

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

ПОЛЕССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**БИОТЕХНОЛОГИЯ:
ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

**сборник материалов VII международной
научно–практической *online-offline*
конференции, приуроченной к 20-летию
Полесского государственного университета**

**Полесский государственный университет,
г. Пинск, Республика Беларусь,
4 – 5 декабря 2025 г.**

Пинск 2025

УДК 60
ББК 30.16
Б 63

Редакционная коллегия:

Дунай В.И. (гл. редактор) – ректор университета,
кандидат биологических наук, доцент;
Пригодич И.А. – проректор по учебной работе,
кандидат экономических наук, доцент;
Чещевик В.Т. – проректор по научной работе,
кандидат биологических наук, доцент.

Рецензенты:

Безрученок Н.Н., кандидат биологических наук, доцент,
доцент кафедры биотехнологии;
Волкова Е.М., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
декан биотехнологического факультета;
Водчиц Н.В., заведующий отраслевой лабораторией «ДНК и клеточных технологий в
растениеводстве и животноводстве»;
Воробьева М.М., кандидат биологических наук, доцент,
заведующий кафедрой биотехнологии;
Ильючик И.А., кандидат биологических наук, доцент,
заведующий кафедрой биохимии и биоинформатики;
Лекунович С.Н., кандидат биологических наук, доцент,
доцент кафедры биохимии и биоинформатики;
Пекун Т.Г., кандидат биологических наук, доцент,
доцент кафедры биохимии и биоинформатики;
Тыновец С.В., старший преподаватель кафедры биотехнологии.

Биотехнология: достижения и перспективы развития: сборник материалов VII
международной научно–практической конференции, УО “Полесский государственный
университет”, г. Пинск, 4 – 5 декабря 2025 г. / Министерство образования Республики Бе-
ларусь [и др.]; редкол.: В.И. Дунай [и др.]. – Пинск : ПолесГУ, 2025. – 139 с.

Приведены материалы участников VII международной научно–практической конферен-
ции “Биотехнология: достижения и перспективы развития”, приуроченной к 20-летию
Полесского государственного университета.

Материалы изложены в авторской редакции.

УДК 60
ББК 30.16

© УО “Полесский государственный
университет”, 2025

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

УДК 634.737:581.042

БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ *SPINACIA OLERACEA L.* И *ERUCA SATIVA L.*

С.Н. Авраменко, В.А. Онуфрейчик

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларусь», г. Минск

Аннотация. Приведены результаты сравнительного биохимического исследования по 15 показателям в опытной культуре шпината огородного и рукколы посевной. Выявлено, что обе культуры являются низкокалорийными, однако биохимическая ценность шпината огородного выше, поскольку он содержит большее количество органических кислот и веществ фенольной природы (танины, катехины, флавоноиды).

Ключевые слова: биохимия, шпинат, руккола, сахара, органические кислоты, биофлавоноиды, пищевая ценность.

Введение. Биохимическая ценность шпината (*Spinacia oleracea*) и рукколы (*Eruca sativa*) представляет собой важную область исследования, поскольку эти листовые овощи являются богатым источником биоактивных веществ, оказывающих значительное влияние на здоровье человека. В частности, оба продукта содержат разнообразные фенольные соединения, такие как: кверцетин, кемпферол, апигенин и ксиленовые, хлорогеновые кислоты), а также витамины, которые обладают выраженными антиоксидантными и противовоспалительными свойствами.

В шпинате фенольные соединения представлены широким спектром соединений, которые участвуют в снижении окислительного стресса, способствуя укреплению иммунной системы. Руккола, в свою очередь, богата флавоноидами и гликозидами, которые придают ей характерный острый вкус и усиливают её биологическую активность, включая антиоксидантную защиту и потенциал в профилактике хронических заболеваний.

Обе культуры содержат органические кислоты, среди которых наиболее распространены щавелевая и лимонная кислоты. Щавелевая кислота обнаруживается в больших количествах в шпинате, что важно учитывать при его потреблении, поскольку она способна связываться с кальцием и магнием, образуя нерастворимые соли, что может снижать усвоение минералов и повышать риск образования оксалатных камней.

В связи с вышеизложенным возникает цель настоящего исследования – количественное определение биохимического состава малоизученных зеленых культур и оценка их пищевой ценности.

Материалы и методы. Исследования выполнены в 2025 г. на базе лаборатории биохимии и биотехнологии растений ГНУ «Центрального ботанического сада НАН Беларусь». В опыте были использованы семена рукколы посевной сорта «Синоп» и шпината огородного сорта «Крепыш». Предварительно пропаренные в 3,0 % растворе перекиси водорода (время экспозиции 10 минут) семена и отмытые в дистиллированной воде, высаживали на кокосовое волокно, смоченное ½ раствора макро- и микроэлементов по прописи Мурасиге и Скуга [2] и кислотностью 6,3 рН. Световой и температурный режим соблюдали в пределах 4000 люкс, фотопериод 16/8, влажность воздуха 65-75% при температуре 18-21 °C.

Для исследования биохимических показателей использовали воздушно-сухое вещество, полученное путем высушивания при 55 °C растительного материала (листовые пластины) на 35-й день культивирования.

При этом учитывали содержание сухих веществ – по ГОСТ 28561-90 [3]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [4]; общей кислотности (в пересчете на щавелевую) – титриметрическим способом [1, 5], гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую) – спектрофотометрически на приборе ПЭ-5400УФ («Экрос», Россия) [4]; растворимых сахаров – фенол-сернокислотным способом [5]; суммарное количество антоциановых пигментов

(в пересчете на цианидин) – по методу T. Swain [4], содержание пектиновых веществ – карбазольным способом [5]; общего белка – по методу Лоури [5]; общих жиров – гравиметрически [5], путем экстракции на приборе Сокслета; дубильных веществ (танинов) – перманганотитретически [5], бетта-каротина – спектрофотометрически, в ацетоновом извлечении [5], содержание общих углеводов – расчетным способом.

Показатель сахарокислотного индекса плодов оценивался по соотношению количеств растворимых сахаров и свободных органических кислот. Все анализы выполнены в трехкратной повторности, данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты биохимического исследования ассилирующих органов шпината огородного и рукколы посевной представлены в табл. 1.

Таблица 1. – Биохимический состав (пересчете на сухое вещество) в листовой массе *Spinacia oleracea* L. и *Eruca sativa* L.

Показатель	<i>Spinacia oleracea</i> L.	<i>Eruca sativa</i> L.
Сухие вещества, %	10,20	14,42
Общая кислотность, %	4,37	2,28
Сахара растворимые, %	2,35	2,20
Сахаро-кислотный индекс	0,51	2,20
Пектиновые вещества, %	19,25	12,20
Аскорбиновая кислота, мг/100 г	382,67	351,69
Хлорогеновая кислота, мг/100 г	3514,20	2901,50
Антоциановые пигменты, мг/100 г	Ниже предела обнаружения	
Танины, %	0,63	0,32
Катехины, мг/100 г	473,0	162,0
Флавонолы, мг/100 г	382,67	351,69
Бетта-каротин, мг/100 г	1,21	0,98

Исходя из биохимического профиля изучаемых культур, наибольшим параметром накопления сухой массы и белка характеризовалась руккола посевная сорта «Синоп», что на 4,22% и 4,12 г больше, чем у шпината огородного. Тем не менее его биохимическая ценность выше по параметру биосинтеза кислот, растворимых сахаров, обеспечивших сахаро-кислотный индекс 0,51, что свидетельствует о кислом вкусе данной культуры.

В листьях салата и рукколы в природных условиях может содержаться минимальное количество антоцианов (цианидина), обычно не превышающее 10 мг на 100 г сухого вещества, что свидетельствует о их низкой биосинтетической активности и ограниченной роли в этих растениях. В условиях естественной среды салат и руккола подвергаются меньшему воздействию стрессовых факторов, стимулирующих накопление антоцианов, что приводит к их низкому уровню.

Содержание общих кислот имеет прямую корреляцию с содержанием аскорбиновой кислотой, достигающей 382,7 мг/100 г, что на 30 мг% большем, чем у рукколы посевной.

Фенольные соединения (биофлавоноиды) представленные танинами, катехинами, гидроксикоричными кислотами и флавонолами имели широкий диапазон значений. Содержание танинов и катехинов в шпинате огородном сорта «Крепыш» было больше на 0,3% и 311 мг чем у рукколы посевной.

Не в значительной степени для нутриентной ценности, но статистически достоверны, находятся содержание флавонолов, липидов, белка и бетта-каротина.

Представленные данные свидетельствуют о высокой биологической значимости данных видов, но не отражают их пищевую ценность. В связи с этим был проведен расчет по оценке нутриентной ценности, которую находили по формуле: ккал / 100 г = (4,0 × Б) + (9,0 × Л) + 4,0 × У, где Б, Л, У – содержание белков, липидов, углеводов (см. табл. 2).

Таблица 2. – Пищевая ценность *Spinacia oleracea* L. и *Eruca sativa* L.

Показатель	<i>Spinacia oleracea</i> L.	<i>Eruca sativa</i> L.
Жиры общие, г/100 г	0,23	0,28
Углеводы общие, г/100 г	2,20	2,08
Белок общий, г/100 г	2,75	2,23
Энергетическая ценность, ккал/100 г свежей зелени	21,87	19,76

По параметрам накопления жиров, белков и углеводов обе культуры находятся в одной категории ценности пищевых объектов – низкокалорийные, что свидетельствуют полученные данные о энергетической ценности данных культур в диапазоне 21,87-19,76 ккал/ 100 г сырой массы.

Заключение. Результаты сравнительного исследования содержания биохимически активных соединений показали, что обе культуры имеют большое количество свободных органических кислот, в том числе аскорбиновой, однако наибольшее значение имеет *Spinacia oleracea* L. из-за наличия щавелевой кислоты.

Выявлен низкий уровень нутриентной ценности (менее 25,00 ккал/100 сырой массы), что говорит о низкокалорийности данных видов.

Список использованных источников

1. Куркин В.А. Биологически активные вещества лекарственных растений как источники диуретических препаратов.– Самара: Стандарт, 2024.– 86 с.
2. Носов, А.М. Культура клеток растений – уникальная система, модель, инструмент. Обзор / А.М. Носов // Физиология растений. – 1999 – Т.46, № 6 – С. 837–844.
3. Методы определения сухих веществ: ГОСТ 8756.2-82. – Введен 01.01.1983. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 5 с.
4. Хелдт Г.В. Биохимия растений // Г.-В. Хелдт. – М. Бином. 2011. – 471 с.
5. Большой практикум «Биохимия» Лабораторные работы: учеб. пособие. / сост. М.Г.Кусакина, В.И.Суровов, Л.А.Чудинова; Перм.гос.нац.исслед.ун-т.-Пермь, 2012. 148 с.

УДК: 631.811: 582.912.46

ВЛИЯНИЕ ГЕЛЯ ФИТОКЛОН™ НА ПРИЖИВАЕМОСТЬ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ ГОЛУБИКИ (СОРТ ЧАНДЛЕР)

Е.А. Луппова, Н.В. Водчиц, И.Н. Савочкина
Полесский государственный университет, Пинск

Аннотация. В нынешних условиях рынка ключевым фактором является снижение расходов на технологию микроклонального размножения растений *in vitro*. В связи с этим целью работы являлось изучение влияния стимулятора корнеобразования ФИТОКЛОН™ на приживаемость и морфометрические показатели растений-регенерантов голубики, без предварительного укоренения в культуре *in vitro*, на этапе пересадки в контейнеры с грунтом. Объектом исследования были регенеранты голубики высокой (сорт Чандлер), произведенные методом клonalного микроразмножения *in vitro*.

Регенеранты, обработанные фитоклоном, дали больший прирост, чем контрольные образцы. При визуальном осмотре они были более развитыми, но у контрольной группы растений наблюдалась большая длина корней. В обеих группах приживаемость составляла – 100 %.

Целесообразно провести исследования с другими сортами голубики высокорослой.

Ключевые слова: фитогель, ФИТОКЛОН™, голубика высокорослая, клональное микроразмножение растений, стимулятора корнеобразования.

Введение. Голубика высокорослая (*Vaccinium corymbosum* L.) – вид листопадных кустарников из рода Вакциниум (*Vaccinium*) семейства Вересковые (*Ericaceae*). Среди сортов голубики большой интерес представляет – Чандлер. Это многолетнее листопадное растение позднего периода

плодоношения, с высокой степенью морозостойкости [1]. Ягоды находят пищевое и медицинское применение, поскольку обладают высокими антиоксидантными свойствами [2].

Клональное микроразмножение растений – это современный биотехнологический вариант размножения растений, осуществляемый на питательных средах *in vitro*. При соблюдении необходимых условий этот метод дает возможность получить генетически однородное потомство, идентичное исходному растительному материалу [3].

Весь процесс клонального микроразмножения растений можно разделить на четыре этапа, завершающим является укоренение размноженных побегов в среде с последующей адаптацией их к почвенным условиям [4].

Для нормального роста регенерантов в среде *in vitro* необходимы регуляторы – органические соединения, вызывающие стимуляцию роста и морфогенеза растений. К ним относятся: ауксины, отвечающие за пролиферацию и корнеобразование у растений; цитокинины, стимулирующие апикальный рост побегов и обеспечивающие иммунитет растениям [5].

При адаптации растений-регенерантов голубики к почвенным условиям используют торф с возможным добавлением песка, перлита [6].

Производители биостимулятора корнеобразования ФИТОКЛОН™ заявляют, что препарат является новейшей запатентованной разработкой, которая содержит в своем составе все необходимые витамины и природные вещества для создания корневой системы [7].

Целью работы являлось изучение влияния стимулятора корнеобразования ФИТОКЛОН™ на приживаемость и морфометрические показатели растений-регенерантов голубики, без предварительного укоренения в культуре *in vitro*, на этапе пересадки в контейнеры с грунтом.

Материалы и методы. Исследования проводились на базе отраслевой лаборатории “ДНК и клеточные технологии в растениеводстве и животноводстве” УО “Полесский государственный университет”. Объектом исследования были регенеранты голубики высокой (сорт Чандлер), произведенные методом клонального микроразмножения *in vitro*, без стадии укоренения в культуре *in vitro* в количестве – 200 штук. Гель-укоренитель ФИТОКЛОН™ для черенков растений, производитель ООО НПО “БиоТехнологии”.

Растения вынимали из колб пинцетом, каллусы отмывали от остатков агара и 150 шт. высаживали в контейнеры с торфяным грунтом, предварительно погружая на 10–15 мм в фитогель. В контрольной емкости регенеранты высаживались в торфяной субстрат.

Культивирование проводили на стеллажах световой установки культурального помещения биотехнологической лаборатории при температуре +25 °C, фотопериоде день/ночь – 16 ч/8 ч, освещенности 4000 лк, относительной влажности воздуха 70 %.

Замеры высоты побегов проводили в день высадки, оценку интенсивности роста стеблей и корней – через 2 месяца.

Анализ динамики показателей роста регенерантов проводили с помощью программного обеспечения Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение. В нынешних условиях рынка ключевым фактором является снижение расходов на технологию микреклонального размножения растений *in vitro*, параллельно с увеличением числа успешно прижившихся растений. Для достижения этой цели был реализован эксперимент, в котором мы отказались от этапа укоренения голубики в стерильных условиях *in vitro*. Вместо этого, регенеранты с каллусной тканью предварительно обработанные гелем-укоренителем ФИТОКЛОН™, были перенесены в подготовленный субстрат.

Фитогель содержит в своем составе витамины группы В. Рибофлавин (B₂) в присутствии ауксина стимулирует корнеобразование в темновой фазе [8], тиамин (B₁) устойчивость к стрессу [9]. Ряд экологически чистых средств, например, Эпин и Циркон, демонстрируют высокую эффективность как активаторы роста корней. Они способны заменить искусственные ауксины (β-ИУК, β-ИМК), которые обычно используют в процессе клонального микроразмножения [10].

Высоту стеблей регенерантов голубики высокой (сорт Чандлер) измеряли в день высадки и по истечении 60 дней. Так же через два месяца фиксировали длину корней, и приживаемость растений (таблица).

Таблица – Морфометрические показатели и приживаемость адаптантов голубики высокой (сорт Чандлер) в день высадки и на 60-й день

Морфометрические показатели	Фитоклон	Контроль
Высота стебля в день высадки, мм	$23,9 \pm 1,22$	$31,7 \pm 2,50$
Высота стебля (60-й день), мм	$86,3 \pm 3,78$	$93,5 \pm 6,67$
Прирост, мм	62,4	61,8
Длина корней (60-й день), мм	$11,9 \pm 0,60$	$13,3 \pm 0,89$
Процент приживаемости, %	100	100

Примечания – Данные представлены как среднее арифметическое \pm стандартная ошибка средней.

Из таблицы видно, что регенеранты, обработанные фитоклоном, дали больший прирост, чем контрольные образцы. При визуальном осмотре стебли у них были более толстыми и мясистыми; листья имели сформировавшуюся листовую пластинку, насыщенного зеленого цвета. Так же у экспериментальных растений наблюдалось образование дополнительных побегов в количестве 2–3 штук на 1 регенерант.

В идентичных условиях с точки зрения освещения, при оптимальной температуре и уровне влажности, у контрольной группы растений наблюдалась большая длина корней. Согласно информации, представленной на веб-странице производителя, ключевой компонент фитоклона – это ауксин, растительный гормон, активно поддерживающий корнеобразование у растительных черенков. Гелевая структура при контакте с черенком создает плотное покрытие, которое предотвращает возможность заражения и препятствует образованию блокировок в тканях [7]. Вполне вероятно, это обстоятельство может способствовать снижению скорости роста корневой системы. Нельзя исключать и возможность того, что концентрация ауксина в фитоклоне превышает оптимальную для данного вида растений. Избыток гормонов может приводить к дисбалансу в ростовых процессах и, как следствие, к замедлению развития корневой системы в отличие от стебля.

По истечении 60 дней выпадов в экспериментальной и контрольной группах не наблюдалось, все растения были развиты, приживаемость составляла – 100 %.

В перспективе важно провести эксперимент с другими сортами голубики высокослой, а также изучить дальнейшую приживаемость растений при культивировании в тепличных условиях.

Заключение. У регенерантов голубики высокой, обработанных фитоклоном, на 60-й день исследования прирост стеблей был больше, наблюдалось образование дополнительных побегов в количестве 2–3 штук. При визуальном осмотре растения были более развиты.

