефть и затем в процессах распада выделять ее в окружающую среду. Также миграция нефти из одного водоема в другой относится к естественному способу загрязнения водоемов нефтепродуктами. В основном такую миграцию можно наблюдать во время дождей или весной при таянии снега, когда вода может переносить нефть из одного водоема в другой, загрязняя его [2].

Нефть при попадании в водный объект достаточно быстро (часы и сутки) перестает существовать как исходный субстрат, так как подвергается различным физическим, химическим и биологическим процессам. Эти процессы приводят к распаду нефти на различные агрегатные фракции, такие как пленки, эмульсии, микро- и наночастицы [4].

Пленка (слик) - это одна из форм нахождения нефти в воде, которая представляет собой тонкую, прозрачную или мутную пленку, тонким слоем локализующуюся на поверхности водного объекта. Они образуются при смешивании нефти с водой, когда молекулы нефти распределяются по поверхности воды, образуя тонкий слой, приводя к нарушению естественных процессов в водной среде: газо-, энерго-, тепло- и влагообмена между атмосферой и гидросферой. Это может негативно сказаться на условиях жизни водных организмов и привести к снижению их численности и разнообразия. Также пленка способна повлиять на кислородный баланс в атмосфере Земли, а значит, ухудшить экологическую обстановку на планете в целом [2, 4].

Кроме того, пленки могут представлять опасность для человека и окружающей среды. Они могут загрязнять берега водоемов, затруднять доступ света и кислорода к водным организмам, а также способствовать образованию токсичных веществ, которые могут попадать в атмосферу и почву [4]. Пленки - это самая видимая форма углеводородов в воде. Помимо нефтяной пленки, углеводороды, являющиеся основным компонентом нефти и нефтепродуктов, присутствуют в воде в таких формах, как:

1. Растворенные углеводороды - это углеводороды, которые полностью растворяются в воде. Они не образуют видимых пленок на поверхности воды, но могут быть обнаружены с помощью специальных приборов.

2. Эмульгированные углеводороды - это смесь углеводородов и воды, которая образует мелкие капли. Эти капли могут быть видны невооруженным глазом, но они не образуют сплошных пленок.

3. Микрочастицы и наночастицы - это очень мелкие частицы углеводородов, которые образуются в результате различных процессов, таких как распад нефти или взаимодействие углеводородов с водой. Эти

частицы могут быть очень вредными для водных организмов, так как они могут проникать внутрь клеток и нарушать их работу.

Тяжелые фракции углеводородов оседают на дно. Это происходит из-за того, что более тяжелые молекулы углеводородов имеют большую массу и, следовательно, большую силу притяжения. Их скопление на дне может создавать проблемы для водных экосистем [3, 4].

Общее воздействие нефтепродуктов на морскую среду можно разделить на 5 категорий: непосредственное отравление с летальным исходом, серьезные нарушения физиологической активности, эффект прямого обволакивания живого организма нефтепродуктами, болезненные изменения, вызванные внедрением углеводородов в организм, а также изменения в биологических особенностях среды обитания [5].

Наиболее перспективным и экологически безопасным методом очистки воды от углеводородов является биоремедиация - использование микроорганизмов. Некоторые виды бактерий и грибков способны питаться углеводородами, разлагая их на безопасные компоненты. Однако биоремедиация имеет свои ограничения. Основными факторами, влияющими на ход биоразрушения органических загрязнителей, являются их химическая природа, концентрация и взаимодействие с другими загрязнителями. При высокой концентрации загрязняющих веществ микроорганизмы не могут выжить и размножаться. Некоторые виды микроорганизмов могут вызывать аллергические реакции у людей, что также ограничивает использование биоремедиации [6].

Другим методом очистки является использование фильтров и сорбентов, которые способны поглощать углеводороды из воды. Однако эти методы могут быть дорогими и не всегда эффективными, особенно если углеводороды присутствуют в больших количествах. Также существует метод ультрафиолетового облучения, который может быть использован для уничтожения микроорганизмов, способных разлагать углеводороды. Однако этот метод также имеет свои ограничения, так как не все микроорганизмы могут быть уничтожены таким образом [7].

Таким образом, можно сделать вывод, что масштабы загрязнения нефтепродуктами водных экосистем велики. Разливы нефти могут происходить не только при авариях на местах добычи, но и в процессе эксплуатации нефтепродуктов. Нефтяное загрязнение ведёт к нарушению процессов в водной экосистеме, грозит вырождением и гибелью всех популяций живых существ. Применение экологически чистых способов и методов удаления нефтепродуктов и нефтяной

пленки с водных объектов позволить сохранить водные экосистемы и уберечь здоровье людей.

Библиографический список

1. Коршунова Т.Ю. Нефтяное загрязнение водной среды: особенности, влияние на различные объекты гидросфера, основные методы очистки / Т.Ю. Коршунова, О.Н. Логинов // Экбиотех. 2019. Т. 2 № 2. С. 157-174.
2. Загрязнение Мирового океана нефтью и нефтепродуктами [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rcycle.net/ekologiya/gidrosfera/okean/zagryaznenie-mirovogo-neftyu-i-nefteproductami> (дата обращения: 15.12.2023).
3. Воздействие на гидросферу при освоении шельфовых месторождений [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://project4944606.tilda.ws/page24188672.html> (дата обращения: 15.12.2023).
4. Тарасова Г. И. Исследование сорбционно-фильтрационной очистки нефтесодержащих сточных вод с помощью модифицированных отходов горно-обогатительных комбинатов / Г. И. Тарасова, Е. О. Грачева, И. Г. Шайхиев // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20 №17. С.139-143.
5. Шамраев А.В. Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды / А.В. Шамраев, Т.С. Шорина // Вестник ОГУ. 2009. №6. С. 642-645.
6. Созина И.Д. Микробиологическая ремедиация нефтезагрязненных почв/ И.Д. Созина, А.С. Данилов // Записки Горного института. 2023. Т. 260. С. 297-312
7. Иванова И. А. Обзор микробиологических способов борьбы с отложениями высокомолекулярных компонентов нефти / И.А. Иванова, Р.К. Ибрагимова, Д.А. Ибрагимова, С.М. Петров // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18 №20. С.137-143.

Мусихина Т.А., канд. геогр. наук, доцент,

Земцова Е.А., канд. хим. наук, доцент,

Ушакова Ю.Н., канд. техн. наук, доцент,

Бабина А.А., студент

(Вятский государственный университет,

г. Киров, Россия,)

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОЧВ И СНЕГА МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ В СЕЛИТЕБНОЙ ЗОНЕ ГОРОДА КИРОВА

Аннотация: Метод биотестирования почвенной вытяжки и снеговой воды применялся с целью комплексной оценки качества природных сред на стадии предпроектных работ по размещению объектов в городской черте. В работе учитывалось, что на стройплощадках требует сбора и дальнейшего полезного применения верхний плодородный слой почвы, в то же самое время он в силу повышенной загрязненности в городской черте требует предварительного исследования с целью оценки возможности дальнейшего полезного применения. Для планирования системы утилизации снега в городе Кирове с применением современных способов важно было заранее выполнить комплексную оценку качества снеговой воды для принятия решения о способе сброса образующихся стоков от снегоплавильной станции в горколлектор или в водный объект.

Ключевые слова: экологические изыскания, почвенная вытяжка, снеговая вода, биотестирование.

Работы выполнялись в рамках предварительных инженерно-экологических изысканий для строительства комплекса объектов на территории города Кирова, поскольку нормативные требования [1] предписывают провести исследования качества природных сред в районе размещения объектов. С учетом повышенных современных требований Градостроительного кодекса Российской Федерации для застройки в городской черте, предусматривающих одновременное строительство, благоустройство и озеленение территорий, в составе работ, в том числе, было проведено дополнительное исследование почв и снега с использованием метода биотестирования, в основе которого лежит определение реакции живых организмов на уровень техногенного воздействия и содержание загрязняющих веществ в субстрате. Это поможет не только комплексно оценить современное состояние природных сред на исследуемой территории и выполнить прогноз возможных изменений окружающей природной среды под влиянием антропогенной нагрузки, но и использовать полученные

результаты для принятия решений в сфере рационального использования плодородного слоя на отведенной под строительство площадке, а также принять решения по минимизации вредных последствий процесса утилизации загрязненного снега в зимний период.

Цель работы – провести оценку экотоксичности почв и снега в районе будущей застройки микрорайона города Кирова (территория бывшего авиационного училища) методом биотестирования для аргументации при разработке предложений по дальнейшему полезному использованию собранных на стройплощадке до начала строительства почв, а также оценки возможности организации сброса талых вод в горколлектор или непосредственно в водный объект.

Отбор проб почвы для анализа производился в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.4.02-84 и ГОСТ 28168-89 из поверхностного слоя методом "конверта". Были отобраны два образца (в центре и на окраине района будущей застройки) ранней осенью 2023 года, поскольку этот сезон года связан с наибольшим накоплением в почве загрязняющих веществ (ЗВ) за весь весенний и летний периоды [2].

При отборе проб снега учитывалось, что:

– город Киров относится к городам, расположенным в климате с устойчивым снежным покровом, который сохраняется в течение всей зимы;

– высота снежного покрова на ненарушенном пространстве на исследуемой территории в конце марта 2024 года до наступления положительных температур составила 54 см;

– при уборке снега с проезжей части снег скапливается на обочинах и требует периодической утилизации в соответствии с правилами благоустройства населенных мест.

Пробы снега отобраны в конце зимнего сезона с учетом максимального депонирования выбрасываемых ЗВ в атмосферу от стационарных источников, а также загрязнения от автотранспорта и от применения противогололедных средств:

– проба №1 отобрана с обочины вблизи основной нагруженной автомагистрали.

– проба №2 отобрана с обочины проезда в глубине микрорайона.

– проба №3 – отобрана с ненарушенного участка на всю глубину снежного покрова в соответствии с РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы».

Методика приготовления почвенных вытяжек заключалась в следующем: пробу почвы массой 30 г (доведенную до воздушно-сухого

состояния, измельченную, с удаленными корешками), смешивали со 150 мл дистиллированной воды, перемешивали на встряхиваете в течении 3 минут и отфильтровывали [3]. Для анализа использовали полученный фильтрат.

Снеговая вода получена из растаявшего при комнатной температуре снега по отдельным емкостям для каждой пробы.

Определялся показатель pH среды, поскольку он является одной из важных физико-химических характеристик, который позволяет судить об уровне локального загрязнения изучаемого природного объекта. Измерение pH талого снега и водных вытяжек из отобранных почвенных образцов осуществляли на pH-метре pH-150МИ. Результаты оценки pH представлены в табл. 1.

Исследование проб с определением острой токсичности осуществлялось путем биотестирования водных вытяжек почв и снеговой воды с использованием тест-организмов – ракообразных *Daphnia magna* Straus [4]. Результаты биотестирования представлены в табл. 1.

Таблица 1. Выживаемости *Daphnia magna* Straus

Показатели качества	Проба снега			Образец почвы	
	№1	№2	№3	№ 1	№ 2
pH*	8,3	7,3	7,0	6,6	6,5
% выживаемости <i>Daphnia magna</i> Straus	0	90	90	95	93

*для проб почвы измерялось pH почвенной вытяжки, для проб снега – pH снеговой воды.

Для снеговой воды проводились исследования по химическим показателям, результаты анализа по приоритетным из них представлены в табл. 2.

Таблица 2. Химический анализ снеговой воды по приоритетным показателям

Показатели	Проба снега		
	№1	№2	№3
Кальций	2470	5,07	2,76
Хлориды	4440	14,9	19,4
ХПК	1920	262	30

ХПК определяли титриметрическим методом в присутствии N-фенилантраниловой кислоты [5]. Определение хлорид-анионов и ионов кальция осуществлялось в системе капиллярного электрофореза на «КАПЕЛЬ -105М».

Результаты относительно характеристики почвенной вытяжки: оценка токсичности методом биотестирования показала, что пробы не оказывают острого токсичного эффекта, а степень кислотности проб почвенных вытяжек входит в диапазон 6 -7, что говорит о ее нейтральной среде.

В снеговой воде отмечается слабощелочная среда. Сдвиг рН в щелочную сторону может быть вызван разными причинами, среди которых повышенная зольность выбросов в атмосферный воздух и недостаточность их очистки, а также частое возникновение неблагоприятных метеорологических условий [6], которые затрудняют рассеивание выброшенных ЗВ в атмосферу. В работе [7] указано, что смещение рН среды в щелочную сторону может быть связано также с повышенным содержанием ионов кальция, что согласуется с результатами анализа талых вод на содержание этих ионов, где определено, что снеговая вода пробы №1 характеризуется значительным превышением концентрации ионов кальция относительно других проб снега, в том числе отобранной на ненарушенном участке. Кроме того, отобранная с обочины основной нагруженной автодороги проба снега загрязнена, вероятнее всего, из-за активно применяемых в зимний период времени антигололёдных песко-соляных средств, о чем свидетельствует повышенное содержание и хлорид-ионов, которое зафиксировано в количестве 4400 мг/дм³ при нормативном содержании в природной воде 350 мг/дм³ согласно СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" и нормам приема стоков в кировскую городскую канализацию согласно постановлению администрации г. Кирова от 17.12.2020 № 3026-п «О порядке приема сточных вод в систему муниципальной канализации города Кирова», где норма по хлоридам определена в размере 113 мг/дм³.

Результаты оценки экотоксичности методом биотестирования показали, что пробы снега № 1, отобранная с обочины основной загруженной автомагистрали, проявляет острую летальную токсичность, смертность в пробе достигла 100 %, что говорит о сильной загрязненности снега. Это подтверждается и величиной ХПК, которая для этой пробы составила 1920 мг/дм³. Причиной такой концентрации, вероятнее всего, является присутствие в пробе нефтепродуктов и других

загрязнителей, являющихся характерными для загрязнений вдоль автодорог.

В пробе №2 при высоком проценте (90%) выживаемости тест-объектов также наблюдается повышенное, более чем в 2 раза, значение ХПК относительно норм приема стоков в кировскую городскую канализацию, в которых норма по ХПК составляет 107 мг/дм³.

Проба №3 по всем исследуемым показателям соответствует нормам приема в городскую канализацию города Кирова.

Таким образом, проведенная оценка токсичности методом биотестирования будет способствовать комплексной оценке качества почв и образующихся от таяния снега сточных вод для принятия проектных решений и внедрения современных экологических практик по полезному использованию почв и утилизации снега без негативного влияния на окружающую среду в селитебной зоне городе Кирова на подлежащей комплексной застройке территории бывшего авиационного училища.

Библиографический список

1. СП 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания для строительства. Доступ из электронного фонда правовых и нормативно-технических документов «Кодекс». Источник: <https://docs.cntd.ru/document/871001220>.
2. Бардина Т.В., Чугунова М.В., Бардина В.И. Изучение экотоксичности ураноземов методами биотестирования // Живые и биокосные системы. 2013. № 5. URL: <https://jbks.ru/archive/issue-5/article-8> (дата обращения: 01.03.2024).
3. ГОСТ 26423-85. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка. М.: Стандартинформ, 2011. 6 с.
4. ПНДФ Т 14.1:2:4:12-06 Токсикологические методы анализа. Методика определения острой токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по смертности дафний (Daphnia magna Straus). М., 2011. 45 с.
5. ПНД Ф 14.1:2:3.100-97 Количественный химический анализ. Методика измерений химического потребления кислорода в пробах природных и сочных вод титриметрическим методом. М., 2016. 21 с.
6. Черняева Л.Е., Черняев М.А., Могиленских А.К. Химический состав атмосферных осадков. Урал и Приуралье. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. 179 с.
7. Грачева И.В. Минерализация и кислотно-щелочные свойства снегового покрова промышленных городов Челябинской области // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2010. № 135. С. 112-117. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mineralizatsiya-i-kislotno->

УДК 504.4.062.2

**Силкова Е.В., студент,
Кирюшина Н.Ю., канд. техн. наук, доцент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)**

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ПРУД КАК ЕСТЕСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОЧИСТКИ

Аннотация: Вопрос очистки сточных вод последние годы наиболее актуален и поиск не только эффективных, но и наиболее простых и безопасных методов очистки заставляет нас пересматривать привычные нам схемы. Применение биопрудов в этом случае является отличным решением, в связи с тем, что представляет собой естественную модель самоочищения воды, которая в промышленных масштабах более действенная и менее затратная чем другие.

Ключевые слова: биологические пруды, сточные воды, доочистка, илстые осадки.

Проблема обеспечения водой становится все более сложной из-за роста городов, развития промышленности, увеличения площадей орошаемых земель и улучшения условий жизни. Одним из основных источников загрязнения воды являются сточные воды, состоящие преимущественно из веществ органического происхождения.

Действенным способом борьбы с загрязнением водоемов, а также обеспечения потребностей в пресной воде высокого качества, является глубокая очистка или доочистка сточных вод различными методами.

Одним из наиболее эффективных методов очистки является биологический метод, основанный на использовании природных закономерностей биохимического и физиологического самоочищения рек и других водоемов. Этот метод позволяет устраниить загрязнения, используя живые организмы, такие как бактерии и другие микроорганизмы, которые способны разлагать органические вещества и нейтрализовать биологические загрязнители [1, 2].

Примером использования этого метода является биологический пруд – созданный искусственно или путем запруживания реки водоем, в котором протекает процесс биологической очистки сточных вод, основанный на процессах самоочищения в естественной среде.

Искусственно созданный биопруд имеет форму прямоугольника с соотношением сторон 1:1,5, редко 1:3. В зависимости от типа используемых микроорганизмов определяется глубина такого пруда: для аэробных микроорганизмов глубина составляет 0,6-1,2 метра, а для анаэробных – 2,5-3 метра [3].

В прудах доочистки достаточно часто высаживается различная высшая водная растительность (ВВР), такая как рогоз широколистый и узколистый, тростник, камыш обычный, аир болотный и т.д. Это способствует стабильности и увеличению эффективности работы системы. Высшая водная растительность в прудах выполняет следующие основные функции:

- фильтрационную – способствует задержанию взвешенных веществ;
- поглотительную – поглощение биогенных элементов и некоторых органических веществ;
- накопительную – способность накапливать некоторые трудноразлагаемые органические вещества, которые затем постепенно разлагаются;
- окислительную – в процессе фотосинтеза вода обогащается кислородом;
- детоксикационную – способность накапливать токсичные вещества и преобразовывать их в нетоксичные.

Процессы самоочищения воды при участии высших водных растений протекают в течение всего года эксплуатации биопрудов. В период вегетации изъятие загрязнений выполняют стебли и листья ВВР (высшие водные растения), а в холодный период – их корневая система. Выделяемые ВВР фитонциды способствуют обеззараживанию воды. С помощью внесения разных культур водорослей в воду биопрудов возможно достичь управления процессами не только биологического самоочищения и восстановления качества воды, а также одновременного уменьшения патогенной микрофлоры в сточных водах [4].

Биологические пруды подразделяются на два основных типа: непроточные и проточные. В непроточных биологических прудах вода после очистки не сбрасывается в поверхностные водоемы, а испаряется с поверхности и фильтруется в подземные водные горизонты. Благодаря этому процесс очистки в таких прудах происходит более эффективно, поскольку вода проходит через корневую систему ВВР и насыщается атомарным кислородом и органическими продуктами метаболизма этих растений, которые обладают токсичным действием на патогенную микрофлору. При этом поступающие в поверхностные водоемы

очищенные воды полностью будут удовлетворять соответствующим санитарным требованиям для водных объектов рыбохозяйственного назначения. А из проточных прудов вода после очистки ВВР поступает сразу в поверхностные водоемы [5].

В биологических прудах создается уникальная биологическая среда для совместного развития сaproфитных бактерий и одноклеточных водорослей. Эти простейшие микроорганизмы играют ведущую роль в разрушении органических веществ (минерализации) и поддержании экосистемы пруда в равновесии. Сaproфитные бактерии, питаясь органическими отходами, выделяют в воду углекислый газ (CO_2), являющийся жизненно важным для водорослей. Одновременно в процессе фотосинтеза водоросли выделяют кислород (O_2), необходимый бактериям для жизнедеятельности. Такое взаимовыгодное взаимодействие между этими организмами создает благоприятные условия для их интенсивного роста и размножения. Увеличение концентрации растворенного кислорода в воде пруда ускоряет процесс самоочищения. Бактерии усиленно разлагают органическое вещество, а водоросли активно потребляют продукты минерализации, что приводит к поддержанию чистоты воды.