В контрольной группе прирост стеблей был меньше, но длина корней была больше.

В обеих группах приживаемость адаптантов была – 100 %.

Целесообразно провести исследования с другими сортами голубики.

Список использованных источников

1. Макаров, С. С. Биотехнология в садоводстве. Выращивание плодовых и редких ягодных растений в культуре *in vitro*. Лабораторный практикум: учеб. пособие для вузов / С. С. Макаров [и др.]. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 128 с.
2. Ortikov, U. D. Description of the variety, planting and care, cultivation and pest protection of chandler blueberries / U. D. Ortikov, D. K. Gaziyeva // Science and innovation, 2024. – Vol. 3. – P. 176–179.
3. Милехина, Н. В. Сельскохозяйственная биотехнология : учеб.-метод. пособие для лабораторно-практических занятий (с элементами дидактического материала) для студентов направления подготовки 35.03.07 / Н. В. Милехина, В. Ю. Симонов. – Брянск : Изд-во Брянский ГАУ, 2022. – 53 с.
4. Грязева, В. И. Основы биотехнологии : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 35.03.04 “Агрономия” / В. И. Грязева, В. В. Кошелев ; Мин-во сел. хозяйства РФ, Пензен. гос. аграр. ун-т, каф. селекции, семеноводства и биологии растений. – Пенза : ПГАУ, 2022. – 217 с.
5. Орлова, Т. Ф. Выращивание декоративно-цветочных растений в защищенном грунте : учеб.пособие / Т. Ф. Орлова, Н. А. Куликова. – Волгоград : ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2019. – 88 с.

6. Макаров, С. С. Влияние состава субстрата на приживаемость и корнеобразование адаптируемых *ex vitro* растений голубики полувысокой североамериканских сортов / С. С. Макаров, С. А. Родин, И. Б. Кузнецова // Лесохоз, 2020. – № 2. – С. 119–126.
7. Гель Фитоклон™ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://фитоклон.рф/>. – Дата доступа: 09.10.2025.
8. Rajesh, S. T. Role of vitamins in plant growth and their Impact on regeneration of plants under *in vitro* condition / S. T. Rajesh [et. al.] // International journal for Research in Applied Science & Engineering Technology, 2018. – Vol. 6 – P. 423–426.
9. Atiqah, S. The role of thiamine in plants and current perspectives in crop improvement / S. Atiqah [et. al.] // Sunway University, 2018. – P. 33–44.
10. Тимушева, О. К. Влияние стимуляторов корнеобразования на укоренение зеленых черенков сортов смородины черной / О. К. Тимушева // Современное садоводство, 2022. – №3. – С. 53–67.

УДК 57.087.1: 58.087

ДИНАМИКА БИОМАССЫ ВОДОРОСЛИ *PORPHYRIDIUM PURPUREUM* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

Н.П. Дмитрович¹, Т.В. Козлова¹, У.Д. Шкrebлик²

¹Полесский государственный университет, Пинск

²ОАО «Тышковичи-Агро», Тышковичи

Аннотация. Проведено культивирование *Porphyridium purpureum* в накопительном режиме. Определено влияние состава питательной среды и типа освещения на процесс накопления биомассы. Применение светодиодных ламп и питательной среды PES позволило получить $1,801 \pm 0,320$ г/л сухой биомассы на 8-й день культивирования.

Ключевые слова: *Porphyridium purpureum*, биомасса, культивирование.

Введение. Современная биотехнология на сегодняшний день немыслима без широкомасштабного производства биомассы водорослей, как для ее непосредственного использования, так и для применения в качестве сырья при получении ценных веществ [1].

Porphyridium purpureum, являясь одним из представителей красных водорослей, представляет собой одноклеточный организм, способный синтезировать большое количество белков (28–39%), липидов (9–14%) и полисахаридов (40–57%), в том числе сульфатированных галактанов, способных образовывать гели в водных растворах [2, 3]. Для порфиридиума характерен достаточно быстрый рост и высокий уровень адаптации к условиям выращивания [4, 5], что делает данную водоросль довольно перспективным объектом биотехнологии. Учитывая вышесказанное, актуальность данного исследования состоит в поиске оптимальных условий культивирования *P. purpureum* в накопительном режиме для дальнейшего получения биомассы.

Материалы и методы. Объектом исследования являлась культура водоросли *P. purpureum* ((Bory de Saint-Vincent) Drew and Ross,) штамм IBCE P-12, из коллекции водорослей Института биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларусь. Водоросль выращивали в накопительном режиме в стеклянных сосудах объемом 0,5 л при температуре $25 \pm 1^\circ\text{C}$. В качестве источника света использовали светодиодные лампы для выращивания растений T5-9W и люминесцентные лампы T9/765-36W-КС. Фотопериод (свет/темнота, ч) составлял 12/12 часов и регулировался автоматически. Для культивирования использовали три состава питательных сред: среда SW [6], среда PES, среда MB [7]. Все варианты культивировали в двукратной повторности согласно схеме, приведенной в таблице.

Таблица – Схема опыта по культивированию водоросли *Porphyridium purpureum*

Тип среды	Тип ламп			
	Светодиодные (LED)		Люминесцентные (ЛЮМ)	
SW	LED/SW 1.1	LED/SW 1.2	ЛЮМ/SW 2.1	ЛЮМ/SW 2.2
PES	LED/PES 1.1	LED/PES 1.2	ЛЮМ/PES 2.1	ЛЮМ/PES 2.2
MB	LED/MB 1.1	LED/MB 1.2	ЛЮМ/MB 2.1	ЛЮМ/MB 2.2

Измерения оптической плотности суспензии порфиридиума для определения биомассы проводили в трехкратной повторности в соответствии с методикой [8, 9]. Статистическую обработку данных выполняли с использованием MS EXCEL [10].

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ полученных данных позволил установить, что фактор «свет» оказывал достоверное влияние на рост биомассы водоросли. Сухая биомасса при освещении светодиодными лампами изменялась в пределах от $0,317 \pm 0,070$ г/л до $1,843 \pm 0,342$ г/л, а при освещении люминесцентными лампами – от $0,265 \pm 0,037$ г/л до $1,318 \pm 0,114$ г/л. Максимального значения сухая биомасса достигла на 15-й день при культивировании с применением светодиодных ламп на питательной среде SW ($1,843 \pm 0,342$ г/л). Однако использование питательной среды PES позволило получить довольно близкое значение сухой биомассы – $1,801 \pm 0,320$ г/л – на 8-й день культивирования, что свидетельствовало о возможности получения биомассы на более раннем сроке с ее применением. Люминесцентные лампы обеспечивали менее интенсивный рост клеток порфиридиума, а, следовательно, привели к получению более низких значений сухой биомассы вне зависимости от состава питательной среды.

Следует отметить, что по результатам двухфакторного дисперсионного анализа совместного влияния факторов «свет» и «питательная среда» при культивировании порфиридиума на такой показатель как сухая биомасса не выявлено.

Заключение. Таким образом, можно сделать вывод о том, что для культивирования в лабораторных условиях красной водоросли *Porphyridium purpureum* с целью дальнейшего получения биомассы оптимальными условиями выращивания в накопительном режиме являются освещение за счет светодиодных ламп и использование питательной среды PES.

Список использованных источников

- Горбунова, С. Ю. Об эффективности использования микроводорослей в промышленной биотехнологии с целью мелиорации водной среды и получения кормов для различных отраслей сельского хозяйства / С. Ю. Горбунова, Я. Д. Жондарева // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона : материалы VII Междунар. конф., Керчь, 20–23 июня 2012 г. : [в 2 т.] / Гос. агентство рыб. хоз-ва Украины [и др. ; гл. ред. О. А. Петренко]. – Керчь, 2012. – Т. 2. – С. 114–119.
- Усов, А. И. Исследование полисахаридов красных морских водорослей / А. И. Усов // Труды ВНИРО. – 1997. – Т. 124. – С. 65–70.
- Боровков, А. Б. Рост культур морских микроводорослей *porphyridium purpureum* и *tetraselmis viridis* на модифицированных питательных средах / А. Б. Боровков, И. Н. Гудвилович, Я. Д. Жондарева // Морской биологический журнал. – 2024. – Т. 9, № 3. – с. 3–15.
- Physiological and transcriptome analysis elucidates the metabolic mechanism of versatile *Porphyridium purpureum* under nitrogen deprivation for exopolysaccharides accumulation / L. Ji [et al.] // Bioresource Bioprocessing. –2021. – Vol. 73. – P. 1–16.
- Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production: perspectives and advances / Hu Q. [et al.] // Plant J. – 2008. – Vol. 54(4). – P. 621–639.
- Гайсина, Л. А. Современные методы выделения и культивирования водорослей: учебное пособие / Л. А. Гайсина, А. И. Фазлутдинова, Р. Р. Кабиров. – Уфа : Изд. БГПУ, 2008. – 152 с.
- Andersen, R. A. Algal Culturing Techniques / R. A. Andersen. – Burlington : MA Elsevier Academic Press, 2005. – 589 р.
- Шкreblik У. Д. Спектрофотометрический метод определения биомассы водоросли *Porphyridium purpureum* / У. Д. Шкreblik, Н. П. Дмитрович // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси: материалы XVII международной молодежной научно-практической конференции, УО “Полесский государственный университет”, г. Пинск, 14 апреля 2023 г. /

Министерство образования Республики Беларусь [и др.]; редкол.: В.И. Дунай [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2023. – С. 307–309.

9. Дмитрович, Н. П. Спектрофотометрический метод для подсчета численности клеток и определения сухой биомассы водоросли *Porphyridium purpureum* / Н. П. Дмитрович, Т. В. Козлова, У. Д. Шкrebлик // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук : научно-практический журнал. – 2025. – № 1. – С. 22–29.

10. Биометрия в MS Excel: учебное пособие / Е. Я. Лебедько [и др.]. – СПб. : Лань, 2020. – 172 с.

УДК 582.287.238:577.175.1

ВЛИЯНИЕ БРАССИНОСТЕРОИДОВ НА АНТИМИКРОБНУЮ АКТИВНОСТЬ ЭНДОФИТНЫХ МИКРОМИЦЕТОВ ВЕРЕСКОВЫХ

О.Н. Жук, Я.С. Камельчук, Д.А. Слиж

Полесский государственный университет, Пинск

Аннотация. Изучено влияние бассиностероидов 28-ГК и 28-ГБ на антимикробную активность эндофитных микромицетов вересковых – *Phialocephala fortinii* и *Pezicula sp*. Бассиностероиды 28-ГК и 28-ГБ дозозависимо влияют на метаболизм изученных микромицетов, повышая или снижая антимикробную активность как мицелия, так и культуральной жидкости.

Ключевые слова: эндофитные микромицеты, антимикробная активность, бассиностероиды.

Введение. Жизнедеятельность растений неразрывно связана с микробиомом почвы, представители которого влияют на растения по-разному. Одни являются полезными, приводя в усвояемую форму почвенный субстрат, за счет гифов эндофитных микромицетов расширяется площадь питательной среды, микроорганизмы синтезируют и поставляют в доступной форме свои метаболиты, другие являются фитопатогенами. При изучении микрофлоры растений в данной работе внимание уделено исследованию антимикробной активности эндофитных грибов-микромицетов, что представляет практический интерес в выявлении взаимосвязей между этими грибами и растениями, с одной стороны, и перспектива целенаправленного влияния как на микромицеты, так и на растения [1]. Как всякая живая система, грибы, оказывая мощное влияние на окружающую среду, сами зависимы от нее, в частности, от вторичных метаболитов, синтезируемых растениями и/или микроорганизмами. В этом аспекте интерес представляют бассиностероиды (БС) – широко распространенные в растительном мире фитогормоны класса стероидов [2].

Целью данного исследования явилось выяснение воздействия БС на антимикробную активность микромицетов *Phialocephala fortinii* и *Pezicula sp*.

Материалы и методы. Микромицеты *Phialocephala fortinii* и *Pezicula sp*. выделены нами из корней представителей семейства вересковых – аборигенного вида черники и культурного вида – голубики высокорослой, зарегистрированы в базе данных GeneBank NCBI, депонированы в коллекции микроорганизмов Института микробиологии НАН Беларусь. Бассиностероиды 28-гомокастастерон (28-ГК) и 28-гомбрассинолид (28-ГБ) синтезированы в Лаборатории химии стероидов Института биоорганической химии НАН Беларусь.

Глубинное культивирование микромицетов проводили по ранее описанной методике на шейкер-ре WiseShake SHO в течение 10 суток при 100 об/мин [3]. Концентрации добавляемых в питательную среду 28-ГБ и 28-ГК составили 10^{-7} М, 10^{-9} М и 10^{-12} М.

В исследовании антимикробной активности микромицетов были использованы микроорганизмы *Pseudomonas fluorescens* и *Bacillus pumilus*.

Чувствительность микроорганизмов к метаболитам микромицетов определяли диско-диффузионным методом [4]. В качестве контрольного определения чувствительности микроорганизмов к антибиотикам использовали индикаторные стандартизованные коммерческие диски (НИЦФ, Санкт-Петербург), пропитанные антибиотиками рифампицином, бензилпеницилином, гентамицином, левомицетином и стрептомицином.

Эксперименты выполнены в трех повторах. Полученные результаты обрабатывали статистически с применением однофакторного дисперсионного анализа с помощью пакета анализа данных в

MS Excel. Достоверность влияния фактора определяли по критерию Фишера. Различия считали значимыми при $P < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Все исследуемые контрольные антибиотики формировали зону подавления роста *Ps. fluorescens* и *B. pumilus* в разной, характерной для данного антибиотика и данного микроорганизма степени от $254,5 \pm 3,3$ мм^2 до $1963,5 \pm 6,8$ мм^2 . Выявлена антимикробная активность микромицетов по отношению к данным тестовым микроорганизмам – активность мицелия *Ph. fortinii* к бактериям *Ps. fluorescens* оказалась выше, чем к бактериям *B. pumilus* и составила $33,4 \pm 2,9$ мм^2 против $23,9 \pm 3,1$ мм^2 . Добавление в питательную среду 28-ГБ во всех концентрациях, на которой выращивали *Ph. fortinii*, привело к снижению антимикробной активности мицелия этого микромицета к *Ps. fluorescens* по сравнению с контролем с $33,4 \pm 2,9$ мм^2 до $30,8 \pm 2,6$ мм^2 . Антимикробная активность мицелия *Ph. fortinii*, выращенного в присутствии гормона 28-ГК в концентрации 10^{-7} М и 10^{-12} М оказалась ниже контроля в 1,4÷1,5 раза, но активность мицелия, выращенного с 28-ГК 10^{-9} М, увеличилась, и площадь зоны подавления роста при этом была больше контрольных значений в 2 раза и составила $67,4 \pm 3,7$ мм^2 . Этот же эффект наблюдался и у культуральной жидкости *Ph. fortinii*, где 28-ГК 10^{-9} М антимикробную активность по отношению к контролю превысил в 1,8 раза ($71,1 \pm 4,3$ мм^2). С другими концентрациями гормона 28-ГК выявлено снижение антимикробной активности культуральной жидкости.

Культуральная жидкость *Pezicula sp.* при добавлении в питательную среду 28-ГБ 10^{-7} М увеличивала зону подавления роста *B. pumilus* в 1,2 раза, но при 28-ГБ 10^{-9} М и 28-ГБ 10^{-12} М – активность упала. Достоверного изменения антимикробной активности по отношению к *B. pumilus* у мицелия *Ph. fortinii* при добавлении 28-ГБ в исследуемых концентрациях не наблюдалась. Антимикробная активность культуральной жидкости микромицетов *Pezicula sp.* к *Ps. fluorescens* была несколько выше, чем у мицелия, хотя отличия не были статистически значимыми (площадь зоны подавления ростом мицелия $28,3 \pm 0,1$ мм^2 , культуральной жидкости – $36,3 \pm 5,2$ мм^2), аналогичная ситуация и по отношению к *B. pumilus* (площадь зоны подавления ростом мицелия $28,3 \pm 0,1$ мм^2 , культуральной жидкости – $39,7 \pm 6,3$ мм^2). Добавление 28-ГК 10^{-12} М в питательную среду значительно повысило антимикробную активность метаболитов мицелия и культуральной жидкости к *Ps. fluorescens* – на 26,9 % и 30 %, соответственно. По отношению к *B. pumilus* значительное давление роста микроорганизма вызвало добавление в питательную среду 28-ГБ 10^{-9} М, которое превысило показатели контроля на 36 %.

Заключение. Исследованные эндофитные микромицеты *Phialocephala fortinii* и *Pezicula sp.* при глубинном культивировании синтезируют и секрецируют метаболиты, обладающие антимикробной активностью. Брассиностероиды 28-ГК и 28-ГБ дозозависимо влияют на метаболизм изученных микромицетов, повышая или снижая антимикробную активность как мицелия, так и культуральной жидкости. Требуются дальнейшие исследования для уяснения тонких механизмов данного процесса, поскольку их понимание позволит не только оказывать действие на рост микромицетов *in vitro*, но и разработать биотехнологические приемы культивирования микромицетов для целенаправленного воздействия на рост и развитие растений при выращивании последних как *in vitro*, так и создавать композиты, благоприятно влияющие на растения *in vivo*.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственной программы научных исследований Республики Беларусь «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия» на 2021-2025 годы (подпрограмма «Химические основы процессов жизнедеятельности» (Биооргхимия), задание 2.3.3.4 «Изучить роль брассиностероидов в реализации биологической активности макро- и микромицетов») (№ гос.регистрации 20212982).

Список использованных источников

1. Булах, Е.М. Грибы – источник жизненной силы/ Е.М. Булах // Владивосток: Русский остров, 2001. – 64 с.
2. Khripach, V.A. Brassinosteroids: A new class of plant hormones / V.A. Khripach, V.N. Zhabinskii, A.E. De Groot. – San Diego : Academic Press, 1998. – P. 152.
3. Камельчук, Я.С. Особенности выделения и культивирования *in vitro* эндомикоризных грибов из корней представителей семейства Вересковых (Ericaceae juss.) / Я.С. Камельчук, Н.А. Ламан // Ботаника (исследования) : сборник научных трудов / Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси; ред. кол.: Н.А. Ламан [и др.]. - Минск : Колонград, 2018. - Вып. 47. - С. 110-115.
2. Европейский комитет по определению чувствительности к антимикробным препаратам

[Электронный ресурс] / Руководство по учету результатов. Определение чувствительности к антимикробным препаратам. Диско-диффузионный метод EUCAST. – Москва, 2017. – Режим доступа: <http://www.antibiotic.ru/iacmac/ru/docs/eucast/eucast-disk-diffusion-reading-guide-5.0-rus.pdf>. – Дата доступа: 20.10.2025.

УДК 579.22+579.6+577.152.1

ПОЛУЧЕНИЕ ШТАММОВ *ESCHERICHIA COLI*, ПРОДУЦИРУЮЩИХ ЛАКТАТОКСИДАЗЫ

Л.А. Жуковская, Т.В. Семашко, Е.В. Клундук
Институт микробиологии НАН Беларусь, Минск

Аннотация. Определена нуклеотидная последовательность ДНК *Streptococcus* sp., соответствующая гену лактатоксидазы (*lctO*). Выделен ген *lctO*, кодирующий данный фермент. Сконструирован вектор, несущий ген *lctO* *Streptococcus* sp. Получены рекомбинантные штаммы *E. coli* *pET24 b(+) LAC S3* и *E. coli* *pET24 b(+) LAC S4*, продуцирующие лактатоксидазы.

Ключевые слова: лактатоксидаза, генетическая конструкция, рекомбинантные штаммы.

Введение. Ферменты – макромолекулярные биокатализаторы, ускоряющие биохимические реакции с большой эффективностью. Лактатоксидазы – глобулярные флавопротеины, к которым относятся (S)-2-оксикислотная оксидаза, L-лактатоксидаза и лактат-2-монооксигеназа. L-лактатоксидаза (КФ 1.1.3.X) катализирует окисление L-лактата с образованием пирувата и пероксида водорода [1, 2].



Механизм действия L-лактатоксидаз заключается в переносе двух электронов и двух протонов от восстановленного ФМН (флавинмононуклеотида) на молекулярный кислород (по типу пинг-понг) [2, 3].

Лактатоксидазы могут использоваться в медицине для мониторинга уровней L-лактата в биологических образцах для диагностики различных заболеваний, таких как сепсис, гипоксия, травмы, митохондриальные нарушения, лейкемия, опухолевые заболевания, сахарный диабет и гипоксическая ишемическая энцефалопатия новорожденных [3-5]. Концентрация лактата в крови является критерием, позволяющим оценить степень тяжести заболеваний, в интенсивной терапии – маркером метаболических нарушений. Также изменение уровня лактата в крови является более показательным предиктором развития острого респираторного дистресс-синдрома и полиорганной недостаточности у больных с политравмой по сравнению с известной шкалой АРАСНЕ. Данный фермент может быть использован в качестве диагностического инструмента в спортивной медицине для оценки выносливости спортсменов [3]. Кроме того, обнаружение лактата в продуктах питания и напитках может способствовать определению срока их годности и общего качества, что делает лактатоксидазу ценным инструментом в области производства пищевых продуктов. В винодельческой индустрии данный фермент является важным средством контроля процессов брожения вина и обеспечения высокого качества этого продукта [6].

Лактатоксидаза обнаружена у бактерий родов *Aerococcus*, *Pediococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*. L-лактатоксидаза бактерий *A. viridans* представляет собой флавопротеин, тетramer с молекулярной массой субъединицы 48 кДа [6]. Фермент проявляет строгую субстратную специфичность к L-лактату, а Константа Михаэлиса ферmenta составляет 5,3 мМ.

L-лактатоксидазная активность обнаружена также у дрожжей *Yarrowia lipolytica*, которые синтезируют фермент в процессе роста на L-лактате в качестве единственного источника углерода и энергии, а также при воздействии стрессоров (оксидантов, повышенной температуры) [2]. Фермент является тетramerом с молекулярной массой, равной 200–230 кДа, и субъединиц – 50–56 кДа.

Не смотря на высокую социальную значимость лактатоксидаз из литературных источников известно о небольшом количестве работ по характеристике, клонированию и секвенированию данного фермента. Известно, что ген лактатоксидазы (*lctO*) *S. iniae* кодирует полипептид, состоящий

из 398 аминокислот с молекулярной массой 44,7 кДа. При сравнении этого гена с генами, находящимися в базах данных GenBank и EMBL выявлено высокое сходство (200 идентичных участков) с L-лактатоксидазой *A. viridans* [7].

Материалы и методы. Источником структурного гена *lctO*, кодирующего аминокислотную последовательность лактатоксидазы, служила хромосомная ДНК выделенного нами ранее штамма *Streptococcus* sp. ДНК выделяли с помощью фенол-хлороформного метода. Ген *lctO* амплифицировали с помощью ПЦР, используя синтетические праймеры и Flash ДНК-полимеразу («АртБиоТех», Беларусь). Для подбора олигонуклеотидов применяли программное обеспечение SnapGene 1.1.3 («GLS Bioech LLC», США). На 5'-окончания праймеров были добавлены последовательности, комплементарные плазмиде pET24 b(+) («Novagen», США). Продукты амплификации детектировали методом электрофореза в агарозном геле.

Для качественного определения лактатоксидазной активности тест-полоски (фильтровальную бумагу с нанесенным индикаторным раствором, содержащим 1 мг пероксидазы (40 ед/мл по пирогаллолу), 40 мкл 85 % молочной кислоты, 8 мг о-дианизидина дигидрохлорида) помещали на изолированные колонии, выросшие на LB среде с добавлением канамицина. Для количественного определения лактатоксидазной активности полученных трансформантов, бактерии выращивали в течение 24 ч глубинным способом в колбах Эrlenmeyera в жидкой питательной среде LB, содержащей канамицин – 0,01 %. При достижении оптической плотности культуральной жидкости 0,6-1,0 ($\lambda=600$ нм) в среду вносили индуктор – изопропил- β -D-1-тиогалактопиранозид (CarlRoth, Германия) до конечной концентрации 1 мМ и продолжали культивирование в течение 5 ч при температуре 37°C.

По окончании глубинного культивирования микроорганизмов биомассу отделяли от культуральной жидкости центрифугированием при 8 000 g в течение 10 мин при комнатной температуре. Фильтраты культуральных жидкостей использовали для количественного определения лактатоксидазной активности. Наличие внутриклеточных лактатоксидаз проверяли после разрушения клеток ультразвуком (300 секунд при частоте 30 кГц и мощности 210 Вт/дм³). Полученный лизат использовали для анализов.

Определение активности лактатоксидазы проводили спектрофотометрически при длине волны 500 нм (A500, толщина кюветы = 1 см). За единицу активности лактатоксидазы принимали такое количество фермента, которое катализирует превращение 1 мкмоль молочной кислоты в пировиноградную кислоту за 1 мин [8].

Результаты исследования и их обсуждение. Основываясь на литературных данных, был проведен сравнительный анализ известных последовательностей генов микроорганизмов, кодирующих фермент лактатоксидазу. Определена нуклеотидная последовательность ДНК *Streptococcus* sp., соответствующая гену лактатоксидазы. Выделен ген *lctO*, кодирующий данный фермент. Установлено, что ген *lctO* кодирует полипептид размером 39,7 кДа, не имеет инtronных последовательностей и не содержит редких кодонов, что позволило использовать его в качестве реципиента *Escherichia coli*.

На основе плазмиды pET24 b(+) сконструирован вектор для переноса гена *lctO* в клетки *E. coli* (рисунок 1). Проведена трансформация клеток *E. coli*. Отбор трансформантов, содержащих вектор, осуществляли путем их культивирования на среде LB с канамицином.

Анализ способности полученных трансформантов синтезировать лактатокисляющие ферменты проводили в два этапа: путем высева на агаризованные среды и глубинного культивирования.

На первом этапе были отобраны 40 трансформантов на основании изменения окраски фильтровальной бумаги от светло-желтой до ярко-оранжевой и красно-коричневой. Дальнейший анализ позволил отобрать 2 штамма *E. coli* pET24 b(+) LAC S3 и *E. coli* pET24 b(+) LAC S4, характеризующиеся уровнем продукции лактатоксидазы 0,5-1,0 ед/мл (рисунок 2).

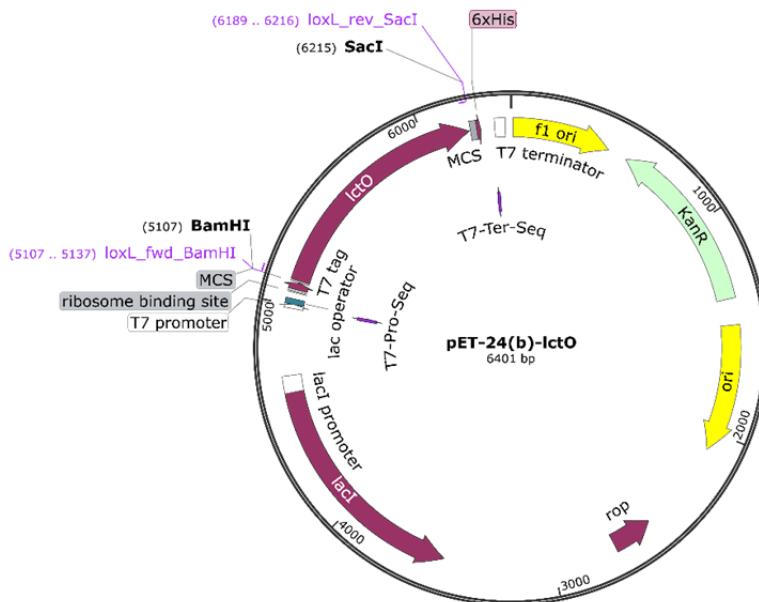


Рисунок 1. – Карта генетической конструкции, несущей ген *lctO Streptococcus* sp.

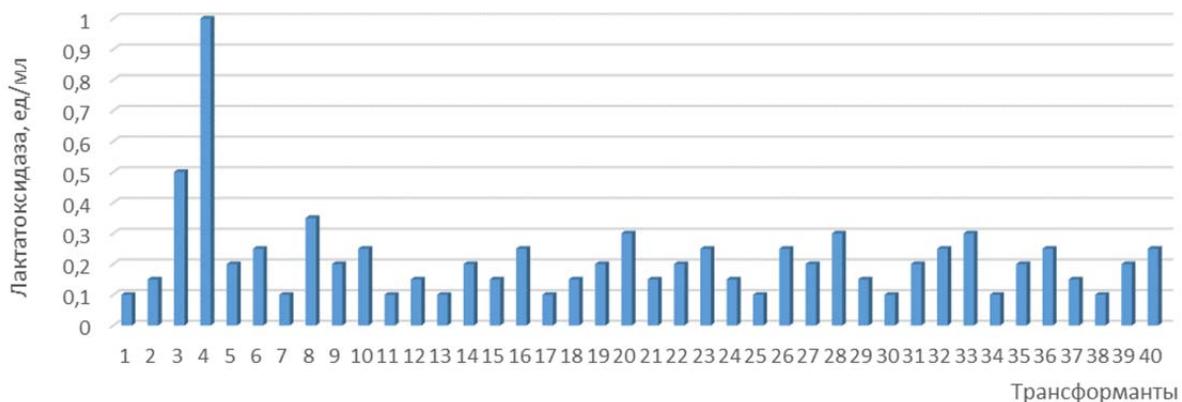


Рисунок 2. – Лактатоксидазная активность трансформантов *E. coli*.

Заключение. Таким образом, сконструирован вектор, несущий ген *lctO Streptococcus* sp. Получены рекомбинантные штаммы *E. coli* pET24 b(+) LAC S3 и *E. coli* pET24 b(+) LAC S4, производящие лактатоксидазы. Данные штаммы будут использованы для дальнейшей работы по оптимизации продукции фермента.

Список использованных источников

1. The 2.1 Å structure of *Aerococcus viridans* L-lactate oxidase (LOX) / I. Leiros [et al.] // Acta Crystallogr. Sect. F. Struct. Biol. Cryst. Commun. – 2006. – V. 62. – P. 1185–1190.
2. Бирюкова, Е.Н. L-лактатоксидазные системы микроорганизмов / Е.Н. Бирюкова, А.Ю. Аринбасарова, А.Г Меденцев // Микробиология. – 2022. – Т. 91, № 2. – С. 150–159.
3. Gladden, L.B. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium / L.B. Gladden // J. Physiol. – 2004. – V. 558. – P. 5–30.
4. Rise in plasma lactate concentrations with psychosocial stress: a possible sign of cerebral energy demand / B. Kubera [et al.] // Obes. Facts. – 2012. – V. 5. – P. 384–392.
5. Rational engineering of *Aerococcus viridans* L-lactate oxidase for the mediator modification to achieve quasi-direct electron transfer type lactate sensor / K. Hiraka [et al.] // Biosens. Bioelectron. – 2019. – V. 151. – P. 111974.
6. Crystallization and preliminary X-ray diffraction study of L-lactate oxidase (LOX), R181M mutant, from *Aerococcus viridans* / Y. Umena [et al.] // Acta Cryst. – 2005. – V. 61. – P. 439–441.
7. Cloning and Analysis of the L-Lactate Utilization Genes from *Streptococcus iniae* / A. Gibello [et al.] // Applied and environmental microbiology. – 1999. – Vol. 65, № 10. – P. 4346–4350.
8. Determination of Blood Lactate Concentration: Reliability and Validity of a Lactate Oxidase-based Method / R. White [et al.] // International Journal of Exercise Science. – 2009. – Vol. 2, Iss. 2. – P. 83–93.

УДК 579.222+577.152.531+664.0

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИПАЗЫ *YARROWIA LIPOLYTICA* В СЫРОДЕЛИИ

О.Д. Левчук¹, А.А. Неверко², Л.И. Сапунова¹

¹Институт микробиологии НАН Беларусь, Минск

²Белорусский государственный университет, Минск

Аннотация. Получен препарат гомогенной внеклеточной липазы *Yarrowia lipolytica* 142. Показана возможность ее использования в сыроделии как импортозамещающего аналога липолитического фермента животного происхождения.

Ключевые слова: микробная липаза, характеристика фермента, применение, пищевая промышленность.

Введение. Липаза (КФ 3.1.1.3) – фермент класса гидролаз, катализирующий гидролиз триацилглицеридов с образованием жирных кислот и глицерина. Она находит применение в лабораторной диагностике, производстве лекарственных средств, косметики, бытовой химии, пищевой продукции [1, 2]. В процессе производства сыров липаза катализирует гидролиз триглицеридов молочного жира, что сопровождается сокращением сроков созревания сырных продуктов и приданием им характерных вкусов и ароматов [3].

Липазу синтезируют животные (ткани поджелудочной железы, съчуги коз, ягнят, молодняка крупного рогатого скота), растения (папайя, ананас, молочай, семена клещевины, рапса и др.) и микроорганизмы. Однако наибольший потенциал в качестве промышленного биокатализатора представляет микробная липаза вследствие простоты ее получения и выделения.

Материалы и методы. В качестве наиболее перспективных продуцентов липазы рассматривают дрожжи р. *Yarrowia*. Липазы дрожжей субстрат-специфичны и стабильны в широком диапазоне физико-химических условий катализа. Преимущественно внеклеточная локализация липолитических ферментов позволяет легко выделять и очищать их, что снижает производственные затраты и делает эти микроорганизмы предпочтительными продуцентами ферментных белков [4].

Объект исследования – внеклеточная липаза штамма *Yarrowia lipolytica* 142 (далее *Y. lipolytica*), полученного из Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов.

На предыдущих этапах работы нами был получен препарат очищенной липазы, синтезируемой штаммом *Y. lipolytica* [5]. Для определения возможности использования фермента в производстве сыра устанавливали зависимость его активности от температуры. Согласно представленному графику (рис. 1), максимум каталитического действия липазы *Y. lipolytica* проявляется в диапазоне температуры 40–50 °C (рис. 1).

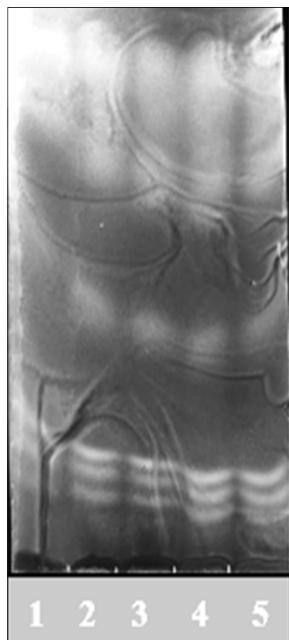


Рисунок 1. – Влияние температуры на активность липазы *Yarrowia lipolytica*

Технологии, применяемые в сыроделии в Республике Беларусь, предполагают четкое соблюдение термо-временных режимов. Основной этап формирования молочного сгустка происходит при температуре 40 °C, что позволяет сделать вывод о возможности использования липазы *Y. lipolytica* в производстве сыра.

В лабораторных условиях оценена способность липолитического фермента *Y. lipolytica* гидролизовать жиры молока. Анализ продуктов их ферментативного гидролиза проводили методом тонкослойной хроматографии на силикагелевых пластинах («Merck KGaA», Германия) в системе растворителей гексан – диэтиловый эфир – ледяная уксусная кислота. Продукты реакции проявляли спиртовым раствором фосфомолибденовой кислоты при 180°C в течение 10 мин.

Результаты исследования и их обсуждение. Результат хроматографического разделения продуктов гидролиза показал сходный профиль насыщенных и ненасыщенных жирных кислот при гидролизе молока липазой (5 и 10 единиц активности) *Y. lipolytica* и прегастральными липазами телят и козлят (рис. 2).



1 – контроль (молоко); 2, 3 – 5 и 10 единиц липазы, соответственно;
4, 5 – прегастральные липазы козлят и телят, соответственно

Рисунок 2. – Хроматограмма продуктов ферментативного гидролиза жиров молока (в негативном изображении)

В РУП «Институт мясо-молочной промышленности» с применением дрожжевой липазы и коммерческих препаратов прегастральных липаз телят и козлят изготовлены экспериментальные образцы сыра и проанализирован их жирнокислотный профиль. Результаты анализа показали практически полное соответствие массовых долей насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в сырах, приготовленных с использованием липаз животного и микробного происхождения.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования микробного фермента в процессе производства сыра взамен липазы животного происхождения.