Помимо этого, сaproфитные бактерии, которые вместе с ВВР выполняют роль дезинфектантов за счет своих продуктов обмена и антагонизма с бактериями гетеротрофами [6].

После альголизации биопрудов, значительно увеличивается количество фитопланктона и повышается очистительной эффективности водорослей в биологических прудах.

Изучение сезонной динамики водорослей в биологических прудах выявило комплекс лимитирующих факторов, влияющих на их развитие. К ним относятся: температура воды, свет, количество биогенных веществ, прозрачность, уровень растворенного кислорода и углекислого газа, pH и другие факторы. С изменением этих факторов изменяется и встречаемость водорослей. Наибольшая плотность и разнообразие водорослей наблюдаются в теплые месяцы года (весна, лето, осень). Биологические пруды, как правило, характеризуются преобладанием представителей зеленых, сине-зеленых (цианобактерий) и диатомовых водорослей [7].

В процессе работы биопрудов важно также соблюдение режимных параметров и не допустить их перегрузку. В противном случае несоблюдение приведет к образованию донных отложений, вторичному загрязнению и др. При избыточном поступлении органических загрязнителей начинается процесс эвтрофикации.

Для восстановления работоспособности таких прудов необходимо

проводить профилактические мероприятия по удалению иловых осадков и очистку самих прудов. Работы по удалению таких составляющих могут быть выполнены средствами гидромеханизации с использованием земснарядов [8].

Использование илистых осадков в качестве органического удобрения для повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур имеет значительный потенциал. Литературные источники свидетельствуют о высокой удобрительной ценности илистых осадков, которая не уступает подстиlocному навозу. Их ценность обусловлена высоким содержанием органического вещества, которое может достигать 75 %. Доказано, что илистые осадки могут быть хорошим источником питательных веществ для растений при экологически безопасном состоянии среды. Выявлено, что 10 млн. т илистых осадков сточных вод по содержанию основных элементов питания и удобрительной ценности равнозначны примерно 50 млн. т навоза. Однако основным фактором, который сдерживает применение илистых осадков в растениеводстве, является наличие в них солей тяжелых металлов, влияние которых на почву, растения и безвредность продуктов мало изучено [9].

В настоящий момент сооружения с высшей водной растительностью, отличающиеся своей простотой эксплуатации, не высокой стоимостью и высокой эффективностью широко используются в различных странах мира. Они могут использоваться в качестве самостоятельных сооружений, так и в составе многоступенчатого комплекса по очистке вод.

В биологических прудах, используемых для доочистки сточных вод после сооружений механической и особенно биологической очистки, содержание взвешенных веществ уменьшается в среднем за год на 80-95 % [10].

Проведённые исследования показали, что использование альгобактериального сообщества в доочистке городских сточных вод в биопрудах способствует значительному улучшению гидрохимических и микробиологических показателей очищаемой воды, выражаящемуся в деструкции как легко-, так и трудноразлагаемых веществ, обогащении кислородом и численности сапрофитных и условно-патогенных организмов.

В заключение, использование очистных сооружений по типу биопрудов представляет собой экономичный и экологически чистый способ очистки сточных вод. Их низкая материально-, энерго-, ресурсозатратность, а также естественные механизмы очистки делают биопруды привлекательной альтернативой или дополнением к

традиционным системам очистки сточных вод [11].

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Библиографический список

1. Акимова А., Кидирибаева А.Ю. Роль биологического метода очистки сточных вод // Экономика и социум. 2023. №6-2 (109). С.646-649.
2. Иостовецкий Я.К., Толстопятова Г.В., Чудова И.Г., Ерусалимская Л.Ф., Диденко О.Б., Радзановский А.А. Гигиеническая оценка эффективности доочистки городских сточных вод в биологических прудах // Гигиена и санитария. 1977. №1. С.81-85.
3. Арыштаев, Н.А. К вопросу об особенностях применения биологической очистки сточных вод в биологических прудах // NovaUm.Ru. 2018. № 11. С. 13-15.
4. Шаповалова Л.М., Нурматова В.Б., Киршина Е.Ю., Смолькова О.А. Анализ работы биологических прудов доочистки сточных вод топливно-транспортного цеха АО "Сырдарыинская ТЭЦ" // Сахаровские чтения 2020 года: экологические проблемы XXI века : материалы 20-й международной научной конференции. В двух частях, Минск, 21–22 мая 2020 года. Том 2. 2020. С. 445-448.
5. Лукьянчиков Д.И. Использование биологических прудов в процессе очистки промышленных вод от загрязнений и использование их иллюстрированных осадков в сельском хозяйстве // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2010. №6. С.55-57.
6. Фролов И.Ю., Денисов А.А. Создание математической модели для изучения процессов очистки в биологических прудах // Вестник Башкирского университета. 2009. Т.14, №3. С. 760-762.
7. Мустафаева, М.И., Файзиева Ф.А. Преобладающие виды водорослей биологических прудов очистных сооружений // Национальная Ассоциация Ученых. 2016. № 4-1(20). С. 100-101.
8. Согин, А.В. Поиск новых технологий по очистке биологических прудов, очистных сооружений // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № S1. С. 33-42.
9. Сюняев, Х.Х., Чибиев Н.Н. Использование ОСВ в качестве удобрения зерновых культур // Сб. научных трудов КФ МСХА 1994. С.25-27.
10. Зайченко А.И., Колесов А.М., Романенко Н.А. Очистка и доочистка сточных вод в биологических прудах // Гигиена и санитария. 1979. №10. С. 66-67.
11. Гурьева М.С., Морозова Л.А., Бармин А.Н. Доочистка сточных вод в биологических прудах урбанизированных территорий // Геология, география и глобальная энергия. 2011. № 1(40). С. 65-69.

Сухорукова М.В., студент,
Василенко Т.А., канд. тех. наук, доцент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ЖИЗНЕНДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГРИБОВ РОДА *PENICILLIUM*

Аннотация: Статья освещает комплексное исследование грибов рода *Penicillium*, который занимает особое место в медицине благодаря своим антибактериальным свойствам. Освещается не только медицинское, но и пищевое применение гриба, а также методы его выращивания и получения антибиотика. Отдельно акцентируется внимание на патогенном воздействии некоторых грибов рода *Penicillium*, подчеркивая их способность вызывать гниение и аллергические реакции. В статье представлен эксперимент с грибами рода *Penicillium* по установлению размера зоны подавления роста почвенных бактерий диффузионным методом после помещения агаровых дисков в чашки Петри с бактериальной микрофлорой.

Ключевые слова: грибы рода *Penicillium*, подавление роста бактерий, антибактериальные свойства, плесневые грибы, споры, мицелий.

К продуцентам микотоксинов, которые развиваются на продуктах питания и кормах относятся микромицеты родов *Fusarium*, *Aspergillus* и *Penicillium* [1]. Цветочные культуры могут быть заражены пеницеллезом. Например, методом ПЦР-анализа установлено, что тюльпаны в защищенном грунте поражаются видами *Penicillium gladioli* и *Penicillium hirsutum* [2]. В рецептуре сыров могут присутствовать плесневых грибы. Сыры, полученные с использованием плесневых грибов *Penicillium roqueforti* (кистевик Рокфора), обладает специфическими цennыми органолептическими показателями [3].

Установлено, что плесневые грибы рода *Penicillium* интенсивно растут только на питательных средах, имеющих pH = 4,5. Различают мицелия трех видов: 1) плотный, с короткими, тесно перевитыми нитями мицелием; 2) с высокими, длинными нитями; 3) быстро образующийся мицелий с бело-желтой окраской, более толстой чем другие. Более высокая протеолитическая активность ферментной системы плесневых грибов рода *Penicillium* наблюдается при pH, равной 4,50 [4].

Гриб *Penicillium rubens*, также известный как пенициллиновый гриб, является одним из самых известных видов плесневых грибов. Этот гриб имеет широкое применение в медицине благодаря своим

антибактериальным свойствам. Он был открыт в 1928 г. английским микробиологом Александром Флемингом, который случайно обнаружил, что пеницилловый гриб может убивать определенные виды бактерий. Это открытие стало важным прорывом в области медицины и считается одним из важнейших открытий XX века [5].

Помимо своих медицинских свойств, гриб пеницилла широко используется в пищевой промышленности. Он добавляется в различные продукты для предотвращения роста бактерий и улучшения их сохранности. Также пеницилловый гриб используется в производстве вина и сыра для придания им уникального вкуса и аромата.

Гриб пеницилл производит мощное антибиотическое вещество, называемое пенициллином, которое может эффективно бороться с различными видами бактерий. Этот антибиотик настолько эффективен, что он используется для лечения многих инфекционных заболеваний, включая пневмонию, сепсис и венерические болезни. Благодаря пенициллину смертность от этих болезней значительно снизилась и продолжает снижаться по сей день [6].

Процесс изготовления пенициллина начинается с культивирования исходной культуры на специализированных средах, богатых кукурузным экстрактом, который улучшает производительность пенициллина. Лактоза в этом контексте выступает как наиболее подходящий углевод, обогащающий культуральную жидкость [12].

Культивация пенициллина производится с использованием методики погруженных культур в больших ферментаторах, вместимостью в несколько тонн. Важным аспектом в процессе культивации является поддержание оптимальных условий, таких как температура и наличие питательных веществ [7].

Далее, из полученной культуральной жидкости пенициллин извлекается через последовательную обработку органическими растворителями и слабощелочными растворами солей, что ведет к его кристаллизации в форме натриевых и калиевых солей. Процедура изготовления пенициллина требует строгого контроля на каждом этапе, чтобы гарантировать высокую степень очистки и качество конечного продукта [8].

Жизненный цикл гриба пеницилла начинается с появления спор. Споры пенициллума разносятся в воздухе и могут попадать на различные поверхности, включая плоды, овощи и даже пищевые продукты. Когда спора находит подходящую среду для роста и развития, она начинает всходить, образуя нить или гифу. Нити пенициллума распространяются и разветвляются, образуя мицелий – сеть нитей, которая может быть видна невооруженным глазом (рис. 1а).

Для появления в чашке Петри гриба на среде Чапека, относящегося к роду *Penicillium*, плесневый гриб был выделен с цитрусовых: приготовлена супензия в стерильной воде, которая служила посевным материалом (смыв с поверхности фрукта) с целью получения культуры. Мицелий пеницилла проникает в субстрат, который служит источником питания для гриба. Пенициллум является сапробиотом, то есть он питается органическим материалом, особенно разлагающимся растительным материалом. Гриб выделяет ферменты, которые разлагают органические вещества, превращая их в доступные для поглощения питательные вещества. Параллельно с культивированием гриба рода *Penicillium* была приготовлена почвенная вытяжка (разведение 10^{-6}), которую высевали в количестве 0,4 мкл в чашки Петри на твердую агаризованную среду (ГРМ-агар). После появления почвенных бактерий в центре чашки со средой ГРМ-агар были вырезаны в среде лунки и вместо него помещены диски агаризованной среды с грибом рода *Penicillium* (рис. 1б). На фотографии (рис. 3в) представлена среда Чапека, в которой вырезались диски для последующего перемещения в среду РГМ-агар с почвенными бактериями.

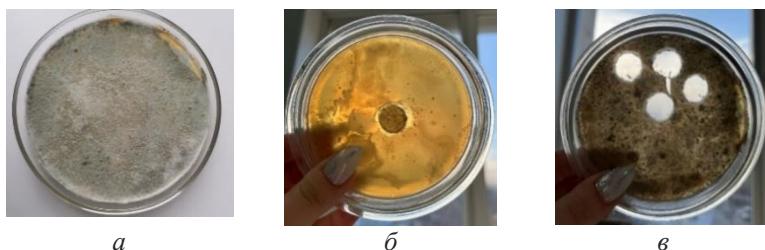


Рис. 1. Эксперимент по установлению антибиотических свойств гриба рода *Penicillium*: *а* – газон гриба на среде Чапека; *б* – чашка Петри с почвенными бактериями на среде ГРМ-агар (в центре диск с агаризованной средой с грибом рода *Penicillium*); *в* – среда Чапека с грибом, в которой вырезались диски.

По аналогичной методике изучается влияние пестицидов на жизнедеятельность аборигенной микрофлоры почвы. Отличие в том, что стерильные бумажные диски пропитываются разной концентрацией пестицида и помещаются сверху агаризированной среды с бактериями. Как правило, в контроле (без добавления растворов пестицида) зона отчуждения отсутствует [9].

Внешнее строение пеницилла состоит из нижней части, известного как мицелий, и продуктивного тела, известного как конидиальные

споры (рис. 2). Мицелий – это сеть тонких нитей, которые пронизывают питательные субстраты и позволяют грибу получать необходимые питательные вещества для роста и развития. Конидиальные споры – это специализированные структуры, которые выполняют функцию распространения пеницилла в окружающей среде и на другие поверхности [10].

Существует четыре основных типа колоний пенициллов, которые можно выделить на основе их макроморфологии [12]:

1) бархатистые колонии. Они отличаются тем, что практически все гифы, из которых они состоят, находятся внутри субстрата. Поверхность колоний покрыта густой массой конидиеносцев, которые придают им зернистую текстуру.

2) войлочные или шерстистые колонии имеют развитое воздушное вегетативное мицелий, и во время роста по краям колоний образуется стерильная, обычно белая, «ободочная» зона. Конидиеносцы в этом случае находятся на стерильных воздушных гифах.

3) пучковатые колонии отличаются тем, что простые конидиеносцы собираются в пучки, создавая впечатление крупных зерен на поверхности колонии. Колонии с коремиями являются крайним случаем пучковатости, представляя из себя крупные пучки конидиеносцев, поддерживаемых стерильной ножкой.

4) колонии с мицелиальными тяжами образуют воздушное мицелиальное сплетение, которое состоит из некоторых поднимающихся над субстратом воздушных гиф (рис. 2). Конидиеносцы образуются как отдельно стоящих стерильных гиф, так и от сплетений гиф [11].



Рис. 2. Чашки Петри с несовершенными грибами рода *Penicillium*.

Размножение пеницилла осуществляется путем образования спор. При этом микроорганизм создает особые клетки, способные выжить в неблагоприятных условиях и обеспечить зарождение новых потомков. Когда споры достигают зрелости, они выпускаются в окружающую

среду и могут быть перенесены различными путями, такими как воздух, вода или пищевые продукты. После этого споры находятся в свободном состоянии и готовы к новому этапу жизненного цикла пеницилла. Процесс размножения через споры не только обеспечивает пенициллу способность к выживанию, но и способствует ее распространению, что является одной из причин ее широкого распространения в природе. По мере роста плесень пройдет белую, голубую и зелёную стадию развития. Зелёная плесень хорошо видна в чашках Петри. Именно зелёная плесень содержит пенициллин.

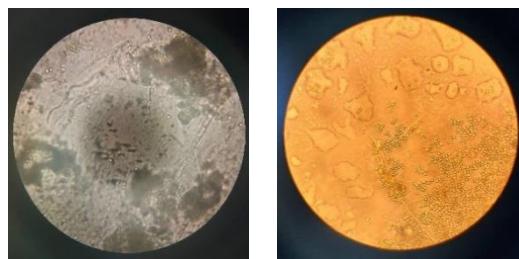


Рис. 3. Снимки гриба рода *Penicillium* под микроскопом (метод «раздавленной капли») с общим увеличением $\times 600$: части конидиеносца и споры (конидии).

Ниже на фотографиях (рис. 4) приведены чашки Петри со средой ГРМ-агар (на поверхности имеются почвенные бактерии), в которых после вырезания лунок были помещены агаровые диски с грибом рода *Penicillium* по истечении семи дней. Как следует из фотографий, вокруг дисков имеется зона отсутствия роста почвенных бактерий. Замеры зоны отсутствия роста бактерий показали, что на фотографии рис. 4, что приведена слева вокруг агарового блока наблюдается полное подавление роста (радиус от границы блока равен от 5 до 16 мм), а на фотографии чашки, что справа – частичное (минимальное) подавление роста (2-4 мм). Данные результаты могут свидетельствовать о влиянии таких факторов: разной скорости диффундирования антибиотического вещества из блока (среда Чапека) в окружающий агар с почвенными бактериями; наличие в двух чашках почвенных микроорганизмов с разной чувствительностью к выделяемому антибиотическому веществу). Температура проведения эксперимента составила 19 °C.

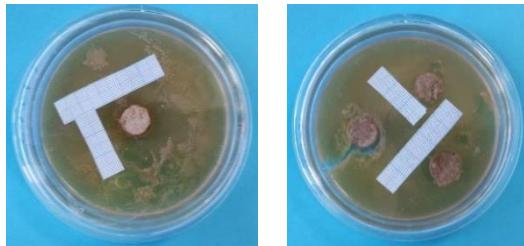


Рис. 4. Фотографии чашек Петри со средой ГРМ-агар (на поверхности почвенные бактерии) с помещенными агаровыми блоками (на поверхности гриб рода *Penicillium*).

Расчет среднего размера зоны подавления роста бактерий вокруг дисков проведен с учетом нескольких замеров как среднее арифметическое по нескольким чашкам Петри. Данное значение составило 6,8 мм. В заключении следует отметить, что грибы *Penicillium* являются важным и ценным открытием в области медицины и промышленности. Их антибиотические свойства способны спасти жизни и предотвратить распространение инфекций. Эти грибы обладают удивительной способностью бороться с бактериями и использоваться в различных отраслях человеческой деятельности, в т.ч. и в пищевой промышленности.

Библиографический список

6. Буркин А.А., Кононенко Г.П., Пирязева Е.А. Потенциал токсинообразования грибов рода *Penicillium*, поражающих грубые корма // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т 54. № 3. С. 616-625.
7. Каштанова Ю.А., Белошапкина О.О. Фитопатогенные грибы рода *Penicillium sp.* на тюльпанах: распространенность, видовой состав, защитные средства // Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 11 (121). 2014. С. 88-91.
8. Садовая Т.Н. Изучение биохимических показателей сыров с плесенью при созревании // Техника и технология пищевых производств. 2011. № 1. С. 50-56.
9. Изучение процесса роста плесневых грибов рода *Penicillium* в условиях различной активной кислотности окружающей среды / М.А. Кушевская [и др.] // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). 2014. № 5. С. 116-117.
10. Введение в направление биотехнология: учебное пособие / Л.С. Дышлюк [и др.]. Кемерово: КемТИПП, 2014. 157 с.
14. Ерёмина И.А., Долголюк И.В. Пищевая микробиология: лабораторный практикум. Кемерово: КемИИПП, 2016. 139 с.

15. Черёмушкина И.В., Попова Н.Н., Щётилина И.П. Безопасность продовольственного сырья и продуктов питания: микробиологические аспекты: учебное пособие. Воронеж: ВГУИТ, Ч. 1, 2013. С. 97-98.
16. Кукас В.Г., Клиническая фармакология: учебник. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. С. 356-363.
17. Василенко Т.А., Вороненко З.В. Определение влияния пестицида на основе глифосата на рост почвенных микроорганизмов Обращение с отходами: современное состояние и перспективы: сборник статей III Международной научно-практической конференции. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2021. С. 214-219.
11. Астафьев В.А. Основы фармакологии с рецептурой. Учебное пособие. М.: КноРус, 2015. С. 112-114.
12. Ерёмина И.А., Долголюк И.В. Пищевая микробиология: лабораторный практикум. Кемерово: КемИИПП, 2016. С. 2016-138.
13. Захарычев В.В. Грибы и фунгициды: учебное пособие. М.: Изд-во «Лань», 2020. С. 233–234.

Секция 4.
НОРМИРОВАНИЕ, КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ
БИОХИМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

УДК 577.151.6

Антипова Е.О., студент,
Акулова Е.Е., студент,
Клюсова В.А., магистрант,
Конобеевских Т.А., магистрант,
Телкова Ж.Е., магистрант,
Хвощинская Н.С., магистрант
(Воронежский государственный университет,
г. Воронеж, Россия)

СОДЕРЖАНИЕ ДИЕНОВЫХ КОНЬЮГАТОВ В
СЫВОРОТКЕ КРОВИ И ПЕЧЕНИ КРЫС С
НЕАЛКОГОЛЬНОЙ ЖИРОВОЙ БОЛЕЗНЬЮ ПЕЧЕНИ
КРЫС ПРИ ЛЕЧЕНИИ АДЕМЕТИОНИНОМ

Аннотация: при введении адеметионина крысам с неалкогольной жировой болезнью печени происходило изменение содержания диеновых коньюгатов в печени и сыворотке крови в сторону контрольных значений, что может быть сопряжено с реализацией антиоксидантных свойств.