Заключение. Дальнейшие исследования будут посвящены изучению органолептических свойств сыра, произведенного с использованием отечественной дрожжевой липазы и фермента животного происхождения. Для определения качества сыра планируется исследование его органолептических показателей – внешнего вида, вкуса, запаха, консистенции, рисунка и цвета.

Список использованных источников

1. Treichel, H. A review on microbial lipases production / H. Treichel [et al.] // Food Bioprocess Technol. – 2010. – Vol. 3. – P. 182–196.
2. Franken, L.P.G. Effect of treatment with compressed propane on lipases hydrolytic activity / L.P.G. Franken // Food Bioprocess Technol. – 2010. – Vol. 3, № 4. – P. 511–520.
3. Andualem, B. Microbial lipases and their industrial applications: re-view / B. Andualem, A. Gessesse // Biotechnol. – 2012. – Vol. 11, No. 3. – P. 100-118.
4. Bharathi, D. Microbial lipases: An overview of screening, production and purification / D. Bharathi, G. Rajalakshmi // Biocatal. Agric. Biotechnol. – 2019. – Vol. 22 :101368. doi: 10.1016/j.bcab.2019.101368.

5. Левчук О.Д., Сапунова Л.И. Выделение и очистка липазы дрожжей *Yarrowia* species для использования в сыроделии // XI Междунар. науч. конф. мол. ученых: биоинформатиков, биотенологов, биофизиков, вирусологов, молекулярных биологов и специалистов фундаментальной медицины – 2024 («OpenBio–2024»), РФ, Новосибирская обл., наукоград Кольцово, 24–27.09.2024. : сб. тез. – АНО «Инновационный центр Кольцово. – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2024. – С. 173–174.

УДК 579.842.15:636.5

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДЕТЕКЦИИ БАКТЕРИЙ РОДА *SALMONELLA*

С.Р. Панькова, Ч.Р. Галиева

Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

Аннотация. В данной работе рассматриваются микробиологические подходы к идентификации бактерий рода *Salmonella*. Проведенное сопоставление различных методик позволяет оценить их диагностическую эффективность, аналитическую чувствительность, скорость получения данных и экономические аспекты применения.

Ключевые слова: *Salmonella*, детекция, сравнительный анализ, культуральный метод, ПЦР, ИФА, ДНК, преимущества, ограничения.

Введение. Птицеводство представляет собой экономически значимую отрасль, обеспечивающую население сырьем и пищевой продукцией. В условиях растущего спроса на мясную продукцию актуальной задачей становится не только увеличение объемов производства, но и гарантирование высокого качества и конкурентоспособности продукции в рамках глобальной торговой системы. Особое внимание при этом уделяется безопасности продукции птицеводства, поскольку пищевые токсикоинфекции остаются серьезной проблемой для перерабатывающей промышленности. Существенную угрозу для потребителя представляет продукция, полученная от птиц, инфицированных заболеваниями, в частности, сальмонеллезом [1, 2].

Бактерии рода *Salmonella*, включающие более 2500 серотипов, являются частой причиной пищевых инфекций у людей, проявляя патогенные свойства. Обнаружение данных микроорганизмов в пищевых продуктах, воде и на различных поверхностях играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и профилактике вспышек заболеваний. Целью настоящего исследования явилось проведение сравнительного анализа классических и современных методов детекции бактерий рода *Salmonella* по таким критериям, как чувствительность, специфичность, продолжительность анализа и практическая применимость в условиях производственного контроля. В настоящем обзоре проводится сравнение основных микробиологических методов детекции *Salmonella*, анализируются их сильные и слабые стороны [3, 4].

Материалы и методы. Для сравнительной оценки методов детекции *Salmonella* был проведен анализ 50 образцов продукции птицеводства (куриное мясо, фарш, субпродукты). Каждый образец исследовали параллельно тремя методами: культуральным по ГОСТ 31659-2012, методом ПЦР в реальном времени с детекцией в режиме "после реакции" и иммуноферментным анализом (ИФА) с использованием коммерческих тест-систем для выявления группоспецифических антигенов *Salmonella*.

Культуральный метод включал этапы неселективного обогащения в забуференной пептонной воде, селективного обогащения в средах Раппопорта-Вассилиадиса и селенитовой среде с последующим высеиванием на дифференциально-диагностические среды (XLD-агар и агар Эндо). Идентификация изолятов проводилась с использованием биохимических тест-систем («ПБДЭ») и серологической агглютинации.

ПЦР-анализ проводился с использованием коммерческих наборов реагентов, нацеленных на консервативный участок гена *invA*. Подготовка проб включали выделение ДНК из обогатительной бульонной культуры. Амплификация и детекция проводились на амплификаторе с флуоресцентной детекцией.

ИФА выполнялся в соответствии с инструкцией производителя тест-системы. Учет результатов проводился фотометрически на планшетном ридере.

Результаты исследования. Сравнительный анализ показал различную эффективность примененных методов.

Культуральный метод позволил подтвердить наличие *Salmonella* в 8 образцах (16%). При этом был выделен 1 изолят, который не детектировался серологически из-за аутоагглютинации. Основным недостатком метода стала длительность анализа, составившая в среднем 4-5 дней для получения окончательного результата.

Метод ПЦР показал наличие ДНК *Salmonella* в 10 образцах (20%). Результаты были получены в течение 1 рабочего дня, включая этап обогащения и подготовки проб. Высокая чувствительность метода позволила детектировать возбудителя в двух образцах, давших отрицательный результат при культивировании и ИФА.

Иммуноферментный анализ (ИФА) выявил антигены *Salmonella* в 7 образцах (14%). Результаты были получены в течение 24 часов. Однако в одном случае был зафиксирован ложноположительный результат, который не подтвердился ни культуральным методом, ни ПЦР, что может быть связано с перекрестной реактивности.

Сводные данные по результативности методов представлены в таблице.

Таблица – Сравнительная результативность методов детекции *Salmonella* (n=50)

Метод	Число положительных образцов	Процент выявляемости	Время до результата
Культуральный (посев)	8	16%	4-5 дней
ПЦР	10	20%	24 часа
ИФА	7*	14%	24 часа

*С учетом одного ложноположительного результата.

Результаты исследования и их обсуждение. Полученные данные демонстрируют значимые различия в аналитических возможностях исследованных методов. Наибольшую чувствительность продемонстрировал метод ПЦР, что согласуется с литературными данными о его способности выявлять не только жизнеспособные, но и некультивируемые или поврежденные клетки патогена [5]. Два образца, положительных только в ПЦР, могут свидетельствовать либо о низком уровне контаминации, недостаточном для выявления другими методами, либо о присутствии ДНК нежизнеспособных клеток, что является одновременно преимуществом и ограничением метода ПЦР в контексте пищевой безопасности.

Несколько более низкая выявляемость культуральным методом по сравнению с ПЦР может быть объяснена как присутствием ингибиторов роста в образцах, так и возможностью наличия поврежденных клеток, не способных к размножению на питательных средах. Однако только этот метод позволяет получить чистую культуру возбудителя, что незаменимо для дальнейшего эпидемиологического типирования, изучения биологических свойств изолятов и определения антибиотикорезистентности [6, 7].

Результаты, полученные методом ИФА, оказались наименее согласованными с другими методами. Ложноположительный результат, вероятно, обусловлен перекрестной реакцией с антигенами других представителей энтеробактерий. Это подтверждает известное ограничение иммунологических методов, связанное с их специфичностью, которая зависит от качества применяемых антител [8-11]. Преимуществом ИФА остается высокая скорость и пригодность для скрининга большого количества образцов.

Таким образом, ни один из методов не является абсолютно универсальным. Высокая чувствительность ПЦР делает его идеальным инструментом для экспресс-контроля и принятия предварительных решений. Культуральный метод остается "золотым стандартом" для окончательного подтверждения и характеристики изолятов. ИФА может эффективно использоваться в качестве скринингового инструмента в производственных условиях при условии подтверждения положительных результатов альтернативным методом.

Заключение. Проведенное исследование позволило на практике сравнить эффективность трех основных методов детекции *Salmonella* в продуктах птицеводства. Полученные результаты подтверждают, что метод ПЦР обладает наибольшей аналитической чувствительностью и скоростью, что оправдывает его применение для оперативного внутреннего контроля и экспресс-диагностики. Культуральный метод, несмотря на трудоемкость и длительность, остается незаменимым для референс-диагностики, так как предоставляет живой изолят для дальнейшего изучения. Метод ИФА

является быстрым и удобным для скрининга, но требует валидации для конкретных матриц и подтверждения специфичности.

Оптимальным подходом для обеспечения максимальной достоверности при контроле безопасности пищевой продукции является комбинированное применение методов. Например, использование ПЦР или ИФА для быстрого скрининга с последующим культуральным подтверждением всех положительных образцов. Это позволяет сочетать оперативность и высокую специфичность, обеспечивая выпуск безопасной продукции и соответствие требованиям технических регламентов (ТР ЕАЭС 051/2021).

Список использованных источников

1. Андреева, А. В. Технология и ветеринарно-санитарная экспертиза мяса и мясных продуктов : учебно-методическое пособие / А. В. Андреева, Ч. Р. Галиева. – Уфа : Башкирский государственный аграрный университет, 2021. – 128 с.
2. Галиева, Ч. Р. Входной контроль на мясоперерабатывающем предприятии / Ч. Р. Галиева, Е. В. Филипова, О. А. Сабирова // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции: Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Курганской области, с. Лесниково, Кетовский район, Курганская обл., 19 марта 2018 года / Под общей редакцией С.Ф. Сухановой. – с. Лесниково, Кетовский район, Курганская обл.: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2018. – С. 428-430.
3. Козак, С. С. Совершенствование методов выявления сальмонелл и *Staphylococcus aureus* в мясе птицы, субпродуктах и полуфабрикатах из мяса птицы / С. С. Козак // Мировое и российское птицеводство: динамика и перспективы развития – научные разработки по генетике и селекции сельскохозяйственной птицы, кормлению, инновационным технологиям производства и переработки яиц и мяса, ветеринарии, экономики отрасли : Материалы XXI Международной конференции, Сергиев Посад, 23–25 сентября 2024 года. – Сергиев Посад, 2024. – С. 793-797.
4. Рузина, А. В. Диагностика сальмонеллеза птиц с использованием ПЦР-наборов разных производителей / А. В. Рузина // Аграрная наука. – 2024. – № 8. – С. 46-50. – DOI 10.32634/0869-8155-2024-385-8-46-50.
5. Козак, С. С. К вопросу совершенствования методов выявления сальмонелл и *Staphylococcus aureus* в продуктах убоя птицы / С. С. Козак, Г. А. Степанова // Научно-техническое обеспечение эффективности и качества производства продукции АПК : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ВНИИПП, Ржавки, 26 декабря 2024 года. – Ржавки: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства РАН, 2024. – С. 80-84.
6. Шадрова, Н. Б. Антибиотикорезистентность изолятов сальмонелл, выделенных из продуктов животного происхождения / Н. Б. Шадрова, О. В. Прунтыова, Е. А. Корчагина // Ветеринария сегодня. – 2022. – Т. 11, № 1. – С. 27-34.
7. Галкин, А. О микробиологических методах анализа сальмонеллы в мясе птицы / А. Галкин, Е. Трепалина // Мясной ряд. – 2019. – № 1(75). – С. 56-67.
8. Сунагатуллина, Э. Р. Методы выявления сальмонелл / Э. Р. Сунагатуллина, Ч. Р. Галиева // Зыкинские чтения: Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора медицинских наук, профессора Леонида Федоровича Зыкина, Саратов, 28 апреля 2022 года. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2022. – С. 211-213.
9. Сравнительная оценка качества питательных сред выявления бактерий рода Сальмонелла / Г. С. Скитович, К. В. Серова, Н. Б. Шадрова, О. В. Прунтыова // Ветеринария сегодня. – 2016. – № 2(17). – С. 39-45/
10. Ручнова, О. И. Биологические свойства изолятов бактерий рода *Salmonella* / О. И. Ручнова, Е. С. Куркина // Евразийский союз ученых. – 2016. – № 30-1. – С. 11-14. – EDN WZTRHT.
11. Киселева, Е. П. Новая тест-система для детекции наличия сальмонелл в пищевых продуктах методом конкурентного иммуноферментного анализа / Е. П. Киселева, К. И. Михайлопуло, О. В. Свиридов // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. – 2025. – Т. 70, № 1. – С. 55-68.

ПРОДУКЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА СВОЙСТВ β -ФРУКТОФУРАНОЗИДАзы МИЦЕЛИАЛЬНОГО ГРИБА *ASPERGILLUS NIGER* ФФ В-4

И.О. Тамкович¹, О.Д. Левчук¹, Л.И. Сапунова¹, А.С. Мозоль²

¹Институт микробиологии НАН Беларусь, Минск

²Белорусский государственный университет, Минск

Аннотация. Исследована динамика синтеза внеклеточной β -фруктофуранозидазы *Aspergillus niger* ФФ-В4 в среде со специфическим субстратом. Охарактеризованы каталитические свойства ферментного белка. Штамм *A. niger* ФФ-В4 – потенциальный продуцент коммерчески востребованного биокатализатора для пищевой промышленности.

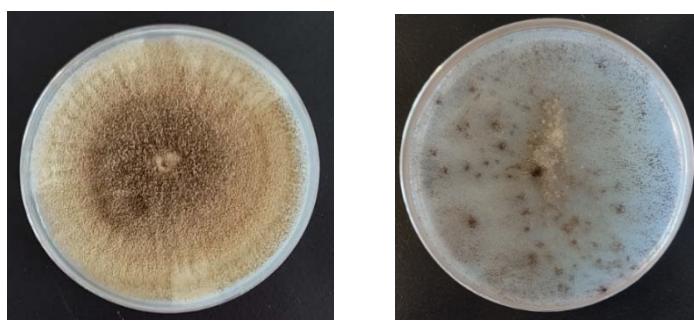
Ключевые слова: β -фруктофуранозидаза, физиолого-биохимическая характеристика штамма, свойства фермента, применение, пищевая промышленность.

Введение. β -фруктофуранозидаза (КФ 3.2.1.26), известная также как инвертаза, катализирует реакцию гидролиза сахарозы с образованием эквивалентных количеств глюкозы и фруктозы. Смесь этих углеводов называют инвертным сахаром, широко используемым в качестве подсластителя и антикристаллизационного средства в пищевой промышленности [1, 2].

Ранее нами получены 4 изолята мицелиальных грибов, растущих в средах с высоким содержанием сахарозы и синтезирующих β -фруктофуранозидазу внеклеточной локализации. Из них изолят ФФ-В4, выделявшийся максимальной продукцией фермента, отобран в качестве возможного продуцента коммерчески востребованного биокатализатора [3].

Материалы и методы. Цель настоящей работы – исследование динамики синтеза β -фруктофуранозидазы *Aspergillus niger* ФФ-В4 в среде со специфическим субстратом и предварительная характеристика каталитических свойств ферментного белка.

Установлено, что на агаризованной среде Сабуро изолят ФФ-В4 образует пушистые колонии правильной округлой формы, диаметром 7,5–8,0 см, слабо выпуклые, радиально-складчатые. Цвет колоний сначала белый, со временем приобретающий оливково-коричневый цвет. На агаре Чапека с сахарозой (10 %) колонии пушистые, размером 3,5–4,0 см, слабо выпуклые, неправильной формы, изначально белые, а затем, по мере образования спор, приобретающие оливково-коричневый цвет (рисунок 1).



1

2

Рисунок 1. – Изолят ФФ-В4 на среде Сабуро (1)
и агаре Чапека с 10% сахарозой (2)

На основании физиолого-биохимических признаков, а также спектральных характеристик белков, полученных с использованием матрично-активированной лазерной десорбции/ионизации с времяпролетной масс-спектрометрией (MALDI-TOF MS), изолят ФФ-В4 идентифицирован как *Aspergillus niger* (далее *A. niger* ФФ-В4) и депонирован в Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов под номером БИМ-Ф-863 Д.

Согласно заключению о ветеринарно-токсикологических исследованиях штамм *Aspergillus niger* ФФ-В4 является непатогенным, нетоксичным и нетоксигенным.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты, полученные в динамике синтеза β -фруктофуранозидазы *A. niger* ФФ-В4 в условиях глубинного культивирования в среде со свекловичной мелассой, приведены в таблице. Как видно, максимальная продукция фермента (45,4–47,2 ед/мл) и его удельная активность (156,6–143,0 ед/мг белка) отмечались на 5–6 сут роста гриба.

Таблица – Синтез β -фруктофуранозидазы *A. niger* ФФ-В4 в условиях глубинного культивирования

Длительность культивирования, сут	рН	Белок, мг/мл	<i>β</i> -Фруктофуранозидаза:	
			ед/мл	ед/мг белка
1	5,0±0,25	0,13±0,007	1,2±0,06	9,2±0,41
2	4,9±0,25	0,17±0,009	2,7±0,14	15,9±0,67
3	5,2±0,26	0,24±0,012	5,3±0,27	22,1±0,99
4	5,3±0,27	0,26±0,013	15,3±0,77	58,9±1,85
5	5,8±0,29	0,29±0,015	45,4±2,27	156,6±6,58
6	5,7±0,29	0,33±0,017	47,2±2,36	143,0±6,87

Для получения частично очищенной β -фруктофуранозидазы *A. niger* ФФ-В4 выращивали глубинным способом в питательной среде с мелассой в колбах объемом 2 л с 1 л среды при температуре 26°C в течение 5–6 сут. Биомассу *A. niger* ФФ-В4 отделяли от культуральной жидкости центрифугированием при 10000 g в течение 10 минут. Из сконцентрированного бесклеточного фильтрата культуральной жидкости выделяли ферментный белок методом осаждения этанолом (80%). Осадок промывали этиловым спиртом (80%), растворяли в дистиллированной воде и использовали для исследования свойств β -фруктофуранозидазы.

Определены рН и термооптимум действия β -фруктофуранозидазы *A. niger* ФФ-В4. Как видно из представленных на рисунке 2 данных, фермент гидролизует специфический субстрат в широком диапазоне активной кислотности среды. С максимальной скоростью β -фруктофуранозидаза инвертирует сахарозу при рН 4,2–5,0, а при рН 3,0 проявляет около 28,3% своей максимальной активности и 8,0% – при рН 7,8.

Температурный оптимум действия β -фруктофуранозидазы *A. niger* ФФ-В4 отмечается при 60 °C. При понижении температуры до 30 и 25 °C активность фермента снижается соответственно на 70,2 и 74,9% от установленного максимума. В диапазоне сверхоптимальных температур β -фруктофуранозидаза *A. niger* ФФ-В4 резко теряет катализическую активность и при 80 °C практически не активна.

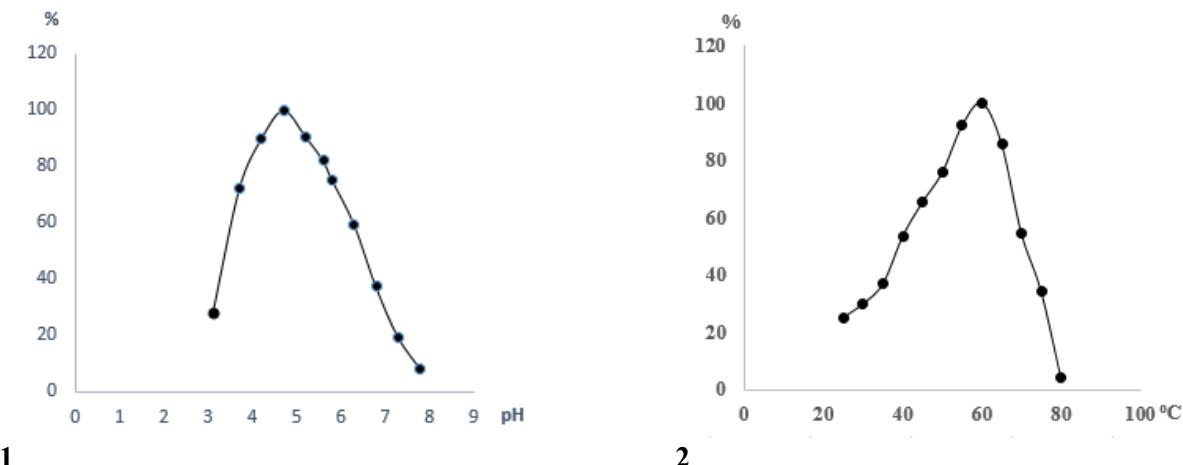


Рисунок 2. – Влияние рН (1) и температуры (2) на активность β -фруктофуранозидазы *A. niger* ФФ-В4

Определены также термо- и рН-стабильность β -фруктофуранозидазы *A. niger* ФФ-В4. Установлено, что при температуре 55°C и рН 4,7 фермент стабилен в течение 2 ч (рисунок 3). При 60°C и рН 4,7 активность фермента снижается на 30,4% после 60 мин инкубации, а через 120 мин – на

96,2 %, тогда как при 65°C в тех же условиях кислотности резкое падение активности β -фруктофуранозидазы происходит в течение 15 мин: остаточная активность составляет всего 20,4 %.

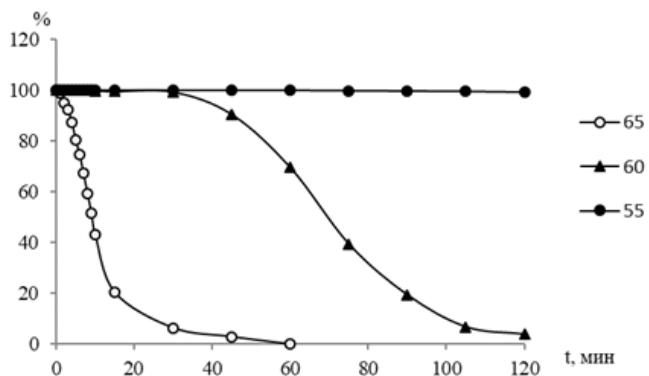


Рисунок 3. – Термостабильность β -фруктофуранозидазы при 55, 60, 65 °C *A. niger* ФФ-В4

Как видно из рисунка 4, в течение 1 ч инкубации в ацетатном буфере (pH 4,2) при 60 °C активность β -фруктофуранозидазы *A. niger* ФФ-В4 постепенно снижается и составляет 76,5 % от исходной величины. В течение исследованного времени и в названных температурных условиях фермент стабилен при pH 4,7–5,0 С, а при pH 6,0 активность β -фруктофуранозидазы резко снижается и составляет всего 50,8% от начальной величины.

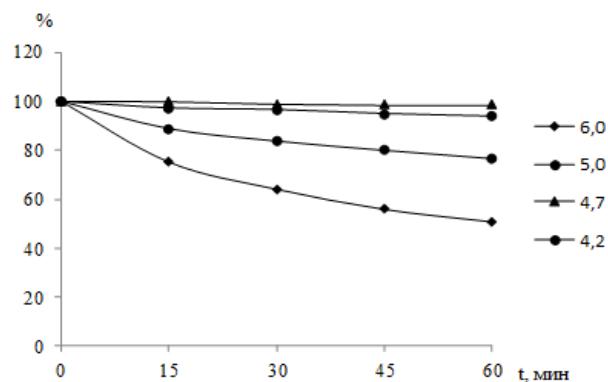


Рисунок 4. – pH-стабильность β -фруктофуранозидазы *A. Niger* ФФ-В4

Заключение. Таким образом, синтез грибом *A. Niger* ФФ-В4 внеклеточной β -фруктофуранозидазы с высокой удельной активностью, а также стабильность фермента в условиях, предполагающих его использование для получения инвертных сахарных сиропов, позволяют предлагать новый штамм *A. Niger* ФФ-В4 в качестве основы для разработки технологии получения импортозамещающего биокатализатора для пищевой промышленности.

Список использованных источников

1. Fructosyltransferases and Invertases: Useful Enzymes in the Food and Feed Industries / L. E. Toledo, D. Martinez, E.R. Cruz, L. Rivera-Intrago // Enzymes in Food Biotechnology. – Elsevier Inc., 2019. – Chapter 26. – P. 451–469. – DOI: 10.1016/B978-0-12-813280-7.00026-8.
2. A review on invertase: Its potentials and applications / H. Manoochehri, N.F. Hosseini, M. Saidijam, M. Taheri // Biocat. Agric. Biotechnol. – 2020. – Vol. 25. – P.793–797. – DOI: 10.1016/j.bcab.2020.101599.
3. Тамкович И.О., Лобанок А.Г., Сапунова Л.И. Синтез внеклеточной β -фруктофуранозидазы представителями родов *Bacillus*, *Saccharomyces* и *Aspergillus* // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: матер. XIV Междунар. науч. конф., Минск, 2–7 июня 2025 г. / орг. ком.: А.А. Шепшелев (пред.) [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2025. – С. 172–173.

БИОТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 636.087.8:632.9

ПРИМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА БИТОКСИБАЦИЛЛИН ПРОТИВ БОЯРЫШНИЦЫ НА ПОСАДКАХ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ

Н.Н. Безрученок, С.В. Тыновец

Полесский государственный университет, г. Минск

Аннотация. Биологическая эффективность препарата битоксибациллин против гусениц боярышницы (*Aporia crataegi L.*) на посадках голубике высокорослой достигла максимальных значений в период между третьими и пятнадцати сутками после обработки при норме расхода препарата 1,5 и 2,0 кг/га и составила, соответственно, 72,8% и 73,2 %. Статистический анализ данных показал, что не существует достоверных отличий в биологической эффективности битоксибациллина при норме расхода препарата 1,5 кг/га и 2,0 кг/га. Следовательно, использование нормы расхода препарата 1,5 кг/га позволит существенно снизить затраты на проведение обработок биологическим препаратом битоксибациллин посадок голубики высокорослой.

Ключевые слова: голубика высокорослая, боярышница, *Aporia crataegi L.*, биологические препараты, битоксибациллин.

Введение. Голубика высокорослая (*Vaccinium covillianum L.*) представляет собой листопадный кустарник, являющийся типичным представителем рода Вакциниум семейства Вересковые. Голубика высокорослая из всех видов голубики введена в культуру первой и наиболее широко распространена среди других видов [1].

Оценка фитосанитарной ситуации, проведенная сотрудниками лаборатории защиты плодовых и ягодных культур РУП «Институт защиты растений» на посадках голубики высокорослой свидетельствует о том, что на территории Республики Беларусь видовой состав фитофагов представлен 28 видами из 13 семейств 5 отрядов, среди которых самым многочисленным является отряд чешуекрылые (*Lepidoptera*) – 17 видов. В отдельные годы исследований заселенность различными видами чешуекрылых плантаций голубики высокорослой доходила до 78% [2].

Боярышница (*Aporia crataegi L.*) является широко распространенным вредителем плодовых и ягодных культур. Гусеницы с заметной темной головой, коричневато-серого цвета, сверху черные, покрыты не густо мелкими светлыми волосками. Гусеницы имеют по 8 пар ног. Куколки бугристые светло-желтого или серовато-белого цвета с черными точками и пятнами, длиной около 2,5 см. Бабочки, появляются в мае-июне, лет длится один месяц. Бабочки летают открыто, предпочитает прогретые солнечные места. В годы массового размножения встречаются у луж, по обочинам дорог, у водоемов. Питаются на цветках многих растений. Молодые гусеницы держатся вместе, после двукратной линьки зимуют. Гусеницы второго-третьего возраста зимуют в своеобразных гнездах, сплетенных из нескольких сухих листьев при помощи паутины. В гнезде более 40 гусениц, каждая из них находится в отдельном полушаровидном коконе. Гусеницы выходят из гнезда и начинают питаться в период распускания почек растений, выгрызая их полностью. Для выхода гусениц из гнезд достаточно среднесуточной температуры 7-8°C. В дальнейшем они повреждают листья, порой оставляя после себя только сетку жилок. Вначале живут вместе, укрываясь от непогоды в общем гнезде, позже стадный инстинкт ослабевает. Перед окукливанием гусеницы расползаются. Боярышница повсеместно дает одно поколение [3].

Для контроля численности насекомых-фитофагов ягодных культур находит эффективное применение биологический препарат битоксибациллин. Действующей основой битоксибациллина являются бактериальные споры, белковые кристаллы (дельта-эндотоксин) и термостабильный б-эндотоксин культуры *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*. Инертные наполнители обеспечивают сохранность, смачиваемость, растекаемость и стабильность препарата [4].

Эффективность препарата зависит от качества проведенной обработки, фазы развития и возраста вредителя, вида фитофага и погодных условий. Максимальный защитный эффект достигается

при обработке растений в ранние сроки развития фитофагов (1-3 возраст). Повреждение листьев гусеницами значительно снижается уже через сутки.

Биологическая эффективность Битоксибациллин проявляется на трети-пятые сутки после обработки, хотя интенсивность питания насекомых, а, следовательно и вредоносность их, снижается уже через сутки после обработки.

Битоксибациллин применяют способом опрыскивания. При обработках тщательно опрыскивают растения со всех сторон, особенно нижнюю часть листьев, где находятся яйцекладки большинства вредителей. Растения обрабатывают в утренние или вечерние часы. Применение препарата не рекомендуется при температуре воздуха ниже плюс 13°C и при осадках в виде дождя или обильных рос. При выпадении осадков проводят повторную обработку. Приготовленную суспензию используют в течение 2-3 часов, затем ее эффективность снижается. Срок ожидания составляет 5 дней, что позволяет производить обработку незадолго до сбора урожая [4].

Используют битоксибациллин в любую фазу развития растений на участках, расположенных в непосредственной близости от зеленых и ягодных культур, мест массового отдыха и водоемов. Не обладает фитотоксичностью, не накапливается в растениях и плодах. В почве препарат быстро разлагается, не загрязняет окружающую среду. Битоксибациллин относится к четвертому классу опасности. При применении в рекомендуемых нормах расхода Битоксибациллин безопасен для человека, теплокровных животных, рыб, гидробионтов, пчел и энтомофагов. Биопрепарат может быть эффективно использован для решения проблемы резистентности популяций насекомых-вредителей к химическим пестицидам. Битоксибациллин совместим с химическими пестицидами и биологическими препаратами в баковых смесях и системах интегрированной защиты растений [4].

Цель наших исследований заключалась в оценке эффективности биологического инсектицида битоксибациллин против гусениц боярышницы на голубике высокорослой.

Материал и методы. Полевые исследования были проведены на посадках голубики высокорослой (*Vaccinium covillianum* L.) производственного участка колхозного фермерского хозяйства «Синяя птица» Ганцевичского района Брестской области. Сорт голубики высокорослой – Блюкроп. Растения голубики выращивались в соответствии с общепринятой технологией возделывания. Опрыскивание насаждений голубики высокорослой биопрепаратором проводили после массового отрождения гусениц боярышницы.

Рабочий раствор препарата Битоксибациллин готовили в день обработки исходя из норм расхода препарата в соответствии со схемой исследований. Биоинсектицид размешивали в чистой водопроводной воде температурой 20 °C. Опрыскивание плодоносящих насаждений голубики высокорослой проводили в сухую безветренную пасмурную погоду при температуре воздуха 20 °C в вечернее время. В контрольном варианте вносили воду без биопрепарата. Исследования проведены в четырехкратной повторности, одна повторность соответствует площади делянки 25 м². Норма расхода рабочей жидкости при проведении обработки биоинсектицидом Битоксибациллин составила 800 л/га.

Биологическая эффективность биопрепарата была оценена путем проведения подсчета количества погибших гусениц боярышницы на учетных делянках опыта на трети, пятые, седьмые и девятые сутки после проведения обработки. Биологическая эффективность биоинсектицида была рассчитана по общепринятой методике. Полученные данные статистически обработаны с помощью компьютерной программы Microsoft Excell.

Результаты исследования и их обсуждение. Полученные результаты исследований по определению биологической эффективности препарата битоксибациллин против гусениц 1-3 возраста боярышницы (*Aporia crataegi* L.) показали, что на трети сутки после обработки биологическая эффективность составила при норме расхода препарата 0,5 кг/га 31,0%, 1,0 кг/га – 41,2%, 1,5 кг/га – 49,8%, 2,0 кг/га – 51,5% (рисунок).

Биологическая эффективность препарата в период между третими и пятymi сутками после обработки достигла максимального значения и составила при норме расхода препарата 0,5 кг/га 36,8%, 1,0 кг/га – 53,2%, 1,5 кг/га – 72,8%, 2,0 кг/га – 73,2%.

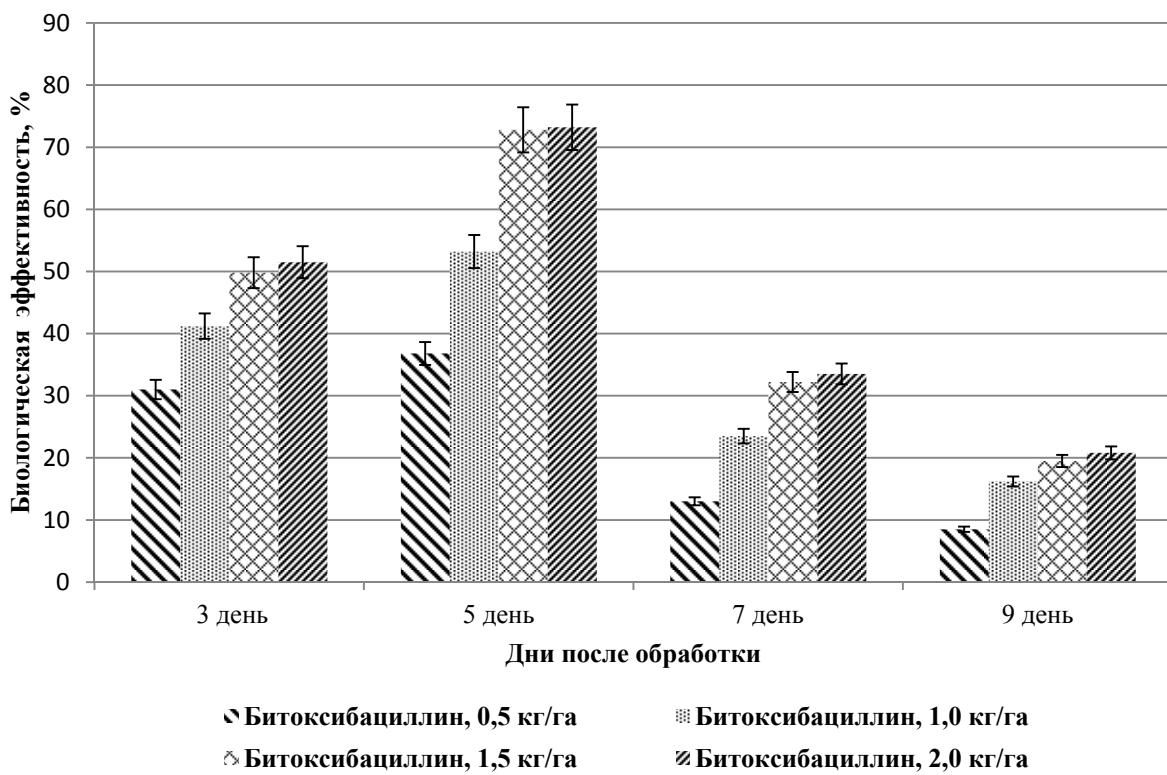


Рисунок – Биологическая эффективность препарата битоксибациллин против гусениц боярышницы (*Aporia crataegi L.*) на посадках голубики высокорослой (КФХ «Синяя птица», Ганцевичский район Брестской области, 2025г.)

Биологическая эффективность препарата в период между пятью и седьмыми сутками после обработки составила при норме расхода препарата 0,5 кг/га 13,0%, 1,0 кг/га – 23,5%, 1,5 кг/га – 32,2%, 2,0 кг/га – 33,5%. Биологическая эффективность препарата между седьмыми и девятыми сутками после обработки составила при норме расхода препарата 0,5 кг/га 8,5%, 1,0 кг/га – 16,2%, 1,5 кг/га – 19,5%, 2,0 кг/га – 20,8%. Статистически подтверждено, что биологическая эффективность битоксибациллина достоверно не отличалась при норме расхода препарата 1,5 кг/га и 2,0 кг/га во всех вариантах опыта.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о достаточной эффективности биологического препарата битоксибациллин против гусениц боярышницы (*Aporia crataegi L.*) на посадках голубики высокорослой. Максимальные значения биологической эффективности биоинсектицида были получены в период между третьими и пятью сутками после обработки при норме расхода препарата 1,5 и 2,0 кг/га и составили, соответственно, 72,8% и 73,2,5 %. Минимальные значения эффективности препарата были зарегистрированы в период между седьмыми и девятыми сутками после обработки. Статистический анализ данных показал, что не существует достоверных отличий в биологической эффективности препарата Битоксибациллин при норме расхода препарата 1,5 кг/га и 2,0 кг/га. Таким образом, использование нормы расхода препарата 1,5 кг/га позволит существенно снизить затраты на проведение обработок биологическим препаратом битоксибациллин посадок голубики высокорослой.