Ключевые слова: свободнорадикальное окисление, адеметионин, неалкогольная жировая болезнь печени (НАЖБП).

Введение: Неалкогольная жировая болезнь печени (НАЖБП) является хроническим заболеванием печени у лиц без воздействия

внешних токсических факторов, которое проявляется в отложении липидов в гепатоцитах. Неалкогольная жировая болезнь печени включает в себя спектр заболеваний печени, начиная от простого жирового гепатоза и заканчивая некротическим воспалением, фиброзом и циррозом [8]. Развитие НАЖБП тесно сопряжено с окислительным стрессом. Перегрузка печени липидами вызывает производство активных форм кислорода. Накопление активных форм кислорода запускает патологическую окислительно-восстановительную сигнализацию, вызывая повреждение клеток [6, 7]. Происходит усиление процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ), его продукты могут привести к деструкции мембран гепатоцитов при НАЖБП. Одним из продуктов перекисного окисления липидов является диеновые конъюгаты. Содержание диеновых конъюгатов может свидетельствовать о развитии патологий, связанных с окислительным стрессом [1].

Одним из основных принципов лечения НАЖБП является терапия, направленная на снижение окислительного стресса. Адеметионин хорошо показал себя как гепатопротектор и антиоксидант. Препараты адеметионина являются соединением, синтезируемым эндогенно из метионина и аденоцина. Адеметионин играет важнейшую роль в множестве биохимических реакций, занимая центральное место в сложном комплексе метаболических процессов. Его участие в реакции транссульфурирования позволяет компенсировать дефицит глутатиона - важнейшего клеточного антиоксиданта. Необходимо отметить, что хронические заболевания печени часто сопровождаются дисбалансом глутатиона, что приводит к снижению защитных возможностей гепатоцитов от негативного воздействия свободных радикалов. Однако препараты адеметионина способны компенсировать этот дефицит и улучшить устойчивость клеток печени к окислительному стрессу [4]. Адеметионин, помимо участия в синтезе глутатиона, выполняет также ряд других биохимических функций. Он является основным донором метильной группы во многих реакциях, в том числе при синтезе фосфатидилхолина. Фосфатидилхолин играет важную роль в формировании липопротеинов очень низкой плотности (ЛПОНП) и выведении избытка триглицеридов из печени. Кроме того, имеются данные, предполагающие благоприятное воздействие адеметионина на соотношение между про- и противовоспалительными цитокинами в патологии печени. Этот компонент способен индуцировать синтез противовоспалительного цитокина интерлейкина-10. Такое воздействие может быть связано с его антиоксидантными свойствами и

способностью оказывать противовоспалительный эффект на клетки печени [2].

Целью данной работы было изучение содержания диеновых конъюгатов в сыворотке крови и печени крыс с НАЖБП после введения адеметионина.

Методы. Объектом исследования стали самцы белых лабораторных крыс массой 250-300 г. Животные были разделены на три экспериментальные группы. Первая группа состояла из здоровых животных, содержавшихся на стандартном виварийном режиме (n=12). Во вторую группу входили крысы, у которых была индуцирована НАЖБП (n=12). Третью группу составляли крысы, у которых была индуцирована НАЖБП, а также им вводился препарат адеметионина в виде перорального раствора в дозе 71 мг/кг в течение 30 дней после индукции патологии (n=8).

НАЖБП была моделирована с использованием методики, основанной на содержании животных на высокожировой и углеводной диете в течение 10 недель. Индукция патологии проводилась с помощью однократного введения 1% раствора стрептозотоцина (СТЗ) в дозе 35 мг/кг массы тела. После инъекции СТЗ животные продолжали получать пищу с высоким содержанием жиров и сахаров в течение дополнительных 2 недель, что способствовало развитию НАЖБП в соответствии с данной моделью [5].

Определение содержания диеновых конъюгатов проводилось с использованием спектрофотометрического метода. Основной принцип этого метода заключается в том, что в процессе ПОЛ при образовании свободных радикалов в молекулах полиненасыщенных жирных кислот формируется система сопряженных двойных связей, что приводит к возникновению максимума в спектре поглощения при 233 нм [3].

Результаты и обсуждения. Результаты проведенных исследований показали, что при развитии неалкогольной жировой болезни печени у крыс наблюдалось значительное увеличение содержания диеновых конъюгатов как в печени (в 2,4 раза относительно контроля), так и в сыворотке крови (в 2 раза относительно контроля). Однако введение адеметионина животным с патологией в дозе 71 мг/кг привело к снижению содержания диеновых конъюгатов в печени (в 1,3 раза относительно патологии) и в сыворотке крови (в 3,4 раза относительно патологии). Эти наблюдаемые изменения могут быть связаны с антиоксидантными свойствами адеметионина, поскольку его введение сопровождалось снижением содержания продуктов окислительного стресса.

Библиографический список

1. Некрасов Э.В. Методы анализа перекисного окисления липидов в медико-биологических исследованиях // Бюл. физ. и пат. дых.. 2012. №46.
2. Райхельсон К.Л., Прашнова М.К. Неалкогольная жировая болезнь печени: перспективы лечения // ЭнКГ. 2017. №2. С. 97-102.
3. Стальная И.Д. Метод определения диеновой конъюгации ненасыщенных высших жирных кислот // Лаб. дело. 1998. №2. С.63-64.
4. Топчий Н.В., Топорков А.С., Кузенкова Н.Н. Применение адеметионина в терапии хронических заболеваний печени // МС. 2016. №9. С. 124-129.
5. Bicyclol Regulates Hepatic Gluconeogenesis in Rats with Type 2 Diabetes and Non-alcoholic Fatty Liver Disease by Inhibiting Inflammation / H. Li [et al.] // Front Pharmacol. 2021. Vol. 12. P. 644129.
6. Biochemical basis and metabolic interplay of redox regulation / L. Zhang [et al.] // Redox Biol. 2019. №26. P. 101-284.
7. Campbell E.L., Colgan S.P. Control and dysregulation of redox signaling in the gastrointestinal tract Nat Rev Gastroenterol Hepatol. 2019. №16. P. 106-120.
8. Satapathy S.K., Sanyal A.J. Epidemiology and Natural History of Nonalcoholic Fatty Liver Disease // Semin Liver Dis. 2015. № 35. P. 221-235.

УДК 504.3

¹Бездетко Е.О., химик-лаборант ОФХИ ИЛ (Ц),

²Василенко Т.А., канд. техн. наук, доцент

(1 – ООО «ЦЭС и Э», г. Белгород, Россия;

2 – Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ПРОБ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ НА ПОРТАТИВНОМ ГАЗОВОМ ХРОМАТОГРАФЕ ФГХ-1

Аннотация: Портативные газовые хроматографы серии ФГХ широко используются для аналитических целей в исследовательских центрах. Перечень определяемых соединений – это летучие органические соединения (предельные и непредельные углеводороды, спирты, простые и сложные эфиры, ароматические углеводороды, кетоны, нефтепродукты, растворители, хлорпроизводные углеводородов и др.). В статье рассмотрен метод газовой хроматографии, особенности строения портативного хроматографа марки ФГХ-1, а также устройства и вспомогательные материалы для отбора проб воздуха.

Ключевые слова: газовая хроматография, летучие органические соединения, отбор проб воздуха.

Атмосферный воздух – это природная смесь газов тропосферы за пределами жилых, производственных и иных помещений, сложившаяся в ходе эволюции Земли. В нем содержится азота (N_2) – 78,08%, кислорода (O_2) – 20,95%, диоксида углерода (CO_2) – 0,03%, аргона (Ar) – 0,93% от объема сухого воздуха и небольшое количество других инертных газов.

Существует множество методик определения химических веществ в атмосферном воздухе. Измерение концентраций загрязняющих веществ в выбросах может проводиться с помощью газоанализаторов. Однако при выборе и применении газоаналитической техники ситуация значительно сложнее. В настоящее время на рынок газоаналитической техники поступило значительное количество многокомпонентных и однокомпонентных газоанализаторов как отечественных, так и импортных, основанных на различных физико-химических принципах. Основными методами являются: электрохимические, оптические (абсорбционные в УФ-, ИК- и видимой областях спектра и эмиссионные), методы газовой хроматографии и плазменно-ионизационный [1].

Так, например, для определения содержания железа в атмосферном воздухе используют эффект Мессбауэра. Эксперимент проводят путем наблюдения поглощения гамма-лучей образцами, состоящими из фильтров, через которые прокачивают атмосферный воздух. С использованием метода площадей, обычно применяемого при расчетах безоткатного действия (f -фактор), анализируют содержание природного железана один кубический метр атмосферного воздуха. Измерения проводят при комнатной температуре. Спектры при комнатной температуре показывают две линии поглощения из-за квадрупольного расщепления. Низкотемпературный спектр показывает центральный неразрешенный дублет и помимо него шесть линий из-за сверхтонкого магнитного расщепления. Из полученных спектров делают вывод, что железо присутствует в соединениях в виде ультрадисперсных частиц в суперпарамагнитном состоянии [2].

Метод хроматографического разделения состоит из стадий разделения веществ, зависящей от свойств неподвижной жидкой фазы или адсорбента, и стадии размывания полос разделяемых компонентов. Разделение определяется физико-химическими характеристиками разделяемых веществ, называемых сорбатом, и зависит от энергии ихмежмолекулярного взаимодействия с неподвижной жидкой фазой. Специфичность процесса хроматографического разделения заключается в многократности актов растворения в неподвижной

жидкой фазе и вымывания компонентов газом-носителем. Это позволяет достичь эффективного разделения при малых различиях в сорбируемости компонентов [3].

Существуют разные модели газовых хроматографов для определения химических веществ в атмосферном воздухе. Один из таких приборов это ФГХ-1. Это полностью автономный прибор с применением высокочувствительного фотоионизационного детектора (ФИД). Он является современным автоматизированным средством экспресс определения концентраций вредных веществ в воздухе, воде и почве, широко используется при контроле условий труда и аттестации рабочих мест. Прибор содержит одну разделительную колонку и один детектор (рис. 1). Из-за высокой чувствительности и автоматизации, один и тот же прибор без какой-либо пробоподготовки позволяет анализировать содержание вредных веществ в воздухе в широком диапазоне концентраций: от ПДК в атмосфере до промышленных выбросов и при чрезвычайных ситуациях.

Для отбора проб воздуха атмосферы, рабочей зоны и промышленных выбросов с использованием портативного компрессора ПК-1 (аспиратора) используют пробоотборные пакеты. Например, производства НПФ «ЭКАН» (рис. 2). Пакеты разработаны специально для отбора и хранения веществ, определяемых на хроматографах ФГХ-1, но могут использоваться и для отбора других органических и неорганических веществ с целью последующего анализа на различных приборах. Объем пакета – 5 л, габариты – 35 см x 35 см, материал – лавсан, количество штуцеров – 1.



Рис. 1. Портативный газовый хроматограф ФГХ-1.

Пробоотборные пакеты не включены в «Единый перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации» и «Единый перечень продукции, подлежащей декларированию соответствия». Также ПП-1-5.0 не подпадают под действие Технических регламентов Евразийского экономического союза, в связи с чем предоставление сертификата соответствия и декларации о соответствии не требуется [4].



Рис. 2. Пробоотборный пакет ПП-1-5.0.

На выходе хроматографической колонки устанавливается фотоинициационный или электронозахватный детектор, с помощью которого регистрируется появление компонентов в потоке газоносителя (табл. 1) и измеряются время его появления (качественный анализ) и количество (количественный анализ) [5].

В результате анализа, хроматограммы (рис. 3) с нужными компонентами и временем выхода, а также условиями окружающей среды автоматически документируются в памяти компьютера и могут быть немедленно предъявлены заказчику или администрации предприятия. Количество хранящихся хроматограмм практически не ограничено. Помимо определения концентрации веществ, ФГХ позволяет автоматически их идентифицировать [6]. Согласно СанПиН 2.1.3685-21 контроль качества воздуха и других объектов окружающей среды в населенных местах осуществляется путем сравнения норматива качества (ПДК_{cc}) и фактического содержания примеси [7, 8].

Таблица 1. Протокол градуировки портативного газового хроматографа ФГХ-1

Вещество		Время выхода, мин.	Аттестованный диапазон концентраций, мг/м ³ (л)	
Старое название	Новое название		Мин.	Макс.
Акролеин	Проп-2-ен-1-аль	2:24	0,025	10
Амиловый спирт	Пентан-1-ол	13:55	0,2	100
Ацетальдегид	Метилформальдегид, Этаналь	1:55	0,5	100
Ацетон	Пропан-2-он	2:15	0,08	800
Бензол	Бензол	3:07	0,01	100
Бутан	Бутан	1:42	1	1500
Бутилацетат	Бутилацетат	5:10	0,08	800
Бутиловый спирт	Бутан-1-ол	7:27	0,08	100
Гексан	Гексан	1:46	1	1500
Гептан	Гептан	1:53	1	1500
Изопропиловый спирт	Пропан-2-ол	2:53	0,04	100
м-Ксиол	1,3-Диметилбензол	7:24	0,05	400
о-Ксиол	1,2-Диметилбензол	9:23	0,05	400
п-Ксиол	1,4-Диметилбензол	7:08	0,05	400
Пропиловый спирт	Пропан-1-ол	4:22	0,2	100
Пропионовый альдегид	Пропаналь	2:09	0,1	50
Сероводород	Дигидросульфид	1:43	0,01	60
Стирол	Этиенилбензол	14:23	0,02	60
Толуол	Метилбензол	4:34	0,05	400
Уксусная кислота	Этановая кислота	53:27	1	200
Циклогексанон	Циклогексанон	17:16	0,1	100
Эпихлоргидрин	(Хлорметил)оксиран	10:43	0,1	100
Этилацетат	Этилацетат	2:36	0,08	800
Этилбензол	Этилбензол	6:52	0,01	200
Этиловый спирт	Этанол	2:58	1	2000
Этилформиат	—	2:15	0,1	200
Этилцеллозольв	2-Этоксигетанол	11:46	0,2	100

Применение газовой хроматографии с использованием портативного газового хроматографа ФГХ-1 значительно упрощает процесс качественного и количественного анализа проб атмосферного воздуха.

Сигнал, мВ

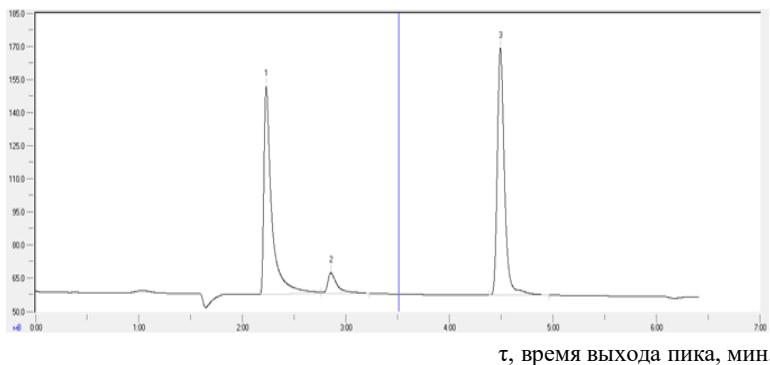


Рис. 3. Пример хроматограммы.

Библиографический список

1. Никитин О.В. Контроль источников загрязнения атмосферного воздуха. Казань: Казан. ун-т, 2014. 32 с.
2. Michal Korcewicz & Barbara Dzienis (1971) Mössbauerstudyofironinatmosphericair, Tellus, 23:2, pp.176-182.
3. Новиков В.Ф. Основы газовой хроматографии: конспект лекций. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2013. 76 с.
4. Пробоотборный пакет ПП-1-5,0 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ekan.ru/probootboronyi-paket-pp-1-50?ysclid=lto4pt4b26245696129> (дата обращения 12.03.2024).
5. Хроматограф газовыйфотоионизационный ФГХ модели ФГХ-1. Руководство по эксплуатации, Москва, 2021. 29 с.
6. Портативный газовый хроматограф ФГХ-1 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ekan.ru/portativnyi-gazovyi-khromatograf-fgkh-1?ysclid=lto4fpj4np508061552> (дата обращения 12.03.2024).
7. Курзенёв И.Р., Василенко Т.А. Особенности нормирования загрязнения нефтепродуктов в почвах // Наукомиские технологии и инновации (XXV научные чтения) [Электронный ресурс]: сб. докладов Междунар. науч.-практ. конф.: Белгород: БГТУ, 2023. С. 554-558.
8. Постановление Главного государственного врача РФ от 28.01.2021 № 2 «Об утверждении санитарных правил и правил СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс] / Официальный интернет-портал правовой информации: Электрон. дан. М.: Электр. период. издание, 2005-2024. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102030022> (дата обращения 12.03.2024).

¹Василенко М.И., канд. биол. наук, доцент,

¹Половнева Д.О., аспирант,

²Иванова М.В., директор

(1 – Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия;

2 – ООО «Химическая компания Черноземья», г. Белгород, Россия)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОЦИДОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ ВОДЫ БАССЕЙНОВ

Аннотация: В статье представлены результаты исследований по оценке биоцидного эффекта дезинфицирующих средств для вод бассейнов в условиях повышенных температур.

Ключевые слова: вода бассейнов, дезинфицирующие средства, температура, бактерицидность, фунгицидность.

Дезинфекция воды бассейна необходима для устранения различных угроз и создания безопасных условий купания, как в открытых, так и в закрытых сооружениях [1]. В процессе купания в воду попадают потожировые выделения человека, а также различные внешние загрязнители: частицы песка, пылевые частицы, листья, мелкий мусор. Это приводит к тому, что вода быстро теряет прозрачность, становится мутной, приобретает неприятный запах, а иногда и цвет [2].

Вместе с механическими примесями (песок, пыль и т.д.) и растворенными органическими веществами в воду бассейна из окружающей среды с дождем и ветром – в открытый бассейн; через окна, двери и систему вентиляции – в закрытый бассейн, попадают различные микробы и вирусы. Кроме того, организм человека так же является местом обитания разнообразных микроорганизмов. Даже после тщательного мытья пловец в течение 30 минут пребывания в бассейне вносит в воду миллионы микроорганизмов, а также органические вещества (частицы эпидермиса, декоративной косметики, текстильные волокна, волосы), являющиеся средой для размножения бактерий. На процесс их размножения влияют температура воды, солнечное излучение и т.д. [3].

Опыт показывает, что человек во время купания неосознанно получает, по меньшей мере, 50-60 мл воды. Поэтому вода бассейна не должна содержать опасных для здоровья человека возбудителей

болезней, а значит, патогенные микроорганизмы должны полностью уничтожаться [4].

Согласно СанПиН 2.1.2.1188-03 «Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды плавательных бассейнов» обеззараживание воды, подаваемой в ванны бассейнов (как общественных, так и частных), является обязательным [5].

Методы дезинфекции воды бассейнов по способу воздействия можно подразделить на: реагентные, безреагентные и комбинированные. К первым относятся такие, как хлорирование, озонирование, олигидратация (обработка ионами серебра и меди), бромирование, иодирование и др.; безреагентная – предполагает обработку бактерицидными лучами, ультразвуком, ультрафиолетом и др. [6]. В комбинированных методах одновременно применяются несколько способов обеззараживания или несколько дезинфицирующих реагентов, хотя бы один из которых, как правило, способен в течение длительного времени сохранять свою активность в воде [7].

Для обеспечения надлежащего санитарного состояния вода бассейна должна быть бактерицидной, т.е. способной уничтожать вносимые бактериальные загрязнения. Поэтому для обеззараживания необходимо использовать методы, которые придают воде бактерицидные свойства в течение длительного времени. Такому требованию удовлетворяют почти все реагентные методы.

Использование химических препаратов для дезинфекции (дезинфектантов) позволяет уничтожать все виды присутствующих в воде патогенных микроорганизмов, нормализовать уровень рН, а также предотвратить разрастание колоний водорослей. В результате вода долгое время остается прозрачной, не имеет запаха и не представляет угрозы для человека.

В процессе плавания, купания, приема водных процедур вода должна иметь высокие санитарно-гигиенические показатели [5, 8]. Это касается *органолептических* (цветность, вкус, запах), *физико-химических* (температура, окисляемость, рН, содержание аммиака, железа, хлора, озона), *токсикологических* и *микробиологических* показателей, обеспечивающих высокую санитарно-гигиеническую надежность, исключающих какие-либо спорадические и эпидемические заболевания. Необходимо, чтобы вода в бассейне была высокой прозрачности и низкой цветности, с приятным внешним видом (изумрудно-голубой оттенок), не имела резкого запаха (например, хлора) и не вызывала раздражения глаз и носа у пловцов.