Список использованных источников

1. Курлович, Т. В. Голубика на вашем участке / Т.В. Курлович. – Минск: Красико-Принт, 2014. – 79 с.
2. Плескаевич, Р. И. Вредители голубики высокой / Р.И. Плескаевич, Н.И. Мелешко // Наше сельское хозяйство: журнал настоящего хозяина. – Минск, 2017. – №9. – С. 81-86.
3. Кузнецов, В.И. Насекомые и клещи – вредители сельскохозяйственных культур. Том III. Чешуекрылые / В.И. Кузнецов. – СПб.: Издательство «Наука», 1999. – 410 с.
4. Средство от насекомых-вредителей Битоксибациллин [Электронный ресурс]. – <https://doms.by/sredstvo-ot-nasekomyh-vrediteley-bitoksibacillin-p/> – Дата доступа: 12.09.2025.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ
ВЕЩЕСТВ НА ПРОДУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОДНЯКА
КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

Г.В. Бесараб¹, Б.К. Салаев², Б.С. Убушаев², В.В. Чекрышева³, А.Е. Святогорова³,
А.В. Астренков⁴, Т.М. Натынчик⁴, Е.И. Приловская⁴, В.П. Цай¹, Е.А. Долженкова¹

¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук

Беларусь по животноводству», г. Жодино

²Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова», г. Элиста, Россия

³Северо - Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный центр», г. Новочеркасск, Россия

⁴УО «Полесский государственный университет», г. Пинск

Аннотация. В ходе проведенных исследований установлено, что включение в рацион молодняка крупного рогатого скота карбамидного концентрата способствует повышению количества эритроцитов в крови животных на 6,18-7,77, гемоглобина – на 4,8-6,2, лейкоцитов – на 10,3-13,3 % в сравнении с контролем. Использование в кормлении молодняка карбамидного концентрата в количестве 10, 20 и 25 % в составе комбикорма способствовало повышению валового прироста на 4,5-7,9 кг, среднесуточного – на 6,8-11,9% по сравнению с животными контрольной группы. Увеличение дозы до 30% привело к снижению продуктивности на 3,9 процента.

Ключевые слова: молодняк крупного рогатого скота, рацион, азотсодержащие вещества, продуктивность, эффективность.

Введение. Исследования последних лет убедительно показали, что решение вопросов рационального питания жвачных животных невозможно без достаточного знания процессов распада кормового протеина и синтеза микробного белка в рубце. Особое значение этому придается при разработке научно-обоснованного кормления животных. Если потребность низкопродуктивных животных в белке может быть удовлетворена за счет синтеза микробного белка в рубце и качественный состав протеина корма не играет особой роли, то потребность высокопродуктивных животных удовлетворяется как за счет микробного белка, так и высококачественного белка корма, избежавшего распада в рубце. В связи с этим выяснение условий, способствующих интенсивному синтезу микробного белка в рубце за счет простых азотистых соединений, а также снижению распада высококачественных белков корма и увеличению поступления их в кишечник, является важной задачей в разработке мероприятий по повышению эффективности использования корма и продуктивности животного [1, 2].

Включение небелковых азотистых веществ в состав комбикормов и амидных добавок позволяет высвободить значительное количество высокопротеиновых растительных кормов (жмыхов, шротов) для кормления моногастрических животных [3].

Интерес к этой проблеме с каждым годом повышается, что объясняется тем, что постоянно ведется интенсивный поиск рациональных и эффективных способов обогащения жвачных животных небелковыми азотсодержащими веществами, позволяющим создать оптимальные условия для биосинтетических процессов в рубце [4].

В настоящее время целесообразность использования синтетических азотистых веществ в кормлении жвачных животных не вызывает сомнения. Совершенно определено установлено, что в их рационе до 35% переваримого протеина может быть заменено или восполнено азотсодержащими продуктами небелкового характера [5].

Цель исследований – изучить эффективность скармливания молодняку крупного рогатого скота синтетических азотистых веществ.

Материалы и методы. Исследования проведены на 5-ти группах молодняка крупного рогатого подобранных по принципу пар аналогов с учетом возраста, живой массы по 10 голов в каждой (таблица 1).

Таблица 1. – Схема научно-хозяйственного опыта

Группа	Количество животных в группе, голов	Продолжительность исследований, дней	Условия кормления
I контрольная	10	90	Основной рацион (ОР): сенаж, силос, комбикорм КР-3
II опытная	10	90	ОР+ комбикорм с включением карбамидного концентрата 10%
III опытная	10	90	ОР+ комбикорм с включением карбамидного концентрата 20%
IV опытная	10	90	ОР+ комбикорм с включением карбамидного концентрата 25%
V опытная	10	90	ОР+ комбикорм с включением карбамидного концентрата 30%

Различия в кормлении заключались в том, что в состав комбикорма животных II, III, IV и V опытных групп включали 10, 20, 25 и 30% карбамидного концентрата (70 % зерно ржи, 30 % карбамид).

В процессе исследований изучались следующие показатели: химический состав и поедаемость кормов, морфо-биохимический состав крови, интенсивность роста животных.

Цифровой материал проведенных исследований обработан методом вариационной статистики с учетом критерия достоверности по Стьюденту с использованием программного пакета Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Рационы подопытных животных были одинаковыми по питательности рационами согласно норм и составлялись на основании химического состава кормов с уточнением их питательности и скармливались в два приёма: утром и вечером. Общий уровень кормления бычков соответствовал их потребности в питательных веществах.

Как показали результаты исследований, комбикорма и смесь концентрированных кормов с карбамидным концентратом поедались животными без остатков.

В результате анализа гематологических показателей установлено, что с вводом карбамида в крови молодняка опытных групп уровень эритроцитов повысился на 6,18-7,77% (таблица 2).

Таблица 2. – Состав крови подопытного молодняка

Показатель	Группа				
	I	II	III	IV	V
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	5,66 \pm 0,08	6,1 \pm 0,01	6,02 \pm 0,06	6,05 \pm 0,02	6,01 \pm 0,08
Гемоглобин, г/л	80,53 \pm 0,76	85,53 \pm 0,79	85,17 \pm 0,79	83,8 \pm 2,070	81,2 \pm 1,330
Лейкоциты, тыс/ мм^3	7,08 \pm 0,1	8,02 \pm 0,06	8,57 \pm 0,49	7,87 \pm 0,09	7,81 \pm 0,1
Общий белок, г/л	74,73 \pm 3,87	81,5 \pm 0,870	80,8 \pm 0,530	81,33 \pm 0,880	79,6 \pm 0,310
Глюкоза, ммоль/л	1,85 \pm 0,03	1,96 \pm 0,02	2,16 \pm 0,03	2,31 \pm 0,08	2,57 \pm 0,17
Мочевина, ммоль/л	4,1 \pm 0,04	4,29 \pm 0,02	4,24 \pm 0,180	4,54 \pm 0,08	4,78 \pm 0,09

Содержание гемоглобина в крови животных I- IV групп оказалось выше на 4,8-6,2%. Отмечено повышение содержания лейкоцитов в крови животных всех опытных групп на 10,3-13,3%, тромбоцитов – на 4,1-21,5%.

Количество мочевины один из лидирующих индикаторов протеинового обмена при замене растительного протеина на карбамид. Установлено увеличение уровня мочевины в крови животных опытных группы на 4,6-16,6%.

Важным показателем кормовой ценности рационов и их компонентов для молодняка крупного рогатого скота является продуктивность. В таблице 3 представлены показатели продуктивности по группам животных за опыт.

Таблица 3. – Продуктивность подопытного молодняка

Показатель	Группа				
	I	II	III	IV	V
Живая масса, кг					
в начале опыта	290,7±0,7	298,3±0,5	301,4±0,9	288,4±1,4	295,6±2,70
в конце опыта	357,3±1,1	372,8±1,5	372,5±1	361,4±0,9	359,6±3,30
Валовой прирост, кг	66,6±0,9	74,5±1,4	71,1±1,3	73±1	64±1,50
Среднесуточный прирост, г	740±10,1	827,8±15,6	790,1±14,3	811±11,1	711,1±16,4
% к контролю	100	111,9	106,8	109,6	96,1

Исследованиями установлено, что валовой прирост живой массы одной головы за 90 дней опыта составил во II опытной группе 74,5 кг, в III – 71,1 кг, в IV – 73 кг или на 7,9, 4,5 и 6,5 кг больше, чем в контроле. В V группе отмечено снижение валового прироста по сравнению с контрольной на 3,9% ($P \geq 0,05$).

Использование в кормлении молодняка опытных групп карбамидного концентрата в количестве 10, 20 и 25 % в составе комбикорма способствовало повышению, среднесуточного прироста на 11,9, 6,8 и 9,6% по сравнению с животными контрольной группы. Скармливание животным комбикорма с включением 30% карбамидного концентрата привело к снижению данного показателя на 3,9%.

Заключение. В ходе проведенных исследований установлено, что включение в рацион молодняка крупного рогатого скота карбамидного концентрата способствует повышению количества эритроцитов в крови животных на 6,18-7,77, гемоглобина – на 4,8-6,2, лейкоцитов – на 10,3-13,3 % в сравнении с контролем. Использование в кормлении молодняка карбамидного концентрата в количестве 10, 20 и 25 % в составе комбикорма способствовало повышению валового прироста на 4,5-7,9 кг, среднесуточного – на 6,8-11,9% по сравнению с животными контрольной группы. Увеличение дозы до 30% привело к снижению продуктивности на 3,9 процента.

Список использованных источников

1. Сравнительная эффективность использования в кормлении телят цельного молока и его заменителя / В.Ф. Радчиков, М.Е. Радько, Е.И. Приловская [и др.] // Аграрно-пищевые инновации. № 2 (10). – Волгоград, 2020.– С. 50-61.
2. Люндышев, В.А., Радчиков В.Ф., Гурик В.К. Продуктивное использование энергии рационов бычками при включении в состав комбикормов органического микроэлементного комплекса/ В.А. Люндышев, В.Ф. Радчиков, В.К. Гурик // В сборнике: Инновационное развитие АПК: проблемы и перспективы. Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Смоленск, 2015. – С. 123-130.
3. Подготовка зерна к скармливанию как способ повышения эффективности его использования в кормлении крупного рогатого скота / В.Ф. Радчиков, В.П. Цай, А.Н. Кот [и др.] // В сборнике: Научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы II международной научно-практической конференции. Красноярский научно-исследовательский институт животноводства - Обособленное подразделение «Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»; Составители: Л.В. Ефимова, Т.В. Зазнобина. – Красноярск, 2018. – С. 189-194.
4. Технология получения конкурентоспособной говядины от мясного скота в условиях пойменного земледелия / Н.А. Попков, И.С. Петрушко, С.В. Сидунов [и др.] // Методические рекомендации / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по животноводству»; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Жодино, 2015. – 92 с.
5. Влияние скармливания молодняку крупного рогатого скота кормов с разной расщепляемостью протеина на физиологическое состояние и переваримость питательных веществ кормов/ В.Ф. Радчиков, А.Н. Кот, М.М. Карпеня [и др.] // В сборнике: Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства. Сборник трудов международной научно-практической конференции. Институт ветеринарной медицины и биотехнологии. – Брянск, 2023. – С. 155-160.

ХИМИЗМ КОПЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

И.В. Бубырь, М.Е. Еленский

Полесский государственный университет, Гомель

Аннотация: Использование при копчении разных видов древесины позволяет получать готовую продукцию с видоизмененными качественными характеристиками. Соотношение фурановых и фенольных компонентов дыма оказывает влияние на органолептические показатели качества – вкус, цвет, аромат, консистенцию и текстуру, и практически не оказывает действия на степень прокопченности и скорость накопления фенолов в толще мышицы рыбы, с учетом видовой принадлежности (2,9-3,4 мг/100 г продукции).

Ключевые слова: копчение, качество, химизм, фенольные соединения, пиролиз.

Введение. Копчение пищевых продуктов – это сложный процесс, который включает в себя воздействие дыма на продукты, приводящее к их консервации, изменению вкуса, цвета и аромата.

Химизм копчения охватывает широкий спектр реакций, происходящих между компонентами дыма и веществами, содержащимися в продукте.

Основными компонентами коптильного дыма являются фенолы с антиоксидантными и бактерицидными свойствами. Они придают готовому изделию характерный копченый аромат и вкус, а также замедляют окислительные процессы, предотвращая его прогоркание, увеличивая срок хранения. Карбонильные соединения (альдегиды, кетоны) участвуют в реакциях Майяра, взаимодействуя с аминокислотами и белками, что приводит к образованию сложных ароматических соединений и изменению цвета продукта, образованию специфического вкуса и запаха.

Органические кислоты (уксусная, муравьиная и другие) обладают antimикробными свойствами, придают продукции слегка кисловатый привкус, и совместно с дымом способствуют коагуляции белков, образуя защитную пленку на ее поверхности.

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) образуются при неполном сгорании древесины, а некоторые из них обладают канцерогенными свойствами, поэтому важно контролировать процесс копчения, и использовать современные технологии и безопасные методы получения дыма.

Химизм копчения – это сложный и многогранный процесс, который требует понимания основных реакций и факторов, влияющих на качество конечного продукта. Контроль параметров копчения (температура, влажность, состав дыма) позволяет получить продукты с желаемыми характеристиками и обеспечить их безопасность для потребителей.

Влияние различных пород древесины на химизм копчения существенно, так как они содержат разное количество лигнина, целлюлозы и гемицеллюлозы, которые при сгорании образуют уникальный состав коптильной среды.

Например, твердые породы дерева, такие как дуб или бук, богаты лигнином, что приводит к образованию большего количества фенолов и более насыщенному копченому аромату. Мягкие породы – ольха или фруктовые деревья, дают более нежный и сладковатый дым, с меньшим содержанием смол и более деликатным ароматом.

Влияние влажности древесины также играет важную роль. Слишком влажная древесина приводит к образованию дыма с высоким содержанием водяного пара и неполному сгоранию, что может привести к образованию нежелательных веществ и ухудшению качества копчения. Сухая древесина, напротив, обеспечивает более полное сгорание и образование дыма с высоким содержанием ароматических компонентов, который поглощает влагу с поверхности продукта, что способствует его консервации.

Различают холодное, полугорячее и горячее копчение, каждое из которых оказывает различное влияние на химизм процесса и показатели качества конечного продукта.

Холодное копчение, проводимое при низких температурах (до 40 °C), требует длительного времени и приводит к более глубокому проникновению компонентов дыма в продукт, обеспечивая длительную консервацию и выраженный копченый вкус.

Горячее копчение, осуществляющееся при более высоких температурах (от 80 °C и выше), сочетает в себе копчение и термическую обработку, что позволяет быстро довести продукт до готовности, но с менее выраженным копченым ароматом и меньшим сроком хранения.

Материалы и методы. В качестве объекта исследований были выбраны опилки разных видов древесины с одинаковой влажностью и степенью измельчения, европейский сом (лат. *Silurus glanis*) и готовая продукция.

Опилки подвергали низкотемпературному пиролизу и после образования дыма улавливали его в верхней части дымогенератора в специально изготовленные «ловушки», затем извлекали и помещали в подготовленные флаконы с раствором (рисунок 1).



Рисунок 1. – Образцы фильтров-ловушек дыма в растворе

Газовый хроматограф «Agilent 6850» с масс-селективным детектором «Agilent 5975B VL» использовали для определения состава коптильной среды, и по библиотеке спектров «NIST05a.L» идентифицировали химические соединения, исходя из времени удерживания, ионного состава, структурных формул присутствующих на хроматограмме веществ [1, с31].

Результаты исследования и их обсуждение. Сумма идентифицированных соединений коптильного дыма разных пород древесины представлена на диаграмме (рисунок 2) [2, с.97].

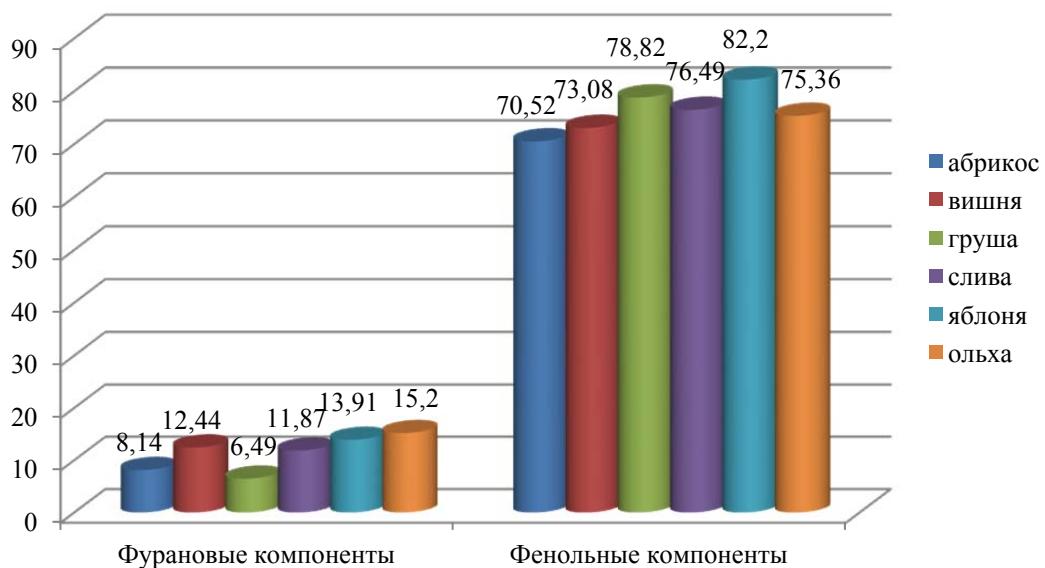


Рисунок 2. – Сумма идентифицированных соединений коптильного дыма разных видов древесины, %

Зная, что химический состав рыбы в разных частях отличается друг от друга, была выбрана средняя часть крупного сома и разделана на порционные куски с позвоночной костью. Подготовленные полуфабрикаты (рисунок 3) подвергались воздействию коптильной среды (холодное копчение), образованной разными видами древесины, после чего была проведена потребительская оценка качества готового продукта (рисунок 3) аналитическим балловым методом.