В целом, дезинфицирующие препараты должны обладать широким спектром действия; иметь микробоцидный эффект; хорошо растворяться в воде или образовывать с ней или воздухом стойкие активные суспензии, эмульсии, аэрозоли, туманы; обладать низкой аллергенностью; сохранять активность в обеззараживаемой среде; не повреждать обрабатываемые объекты; сырье, из которого изготавливают дезинфектанты, должно быть доступным, а сам дезинфектант – недорогим.

Эффективность дезинфекционного процесса зависит от концентрации биоцидного препарата в воде, химического состава, кислотности (рН), температуры водной среды.

В условиях низких концентраций препарата размножение микроорганизмов задерживается, но не прекращается; высокая концентрация может стать причиной коррозии технологического оборудования или выделения веществ, опасных для здоровья человека [9].

Как правило, бактерицидный эффект усиливается при повышении температуры воды. С понижением температуры снижается уровень диссоциации растворов, что тормозит диффузию химического вещества в микробную клетку, а при температуре 0°C многие дезинфицирующие средства теряют свои свойства. С повышением температуры на 10°C (в диапазоне температур 22-32°C) скорость химических реакций возрастает в 2-3 раза, пропорционально усиливая дезинфицирующий эффект [10].

Загрязнение воды органическими веществами (кровь, слизь, мокрота) замедляет процесс гибели микроорганизмов. На дезинфекционный процесс влияет также и рН среды. Так действие хлор содержащих препаратов сильнее проявляется в кислой среде и слабее в щелочной.

Важно заметить, что солнечные лучи являются мощным фактором, способствующим снижению бактериального загрязнения окружающей среды. Это действие проявляется не только в инсолируемых помещениях, но и в условиях открытых бассейнов, особенно южных стран.

В таких странах температура воздуха может подниматься до 40-45°C, что сопровождается повышением температуры воды в чахах бассейнов выше 35°C.

Цель представленных исследований состояла в изучении влияния высоких температур на эффективность биоцидного многофункционального средства (БМС), не содержащего соединений хлора.

Объектом исследований являлась модельная вода бассейнов с содержанием БМС – 2% (образец 1) и 4% (образец 2). Как показали замеры, исходная температура воды без препарата составила 16-17°C, величина pH – 7,24, мутность образца 1 – 4,07 NTU, образца 2 – 4,7 NTU.

Образцы выдерживали в течение 2-х суток при температуре 60° С, периодически измеряя указанные параметры. Замеры проводили при остывании образцов до комнатной температуры. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Некоторые физико-химические характеристики воды в условиях температуры воздуха 60° С

параметр	Длительность выдерживания, часы				
	0	18	23	41	46
pH, образец 1 образец 2	7,24	7,17 7,16	7,15	7,17	7,30
Мутность, NTU образец 1 образец 2	4,07 4,70	2,71 3,64	3,88 2,57	3,34 1,98	3,53 1,87
Температура, °C образец 1 образец 2	17 16	56 55	56 57	56 55	56 56,5

Как видно из данных таблицы, независимо от концентрации биоцида в воде, величина показателя pH не выходила за рамки требований к воде бассейнов (pH: 7.2-7.4), варьируя в интервале 7,15-7,30. Мутность, уже в исходных образцах (4,07 NTU, 4,70 NTU) удовлетворяющая требованиям (менее 5 NTU) по мере выдерживания воды при 60 °С снижалась, с большей скоростью в варианте более высоких концентраций БМС, что связано с повышением растворимости препарата при высоких температурах.

С целью выявления воздействия температур на биоцидные свойства средства оценили биоцидность модельных проб воды после выдерживания при температурах, наиболее характерных для температур воздуха в южных странах (32°C и 45°C), одним из вариантов методов биотестирования (метод бумажных дисков) [11].

В качестве тест-объектов использовали чистую бактериальную культуру *Escherichia coli* (кишечная палочка) и наиболее распространенный в окружающей среде вид микроскопического гриба рода *Aspergillus* (аспергиллы).

Биоцидность оценивали по характеру роста культур на твердых питательных средах в присутствии исследуемых средств (бумажные диски смочены растворами модельной воды, предварительно выдержанной при 32°C и 45°C в течение семи суток). Результаты представлены на фотографиях рис. 1 и рис. 2.

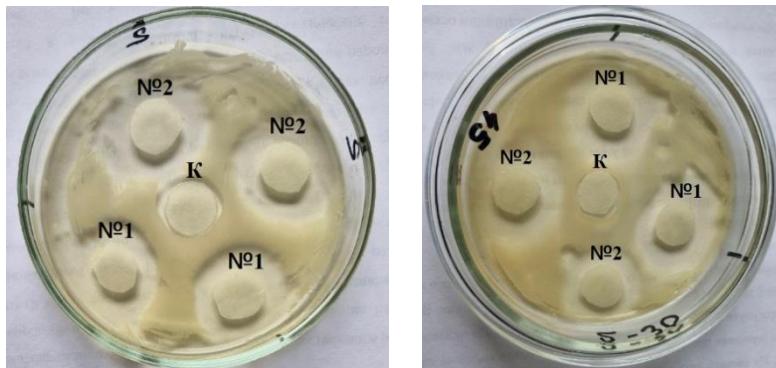


Рис.1. Рост бактерий в присутствии биоцида:
слева – диски смочены модельной водой, выдержанной при температуре 32 °C,
справа – модельной водой, выдержанной при температуре 45 °C.

Как видно на фотографиях (рис. 1), вокруг дисков, смоченных раствором биоцида отмечаются зоны подавления роста бактерий как в случае использования растворов средств концентрацией 2% (№1) и 4% (№2) , выдержанных при температуре 32 °C (на рис слева), так и в варианте образцов, выдержанных при 45°C. Контрольный образец (в центре) окружен областью интенсивного роста бактерий.

Незначительная разница в бактерицидном эффекте, характерная для образцов воды, содержащих 2% и 4% средства, позволит в перспективе сделать процедуру обеззараживания более дешевой, ограничив её использованием меньших концентраций дорогостоящего препарата.

На рис. 2 представлены фотографии, характеризующие рост микроскопического гриба в присутствии биоцидного средства.

На фотографиях хорошо видно, что гриб интенсивно развивается на поверхности контрольного диска (К) в центре, тогда как вокруг дисков, смоченных водой с БМС, четко просматриваются «чистые зоны» – зоны фунгицидности, где отсутствует рост микроорганизма.

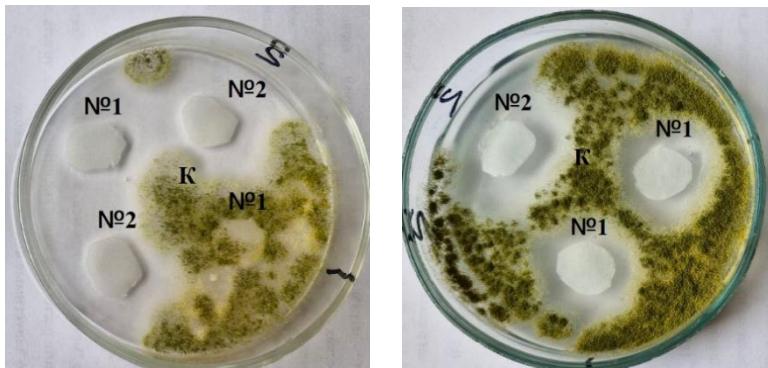


Рис.2. Рост микроскопического гриба в присутствии биоцида:
слева - диски смочены модельной водой, выдержанной при температуре 32 °C,
справа – модельной водой, выдержанной при температуре 45 °C.

Более заметен эффект негативного воздействия 4%-го раствора средства (№2) на микроорганизм, особенно в варианте образцов воды, выдержанных при 45 °C (на рис. 2 справа). То есть, возможно, высокие температуры частично усиливают биоцидные свойства водной среды, например, за счет улучшения растворимости средства с повышением температуры, о чем было сказано выше.

Таким образом, полученные результаты свидетельствует о том, что модельные воды, содержащие биоцидное многофункциональное средство с целью обеззараживания, обладают бактерицидной и фунгицидной активностью, сохраняющейся в условиях повышенных температур (до 45°C). Это позволяет рекомендовать использование предлагаемого биоцидного препарата для предотвращения развития микроорганизмов в водах открытых бассейнов южных курортных стран.

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Библиографический список

1. Петухова Е.О. Методы обеззараживания воды в плавательном бассейне // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2017. Т. 8. № 2. С. 36-51.
2. Жарков А.В. Особенности применения технологий очистки обеззараживания воды в бассейнах // Сантехника. 2013. № 1. С. 10-54.

3. Quantification of continual anthropogenic pollutants released in swimming pools / M.G.A. Keuten, M.C.F. M. Peters, H.A.M. Daanen, M.K. de Kreuk, L.C. Rietveld, J.C. van Dijk // Water Res. 2014. Vol. 53. P. 259-270.
4. Guidelines for safe recreational water environments. Swimming pools, spas and similar recreational water environments. World Health Organization, 2006. 146 p.
5. СанПиН 2.1.2.1188-03 Плавательные бассейны. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды. Контроль качества. м.: Минздрав России, 2003. 18 с.
6. Petrosian V.S. Prirodnaia i pit'evaia voda: problemy khimicheskoi bezopasnosti [Natural and drinking water: problems of chemical safety] // Clean water: problems and solutions. 2010. № 1. P. 31-35.
7. Преображенский А. Бесхлорные методы дезинфекции воды // Материалы и технологии. Журнал «Бассейны и сауны». 2014. №1 (74). URL: <https://houses.ru/pool-magazine/articles/materials-technologies/1847/> (дата обращения: 23.03.2024).
8. ГОСТ Р 53491.1-2009. Бассейны. Подготовка воды. Часть 1. Общие требования. Введ. 2010-07-01. М : Стандартинформ, 2010. 45 с.
9. Рогожкин Г.И. Очистка и обеззараживание воды в бассейнах // Сантехника. № 4.2003. С. 4-9.
10. Janowska J., Krzywicka H., Zarzycka E., Rocz Panstw Zakl Hig. The effect of temperature on bactericidal activity of certain disinfectants 1994;45(3):237-40.
11. CLSI. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing: TwentyFifth Informational Supplement: CLSI document M100-S25. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2015. V. 35. No. 3.

УДК 504.4.054

¹Клименко М.А., химик-лаборант ОФХИ ИЛ (П),
²Василенко Т.А., канд. техн. наук, доцент
^{(1 – ООО «ЦЭС и Э», г. Белгород, Россия;}
^{2 – Белгородский государственный технологический}
^{университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)}

АНАЛИЗ КАТИОНОВ И АНИОНОВ В ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ КАПИЛЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОФОРЕЗА «КАПЕЛЬ-105М».

Аннотация: Прибор «КАПЕЛЬ-105М» используется при определении анионов и катионов в аналитических целях в исследовательских центрах. Перечень определяемых соединений в пробах питьевой, природной и сточной воды с использованием прибора – это катионы калия, аммония, лития, стронция, бария, магния, натрия, кальция и анионы – хлориды, сульфаты, нитриты, нитраты, фториды и фосфаты. В статье рассмотрен метод капиллярного электрофореза, технические характеристики прибора «КАПЕЛЬ-105М». В статье приведены особенности анализа проб воды на приборе.

Ключевые слова: метод капиллярного электрофореза, аналитический контроль катионов и анионов в воде.

В природных и сточных водах содержится разное количество растворимых солей. Например, в морских водах содержится 1/3 солей на литр воды, когда в дождевых содержание не превышает 1/10 доли. В сточных водах состав солей неоднозначен, это содержание напрямую зависит от деятельности предприятия, от способов очистки и добавляемых компонентов. В большинстве водных объектов соли содержатся в виде ионов. Самыми распространёнными анионами являются гидрокарбогидрат-ион, хлорид-ион и сульфат-ион; катионами – кальций-, магний-, натрий- и калий-ион. Для определения данных веществ существует множество способов: титриметрический, фотометрический. Но наиболее современным, удобным и точным является метод капиллярного электрофореза [1].

Электрофорез – это метод разделения заряженных частиц под воздействием электрического поля. Впервые электрофорез как метод разделения был предложен шведским биохимиком Арне Тизелиусом в 1930-х годах. Тизелиус поместил смесь белков сыворотки крови в буферный раствор и приложил к ней электрическое поле. Он наблюдал, что компоненты пробы мигрировали в разных направлениях и с разной скоростью, что зависело от их размера, формы и электрического заряда. За свою новаторскую работу в области электрофореза Тизелиус был удостоен Нобелевской премии по химии в 1948 году. С тех пор электрофорез стал мощным инструментом для разделения и анализа различных смесей. Метод капиллярного электрофореза заключается в миграции заряженных частиц в растворе электролита под воздействием электрического тока. В основе данного процесса заключается электроосмос, благодаря которому анализ сложносоставных водных растворов упрощается и позволяет определить каждый составляющий компонент. Капиллярный электрофорез обладает рядом преимуществ: простая пробоподготовка (для наибольшего количества методик достаточно простого фильтрования), быстрота проведения анализа, высокая эффективность разделения компонентов, которая достигается при помощи кварцевого капилляра. К исследуемому методу для определения анионов и катионов подходит прибор «КАПЕЛЬ-105М» [2]. Технические характеристики данного прибора приведены в табл. 1; внешний вид приведен на рис. 1.

Таблица 1. Технические характеристики прибора «КАПЕЛЬ-105М»

Диапазон рабочих длин волны детектирования, нм	от 190 до 380
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки рабочей длины волны, нм	±5
Диапазон изменения рабочего напряжения на капилляре, кВ	от 1 до 25
Предел обнаружения хлорид-ионов (при отрицательной полярности высоковольтного блока) при отношении сигнал/шум 3:1, мкг/см ³ , не более	0,5
Предел допускаемого относительного среднего квадратического отклонения (СКО) выходного сигнала по площади пика, %	5
Предел допускаемого относительного среднего квадратического отклонения (СКО) выходного сигнала за 8 часов работы, %	6,5
Габаритные размеры (Д'Ш'В), мм, не более	420x570x360
Масса, кг, не более	25



Рис. 1. Внешний вид прибора «Капель 105М».

Прибор обладает многогранной областью использования. Как выяснилось, прибор может использоваться в определении катионов и анионов в питьевых и сточных водах. Помимо этого, прибор используется в пищевой биотехнологии для определения содержания белков, БАДов, кофеина, аминокислот и т.д., в ветеринарии для полного представления состава кормов, даже в криминалистике. Как упоминалось ранее, в капиллярном электрофорезе используются капилляры из плавленного кварца, так как в УФ-спектре он прозрачный и имеет защитное покрытие. Капилляр является неотъемлемой частью всей системы, износостойкий и не имеет ограничительных дат использования при соблюдении правил эксплуатации, однако этот

процесс допустим и поменять капилляр самостоятельно не вызывает трудностей. Пригодность капилляра определяется по его концам, то есть торцевой срез должен быть выполнен строго под углом 90° к боковым стенкам капилляра. Любая ошибка будет отображаться на электрофорограмме. Существует также ряд сложностей при знакомстве с прибором и программным обеспечением. Наиболее распространёнными являются: отсутствие напряжения в приборе, в капилляре и в пробирке находится воздух, засорение капилляра, плохое уплотнение стаканчика на входе капилляра или кассеты с капилляром во входном узле; при этом показания давления либо всегда близки к нулю, либо быстро уменьшаются. Все эти проблемы учтены в руководстве по эксплуатации, поэтому стоит внимательно ознакомиться с ним перед использованием прибора. Каждой области и определяемым компонентам соответствует своя методика. Прибор создан отечественным производителем «Люмэкс» [3].

Катионы и анионы определяются в соответствии своим методикам, также методики могут делиться на определение исследуемых компонентов в сточной, природной и питьевой воде. Рассмотрим методику определения содержания катионов, которая предназначена для питьевых, природных и сточных вод в том числе. Предварительно в капель устанавливается подходящая под анализ кассета, расположенная на рис. 2.



Рис. 2. Кассета для определения анионов.

В случае определения катионов устанавливается аналогичная кассета для катионов. Предварительно необходимо настроить прибор согласно руководству по эксплуатации. Для подготовки пробы к анализу

необходимо профильтровать её через фильтр «синяя лента», затем через мембранный фильтр в пробирку.

Перед анализом пробы нужно провести мойку капилляра (также она проводится после каждой построенной электрофорограммы. Для проведения анализа также нужна центрифуга, в которую помещается пробы для дегазации. Затем после всех проделанных действий пробы помещаются в прибор для определения содержания катионов. При появлении электрофорограммы необходимо скорректировать расстановку пиков, а затем определить их площади. При выходе за допустимые границы градуировочного графика исходную пробу стоит разбавить. Простота этого метода позволяет определить все возможные катионы быстрым и точным способом. Результат рассчитывают по формуле 1 [4]:

$$X = C \frac{V_k}{V_a}, \quad (1)$$

где C – массовая концентрация конкретного катиона, $\text{мг}/\text{дм}^3$; V_k – объем разбавленной пробы анализируемой воды, см^3 ; V_a – объем аликвоты пробы анализируемой воды, взятый для разбавления, см^3 .

При определении анионов принцип действия схож, пробоподготовка такая же. Есть уточнение про pH . Если pH не находится в диапазоне 5-9, то требуется дальнейшая пробоподготовка перед проведением анализа. При выполнении измерений может появится как положительный, так и отрицательный пик гидрокарбонатов. В этом случае дистилированную воду рекомендуется заменить на бидистилированную [5].

Капиллярный электрофорез: перспективный метод анализа в фармацевтической промышленности и не только. Капиллярный электрофорез (КЭ) – один из наиболее перспективных и высокоэффективных методов разделения и анализа сложных смесей в современной аналитической практике и промышленности. Низкий расход реактивов и образцов в отличие от традиционных методов хроматографии является преимуществом. КЭ особенно актуален в фармацевтической промышленности, где требуется экспрессный и высокоточный анализ лекарственных препаратов, их примесей и метаболитов. Но именно благодаря этому методу у нас сегодня есть возможность покомпонентно разобрать абсолютно любую водную пробу. Ведь при определении содержания всегда можно найти пути решения проблем загрязнённых стоков. Метод КЭ – это большой шаг к развитой и современной науке, позволяющей нам сегодня сделать нашу окружающую среду экологичнее [6].

Данный метод анализа с прибором «Капель 105М» позволяет получить результаты достаточно быстро, что особенно актуально при проверках государственных органов места сброса очищенных сточных вод, аварийные сбросы, а также при мониторинге водных объектов [7].

Библиографический список

1. Ищенко, А.В., Сибирцева И.А. Химия: учебное пособие. Донецк: ДонНУЭТ имени Туган-Барановского, 2019. Часть 1. 160 с. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/170507> (дата обращения: 19.03.2024). Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Капиллярный электрофорез // Люмэкс [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.lumex.ru/methods/kapillyarnyj_elektroforez.php (дата обращения: 19.03.2024).
3. Системы капиллярного электрофореза КАПЕЛЬ-105М // terra [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.terra-kiп.ru/catalog/analyticheskoe_oborudovanie/analizatory-zhidkosti/kapel-105m.htm (дата обращения: 19.03.2024).
4. ГОСТ 31869-012. Методы определения содержания катионов (аммония, бария, калия, кальция, лития, магния, натрия, стронция) с использованием капиллярного электрофореза: дата введения 2014-01-01. Москва: Стандартинформ, 2019. 23 с.
5. ПНД Ф 14.1:2:4.157-99 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций хлорид-ионов, нитрит-ионов, сульфат-ионов, нитрат-ионов, фторид-ионов и фосфат-ионов в пробах природных, питьевых и очищенных сточных вод с применением системы капиллярного электрофореза «Капель». Разработчик ООО «Люмэкс-маркетинг» [Электронный ресурс] Режим доступа: https://e-ecolog.ru/docs/OBAIKzra0IKux2Yqrz1qB?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (дата обращения: 19.03.2024).
6. Каменцев, Я.С., Комарова, Н. В. Основы метода капиллярного электрофореза. Аппаратурное оформление и области применения // Аналитика и контроль. 2002. № 1. С. 13-18.
7. Василенко, Т.А., Бездетко, Е.О. Мониторинг состояния малой реки на территории Белгородской области // Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. Казань: Изд-во КНИТУ. 2021. С. 1152–1157.

Копаева А. Г., студент

Кучменко Т.А., д-р хим. наук., проф.