Рисунок 3. – Полуфабрикат рыбы (*Silurus glanis*) и готовая продукция

Наивысшую оценку по внешнему виду, запаху получила продукция, обработанная в коптильной среде с использованием древесины вишни, яблони и абрикоса (5, 4,8, 4,7 баллов); по вкусу, консистенции и текстуре – с использованием дыма яблони, груши, ольхи и абрикоса (4,9; 4,8; 4,8; 4,7 баллов, соответственно).

В готовой продукции определялась степень прокопченности и скорость накопления фенолов в толще мышц [3, с.29], которая существенно не отличалась, как в пределах видовой принадлежности рыб (2,9–3,4 мг/100 г продукции), так и при использовании коптильного дыма разных видов древесины.

Исследования по микробиологическим, физико-химическим и показателям безопасности установили, что сом холодного копчения соответствует всем требованиям ТНПА на данную продукцию.

Оценить химизм копчения пищевых продуктов возможно лишь в комплексе исследований химического состава сырья, коптильной среды и факторов, влияющих на скорость копчения. Процесс копчения, на первый взгляд простой, на самом деле представляет собой сложную совокупность химических реакций, определяющих вкус, аромат и консервирующие свойства копченых продуктов.

Первоочередное значение имеет анализ исходного сырья. Необходимо определить содержание белков, жиров, углеводов, влаги и других компонентов, так как именно они вступают в реакции с компонентами дыма. Разные виды сырья реагируют по-разному, формируя уникальные вкусовые профили.

Заключение. Таким образом, для всесторонней химической оценки копчения необходим комплексный подход, учитывающий как характеристики сырья и дыма, так и параметры технологического процесса. Только в этом случае можно добиться предсказуемого и качественного результата.

Список использованных источников

1. Ловкис, З. В. Исследование качественных характеристик дыма для копчения рыбы / З. В. Ловкис, И. В. Бубырь // Пищевая промышленность: наука и технологии : научно-технический журнал. – 2016. – № 3 (33). – С. 30-36.
2. Ловкис, З. В. Исследование накопления фенолов в пресноводной рыбе в процессе холодного копчения / З. В. Ловкис, И. В. Бубырь // Пищевая промышленность: наука и технологии : научно-технический журнал. – 2018. – Том 11, № 2. – С. 95-101 : табл.
3. Бубырь, И.В. Исследование влияния коптильной среды на степень прокопчённости рыбы методом холодного копчения / И. В. Бубырь // Russian Scientist : научный журнал. – 2018. – Т. 2, № 1. – С. 23-30.

ИЗУЧЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СУСЛА И БРАЖКИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЗЕРНОВЫХ ДИСТИЛЛЯТОВ

С.В. Волкова, Е.А. Цед, В.А. Новикова, Ю.В. Ивчина

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Могилёв

Аннотация: В ходе проведенных исследований установлено, что приготовленные различными биохимическими способами образцы сусла и бражки повысили физико-химические показатели. В образцах сусла качественные показатели статистически значимых различий не имели, увеличились показатели сухих веществ на 11%, и сбраживаемых углеводов на 8,8% во втором образце сусла. В образцах бражки сухих веществ в первом образце на 14, 3% больше, чем во втором. А по показателю концентрации спирта – первый образец бражки на 22,9 % больше, чем во втором.

Ключевые слова: сусло, брожение, бражка, зерновой дистиллят, осахаривание, кислотность, сухие вещества.

Введение. В последние годы исследования, проводимые в области совершенствования технологии производства сусла, направлены не только на интенсификацию технологических процессов, но и на получение качественного продукта с улучшенными свойствами: пониженным содержанием побочных продуктов брожения, повышенной пищевой ценностью, антиоксидантными, гепатопротекторными и др. свойствами. Одним из путей выполнения этой задачи является улучшение технологии биохимических процессов приготовления сусла и бражки при получении зерновых дистиллятов. Технология производства дистиллятов основана на ферментативном гидролизе крахмалсодержащего сырья, прошедшего водно-тепловую обработку и ферментативную обработку, и сбраживании образующихся сахаров дрожжами в этиловый, т. е. является биохимической технологией.

Технологический процесс изготовления дистиллятов включает следующие стадии:

- приемка и хранение сырья;
- подготовка (измельчение) сырья;
- приготовление замеса (далее сусла) и его тепловая и ферментативная обработка;
- осахаривание и сбраживание сусла;
- фракционная перегонка бражки с получением зернового дистиллята.

Материалы и методы. На первом этапе производится подготовка солода, дробление осуществляли на молотковой дробилке. Качество дробления охарактеризовали следующими показателями: проход через сито с диаметром отверстий 1 мм – 90%, остаток частиц на сите с диаметром отверстий 2 мм- отсутствовал.

На всех технологических стадиях использовали подготовленную питьевую воду, прошедшую стадию умягчения, содержащая в себе общую жесткость $0,25 \text{ ммоль/м}^3$.

На стадии приготовления замеса необходимо обеспечить полное осахаривание сусла и необходимое содержание сухих веществ. Это достигалось путем подбора оптимального гидромодуля и температурных режимов. Одно из преимуществ использования солода, в качестве основы для производства дистиллятов является наличие собственных ферментов, способных осуществлять процесс гидролиза полимеров сырья. При переработки других зерновых культур появляется необходимо использовать эндоферменты.

Приготовление замеса. Для приготовления сусла использовали низкотемпературную схему разваривания, которую осуществляли в заторном баке.

Низкотемпературная схема обработки зернового сырья предусматривает постадийный нагрев и выдержку замеса в диапазоне температур $45 - 95^\circ\text{C}$ для разжижения крахмала, охлаждение дестринизированного сусла до температуры осахаривания, осахаривание, охлаждение осахаренного сусла до температуры складки, задачу посевного материала дрожжей и брожение.

Приготовление замеса производили путем смешивания измельченного солода с горячей водой (52°C) через дисембратор-смеситель в соотношении 1:3 и направляли в заторный бак, снабженный мешалкой, обеспечивающей эффективное перемешивание технологической среды. Скорость вращения мешалки устанавливали на стадии приготовления замеса в зависимости от подвижности среды.

В заторном баке на стадии приготовления замеса происходило активное перемешивание зернового замеса, протекало растворение сухих веществ зерна, осуществлялась начальная стадия разжижения крахмала, гидролиз некрахмалистых полисахаридов.

Далее технологический процесс переходил непосредственно в фазу водно-тепловой и ферментативной обработки.

Водно-тепловая обработка. После стадии приготовления замеса температура в аппарате повышается с 40 – 50 °С до 80 – 97 °С, проходя от 2 до 3 технологических пауз, после чего по результатам контроля глубины декстринизации сусла происходит охлаждение сусла до температуры осахаривания.

Первый образец выдерживали на первой паузе при температуре 52°С в течение 20 минут. Далее температуру повышали до 62°С и выдерживали 40 минут. Следующая паузу проводили при температуре 80°С в течение 40 мин. По мере завершения стадии водно-тепловой обработки в период протекания температурной паузы осуществляли мониторинг качества декстринизации сусла по йодной пробе. При хорошем качестве декстринизации массы фильтрат сусла с йодом должен иметь окрашивание от коричневого до темно-коричневого.

Наличие фиолетового и синего окрашивания требует удлинения времени и температурной паузы стадии механико-ферментативной обработки.

Появление светло-коричневого и желтого окрашивания у проб сусла с йодом свидетельствует об избыточности его декстринизации, что является отрицательным фактором для последующих этапов осахаривания и сбраживания.

Для первого образца использовали осветление сусла перед подачей на брожение. Фильтрацию осуществляли в фильтрчане, контроль процесса осветления контролировали визуально. Далее переходили к захолаживанию сусла до температуры осахаривания. Охлаждали сусла до температуры 50 – 60°С и выдерживали 5 – 10 минут. При недостаточном осахаривании сусла вносили глюкомицелазу.

Второй образец выдерживали в трех паузах. На первой пазе замес подогревали до температуры 60°С в течение 25 минут. Далее температуру повышали до 78°С и выдерживали 40 минут. На третьей пазе сусло охлаждали до температуры 58°С и выдерживали в течение 25 мин. По мере завершения всех стадий осуществляли мониторинг качества декстринизации сусла по йодной пробе. Масса фильтрата сусла с йодом имела коричневый цвет. По окончании 3 стадии механико-ферментативной обработки декстринизированное сусло охлаждали через рубашку заторного бака и/или теплообменник.

Результаты исследования и их обсуждение. Нами были получены два образца сусла и определены физико-химические показатели, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Качественные характеристики сусла

Показатель	Образец 1	Образец 2
Сухие вещества, %	14,5	16,1
Кислотность, град.	0,30	0,32
Активная кислотность (рН)	5,8	5,5
Сбраживаемые углеводы, г/100 см ³	13,7	14,9
Аминный азот, мг/100 см ³	17,2	17,8

Далее технологический процесс переходит на стадию охлаждения осахаренного сусла до температуры складки 28 – 32°С.

Понижение температуры складки замедляет процесс возбраживания сусла, удлиняет общую продолжительность стадии брожения, минимизируя риски его контаминации в ходе биосинтеза этилового спирта. Регулируя температуру складки, добиваемся требуемой динамики протекания процесса возбраживания и главного брожения сусла.

В подготовленную питательную среду вносили расчетное количество засевных дрожжей. После внесения засевных дрожжей содержимое осторожно перемешивали до равномерного распределения и получения однородной суспензии, которую оставляли в покое на 15 минут для возбраживания. После разведенную дрожжевую суспензию вносили в ферментативный бак и перемешивание производили мешалкой.

В первые минуты проявлялась метаболическая активность дрожжей, приводящая к увеличению объема сусла и значительному пенообразованию, что является нормальным процессом.

На жизнеспособность дрожжей может оказывать отрицательное влияние повышение температуры выше 38°C во время подготовки посевного материала.

На стадии брожения происходили процессы превращения моносахаридов в спирт и расщепления декстринов, белков и других соединений. Эффективность процесса сбраживания зависит от химического состава сусла, его концентрации, степени гидролиза полимеров зернового сырья, в первую очередь крахмала, некрахмалистых полисахаридов, белков; от используемых дрожжей, их физиологического состояния и особенностей метаболизма; от продолжительности и температурных режимов проведения процесса сбраживания.

Процесс брожения проводили при температуре 28 – 33°C. Не допускали увеличение температуры брожения более 35°C. Поддержание более низких температур замедляет динамику протекания процесса брожения, удлиняя в целом продолжительность стадии сбраживания. Более низкие температуры сбраживания позволяют получить более развитый и гармоничный ароматический профиль сбраженного зернового сусла.

Соблюдение температурного режима и жесткие условия пониженных значений pH позволили значительно замедлить рост посторонней микрофлоры и создать условия для доминирования дрожжевой клеточной биомассы. Ввиду повышения температуры сусла в аппарате до 80°C в ходе водно-тепловой обработки зернового сырья, обеспечивалось пастеризационный эффект при подготовке технологической среды, что минимизирует риски влияние посторонней микрофлоры в ходе брожения на качественные характеристики сбраженного зернового сусла.

После окончания главного брожения осуществляли дальнейшее перемешивание среды 3 – 5 раз по 10 – 20 минут, число оборотов мешалки – 5 – 30 минут. При перемешивании контролировали вспенивание технологической среды (визуально). Если сбраживаемое сусло (бражка) активно пенилось, перемешивание прекращали.

Продолжительность брожения сусла зависело от концентрации сухих веществ сусла и температуры.

Брожение производили до минимального значения плотности при температуре 28-32°C. Эффективность процесса сбраживания сусла оценивали по накоплению этилового спирта в зрелой бражке.

При проведении процесса брожения производили контроль изменения сухих веществ при брожении и изменения концентрации этилового спирта в зрелой бражке.

Качественные характеристики 2 образцов бражки представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Качественные характеристики образцов бражки

Показатель	Образец 1	Образец 2
Сухие вещества, %:		
видимые	3,2	2,8
истинные	2,5	2,2
Активная кислотность (pH)	4,0	4,0
Концентрация спирта, % масс.	7,0	8,6

Заключение. Таким образом, изучение биохимических изменений при получении сусла и бражки для приготовления зерновых дистиллятов является неотъемлемой частью в биотехнологическом процессе производства зерновых дистиллятов и служит надежной основой в технологии получения качественных продуктов.

Список использованных источников

1. Шаршунов В.А. Технология и оборудование для производства спирта спирта и ликеро-водочных изделий: в 2ч. Ч. I. Производство спирта: пособие/ В.А. Шаршунов, Е.А. Цед, Л.М. Кучеряый, А.В. Киркор. – Минск: Мисанта, 2013. – 783 с.
2. Шаршунов В.А. Технология и оборудование для производства спирта спирта и ликеро-водочных изделий: в 2ч. Ч. II. Производство ликеро-водочных изделий: пособие/ В.А. Шаршунов, Е.А. Цед, Л.М. Кучеряый, А.В. Киркор. – Минск: Мисанта, 2013. – 580 с.

ПОЛИМОРФИЗМ РИСУНКА ПЕРЕДНЕСПИНКИ *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY И ФЕНОТИПИЧЕСКОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ РЕЗИСТЕНТНОСТИ

М.М. Воробьева, А.С. Попок, В.А. Мелещук
Полесский государственный университет, Пинск

Аннотация: В статье представлена информация о внутривидовом разнообразии рисунка центральной части переднеспинки колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824) на территории частного подворья Пинского района. Кроме того, приведены данные об устойчивости разных морф *L. decemlineata* к биологическому препарату «Битоксибациллин». Полученные результаты указывают на необходимость постоянного мониторинга и подбора эффективных инсектицидов для использования в сельском хозяйстве с учетом эволюционных изменений в популяциях жука.

Ключевые слова: фенотипический полиморфизм, *Leptinotarsa decemlineata*, резистентность, феноморфы, препарат «Битоксибациллин».

Введение. *Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824 принадлежит к числу экономически значимых вредителей на территории Беларуси. Высокая численность фитофага способствует снижению урожая картофеля, уменьшению размера клубней и повышению содержания в них крахмала, а также распространению вирусных и бактериальных инфекций [1].

Согласно литературным данным, *L. decemlineata* характеризуются высокой экологической пластичностью, а также биохимической, морфологической и генетической вариабельностью, что позволяет им быстро и эффективно адаптироваться к изменениям условий окружающей среды. Индукторами микроэволюционных процессов, проводящих к изменению генетической структуры популяций колорадского жука, являются условия питания и экологические факторы, ведущую роль среди которых играет применение в системах защиты картофеля инсектицидов различной химической природы. В последние годы отмечается появление новых генетических форм с повышенной агрессивностью или иными непредсказуемыми свойствами, к числу которых принадлежит устойчивость к инсектицидам различных классов [2].

По этим причинам *L. decemlineata* является универсальной моделью для изучения внутривидового фенотипического полиморфизма, а также устойчивости конкретных морф к инсектицидам.

В рамках настоящего исследования принято решение изучить вариабельность рисунка переднеспинки имаго *L. decemlineata*, коллектированных на территории частного подворья Пинского района, и оценить устойчивость разных морф к биоинсектициду «Битоксибациллин».

Материалы и методы. Имаго *L. decemlineata* коллектированы на территории частного подворья Пинского района в 2025 году. Сбор материала проводился вручную с посадок картофеля по диагональной линии участка через каждые 10–15 метров, по 2 экземпляра имаго с куста.

Для анализа фенотипического полиморфизма в популяциях *L. decemlineata* использовали фены центральной части переднеспинки (рисунок 1) [3].

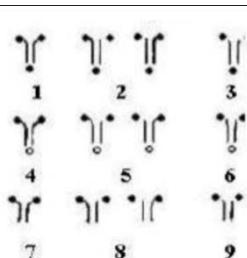


Рисунок 1. – Фены рисунка переднеспинки имаго колорадского жука

Для оценки резистентности провели мониторинг чувствительности колорадских жуков к препарату «Битоксибациллин», полученного на основе экзотоксина микробной культуры *Bacillus thuringiensis* var. *Thuringiensis*. Эксперимент проводили в чашках Петри, дно которых выстлано фильтровальной бумагой, смоченной несколькими каплями воды, для поддержания влажности. В

каждую чашку Петри помещали листовую пластинку картофеля, предварительно смоченную с обеих сторон раствором биопрепарата согласно инструкции по применению (для опытных образцов) или воды (для контрольных образцов) и по 5 особей имаго колорадского жука. Учет выживших/погибших особей проводили в течение 15 суток через 1 ч., 3 ч., 6 ч. и 20 ч.

Расчет смертности в опытных вариантах (С) проводили по формуле Аббота (Abbott 1925):

$$C = (A - B) / A \times 100,$$

где А – общее число особей в опытной группе, В – число выживших особей [4].

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ результатов свидетельствует о том, что в популяции колорадского жука, коллектированного на территории частного подворья Пинского района, встречаются все феноморфы рисунка переднеспинки имаго с разной частотой встречаемости. Наиболее представленными феноморфами являются морфа 1 (30%), морфа 3 (16,7%) и морфа 5 (13,3%). Морфа 8 является очень редкой для данной популяции колорадского жука (3,2%) (рисунок 2).