Умарханов Р.У., канд. хим. наук., доцент

(Воронежский государственный университет

инженерных технологий, г. Воронеж, Россия)

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ СУЛЬФИДА КАДМИЯ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ПОРЧИ БЕЛКОВЫХ СИСТЕМ

Аннотация: Изучена возможность повышения чувствительности и селективности детектирования легко летучих органических соединений при изменении состояния белковых пищевых систем в процессе порчи с применением фаз квантовых точек (КТ) сульфида кадмия, стабилизованных различными полимерными оболочками. Основной метод детектирования – пьезокварцевое микровзвешивание паров на фазах КТ. Изучены сорбционные свойства полученных фаз по отношению к парам индивидуальных веществ разной природы (спирты, кетоны, кислоты, альдегиды, амины, вода). Установлены характерные особенности сорбции паров тест-веществ, рассчитаны кинетические параметры, которые применены для идентификации соединений при порче некоторых белковых продуктов. Установлена высокая чувствительность и избирательность фаз КТ к веществам – маркерам деструкции белков.

Ключевые слова: анализ, квантовые точки, летучие соединения, биопроды, состояние.

Работа посвящена исследованию и оценке перспективы применения функциональных «умных» материалов для наполнения контактных средств индикации состояния живых систем с визуальным откликом. Альтернативным современным средствам фиксирования изменений в живых системах являются высокочувствительные газовые сенсоры, для которых также актуален поиск стабильных, емких, селективных модификаторов.

Литературный обзор показал широкое применение наноматериалов, в частности полупроводниковых квантовых точек (КТ), для определения малых концентраций веществ в водных средах. Именно эти функциональные материалы характеризуются значительным стоксовым сдвигом при взаимодействии с аналитами, что визуально фиксируется по изменению флуоресценции. Потенциально перспективно их использование в качестве наполнителей «умной» тест-системы. Но применение КТ основано на реакциях в жидких средах [1], для газовых сред информации мало, поэтому на первом этапе решалась

задача оценки их применения для газового анализа.

Анализ малых концентраций газов, обозначенных как маркёры патогенных процессов, широко изучен высокочувствительным методом пьезокварцевого микрозвзвешивания. Показано, что даже если невозможно селективно определить какие-то пары веществ, есть покрытия кварцевых резонаторов, которые по своим свойствам могут быть потенциально применены в гибких тест-системах, потому что они безопасны для человека и характеризуются заметным химическим сродством к выбранным патогенным молекулам: кетонам, аминам, кислотам [2, 3].

На основании глубоко анализа нами выбраны две группы соединений для изучения в качестве потенциально применимых в тест-системах: 1) наночастицы сульфида кадмия/полимер; 2) полимерные фазы, которые применялись в пьезокварцевом микрозвзвешивании для определения газов-маркёров.

Исследование сорбционных свойств фаз CdS/полимер проводили методом прямого пьезокварцевого микрозвзвешивания на мультиканальных нановесах «NanoWeigt» (Россия), который позволяет с высоким разрешением (до $3 \cdot 10^{-9}$ г/с) взвешивать массу сорбата одновременно на 8-ми фазах. Такой подход существенно снижает ошибки эксперимента при нарушении концентрационных/температурных условий. Применили пьезокварцевые резонаторы (ПКР) с базовой частотой колебания 10,0 МГц. Поверхность серебряных электродов ПКР (площадь 0,2 см²) с двух сторон кварцевой пластины модифицировали методом «высыхающей капли» суспензии фаз сульфида кадмия в стабилизирующих оболочках разной природы с последующей термической обработкой для удаления растворителя. Аналогично для сравнения наносили только раствор полимера. Массу покрытий (m_{sorb} , мкг) рассчитывали по уравнению Зауэрбрея [4].

Аналитическая информация мультиканальных нановесов «NanoWeigt», получаемая при оценке сорбции веществ на поверхности сенсоров представлена разным набором данных:

1) Выходной сигнал пьезовесов непрерывно регистрируется в виде зависимости частоты колебаний пьезосенсора от времени $\Delta F = f(\tau)$. Хроночастотограммы, которые могут быть построены с различной дискретностью регистрации откликов измерительных элементов (от 1 с). Для стабилизации выходных кривых и уменьшения вклада шума в результатирующую кривую применяли подход нормирования выходных кривых.

Для нормированной хроночастотограммы зависимость сигнала сенсора от времени имеет вид (формула 1):

$$\frac{\Delta F_i}{\Delta F_{\max}} = f(\tau), \quad (1)$$

где ΔF_i – отклик пьезосенсора в определённый момент времени, Гц.

2) Кинетические «визуальные отпечатки», отражают зависимость сигналов всех или нескольких сенсоров в выбранных интервалах измерения от времени. По окружности откладывается время измерения ($\tau, \text{с}$); по радиальной оси – величина откликов пьезосенсоров ($\Delta F, \text{Гц}$).

В качестве количественных и качественных критерииов сорбции выбраны следующие параметры:

1) максимальный аналитический сигнал сенсора ($\Delta F_{\max}, \text{ Гц}$), отражающий максимальную массу сорбата в условиях сорбции;

2) кинетический параметр сорбции γ_i нормированной хроночастотограммы, отражающий специфику изменения скорости сорбции веществ на разных участках кривой сорбции (формула 2):

$$\gamma(i/j) = \frac{\Delta F_{\tau_1}}{\Delta F_{\tau_2}}, \quad (2)$$

где $\Delta F_{\tau_1}, \Delta F_{\tau_2}$ – нормированный отклик сенсора в определённые моменты времени 1 и 2, Гц.

Сорбцию легко летучих соединений при обучении массива сенсоров и выделяемых белковыми пробами пищевых продуктов повторяли несколько раз ($n=3-6$). По результатам рассчитывали средние параметры сорбции.

Синтез коллоидных наночастиц CdS осуществляли в водной среде полимера (фотографического желатина, декстрина, поливинил-пирролидона) при температуре 20-30 °C путём двухструйного слияния растворов, содержащих Cd^{2+} и S^{2-} при длительном интенсивном перемешивании. Созревание коллоидного раствора квантовых точек продолжалось в течение суток.

Об образовании наночастиц судили по изменению окраски раствора полимера в жёлтый, а также подтверждали спектрофотометрическим методом. Синтез в полимерной матрице обеспечивает стабилизацию наночастиц внутри каркаса. Наночастицы CdS за счёт сорбции и образования координационных связей с атомами функциональных групп полимера закрепляются в структуре матрицы, не выпадая в осадок.

К материалу полимерной оболочки предъявляются требования:

- 1) оптическая прозрачность;
- 2) эффективная каркасность для наночастиц CdS;
- 3) повышение сорбционной ёмкости к газам-маркёрам;

4) обеспечение возможности регистрации свечения КТ в визуальных индикаторных системах;

5) экономическая доступность.

Для оценки влияния природы полимера и размерности КТ изучали сорбционные свойства наночастиц CdS по отношению к парам приоритетных летучих биомаркёров патогенных состояний живых систем методом прямого пьезокварцевого микровзвешивания сорбата с сорбтивом. По результатам сорбции паров индивидуальных соединений различных классов оценили абсолютную и относительную массовую чувствительность КТ в различных полимерных оболочках к спиртам, кислотам, аминам, воде, аммиаку, альдегидам и кетонам. Кроме этих параметров оценили кинетические параметры сорбции паров индивидуальных соединений, которые оказались более информативными для целей качественного анализа и идентификации их в смеси соединений при изменении пищевой матрицы. Оценку пригодности фаз КТ CdS/желатин для раннего фиксирования изменений в белковых системах проводили путем мониторинга над состоянием белковых продуктов (свежие белок и желток куриного яйца, куриное мясо, рыба) при нарушении режима хранения (комнатная температура) (рис. 1).

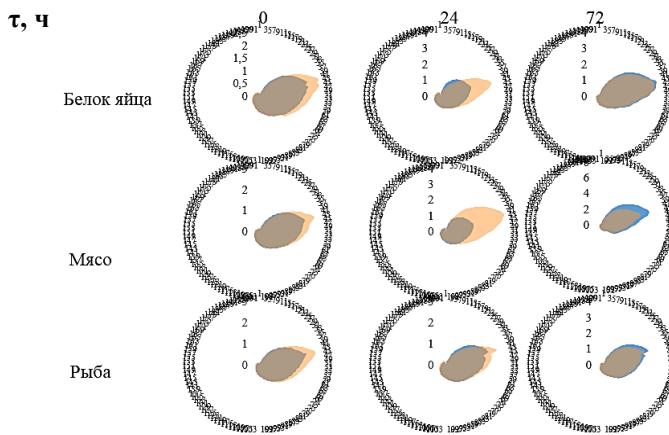


Рис.1. Сравнение нормированных «визуальных отпечатков» сенсоров с желатином 1,25 % без (синий цвет отпечатка) и с CdS (оранжевый цвет отпечатка) в зависимости от времени порчи продукта.

Пилотный эксперимент с ускоренной тепловой порчей продуктов животного происхождения показал, что сенсоры с фазами желатина

1,25 % без и с квантовыми точками имеют наибольшую относительную разность площадей измерения (более 25 %) при $\tau = 24$ часа (рис. 1). Режим измерения: 40 с сорбция, 160 с десорбция. Через 72 часа аналитические сигналы обоих сенсоров существенно увеличились и изменились качественно.

Естественная порча варёного белка куриного яйца при неправильном хранении ($t = 20 \pm 2$ °C) показала, что сенсором с КТ в момент времени 19-21 час удаётся идентифицировать по кинетическим параметрам сорбции ($\gamma_{i;j}$) триметиламин (табл. 1).

Кинетический параметр $\gamma_{20/60}$ был выбран в качестве наиболее информативного и стабильного. По графику зависимости кинетического параметра $\gamma_{20/60}$ от времени (рис. 2) установлено, что сенсор без КТ также чувствителен к изменению состава летучих соединений при порче белка различных видов продуктов.

Таблица 1. Кинетические параметры сорбции индивидуальных веществ ($\gamma_{i;j}$) и летучих соединений белка и желтка варёного яйца, рассчитанные по нормированным хроночастотограммам для сенсора с CdS/желатин 1,25 %

<i>Сорбат</i>	$\gamma(i;j)$	20/60	40/120
Ацетальдегид	0,40±0,01	0,75±0,04	
Вода	0,48±0,03	1,2±0,1	
Пропанол-1	0,57±0,03	1,3±0,2	
Пропанон-2	0,68±0,04	1,7±0,3	
Бутанон-2	0,46±0,01	1,6±0,2	
Бутановая кислота	0,67±0,03	1,8±0,2	
Триметанамин	0,48±0,02	1,6±0,2	
Метанамин	0,43±0,02	0,76±0,03	
Аммиак	0,45±0,03	0,83±0,05	
Белок (19 ч)	0,50	1,59	
Белок (21 ч)	0,50	1,71	
Желток (19 ч)	0,53	1,74	
Желток (21 ч)	0,53	1,04	

Изменение химического профиля варёного желтка куриного яйца нагляднее демонстрируется сенсором с КТ. Сравнение графиков кинетических параметров основных составных частей продукта (рис. 3) показывает, что желток имеет отличный от белка исходный фон, а

изменение состава на 19-20 часах соответствует началу порчи, улавливаемому пьезовесами на основе квантовых точек.

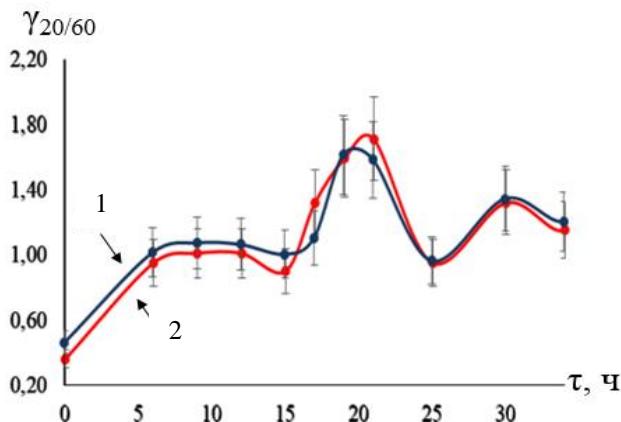


Рис. 2. Интегральные спектры кинетического параметра $\gamma_{20/60}$ в зависимости от времени порчи продукта для двух сенсоров (1 – желатин 1,25 %; 2 – с CdS/желатин 1,25 %).

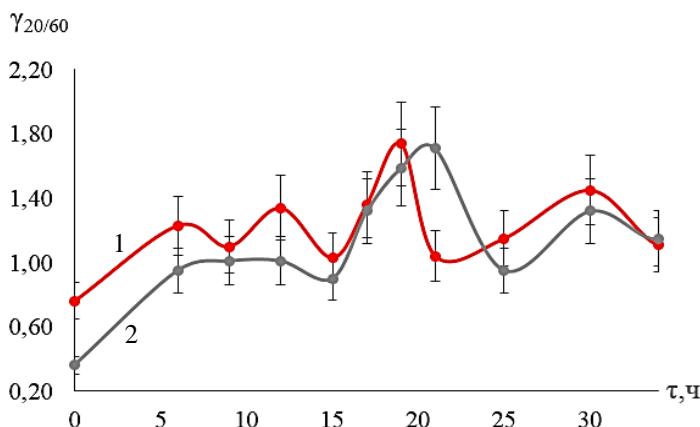


Рис. 3. График зависимости $\gamma_{20/60}$ от времени порчи белка (1) и желтка (2) варёного яйца для сенсора с CdS/желатин 1,25 %.

Органолептический анализ показал, что три из пяти участников комиссии к этому времени ещё не чувствуют рецепторами носовой полости критическое изменение состава белка и желтка яйца. То есть сенсорный анализ обонятельной системой человека и электронным обонянием существенно различаются.

Выделение в больших количествах аммиака, аминов, сульфидов, альдегидов, кетонов, спиртов и других соединений свидетельствует об утрате желаемых свойств яиц, делающих их неприемлемыми для потребления человеком [6].

Еще в большей степени наблюдаются изменения в составе выделяющихся легко летучих соединений для куриного сырого мяса промышленного производства (рис. 1). Для рыбы таких изменений за 24 часа не установлено. Изменение формы сигналов сенсоров (рис. 1) через 72 часа порчи всех видов белковых продуктов показал изменения состава легко летучих соединений, фиксируемых обоими сенсорами, по сравнению с точками начала наблюдения и 24 часа.

Положительно оценена возможность применения квантовых точек для улавливания паров аминов, фазы CdS в различных полимерных оболочках перспективны в качестве модификаторов газовых сенсоров. Значительных люминесцентных свойств изученных фаз в парах тест-веществ для внедрения их в «умные» этикетки не установлено.

Работа выполнена при финансовой поддержке и в рамках гранта РНФ 23-23-00609.

Библиографический список

1. Abha K., Sumithra I.S., Suji S., Anjana R.R., Anjali Devi J.S., Nebu J., Lekha G.M., Aparna R.S., George S. Dopamine-induced photoluminescence quenching of bovine serum albumin–capped manganese-doped zinc sulphide quantum dots // Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2020. P. 1-11.
2. Kuchmenko T.A., Dorovskaya E.S., Umarkhanov R.U., Krylov V.V., Smetankina A.V., Menzhulina D.A., Bityukova V.V. Application of an Electronic Nose Based on Piezoelectric Sensors for Scanning Volatile Compounds of Gynecological Tests // Sensors and Actuators B: Chemical. 2022. Vol. 358, p. 131538.
3. Кучменко Т.А., Шуба А.А., Кучменко Д.А., Умарханов Р.У. Разработка способа оценки активности *Helicobacter Pylori* по составу выдыхаемого воздуха с применением массива химических пьезосенсоров // Журнал аналитической химии. 2020. Т. 75. № 4. С. 368-378.
4. Sauerbrey G.G. Messung von platen schwingungen sehr kleiner amplitude durch lichtstrom-modulation [Текст] // Zeitschrift für Physik. 1964. Vol. 178, p. 457-471.

5. Deng F., Chen W., Wang J., Wei Z. Fabrication of a sensor array based on quartz crystal microbalance and the application in egg shelf life evaluation / Sensors and Actuators B: Chemical. 2018. P. 1700883.

УДК 504.054

**Курзенёв И.Р., аспирант,
Василенко Т.А., канд. техн. наук, доцент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)**

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ

Аннотация: Загрязнения тяжелыми металлами почвы представляет угрозу не только окружающей среде, но и здоровью человека. Нормирование тяжёлых металлов зависит от формы его извлечения из почвы. Современные методики и методы определения металлов в почве позволяют определить разные их формы. При выборе методики необходимо уделить внимание следующим факторам: сложность анализа, стоимость оборудования и реактивов, время проведения анализа. В статье рассмотрен метод инверсионной вольтамперометрии, который позволяет определить разные формы металлов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почва, методы определения.

Почвы являются природными накопителями тяжёлых металлов в окружающей среде и основным источником загрязнения сопредельных сред, включая высшие растения. ТМ находятся в почве в виде различных химических соединений. В почвенном растворе они присутствуют в форме свободных катионов и ассоциатов с компонентами раствора. В твердой части почвы они находятся в форме обменных катионов и поверхностных комплексных соединений, в виде примесей глинистых минералов, в форме собственных минералов, устойчивых осадков малорастворимых солей [1].

Лимитирующими показателями вредности металлов в почве являются: общесанитарный и транслокационный. Согласно СанПиН 1.2.3685-21 контроль качества почвы загрязнениями тяжелых металлов контролируются следующее показатели: валовое содержание (кадмий, марганец, медь, никель, мышьяк, ртуть, свинец, цинк), подвижная форма (кобальт, марганец, медь, никель, свинец, цинк) [2]. Валовые формы металлов такие как: кадмий, медь, мышьяк, никель, свинец, цинк являются ОДК и нормируются в зависимости от рН солевой вытяжки и типа почв. ПДК – марганец и ртуть (валовое содержание), кобальт, марганец, медь, никель, свинец, цинк (подвижная форма). Марганец

(подвижная форма) нормируется в зависимости от вида экстракции (0,1 н H₂SO₄ или ацетатно-аммонийным буфером с pH 4,8).

Тяжелые металлы контролируются также в осадках сточных вод при выдаче рекомендаций перед их использованием в качестве удобрений [3].

Современные методы определения тяжёлых металлов в почве в зависимости от форм могут быть определены фотометрически (ГОСТ Р 50686-94 п. 6.3 «Определение подвижных соединений цинка по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО», ГОСТ 26486-85 п. 1 «Определение обменного марганца методами ЦИНАО»), пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии (ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-2002 «Количественный химический анализ почв. Методика измерений валового содержания кадмия, кобальта, марганца, меди, никеля, свинца, хрома и цинка в почвах, донных отложениях, осадках сточных вод и отходах методом пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии», ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.78-2013 «Методика измерений массовой доли подвижных форм металлов: меди, цинка, свинца, кадмия, марганца, никеля, кобальта, хрома в пробах почв, грунтов, донных отложений, осадков сточных вод методом пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии») и инверсионной вольтамперометрии (ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.48-06 «Количественный химический анализ проб почв, тепличных грунтов, илов, донных отложений, сапропелей, твердых отходов. Методика выполнения измерений массовых концентраций цинка, кадмия, свинца, меди, марганца, мышьяка, ртути методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА».

Метод инверсионной вольтамперометрии (ИВ) относится к электрохимическим методам анализа. В их основе лежит процесс электролиза - химической реакции, протекающей под действием электрического тока на электродах, помещенных в анализируемый раствор. Методика ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.48-06 позволяет определять следующие формы металлов: валовая, кислоторастворимые, подвижные, водорастворимые [4]. Анализатор вольтамперометрический TA-Lab (рис. 1) предназначен для высокочувствительных измерений содержания токсичных примесей в питьевых, природных, сточных водах, водных растворах проб почв, пищевых продуктов, продовольственного сырья, биологических объектов и других материалов вольтамперометрическими методами. Анализатор TA-Lab ориентирован на удобство проведения измерений в рутинном анализе с применением малого количества реагентов.

Анализатор TA-Lab имеет три электрохимические ячейки (три канала измерений). Получение одновременно трех результатов измерений одной пробы в условиях повторяемости или анализ трех проб одновременно значительно увеличивает производительность вольтамперометрического анализатора и позволяет использовать автоматический расчет результата измерений по двум (трем) результатам единичного анализа, а также автоматически рассчитывать показатели повторяемости и точности результата анализа.



Рис. 1. Анализатор вольтамперометрический TA-Lab с подготовленными электродами ХСЭ и АмЭ.

Для определения ртути и мышьяка используются ЗУЭ электроды. ЗУЭ – золото-углеродсодержащие электроды представляют собой смесь углерода и полиэтилена, на который наносится пленка золота. Для определения цинка, кадмия, свинца и меди используются следующие электроды: ХСЭ и АмЭ. ХСЭ – хлорсеребрянный электрод применяют в качестве электрода сравнения и вспомогательного. ХСЭ представляет собой спираль с серебряной проволоки, который заполняется раствором калия хлорида. АмЭ представляет собой стержень с запрессованной серебряной проволокой, на который наносится тонкая пленка ртути. В зависимости от формы металлов (валовое, кислоторастворимые, подвижные, водорастворимые) готовится вытяжка. Далее пробы озоляются в печи ПДП-Lab. Программируемые двухкамерные печи серии ПДП представляют собой компактные, быстродействующие двухкамерные устройства и предназначены для выпаривания и озоления проб с целью их подготовки для дальнейшего анализа. Процессы выпаривания и озоления проводятся при контроле температуры и времени. После минерализации проб проводят растворения золы и приступают к анализу фонового раствора (рис. 2).

Фоновый раствор не должен содержать пики не превышающие цинка – 100 нА, кадмия – 30 нА, свинца – 50 нА, меди – 50 нА. Далее анализируется проба и отмечаются пики металлов (рис. 3).

Далее добавляется добавка с аттестованной смесью металлов, объем добавки варьируется в зависимости от концентрации металлов в пробе. После добавки аттестованной смеси металлов проводят регистрацию вольтамперограммы пробы с добавкой (рис. 4).

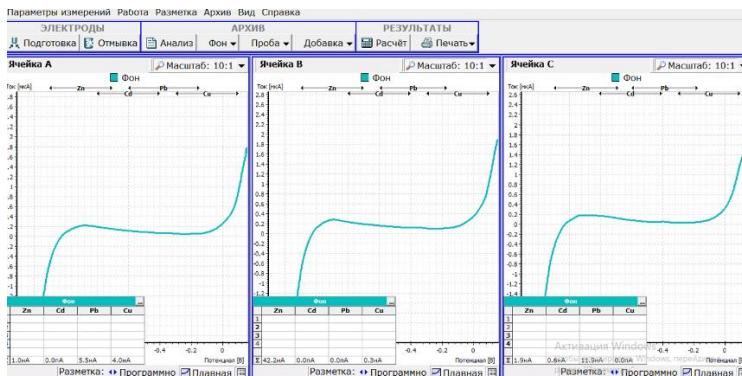


Рис. 2. Результаты анализа фонового раствора.

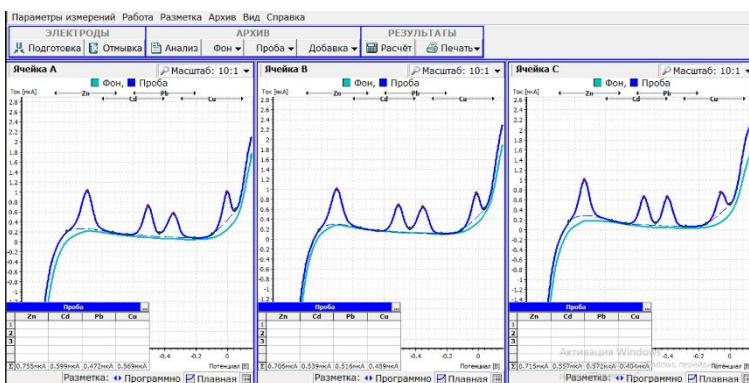


Рис. 3. Результаты анализа пробы.

После регистрации вольтамперограмм проб с добавкой исключают невоспроизводимые, усредняют воспроизводимые вольтамперограммы (в ячейках А, В, С зарегистрировано по 3 вольтамперограммы) и

производят расчет. Расчет можно выполнить двумя способами: автоматически (выполнить команду «расчет») или по формуле 1:

$$X = \frac{I_1 \cdot C_d \cdot V_d \cdot V_{\min}}{(I_2 - I_1) \cdot m \cdot V_{\text{ал}}}, \quad (1)$$

где X – содержание данного элемента в анализируемой пробе, мг/кг; C_d – концентрация аттестованной смеси элемента, из которой делается добавка к анализируемой пробе, мг/дм³; V_d – объем добавки аттестованной смеси элемента, см³; I_1 – величина пика элемента в анализируемой пробе, мкА; V_{\min} – объем минерализата, полученного растворением золы вытяжки в известном объеме растворителя, см³; $V_{\text{ал}}$ – объем аликвоты, взятый для анализа из раствора минерализата вытяжки, см³; I_2 – величина пика элемента в пробе с добавкой, мкА; m – масса пробы, г.

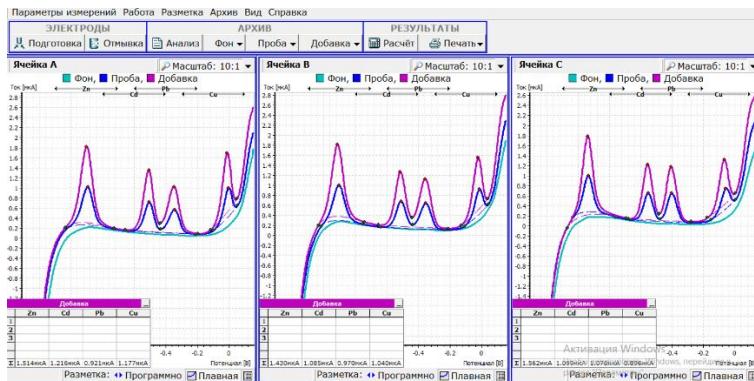


Рис. 4. Результаты анализа пробы с добавкой

Ультимативное решение для мониторинга загрязнения почвы тяжелыми металлами является методика определения ПНД Ф 16.1:2:2:3.48-06, которая позволяет определить разные формы металлов, а также границы диапазонов измерений соответствуют нормированию ПДК/ОДК. Из минусов можно отметить следующее: проверка чистоты посуды, проверка чистоты реактивов, использование бидистиллированной воды, работа с маленькими аликвотами растворов.

Библиографический список

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с
2. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы от 28.01.2021 № 1.2.3685-21 Зарегистрирован в Министерстве юстиции Российской Федерации 29.01.2021 № 62296/ Официальный интернет-портал правовой информации: Электрон. дан. – М.: Электр. период. издание, 2005-2023. Режим доступа: <https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102030022> (дата обращения 15.03.2024).
3. Василенко Т.А., Мохаммед Абдифатах Харед. Применение осадка механической и биологической очистки бытовых и производственных сточных вод в качестве удобрения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 211-219.
4. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.48-06 «Количественный химический анализ проб почв, тепличных грунтов, илов, донных отложений, сапропелей, твердых отходов. Методика выполнения измерений массовых концентраций цинка, кадмия, свинца, меди, марганца, мышьяка, ртути методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА» ООО «НПП «Томъаналит». Томск, 2005. 50 с.

УДК 543.08:573.7

¹Кучменко Т.А., д-р хим. наук, проф.,

²Хмелевская Т.Н., канд. хим. наук, доцент,

³Вандышев Д.Ю., канд. хим. наук., доцент,

¹Умарханов Р.У., канд. хим. наук., доцент

(1-Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж, Россия,

2- Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, г. Воронеж, Россия

3 – Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия)

КОНТРОЛЬ ЗА СТАБИЛЬНОСТЬЮ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЖИВЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация: показана целесообразность применения газовых анализаторов с сенсорами на основе модифицированных родамином бЖ и чистых квантовых точек CdS для выявления присутствия метаболитов патологических процессов, как маркеров заболеваний. Предложены новые способы ранжирования данных, полученных с помощью высокочувствительного метода пьезокварцевого микровзвешивания. Присутствие маркеров воспаления эндометрия в пробах цервикальной слизи дополнительно подтверждено

откликом тест-систем с люмофорным реагентом. Отмечена корреляция результатов исследования с диагнозом ветеринара.

Ключевые слова: квантовые точки, электронный нос, пьезокварцевое микровзвешивание, метаболиты.

Выявление биомаркеров, связанных с нарушением нормального течения биохимических реакций позволяет диагностировать воспалительные процессы и прочие заболевания даже на ранних стадиях, протекающих бессимптомно. Особенно важным при этом является идентификация даже малых концентраций патогенных метаболитов в биологических пробах. Для решения данной задачи предлагается использование газового анализатора типа «электронный нос» на основе газовых пьезосенсоров с квантовыми точками (КТ) в качестве модификаторов электродов. Подобные интеграционные системы позволяют идентифицировать целевые аналиты в смесях, даже при условиях малых объемов и времени стабильности биологических проб [1].

На примере цервикально-вагинальных выделений коров оценивали возможность детектирования летучих органических соединений (ЛОС) для оценки вероятности и степени выраженности воспалений.

Для этого отбирали пробы с помощью тупфера из образца слизи. Тупфер помещали на чашку Петри и накрывали ячейкой прибора «нос-диагност», содержащей в качестве сорбентов КТ CdS, стабилизированные хитозаном, чистые и поверхностно модифицированные родамином 6Ж. Фиксировали максимальные сигналы пьезосенсоров (ΔF_{max} , Гц) в течение 80 с над пробой. Для качественного анализа состава выделяющихся из пробы ЛОС оценивали параметры парной чувствительности сорбции $A_{i,j}$, которые вычисляли как отношение $\Delta F_{maxi}/\Delta F_{maxj}$, где i и j – номера сенсоров, имеющих разные по составу сорбенты [2]. Предварительно обучали «нос – диагност» по тест-веществам (табл. 1), выделяя наиболее информативные параметры для их определения в смеси. Массив сенсоров с КТ на основе сульфида кадмия в хитозане без модификатора (фазы разной массы 1 и 2) и с родамином 6Ж позволил высоко селективно идентифицировать амины линейного и циклического строения, как в смесях индивидуальных тест-веществ, так и в биопробах цервикальной слизи.

Таблица 1. Аналитические сигналы сенсоров ΔF_{\max} (Гц) при экспонировании в парах веществ-стандартов и рассчитанные параметры парной чувствительности для сенсоров с КТ

Стандарты	S1	S2	S3	S5	S6	S7	S8	A (7/8)	A (5/8)
Сорбенты на сенсорах	CdS с родамином 6Ж в разных соотношениях					CdS разной массы		CdS ₁ / CdS ₂	CdS Род6 Ж/ CdS ₂
Вода	9	13	23	18	15	45	217	0,21± 0,05	0,08± 0,02
Этанол, 70% об.	7	37	22	48	27	35	136	0,28± 0,03	0,35± 0,05
Бутанол-2	6	21	10	19	15	16	53	0,36± 0,04	0,36± 0,05
Этилацетат	12	54	31	75	34	52	287	0,18± 0,01	0,26± 0,03
Метилэтилк ^е -тон	6	25	9	28	19	15	83	0,18± 0,01	0,34± 0,03
Молочная кислота	3	5	5	6	21	7	30	0,23± 0,05	0,20± 0,02
Пировиноград-ная кислота	25	8	10	25	56	27	48	0,56± 0,02	0,52± 0,05
Пропиламин	26	134	10 ₉	193	92	141	140	1,0± 0,1	1,4± 0,2
Н.бутилами _н	26	108 ₃	83 ₉	105 ₄	53 ₉	137 ₇	106 ₇	1,3± 0,1	1,0± 0,1
Изобутиламин	35 ₂	194 ₅	92 ₆	119 ₅	56 ₃	171 ₁	131 ₈	1,1± 0,2	0,97± 0,07
Циклопентил-амин	58	262	18 ₃	151	68	269	313	0,86±0, 05	0,48± 0,05
Метоксиэтан-амин	76	352	10 ₁	89	50	190	255	0,85±0, 15	0,35± 0,05

Для повышения надежности принятия решения о состоянии биопроб и характеристике протекающих в родовых путях животного процессах применяли не единичные, а массив данных с наиболее информативными параметрами парной чувствительности. Для биопроб слизи их выбрано 8 из 28 возможных (табл. 2). Авторами предложен новый способ «Coloristic» по цветовому кодированию в зависимости от величин параметра парной чувствительности микровзвешивания

смесей паров ЛОС, суммированию их для каждой пробы и сопоставлению суммарного цвета (кода) для проб в выборке, в том числе по его координате в системе RGB [3].

Таблица 2. Цветовая кодировка параметров парной чувствительности и полученный суммарный цвет ранга проб цервикальной слизи коров

Пробы / Номер параметра $A_{i,j}$	1	2	3	4	5	6	7	8	RGB
Проба 5 2	0,9 6	0,2 6	0,7 5	0,3 2	1,6 7	0,4 5	0,1 4	0,4 8	
Проба 4 1	0,8 9	0,2 6	0,7 0	0,2 0	1,5 1	0,2 6	0,0 8	0,3 0	
Проба 3 2	0,9 8	0,2 7	0,7 8	0,2 3	1,6 5	0,3 3	0,1 0	0,3 6	
Проба 5 1	0,9 3	0,2 5	0,7 2	0,2 8	1,7 2	0,3 9	0,1 2	0,4 7	
Проба 2 2	0,9 6	0,1 9	0,5 4	0,4 0	1,6 6	0,4 1	0,1 3	0,4 4	
Проба 4 2	0,8 9	0,2 6	0,6 9	0,1 6	1,4 8	0,2 2	0,0 6	0,2 3	
Проба 3 1	0,9 5	0,2 7	0,7 8	0,1 4	1,7 3	0,2 0	0,0 6	0,2 3	
Проба 2 1	0,9 6	0,2 7	0,7 7	0,1 5	1,6 6	0,2 1	0,0 7	0,2 3	
Проба 1 2	1,0 0	0,2 6	0,8 0	0,1 5	1,6 7	0,2 3	0,0 7	0,2 5	
Проба 1 1	0,9 4	0,2 5	0,7 3	0,1 6	0,0 1	0,2 1	0,0 7	0,2 5	

Как видно из табл. 2, ранжирование результатов всех измерений с повторами с использованием единой цветовой метки в системе RGB разделило биопроб на отдельные группы, что можно объяснить различиями микробиоценоза и состава ЛОС. Для всех проб, кроме первой, цветовое кодирование результатов повторных измерений привело к отнесению их к разным группам по цветому коду. Это отражает быстрое изменение состава ЛОС и свидетельствует о нестабильности мазков, либо о малом содержании детектируемых в них

веществ. Проба 1 максимально отлична от остальных биопроб, что позволяет ее выделить в отдельную группу «условно здоровых» особей.

Для оценки правильности ранжирования по новому способу «Coloristic» на группы рассчитаны параметры подобия информативных данных сенсоров для биопроб, относительно данных для проб-стандартов (табл. 3). В качестве стандартов выбраны биопробы от особей с диагнозом «гнойно-катаральный эндометрит».

Таблица 3. Параметры подобия наборов расчетных данных для биопроб и стандартов

Пробы	Параметр подобия	Пробы	Параметр подобия	
Стандарт – проба 2		Стандарт – проба 3		
Проба 3	0.034	Проба 2	0.004	
Проба 4	0.043	Проба 4	0.047	
Проба 5	0.115	Проба 5	0.111	
Проба 1	0.306	Проба 1	0.309	

Анализ результатов позволил надежно выделить две классификационные группы проб: «больные» особи (пробы 3, 4, 5) с разной выраженностью заболевания и «условно здоровые» (проба 1).

Правильность ранжирования проб слизи по группам наличия/отсутствия воспаления у коров подтверждали по результатам применения тест-системы на основе органического флуорофора класса азолотриазинов. Установлена различная интенсивность флуоресценции биопробы при освещении УФ лампой с длиной волны 365 нм, зависящая от концентрации патогенных аминов в ней и, соответственно, степени воспаления [4].

Результаты оценки состояния биопроб 2-5 по данным, полученным с помощью «носа-диагноста» на сенсорах с КТ, тест-системы с органическим флуорофором коррелируют с диагнозом ветеринара для животных - «послеродовой метрит». Однако, следует отметить, что проба 1, несмотря на отнесение в группу «условно здоровые» и диагноз животного «здорова», также характеризуется незначительным содержанием аминов и положительным откликом на УФ излучение в присутствии флуорофора (несильное свечение). Это позволяет сделать вывод о начальном этапе заболевания животного, несмотря на отсутствие явной симптоматики.

Показана целесообразность применения систем типа «электронный нос» с сенсорами на основе квантовых точек сульфида кадмия для

быстрого детектирования аминов–маркеров воспалительных процессов [5] в биопробах малого объема. Показана корреляция результатов применения газового анализатора «нос-диагност», тест-системы с органическим люмофором и клинического диагноза специалиста.

Работа выполнена в рамках гранта РНФ 23-23-00609

Библиографический список

1. Кучменко Т.А., Хмелевская Т.Н., Вандышев Д.Ю., Умарханов Р.У., Морозов А.В., Скориков В.Н. Применение газовых хемосенсоров на основе квантовых точек CdS для диагностики воспалений в гинекологических пробах // Прикладные информационные аспекты медицины. 2023. Т.26. №4. С. 96-102.
2. Кучменко Т. А. Способ обработки сигналов мульти-сенсорного анализатора типа “электронный нос”. Патент на изобретение RU 2279065 C1, 27.06.2006. Заявка № 2005108518/28 от 28.03.2005.
3. Кучменко Т.А., Умарханов Р.У., Звягина О.В. Разработка множественных аналитических меток для летучих органических соединений по результатам сорбции на квантовых точках CdS вхитозане без и с модификацией родамином 6Ж // Аналитика и контроль. 2023. Т. 27. №37. С.129-140.
4. Скориков В.Н., Кучменко Т.А., Михалев В.И., Харланова А.Г., Шихалиев Х.С., Вандышев Д.Ю. Способ экспресс-диагностики послеродового метрита у молочных коров в режиме реального времени. Патент на изобретение RU 2802522 C1, 30.08.2023. Заявка № 2022118672 от 06.07.2022.
5. Wang L., Ran X., Tang H., Cao D. Recent advances on reaction-based amine fluorescent probes // Dyes and Pigments. 2021. V. 194. № 109634. P. 1-23.

УДК 628.54

Порожнюк Л.А., канд. техн. наук, доцент,

Андронькина Н. А., магистрант

*(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)*

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация: Загрязнение вод – это изменение состава или свойств вод, вызванное прямым или косвенным влиянием производственной и бытовой деятельности человека, в результате чего они становятся непригодными для пользования. В статье приводится интегральная оценка сточных вод и оценка их возможного воздействия на водные экологические системы.

Ключевые слова: интегральная оценка, сточные воды, водные экологические системы.

Очистка и дальнейшее использование сточных вод составляет одну из самых важных экологических проблем настоящего времени и в этом направлении наработано множество разнообразных технологических

приемов, в основе которых лежат физико-химические или биохимические процессы деградации вредных компонентов сточных вод. Основными загрязнителями производственных вод являются органические соединения, нефтепродукты, соли тяжелых металлов, а также соединения азота, сульфаты, хлориды, цианиды и др. При их попадании в окружающую среду экологии наносится огромный ущерб, и поэтому они подлежат обязательной очистке. Для очистки используют специальное оборудование и технологические комплексы, с помощью которых достигаются установленные нормативы загрязнения стоков, определенные в соответствующих документах.

Вместе с тем для дальнейшего использования или утилизации сточной очищенной воды необходимо убедиться в эффективности очистки и безопасности данных вод для экологических систем.

Исходя из вышесказанного, целесообразно выполнение интегральной оценки качества очищенной воды по показателям химической безвредности, основанной на методологии оценки риска для здоровья населения и в соответствии с Методическими рекомендациями [1].

Объектом исследования для анализа представлены поверхностные сточные воды с территории металлургического комбината, основным видом деятельности которого является производство листового холоднокатаного стального проката.

Для интегральной оценки сточных вод выбран усредненный состав технической воды водооборотной системы пруда-отстойника (табл. 1).

Таблица 1. Протокол физико-химические исследования проб технических вод

№ п/п	Определяемые показатели	Единица измерения	Результаты анализа
1	Взвешенные вещества	мг/дм ³	9
2	Нефтепродукты	мг/дм ³	1,06
3	pH	ед. pH	8,94
4	Электропроводность	µS/см	2232
5	Жесткость	мг·экв/дм ³	5,48
6	Щелочность	ммоль/дм ³	6,07
7	Кальций	мг/дм ³	46,1
8	Магний	мг/дм ³	32,8
9	Хлориды	мг/дм ³	334,8
10	Сульфаты	мг/дм ³	310,6
11	Азот аммония	мг/дм ³	3,80
12	Азот нитритов	мг/дм ³	2,40
13	Фосфаты (по Р)	мг/дм ³	0,16

14	Железо общее	мг/дм ³	1,90
15	Натрий	мг/дм ³	166,9
16	Нитраты	мг/дм ³	10,68
17	Фториды	мг/дм ³	3,76

Очевидно, что содержание ряда компонентов в составе стоков значительно превышает предельно допустимые концентрации.

Возможное воздействие компонентов неочищенных сточных вод на водные экологические системы оценивали расчетным методом [2], основанном на установлении ряда комплексных показателей для водоемов хозяйствственно-питьевого и культурно-бытового водопользования:

1) общесанитарный индекс качества воды (ИКВ), учитывающий органолептические показатели и некоторые гидрохимические характеристики;

2) гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ), учитывающий содержание токсичных металлов;

3) интегральный индекс экологического состояния (ИИЭС) водоемов, который даёт возможность оценить суммарный эффект воздействия загрязнения на сообщества гидробионтов и на экосистему в целом.

Результаты расчетов представлены в табл. 3, 5, 7.

Таблица 3. Определение общесанитарного индекса качества воды

Показатель	Вес (γ)	Средняя величина показателя	Балл (Σ)	$\Sigma \gamma$
Взвешенные вещества	0,08	9	5	0,4
pH	0,1	8,94	3	0,3
Хлориды	0,07	334,8	3	0,21
Сульфаты	0,06	310,6	3	0,24
ИКВ=1,15				

Определим качественное состояние воды и степень ее пригодности для указанных видов водопользования, используя данные табл. 4.

Таблица 4. Классификация качества воды водоемов в зависимости от общесанитарного ИКВ

Качественное состояние воды	Значение ИКВ	Класс качества воды
Очень чистые	5,0	1
Чистые	4,1...4,9	2
Умеренно загрязненные	2,6...4,0	3
Загрязненные	1,6...2,5	4
Грязные	≤1,5	5

Согласно данным, приведенным в табл. 4 и расчетам, состояние технической воды водооборотной системы пруда-отстойника по значению общесанитарного ИКВ можно оценить, как грязные, класс качества вод – 5. Как следствие, данные воды не пригодны для хозяйствственно-питьевого и культурно-бытового использования.

При определении ИЗВ расчет ведут по величине ПДК_{вод} для ряда компонентов, имеющих наибольшую кратность превышения (С/ПДК_в).

Таблица 5. Классификация качества воды водоемов в зависимости от комплексного ИЗВ

Качественное состояние воды	Значение ИЗВ	Класс качества воды
Очень чистые	<0,2	1
Чистые	0,2...1,0	2
Умеренно загрязненные	1,0...2,0	3
Загрязненные	2,0...4,0	4
Грязные	4,0...6,0	5
Очень грязные	6,0...10,0	6
Чрезвычайно грязные	>10	7

В результатах анализа технической воды присутствует только один компонент, входящий в перечень для определения ИЗВ – железо, кратность превышения ПДК_{вод} для которого по результатам расчета составила 6,3.

Согласно классификации качества воды водоемов, в зависимости от комплексного ИЗВ (табл. 5) исследуемая сточная вода характеризуется как «очень грязная» и относится к 6 классу качества воды

Как следствие, данные воды не пригодны для хозяйствственно-питьевого и культурно-бытового использования.

Интегральный индекс экологического состояния (ИИЭС) позволяет учесть большое количество аспектов экологического состояния водоемов. Для его установления необходим ряд показателей и их значений, приведенных в табл.6.

Таблица 6. Градации показателей для вычисления балльной оценки

№	Показатель	Балл (b)			
		1	2	3	4
1	ПДКв, мг/л	<0,01	0,01...0,1	0,11...1	>1
2	Класс опасности в воде	1	2	3	4
3	ИКВ, баллы	<1,6	1,6...2,5	2,6...4	>4
4	ИЗВ, баллы	>4,0	2,1...4,0	1,0...2,0	<1

Заполняем таблицу 7 согласно проведенным расчетам и полученным результатам.

Таблица 7. Интегральный индекс экологического состояния

Показатели	Величина показателя	Баллы (b)
ПДКв, мг/л	-	3
Класс опасности	-	3
ИКВ, баллы	1,15	1
ИЗВ, баллы	6,3	1
		ИИЭС=2

Классификация водных объектов на зоны экологического состояния по величине ИИЭС осуществляется согласно табл. 8.

Таблица 8. Классификация водных объектов в зависимости от значения индекса ИИЭС

Класс качества водного объекта	Экологическое состояние	Диапазон ИИЭС
I	Экологическое бедствие	$\leq 1,69$
II	Экологический кризис	1,70...2,39
III	Напряженная экологическая ситуация	2,40...2,99
IV	Относительное экологическое благополучие	$\geq 3,0$

Таким образом, в результате интегральной оценки качества технических вод (водооборотная система пруда-отстойника) было

выявлено, что интегральные показатели не соответствуют допустимому значению и превышают значения приемлемого риска (табл. 9).

Таблица 9. Результаты интегральной оценки

Интегральный показатель	Технические воды	Экологическое состояние воды
ИКВ	1,15	Грязные
ИЗВ	6,3	Очень грязные
ИИЭС	2	Экологическое бедствие

Экологическую обстановку по степени экологического неблагополучия, характеризующуюся как «зона экологического бедствия» можно описать следующим образом:

- значения прямых критериев оценки в десятки раз превышают ПДК или фоновые значения;
- экосистема с полной потерей продуктивности, практически необратимыми нарушениями, исключающими территорию из хозяйственного использования;
- интенсивность антропогенных факторов в окружающей среде, вызывающих статистически достоверные изменения в показателях структурно-функциональной организации популяции или сообщества, выходят за пределы адаптационных возможностей биосистемы [3-5].

Превышение значения приемлемого риска хотя бы по одному из его видов требует принятия дополнительных мер по регулированию качества воды.

В связи с тем, что были выявлены превышения содержания железа и нефтепродуктов в исследуемой технической воде, необходимо проводить мероприятия по снижению концентраций этих веществ [6].

Библиографический список

1. Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безопасности: Методические рекомендации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011
2. Хабарова Е.И., Роздин И.А., Никитина С.В., Леонтьева С.В. Расчет и оценка эколого-значимых параметров. Учебно-методическое пособие. М.: МИТХТ, 2010. 64 с.
3. Порожнюк Л.А. Управление охраной окружающей среды: учебно-методическое пособие для студентов направлений подготовки 20.03.01 – Техносферная безопасность, 20.03.02 – Природообустройство и водопользование. Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. 125 с.

4. Официальный сайт ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат» [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL:<https://nlmk.com/ru/> (дата обращения 12.03.24).

5. Повышение качества воды водных объектов как фактор повышения экологической безопасности / Ж. А. Свергузова, Н. С. Лупандина // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012. – № 1. – С. 136-139.

6. Промышленная экология: учебное пособие / С.В. Свергузова и [др.] // Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. 124 с.

УДК 504.4.054

**Черныш И.В., аспирант,
Василенко Т.А., канд. техн. наук, доцент
(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)**

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В РЕКЕ ТИХАЯ СОСНА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Загрязнение окружающей среды представляет серьезную угрозу водным ресурсам. В качестве основного условия сохранения рек от примесей и их источника является проведение мониторинга по гидрохимическим, бактериологическим показателям. В статье рассмотрена динамика изменения массовых концентраций взвешенных веществ, нитрит- и нитрат-ионов, а также таких интегральных показателей как биохимическое потребление кислорода (БПК₅) и химическое потребление кислорода (ХПК) в ежемесячно отобранных пробах воды из реки Тихая Сосна (отбор проб осуществлялся в жилой зоне г. Алексеевка Белгородской области).

Ключевые слова: мониторинг, малые реки, загрязнение, фоновые концентрации.

В период научно-технической революции человечество столкнулось с нарастающим по масштабам и глубине разрушительным воздействием на природу своей хозяйственной и иной деятельности. Состояние природной среды подвержено непрерывным природным и антропогенным изменениям. Это обстоятельство вызывает повышенный интерес к изучению экологических проблем, к выработке научно-обоснованных мероприятий, направленных на оптимизацию отношений общества и природы. В сложившейся ситуации представляется чрезвычайно важной (как для незамедлительных практических действий, так и для планирования на длительную

перспективу) организация контроля состояния природной среды, ее непрерывных изменений и определение тенденций в ее изменениях.

С развитием сельскохозяйственных и аграрных предприятий возрастает негативное воздействие на окружающую среду, в том числе наблюдается загрязнение водных объектов. В связи с этим возникает важная проблема мониторинга – комплексной системы наблюдения за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений ее состояния под воздействием природных и антропогенных факторов [1]. Целью современного экологического мониторинга является создание основы для защиты окружающей среды и содействие формированию высокопродуктивной системы «человек-природа». Основными задачами системы мониторинга являются [2]:

1. Наблюдение за факторами, воздействующими на окружающую природную среду, и ее состоянием;

2. Оценка фактического состояния природной среды;

3. Прогноз состояния окружающей среды и оценка этого состояния.

Как известно, малые реки составляют речную сеть страны и областей, в том числе Белгородской области, и влияют на состав и свойства более крупных рек, определяя их экологическую чистоту. Именно эти объекты подвергаются прямому антропогенному воздействию [3, 4]. Белгородская область обладает значительным объемом водных ресурсов. Реки Белгородской области используются преимущественно для водоснабжения населения, сельскохозяйственного водоснабжения, в рекреационных целях, а также как приемники промышленных и коммунальных стоков. Практически все водотоки Белгородской области могут быть отнесены к малым рекам, например, Тихая Сосна, Ворсклица, Разуменка, Корень, Айдар, Черная Калитва, Потудань и др. [5].

Для исследования процессов влияния аграрного предприятия на загрязнение водного объекта были выбраны участки реки Тихая Сосна, на территории Алексеевского района, показанные на рис. 1. Расстояние от устья до места сброса сточных вод – 85 км.



Рис. 1. Расположение объектов исследования на территории Белгородской области: 1 – точка отбора в месте сброса; 2 – точка отбора ниже сброса сточных вод; 3 – точка отбора выше сброса сточных вод.

Сведения о водном объекте и гидрологическая характеристика. Согласно письму Федерального агентства по рыболовству № У05-801 от 03.03.2022 река Тихая Сосна относится к высшей категории водных объектов рыбохозяйственного значения [6]. Река Тихая Сосна – правый приток реки Дон. Берет свое начало в окрестностях с. Покровка Волоконского района Белгородской области и впадает в Дон на территории Воронежской области в 1299 км от устья [7].

Протекает река по широкой безлесной пойме. Ширина поймы изменяется от 250 м до 2,0-6,0 км. Пойма большей частью луговая, местами заболоченная. Русло реки извилистое, на перекатах песчаное. Скорость течения 0,1–0,2 м/с. Ширина реки 20–50 м, наибольшая глубина 5–6 м, преобладающая 2–3 м, преобладающий рельеф береговой линии – низкий, отлогий. Берега покрыты осокой, кустарником, отдельно растущими деревьями (лозой, вербой, ивой). В створе расположения места сброса сточных вод ширина 35–40 м, глубина до 3,0 м.

Общая протяженность реки – 161 км, из которых 105 км проходит по территории Белгородской области [8]. По водному режиму река Тихая Сосна относится к восточно-европейскому типу, характеризующемуся высоким половодьем, низкой летней и зимней меженью и повышенным стоком осенью. Естественный водный режим водотока изменен регулирующим воздействием водоподъемной щитовой плотины, расположенной в 1,8 км от места сброса и предназначеннной для поддержания постоянного горизонта воды в реке в пределах городской застройки в летний период. Река Тихая Сосна

является естественной средой обитания водных биологических ресурсов (характеристика приведена в табл. 1).

Таблица 1. Гидрологическая характеристика р. Тихая Сосна

№	Гидрологические характеристики	Показатель
1	Среднемноголетний расход воды	5,80 м ³ /с
2	Среднемноголетний объём стока воды	183,0 млн. м ³
3	Средняя скорость течения за период зимней межени	0,12 м/с
4	Средняя скорость течения за период летне-осенний межени	0,15 м/с
5	Средняя скорость течения за период половодья	0,20 м/с
6	Амплитуда колебания уровня воды за период зимней межени	0,1-1,90 м
7	Амплитуда колебания уровня воды за период летне-осенний межени	0,4-1,60 м
8	Средняя продолжительность периода зимней межени	126 дней
9	Средняя продолжительность периода летне-осенний межени	162 дня
10	Средняя продолжительность наиболее маловодного периода зимней межени	11 дней
11	Средняя продолжительность наиболее маловодного периода летне-осенний межени	14 дней
12	Средняя температура воды за период зимней межени	0,6 °C
13	Средняя температура воды за период летне-осенний межени	15,9°C
14	Среднегодовая температура воды	10,4°C

Фоновые концентрации химических веществ могут быть использованы для нормирования сброса сточных вод для проектируемых, реконструируемых и действующих предприятий, а также при проектировании и осуществлении забора воды из водотоков на различные хозяйствственные нужды. Фоновые концентрации химических веществ рассчитываются для конкретного, задаваемого проектными или другими заинтересованными организациями створа водотока и являются количественной характеристикой содержания веществ в этом створе при наиболее неблагоприятных ситуациях, обусловленных как естественными условиями формирования химического состава и свойств воды, так и влиянием всех источников загрязнения, расположенных выше рассматриваемого створа. Расчет комплексных показателей проводится по результатам регулярных наблюдений за загрязненностью воды рек и водоемов [9].

Таблица 2. Условные фоновые концентрации химических веществ

Вещество или показатель химического состава воды водного объекта	Условные фоновые концентрации
Взвешенные вещества, мг/дм ³	12,5
БПК ₅ , мг/дм ³ О ₂	2,62
Нитриты, мг/дм ³	0,080
Нитраты, мг/дм ³	12,5

Получены данные годового мониторинга за состоянием воды в реке Тихая Сосна, точка отбора ниже сброса сточных вод (рис. 1). Данные представлены по результатам исследований по следующим показателям: массовая концентрация взвешенных веществ; массовая концентрация нитрит-ионов, биохимическое потребление кислорода (БПК₅); химическое потребление кислорода (ХПК) (рис. 2), массовая концентрация нитрат-ионов (рис. 3).

Результаты исследований показывают, что значение концентрации показателя – БПК₅ не значительно превышает фоновую концентрацию в марте и соответственно равно 2,80 мг/дм³. Биохимическое потребление кислорода определяют количеством кислорода в мг/дм³, которое требуется для окисления находящихся в воде углеродсодержащих органических веществ, в аэробных условиях в результате биохимических процессов. По величине БПК₅ можно судить о количестве органических веществ, поступающих в реку. Возможно увеличение данного показателя связано с весенним снеготаянием. По другим показателям значение концентраций не превышает фонового уровня. В целом результаты мониторинга показывают, что антропогенного воздействия на реку Тихая Сосна в Алексеевском районе Белгородской области не зафиксировано и не приводит к существенному ущербу экологического состояния реки.

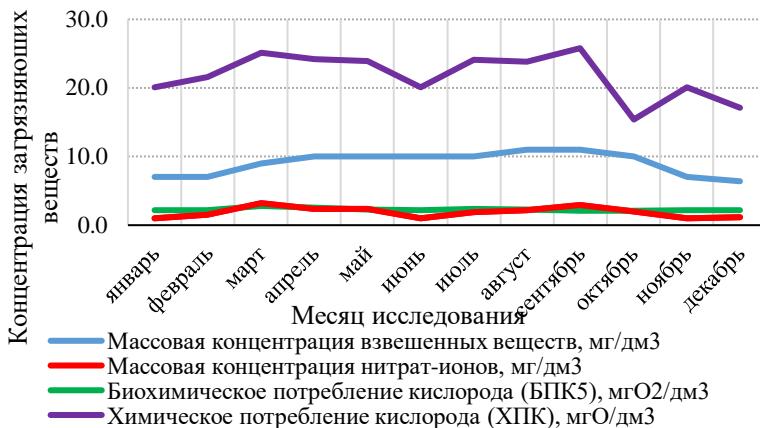


Рис. 2. Результаты мониторинга реки за 2023 г. по показателям: массовая концентрация взвешенных веществ, нитрат-ионов, (БПК₅) и ХПК ниже сброса.

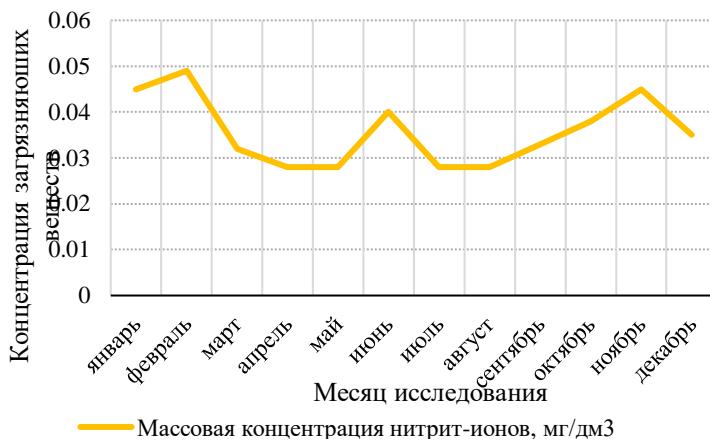


Рис. 3. Результаты мониторинга реки за 2023 г. по показателю массовая концентрация нитрат-ионов ниже сброса.

Библиографический список

1. Абдюкова Э.А., Хабибуллин Р.Р. Информативность гидрохимических показателей в системе мониторинга малых рек // Башкирский химический журнал. 2009. Том 16. № 2. С. 173-177.
2. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учеб. пособие в 2 ч.: Ч. 2. Специальная / Ю.А. Афанасьев, С.А. Фомин, В.В. Меньшиков и др. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. 337 с.
3. Мониторинг загрязнения экотоксикантами малых рек (на примере реки Шугуровка) / С. В. Леонтьева, Г. Г. Ягафарова, Н. И. Фатихова [и др.] // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2017. № 1(25). С. 116-125.
4. Василенко Т.А., Бездетко Е.О. Мониторинг состояния малой реки на территории Белгородской области // Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием (Казань, 18–19 марта 2021 г.) / Минобрнауки России; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. Казань: Изд-во КНИТУ. 2021. С. 1152–1157.
5. О разработке информационной технологии мониторинга и оповещения о загрязненности малых рек Белгородской области / А. А. Черноморец, М. А. Петина, М. Г. Лебедева [и др.] // Региональная научно-техническая конференция по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российской фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области, Белгород, 20–21 апреля 2017 года. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2017. С. 298–315.
6. Об утверждении содержания и состава, а также методики подготовки и оценки материалов, обосновывающих отнесение водного объекта или части водного объекта к водным объектам рыбохозяйственного значения и определение категории водного объекта рыбохозяйственного значения: Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 01.02.2022 № 49 // Официальный интернет-портал правовой информации (www.pravo.gov.ru) от 03.06.2022 г.
7. Барышников Н.Б., Гареев А.М. Антропогенное воздействие на саморегулирующуюся систему бассейн – речной поток – русло // Эрозионные и русловые процессы: Материалы координационных совещаний вузов 1991–1995 гг. / Под редакцией профессора Р.С. Чалова. Т. 2. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова (Издательский Дом (Типография)), 1996. С. 70-78.
8. Сладкопевцева Л. Ф. Некоторые черты истории формирования рельефа бассейна Тихой Сосны // Научные записки Воронежского отдела Географического общества СССР / отв. ред. Ф. Н. Мильков. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1963. С. 89-92.
9. РД 52.24.622-2001. Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков: утв. Заместителем Руководителя Росгидромета 13.06.2017: дата введения 01.09.2017 // СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 18.03.2024).

¹ Юнович Д.Д., студент,

² Фабр М.В., председатель

(Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия;
2 – СССПоК «Альянс Фермервест», г. Белгород, Россия).

ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД НА РОСТ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ РОДА *LACTOBACILLUS SP.*

Представлены результаты собственных исследований и проведен анализ влияния компонентного состава питательной среды на рост молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus sp.* Подобран оптимальный качественный и количественный состав питательных сред для культивирования молочнокислых бактерий. При исследовании ростовых характеристик было установлено, что наилучшей питательной средой для культивирования *Lactobacillus sp.* является среда на основе обезжиренного молока с добавлением дрожжевого экстракта, поскольку на этой среде было отмечено максимальное количество выросших колоний (*Lactobacillus helveticus* (28×10^7 КОЕ/мл) и *Lactobacillus lactis* (32×10^7 КОЕ/мл).

Ключевые слова: штаммы, молочнокислые бактерии рода *Lactobacillus sp.*, культивирование, питательная среда, колониеобразующая единица.

В биотехнологии производства ферментированных молочных продуктов используют различные группы микроорганизмов: молочнокислые, пропионовокислые, уксуснокислые бактерии, бифидобактерии, дрожжи, мицелиальные грибы. Наиболее важную роль играют молочнокислые бактерии.

Молочнокислые бактерии расщепляют углеводы с образованием преимущественно молочной кислоты, благодаря чему они и объединены в одну группу. Кроме молочной кислоты эти бактерии накапливают и другие метаболиты: уксусную кислоту, этанол, диоксид углерода, летучие вещества (ацетальдегид, диацетил, жирные кислоты) [1].

Для идентификации МКБ изучают их морфологические, культуральные и физиолого-биохимические свойства штаммов. Перспективно также использование серологического метода, позволяющего с довольно высокой достоверностью определить видовую принадлежность молочнокислых бактерий. Обычно этот метод применяют как дополнительный. Основной же подбор штаммов по производственно-ценным показателям ведется на основании биохимических и физиологических исследований [2].

Вопросы номенклатуры и таксономии молочнокислых бактерий до настоящего времени окончательно не решены и подвержены пересмотру, выделяют 13 родов, в том числе – палочковидные *Lactobacillus* sp.

Бактерии рода *Lactobacillus* sp. относятся к грамположительным факультативно анаэробным микроорганизмам, продуктами жизнедеятельности которых являются глюкоза и другие углеводы. Относятся к термофильным видам бактерий, что позволяет культивировать штаммы при повышенных температурах. Оптимальная температура роста колеблется в пределах 38-45 °C, а минимальная – 20-22 °C [3].

Для успешного культивирования молочнокислых бактерий питательные среды по своим свойствам должны быть приближены к естественным условиям их обитания. Для культивирования бактерий рода *Lactobacillus* sp. используются разнообразные среды по агрегатному состоянию (жидкие, твердые), ростовым параметром которых является наличие богатых питательных веществ и солей, в том числе ацетат натрия. На практике к питательным веществам, как правило, относят растительные экстракты (картофеля, моркови, кукурузы), дрожжевой автолизат, гидролизат обезжиренного молока, пептон и другие соединения.

Бактерии рода *Lactobacillus* sp. относятся к группе наиболее сложных микроорганизмов, с точки зрения потребности в питательных веществах. Для роста молочнокислых палочек ключевым условием является наличие веществ, необходимых для построения бактериальной клетки (нуклеиновые кислоты, полисахариды, аминосахариды). Так же необходимы органические формы азота, которые они сами не синтезируют, и витамины. Этим объясняется значительное влияние на их рост добавок к питательной среде различных экстрактов, выделенных из растительного сырья, например, кукурузного или морковного. Присутствие в среде неорганических соединений – меди, железа, натрия, калия, фосфора, йода, магния, марганца, оказывает благоприятное действие на рост культур, препятствуя автолизу клеток и нормализуя процессы жирового обмена [4].

Результаты исследований свидетельствуют, что молочнокислые бактерии культивируются и поддерживаются в стерильном обезжиренном молоке, однако при наращивании биомассы культур в производственных условиях, использование молока неприемлемо с технологической точки зрения. Следует выбирать сбалансированные питательные среды по азотному, углеводному и витаминному составам среды, которые содержат все необходимые стимулирующие рост и

развитие вещества, находящиеся в форме, которая легко усваивается клетками бактерий [5].

Из специальных синтетических питательных сред наиболее широкое распространение получила среда МРС. Среда богата питательными веществами и ростовыми факторами; содержит дрожжевой и мясной экстракты, глюкозу пептон, ацетат натрия, цитрат аммония и твин-80 – источник жирных кислот, необходимых для метаболизма лактобактерий. Преимуществом среды является возможность выделения штаммов из продуктов питания и природных биотопов [6].

Зафиксированы случаи культивирования молочнокислых бактерий на среде из гидролизованного молока с дрожжевым экстрактом; на молочном агаре, в основе которого используют 2%-ный водный агар и обезжиренное молоко; на среде Эллингера с добавлением дрожжевого экстракта, гидролизата казеина, углеводов и аскорбиновой кислоты.

При выделении чистых культур лактобацилл из внешней среды, молочных продуктов и других источников возникает необходимость дифференциации их друг от друга и других бактерий. Для решения подобных задач созданы селективные среды, отличающиеся низким уровнем pH, лежащем в диапазоне $<5,4$, и высокая концентрация ионов ацетата, который является ингибитором многих микроорганизмов.

Цель настоящей работы – изучить влияние компонентного состава питательных сред на культивирование молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus* sp. и подобрать оптимальный состав с наилучшими ростовыми характеристиками. Для решения поставленной цели исследования проводились на базе предприятия СССПоК «Альянс Фермервест» в производственной лаборатории микробиологии молока и молочных продуктов. Объектом исследования явился концентрат бактериальный лиофилизованный для ферментированных молочных продуктов, предоставленный зарубежной компанией «COQUARD» (рис. 1).



Рис. 1. Концентрат бактериальный КАППА 4: *а* – образец; *б* – микропрепарат, окрашенный по Грамму.

Штаммы хранились в собственной коллекции чистых культур микробиологической лаборатории предприятия. В табл. 1 представлена характеристика бактериального концентрата, согласно нормативной документации от производителя.

Таблица 1. Органолептические показатели сухого бактериального концентрата КАППА 4

Показатель	Характеристика
Цвет	Кремовый
Консистенция и внешний вид	Сухая смесь
Запах	Чистый, кисломолочный
Массовая доля влаги, %	5
Количество молочнокислых бактерий в 1 г	10^7 - 10^9
Видовой состав	<i>Lactobacillus helveticus</i> <i>Lactobacillus lactis</i>

При разработке компонентных составляющих питательных сред для выращивания молочнокислых бактерий, исследовали различные компоненты и их пропорции, чтобы создать оптимальную среду для роста и размножения молочнокислых бактерий. Выбирали среду с наибольшим показателем концентрации клеток.

Для этого приготовили три варианта питательных сред, за эталон брали стандартную среду для определения молочнокислых микроорганизмов (МКМ-1) производства Всероссийского научно-исследовательского института маслоделия и сыроделия (ВНИИМС), разработанную по ТУ 20.59.52-234-19862939-2018. Исследуемые питательные среды представлены в табл. 2.

Таблица 2. Компонентный состав исследуемых питательных сред

Название питательной среды	Компонентный состав
Питательная среда МКМ-1	Основа – гидролизат казеина с добавлением небольшого количества: дрожжевого экстракта, лактозы, глюкозы, лимоннокислого натрия и аскорбиновой кислоты
Обезжиренное молоко + дрожжевой экстракт	Основа – обезжиренное молоко, дрожжевой экстракт
Гидролизованное молоко + дрожжевой экстракт	Основа – гидролизат молока, дрожжевой экстракт

Образцы сред автоклавировали при температуре 121 ± 2 °С (1 атм.) в течение 20 минут и охлаждали до 40 ± 2 °С. Затем в колбы вносили активизированный концентрат бактериальный в количестве 3% от общего объема питательной среды и ставили в термостат, после культивирования готовили разведения и вносили в чашки Петри по 1 мл пробы из последнего разведения, затем заливали чашки средой Ли. Образцы культивировали при температуре 38 ± 2 °С в течение 24 часов.

По истечении времени вели подсчет колоний, выросших на чашках Петри. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результат культивирования лактобацилл на разных питательных средах

Питательная среда	Концентрация, КОЕ/мл	
	<i>Lactobacillus helveticus</i>	<i>Lactobacillus lactis</i>
Питательная среда МКМ-1	3×10^7	2×10^7
Обезжиренное молоко + дрожжевой экстракт	28×10^7	32×10^7
Гидролизованное молоко + дрожжевой экстракт	9×10^7	8×10^7

Наименьшее количество *Lactobacillus helveticus* (3×10^7 КОЕ/мл) и *Lactobacillus lactis* (2×10^7 КОЕ/мл) имеет синтетическая питательная среда. В результате чего можно сделать вывод, что данные молочнокислые бактерии растут лучше в естественных питательных средах.

Наилучшей питательной средой для культивирования *Lactobacillus* sp. является среда на основе обезжиренного молока с добавлением дрожжевого экстракта, поскольку на этой среде было отмечено максимальное количество выросших колоний (*Lactobacillus helveticus* (28×10^7 КОЕ/мл) и *Lactobacillus lactis* (32×10^7 КОЕ/мл). Было сделано предположение о стимулирующем влиянии дрожжевого экстракта, как компонента питательной среды, вследствие большого количества содержащихся в нем микроэлементов и питательных веществ.

Библиографический список

1. Красникова Л.В., Гунькова П.И., Савкина О.А. Общая и пищевая микробиология: Учеб. пособие. Часть II. СПб.: Университет ИТМО, 2016. 127 с.
2. Беспоместных К.В., Галстян А.Г., Короткая Е.В. Исследование биохимических и морфологических свойств штаммов бактерий рода *Lactobacillus* // Техника и технология пищевых производств. 2011. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-biohimicheskikh-i-morfologicheskikh-svoystv-shtammov-bakteriy-roda-lactobacillus> (дата обращения: 04.03.2024).
3. Яруллина Д.Р., Фахруллин Р.Ф. Бактерии рода *Lactobacillus*: общая характеристика и методы работы с ними: Учебно-методическое пособие. Казань: Казанский университет, 2014. 51 с.
4. Зарецкая В.В., Держапольская Ю.И. Микробиология молока и молочных продуктов: учебное пособие. Благовещенск: Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та, 2017. 89 с.
5. Изучение биологических свойств новых штаммов рода *Lactobacillus* / И.В. Соловьев [и др.] // Вестник ННГУ. 2010. № 2-2. С. 462-468.
6. Методические указания по санитарно-эпидемиологической оценке безопасности и функционального потенциала пробиотических микроорганизмов, используемых для производства пищевых продуктов: Методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 104 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. БИОТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ, ДОБАВОК, БЕЛКОВЫХ ПРЕПАРАТОВ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ.....	3
Алексеева М.А., Погонина Ю.Д.	
Оценка качества мёда по органолептическим и физико- химическим показателям.....	3
Алексеева М.А., Храмцова Е.Д.	
Определение и сравнение качества мяса свинины разных производителей белгородской области.....	10
Бочарова К.В., Половнича Д.О.	
Витамин К зависимые белки: остеокальцин и его внекостные эффекты (обзор).....	19
Ванищенкова А.А., Белов А.А.	
Инактивация цистеиновых протеаз в процессе получения, эксплуатации и хранения иммобилизованных препаратов.....	29
Ерохин Л.М., Красноштанова А.А.	
Сравнительный анализ результатов определения активности глюкоамилазы глюкозооксидазным методом и ДНС-методом.....	36
Загороднюк Л.Х., Богданов В.Н., Кикалишвили Е.Н., Газиев Х.Х.	
Практика использования адсорбирующего гигиенического средства с дезинфицирующим эффектом с целью снижения применения антибиотиков при содержании сельскохозяйственных животных и птицы в РФ.....	43
Землякова Е.С., Казакова В.С.	
Белково-углеводный батончик для питания спортсменов.....	48
Марченкова Е.Н., Василенко Т.А.	
Применение ферментных препаратов в пищевой промышленности.....	52
Маслова Е.В., Бертьян А.К.	
Биотехнологические методы культивирования винограда (<i>Vitis vinifera L.</i>).....	57
Миняковский И.О., Егорова А.А., Каленов С.В.	
Выделение одноклеточных галофильных микроводорослей рода <i>Dunaliella</i> и оптимизация среды культивирования с целью получения β -каротина.....	62
Нежданова А.И., Василенко Т.А.	
Получение экстрактов из растительного сырья для использования в косметических средствах	67
Нежданова А.И., Порожнюк Л.А.	
Установление жизнеспособности клетки по способности вакуоли к накоплению красителя.....	72

Нежданова А.И., Широчкина А.И., Половнева Д.О.	
Определение аминокислотного состава белков растительного и животного происхождения	77
Непоменко А.В., Василенко М.И.	
Получение ферментолизата отработанных дрожжей пивоваренного производства.....	83
Панарина О.А., Томаровщенко А.А., Половнева Д.О.	
Особенности строения и свойств редуцирующих сахаров, их роль в биотехнологии (обзор).....	87
Порожнюк Л.А., Шевель О.С.	
Роль грибоводства в преодолении белкового дефицита.....	99
Скорик К.И., Качаева Н.Ю., Стрибижева Л.И.	
Влияние фенольных веществ винограда на здоровье человека.....	105
Тимакова Т.А., Карпов М.В., Текучева Д.Н., Николаева В.М., Шутов А.А., Фокина В.В.	
Получение рекомбинантной надфн-зависимой 17 β -гидроксистероиддегидрогеназы и характеристика ее активности <i>in vitro</i>	110
Феськов О.А., Новосад Т.П.	
Исследование параметров криогенного замораживания шарообразных ягододержащих десертов и наполнителей для напитков.....	116
Феськов О.А., Спиридовон А.Л.	
Исследование параметров замораживания готовых блюд.....	124
Фролова Н.А., Верхотуров В.В.	
Анализ вторичных метаболитов настоя черного чая.....	132
Фролова Н.А., Верхотуров В.В.	
Процессный подход к извлечению БАВ из эфирных масел.....	135
Чернобровина А.Г., Куликова Н.Е., Попова О.Ю.	
Выбор биокатализитической системы и способов ее эффективного применения для получения перспективного сырьевого ингредиента из ягод брусники.....	138
Шадрина Я.А., Василенко Т.А.	
Методы получения эфирных масел из растительного сырья и анализ их состава.....	144
Шадрина Я.А., Половнева Д.О.	
Влияние желудочного гидролиза белков на образование белково-полисахаридных комплексов (обзор).....	150
Широчкина А.И., Василенко Т.А.	
Методы извлечения биологически активных веществ из лекарственного растительного сырья	158
Широчкина А.И., Нежданова А.И., Половнева Д.О.	
Определение наличия пептидных связей в молекулах животных и растительных белков.....	163

Ячников Д.В., Агафонова С.В.	
Получение биомассы и гидролизата дрожжей <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	167
Секция 2. БИОКОНВЕРСИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ.....	
	173
Волкова Е.Н.	
Проблемы и способы решения биоконверсии пищевых отходов.....	173
Гладков Д.В., Василенко Т.А.	
Анализ состава грибной микробиоты куриного перепревшего помёта при посеве на среде Чапека.....	178
Зюзина О.В., Еськова М.А., Челак В.Д.	
Использование послеспиртовой барды на этапе размножения маточных дрожжей.....	185
Кириюшина Н.Ю., Василенко Т.А., Марченкова Е.Н., Фатеева Е.А.	
Качественная оценка микробоценоза почвенных микроорганизмов при использовании биосорбентов из илов сточных вод.....	191
Лупандина Н.С., Марченкова Е.Н.	
Экбиотехнологии переработки органических отходов.....	196
Поленяка Ю.Т., Марченкова Е.Н., Лупандина Н.С.	
Методы утилизации твердых отходов.....	201
Рагозин Д.А., Василенко Т.А., Кириюшина Н.Ю.	
Разработка и внедрение технологий повышения эффективности гранулированного органоминерального удобрения в растениеводстве	206
Силкова Е.В., Василенко Т.А.	
Состав грибной микробиоты куриного перепревшего помёта при посеве на среде Сабуро.....	210
Яремчук М.В., Соловьев С.В.	
Принцип применения вторичных ресурсов и отходов в замкнутых органоминеральных циклов в современном материаловедении.....	218
Секция 3. БИОТЕХНОЛОГИИ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	
	222
Андряшенкова Д.С., Калинина Д.Е., Никипелая В.В., Кириюшина Н.Ю.	
К вопросу о биологической очистке воздуха.....	222
Антиофеева Е.С., Лупандина Н.С., Локтионова Е.В., Енгамбе Ф.И.	
Обзор методов биологической очистки сточных вод.....	227
Базаева Д.С., Иванова В.В., Лунева А.А., Кириюшина Н.Ю.	
Очистка загрязнений, вызванных двигателями, с помощью микроорганизмов.....	232
Белых А.А., Василенко М.И.	
Некоторые опасные компоненты жидких отходов фармацевтических производств	236
Бочарова К.В., Василенко Т.А.	
Проблема загрязнения микропластиком водных объектов (обзор).....	241

Власова Н.С., Сордонова Е.В., Ламажапова Г.П.	
Определение возможного загрязнения при исследовании физических и микробиологических показателей воды озера Гусиное в республике Бурятия.....	247
Калёнов С.В., Кузьмицкая А.А.	
Культивирование бактериальных сообществ в присутствии частиц микропластика.....	254
Кириюшина Н.Ю., Марченкова Е.Н., Андрияшенкова Д.С., Фатеева Е.А.	
Биологическая очистка сточных вод от нефтепродуктов.....	258
Локтионова Е.В., Антюфеева Е.С., Сыса О.К., Жуляй Н.С.	
Определение фитотоксичности отхода производства керамзита на высших растениях.....	263
Лупандина Н.С., Марченкова Е.Н.	
Очистка сточных вод биологическими методами и сопряженные с методом проблемы.....	268
Лупандина Н.С., Марченкова Е.Н., Поленяка Ю.Т.	
Разведение дождевых червей и перспектива развития вермикультивирования и вермикомпостирования на территории РФ.....	272
Лушников А.С., Макридина Ю.Л., Лифинцев А.Н., Старостина И.В.	
Использование реагентов комбинированного действия для очистки сточных вод предприятий молочной промышленности.....	277
Лушников А.С., Лифинцев А.Н., Старостина И.В.	
Использование реагентов комбинированного действия для очистки многокомпонентных сточных вод предприятий АПК.....	283
Марченкова Е.Н., Лупандина Н.С.	
Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов с использованием растительных отходов и водорослей.....	289
Марченкова Е.Н., Лупандина Н.С., Антюфеева Е.С.	
Проблемы и источники загрязнения сточных вод нефтью и нефтепродуктами.....	294
Мусихина Т.А., Земцова Е.А., Ушакова Ю.Н., Бабина А.А.	
Исследование качества почв и снега методом биотестирования при проектировании в селитебной зоне города Кирова.....	299
Силкова Е.В., Кириюшина Н.Ю.	
Биологический пруд как естественная система очистки.....	304
Сухорукова М.В., Василенко Т.А.	
Особенности строения и жизнедеятельности грибов рода <i>Penicillium</i>	309
Секция 4. НОРМИРОВАНИЕ, КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ.....	315
Антипова Е.О., Акулова Е.Е., Клюева В.А., Конобеевских Т.А., Телкова Ж.Е., Хвошинская Н.С.	
Содержание диеновых коньюгатов в сыворотке крови и печени крыс с неалкогольной жировой.....	315

Бездетко Е.О., Василенко Т.А.	
Качественный и количественный анализ проб атмосферного воздуха с использованием метода газовой хроматографии на портативном газовом хроматографе ФГХ-1.....	318
Василенко М.И., Половнева Д.О., Иванова М.В.	
Оценка влияния температуры на эффективность биоцидов, используемых для дезинфекции воды бассейнов.....	324
Клименко М.А., Василенко Т.А.	
Анализ катионов и анионов в природных и сточных водах с использованием системы капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ-105М».....	330
Копаева А. Г., Кучменко Т.А., Умарханов Р.У.	
Оценка возможности разработки газовых сенсоров на основе сульфида кадмия для детектирования порчи белковых систем.....	336
Курзенёв И.Р., Василенко Т.А.	
Современные методы определения тяжелых металлов в почве.....	343
Кучменко Т.А., Хмелевская Т.Н., Вандышев Д.Ю., Умарханов Р.У.	
Контроль за стабильностью биохимических процессов в живых системах.....	348
Порожнюк Л.А., Андрюнькина Н.А.	
Интегральная оценка сточных вод.....	353
Черныш И.В., Василенко Т.А.	
Мониторинг содержания некоторых показателей загрязняющих веществ в реке Тихая Сосна на территории селитебной территории.....	359
Юнович Д.Д., Фабр М.В.	
Влияние компонентного состава питательных сред на рост молочнокислых бактерий рода <i>Lactobacillus SP</i>	366

Научное издание

**Актуальные аспекты и перспективы развития
современной биотехнологии**

Международная научная конференция

Сборник докладов

Ответственный за выпуск:
Половнева Дария Олеговна