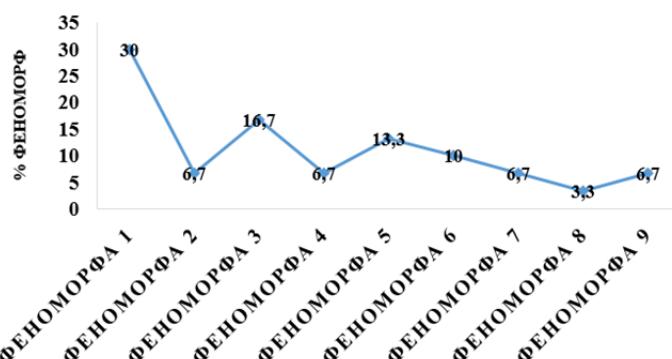


Рисунок 2. – Распределение феноморф рисунка переднеспинки в популяциях колорадского жука Пинского района Брестской области

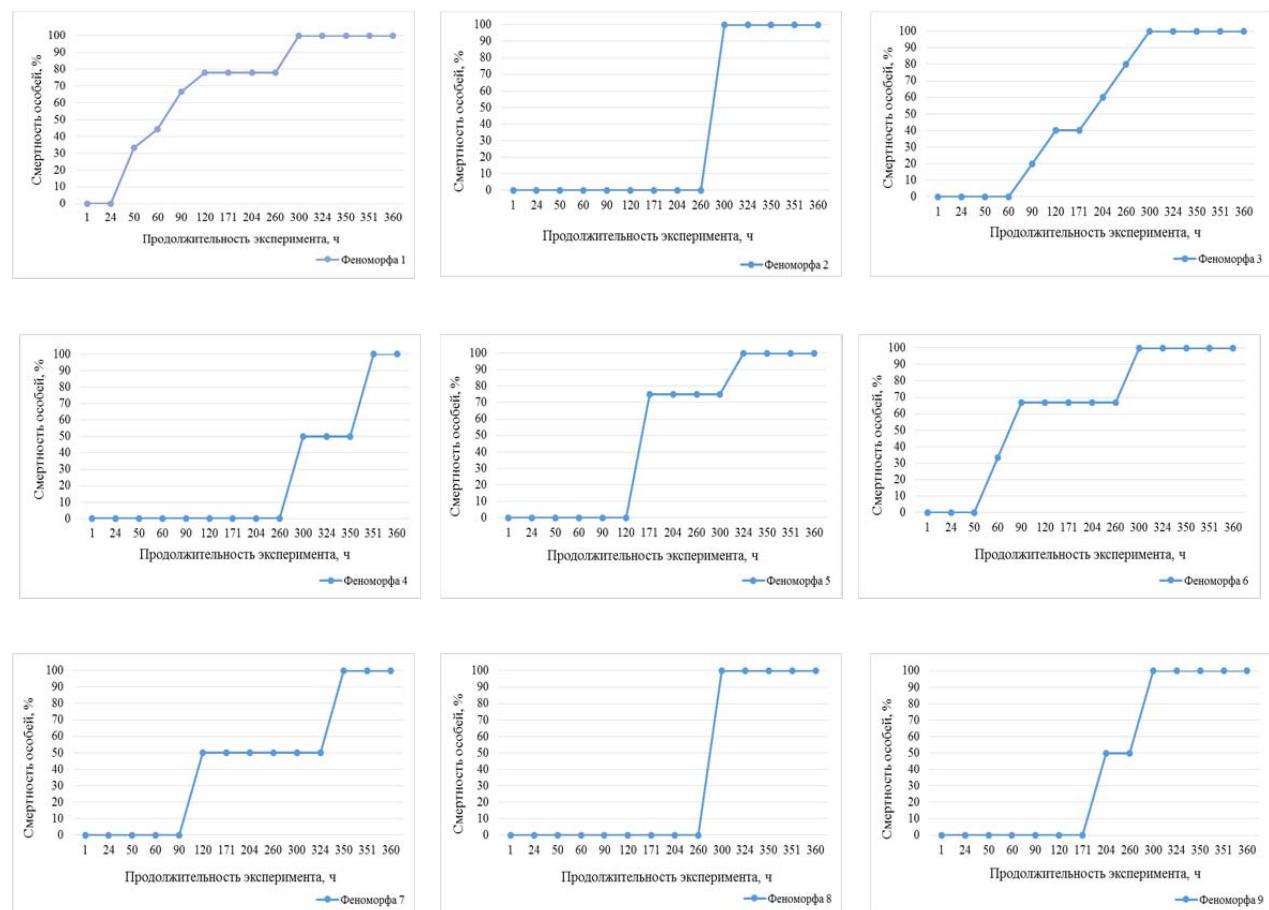


Рисунок 3. – Чувствительность феноморф имаго *L. decemlineata* к препарату «Битоксибациллин»

Полученные нами результаты в 2025 году по частоте встречаемости вариаций фена рисунка центральной части переднеспинки колорадских жуков, коллектированных на территории Пинского района Брестской области, несколько разнятся с результатами, полученными нами ранее. Так, например, в 2018–2019 гг. на данной территории наиболее хорошо были представлены морфа 1 (25,9%), морфа 4 (21,7%) и морфа 6 (20,6%), а наиболее плохо – морфа 8 (2,4%) и морфа 9 (3,4%). Таким образом, внутрипопуляционное разнообразие рисунка центральной части переднеспинки колорадского жука свидетельствует об изменении фенотипической структуры в разные годы, что, возможно, обусловлено воздействием инсектицидов.

Анализ выживаемости особей опытной группы показал следующие результаты: наибольшую чувствительность к препаратору «Битоксибациллин» показали особи, относящиеся к морфе 1. Смертность особей морфы 1 уже на 50-ом часу эксперимента составила 33,3%, тогда как у особей остальных восьми морф наблюдалась 100% выживаемость. Высокая степень резистентности к испытуемому препаратору была выявлена у особей морфы №4, гибель первого имаго зафиксирована на 300-ом часу эксперимента (рисунок 3). Данный факт свидетельствует о том, что разные морфы имеют разный уровень резистентности к препаратору, вовлеченному в настоящее исследование.

Результаты устойчивости особей *L. decemlineata*, принадлежащих разным феноморфам, к испытуемому препаратору указывают на необходимость постоянного мониторинга и подбора эффективных инсектицидов для использования в сельском хозяйстве с учетом эволюционных изменений в популяциях жука.

Заключение. Внутрипопуляционное разнообразие рисунка центральной части переднеспинки колорадского жука свидетельствует об изменении фенотипической структуры, что, возможно, обусловлено воздействием инсектицидов. Устойчивости *L. decemlineata* к препаратору «Битоксибациллин» указывают на необходимость постоянного мониторинга и подбора эффективных инсектицидов для использования в сельском хозяйстве с учетом эволюционных изменений в популяциях жука.

Список использованных источников

1. Постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь № 29 от 17.10.2016 г. внесены в «Перечень особо опасных вредителей, болезней растений и сорняков» [Электронный ресурс] / Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Минск, 2016. – Режим доступа: http://www.ggiskzr.by/doc/.../osobo_opasnye_vred_17_10_16.doc/. – Дата доступа: 29.10.2025.
2. Полиморфизм рисунков переднеспинки, темени, элitr и фенотипическое проявление резистентности в популяциях *Leptinotarsa decemlineata* Say южных регионов Беларуси / М.М. Воробьева, Н.В. Воронова, Е.А. Абакумова, К.В. Аргер // Веснік Мазырскага дзяржбайна педагогічнага ўніверсітэта імя І.П. Шамякіна: навуковы часопіс. – 2020. – № 1 (55). – С. 9–15.
3. Изучение фенотипического полиморфизма в популяциях колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) Льговского и Рыльского районов Курской области / Л.А. Бабкина, И.П. Балабина, Н.А. Балабина, К.В. Мерзлякова // Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2016. – №4 (12). – С. 10–16.
4. Abbott, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide / W.S. Abbott // Econ. Entomol. – 1925. – N. 18. – P. 265–267.

УДК 631.588.9

ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: ОБЗОР ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВ

Ю.А. Гордеев

Полесский государственный университет, Пинск

Аннотация: Статья посвящена применению плазменных технологий, в частности, гелиевой низкотемпературной плазмы, в различных отраслях сельского хозяйства. В работе систематизированы данные экспериментов о влиянии предпосевной обработки семян основных сельскохозяйственных культур и их стимуляции роста перед посевом в лабораторных экспериментах, а также приведены конкретные примеры полевых и производственных испытаний.

Ключевые слова: низкотемпературная гелиевая плазма, сельское хозяйство, предпосевная об-

работка семян, стимуляция роста, урожайность, лабораторные и полевые испытания, плазмотроны сельскохозяйственного назначения.

Введение. Современное сельское хозяйство сталкивается с беспрецедентными вызовами: растущее население планеты, климатические изменения, деградация почв, ограниченность ресурсов и необходимость сокращения использования агрохимикатов требуют поиска инновационных, экологически безопасных и высокоэффективных решений. В этом контексте технологии с использованием низкотемпературной гелиевой плазмы (НТГП) представляют собой одно из наиболее перспективных направлений.

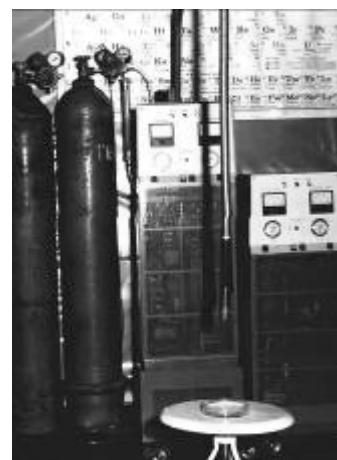
Низкотемпературная гелиевая плазма (НТГП) – это особое состояние вещества, представляющее собой полностью или частично ионизированный газ (плазму), который представляет собой уникальную среду, объединяющую совместное действие УФ-излучения, ЭМИ, заряженных частиц (ионов, электронов), СР и реактивных форм кислорода и азота (АФК и АФА), таких как озон, атомарный кислород, оксиды азота и др. Это сочетание обеспечивает широкий спектр положительных биологических эффектов – от бактерицидного и фунгицидного до стимулирующего рост и регенерацию растений и животных.

Для генерации НТГП используются плазменные потоки, которые генерируются внутри сопла специального плазмотрона сельскохозяйственного назначения и в виде струи выходит из сопла, что позволяет локально и бесконтактно обрабатывать семена с.-х. культур. Чаще всего в качестве рабочего газа используется гелий или аргон [1].

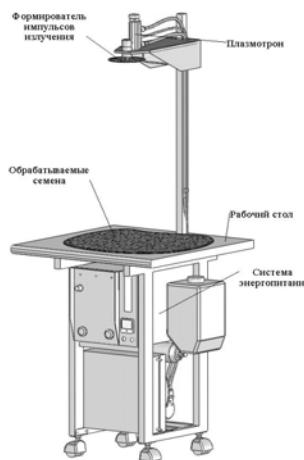
Плазменные технологии в растениеводстве – технологии плазменной обработки семян перед их посевом, которые дают возможность активизировать все жизненные процессы и более полно использовать потенциал семян сельскохозяйственных культур [2].

В основном все вегетационные опыты проводились в лаборатории биофизики «Смоленской ГСХА», полевые – на опытных участках учхоза «Смоленский», производственные – на полях хозяйств Смоленской области с 1994 по 2006 годы.

Материалы и методы. Для проведения экспериментов были созданы специальные сельскохозяйственные плазмотроны, работающие на инертном газе гелий: лабораторные СУПР-М и СУПР-К; стационарный комплекс АБФ-1 и мобильный комплекс «АгроПлаза-М», обеспечивающие предпосевную обработку семян плазмой с производительностью до 2 тонн в час (рис.).



Общая схема установки «СУПР-М»



Общая схема установки «СУПР-К»

Рисунок – Различные модификации лабораторных плазмотронов с.-х. назначения

При проведении лабораторных и полевых опытов главные усилия были сосредоточены на совершенствовании технологических процессов применения плазмы в растениеводстве. Для этих целей было разработано, изготовлено и установлено на плазменных генераторах специальное устройство – обтюратор и изучена эффективность сверхкоротких импульсов. Так же были изучены важнейшие параметры плазменных установок - сила тока, возбуждающего плазменную дугу, участки спектра плазмы, расстояние от сопла плазмотрона до семян, длительность хранения семян после облучения до посева и др. На практике была доказана возможность внедрения плазменных

технологий в современное сельскохозяйственное производство (табл.).

Таблица – Эффективность предпосевной обработки семян с-х культур излучениями гелиевой плазмы (1994-2006 годы)

Культура, вид продукции, год	Варианты	Урожайность, ц/га
1994-1998 годы ячмень (зерно)	контроль / плазма	20,2 / 39,2
1997-1999 годы амарант: зел. масса	контроль / плазма	131,2 / 196,3
1997-1998 годы картофель	контроль / плазма	212,8 / 254,4
2000 год оз. пшеница (зерно)	контроль / плазма	22,1 / 27,6
2001 год яр. пшеница (зерно)	контроль / плазма	18,2 / 28,4
2002 год оз. рожь	контроль / плазма	27,1 / 39,5
2002 год соя (сорт Щара)	контроль / плазма	10,4 / 14,6
2002 год лен (семена)	контроль / плазма	0,28 / 5,1
2004 год лен (соломка)	контроль / плазма	13,47 / 16,98
2003-2005 годы клевер луговой	контроль / плазма	617 / 652
2004-2006 годы козлятник восточный	контроль / плазма	239 / 332

Например, урожайность зерна ячменя на варианте с обработанными плазмой семенами составила 38,5 ц/га, а на контрольном, где семена не обрабатывали плазмой, но агротехнический фон такой же - 23,4 ц/га или на 64,5% меньше. При этом значительно уменьшалась засоренность посевов сорной растительностью. Такую же прибавку этой культуры в изучаемых природно-хозяйственных условиях дает внесение в почву 8 ц/га минеральных удобрений. Урожайность зеленой массы амаранта на контрольном варианте составила 301,5 ц/га, на варианте с обработкой семян плазмой (на том же агрофоне) - 461,2 ц/га или на 53% больше. Одновременно в урожае ячменя и амаранта при обработке их семян гелиевой плазмой произошли существенные качественные изменения - увеличилось содержание белка и калия, что свидетельствует о повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам окружающей среды. Опыт с картофелем так же показал положительные результаты. Урожайность клубней на контрольном варианте 212,8 ц/га, на варианте с предпосевной обработкой клубней плазмой - 254,4 ц/га, что на 20% больше. Поражение фитофторозом в первом случае составило 70%, во втором – 2%, что позволяет резко сократить применение пестицидов. Что касается возделывания в полевых условиях многолетних трав, специфика которых состоит в том, что урожай они начинают формировать на второй год жизни, то прибавка урожая сена клевера, например, в среднем за 3 года составляла 5-7% при существенном повышении содержания в нем белка [3].

Эффективность использования низкотемпературной плазмы доказана не только в лабораторных, но и в производственных условиях. Широкая производственная проверка новой технологии была проведена в хозяйствах Смоленской и Ростовской областей и на полях Краснодарского края.

Результаты исследования и их обсуждение. Исходя из приведенных результатов исследований и накопленно **Заключение.** го экспериментального материала по предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур излучениями низкотемпературной гелиевой плазмы, можно предложить эти инновационные методы для широкого внедрения в производство при возделывании сельскохозяйственных культур по инновационным технологиям. Это позволит получить более высокий и качественный урожай при минимальных затратах на предпосевное облучение посевного материала, что крайне важно в нынешних экономических условиях. Применение предпосевного облучения семян улучшит и экологическую обстановку за счет снижения химической нагрузки на полях, так как этот метод позволяет получать урожай высокого качества при применении минимальных доз минеральных удобрений, гербицидов и пестицидов [4].

Но, несмотря на впечатляющие успехи, широкое внедрение плазменных технологий в сельском хозяйстве сталкивается с рядом проблем.

Так, требуются более углубленные исследования для определения точных и эффективных режимов обработки (мощность, время экспозиции, тип газа) для каждого конкретного объекта (вид культуры, сорт, тип продукции). Необходима разработка и инженерная оптимизация установок, способных обрабатывать большие объемы семян или продукции в непрерывном режиме, что актуально для элеваторов, семенных селекционных станций и зерновых складов. Разработка мобильных установок для производства плазменных удобрений непосредственно в хозяйствах может

кардинально снизить затраты на логистику и закупку минеральных удобрений.

Заключение. Будущие направления исследований должно заключаться в изучении отдаленных последствий плазменной обработки на растения и их последующие поколения. Комбинирование плазменной технологии с другими щадящими методами (например, УФ-облучение, озонирование). Разработка стандартов и регламентов безопасности для промышленного применения. Создание роботизированных комплексов для точечной обработки растений в теплицах.

Список использованных источников

1. Гордеев, Ю. А. Действие биологически активных излучений низкотемпературной гелиевой плазмы на семена клевера / Ю. А. Гордеев // Плодородие. – 2009. – №5. – С. 27-28.
2. Гордеев, А. М. Биофизические основы эколого-адаптивного земледелия (Введение в агро-биофизику) [Текст]: Монография / А. М. Гордеев. – Смоленск: Смядынь, 1999. – 316 с.
3. Гордеев, Ю. А. Стимулирование биологических процессов в семенах растений излучениями низкотемпературной плазмы [Текст]: Монография / Ю. А. Гордеев. – Смоленск: Универсум, 2008. – 196 стр.
4. Гордеев, Ю. А. Научные аспекты плазменных технологий в АПК [Текст]: Статья / Ю. А. Гордеев // Сб. мат. межд. науч. конф. «Активизация роли молодых ученых – путь к формированию инновационного потенциала АПК», посвященной 70-летию профессора, заслуженного деятеля науки РФ Гордеева А.М. – Смоленск: Смоленская ГСХА, 2009. – С. 11-19.

УДК 619:577.112:636.3.082.12

ВЛИЯНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА В ГЕНЕ BMPR-1B НА СТРУКТУРУ И ФУНКЦИЮ БЕЛКА У ОВЕЦ

Т.В. Коновалова, Е.А. Климанова

Новосибирский государственный аграрный университет, Россия, tapetva@gmail.com

Аннотация: В статье представлен анализ структурных и функциональных особенностей белка BMPR-1B (FecB) у овец, а также влияния полиморфизма FecB (A746G, р.Q249R) на его активность. Показано, что данный полиморфизм, расположенный в киназном домене рецептора, не только усиливает сигнальную активность BMPR-1B, что приводит к повышению плодовитости у овец типа Борула [1, 2], но также ассоциирован с изменениями липидного обмена, в частности с уровнем липопротеинов высокой плотности (ЛПВП) [3]. Использование биоинформационических инструментов (CD-Search, STRING [4], SIFT, PolyPhen-2) подтвердило ключевую роль BMPR-1B в сигнальном пути TGF- β и его взаимодействие с широким спектром белков-партнёров. Результаты исследования подчёркивают плейотропный характер влияния полиморфизма FecB на репродуктивные и метаболические процессы у овец [3, 10].

Ключевые слова: BMPR1B; FecB; овцы; липидный обмен; ЛПВП; полиморфизм; структура белка.

Введение. Ген костного морфогенетического белка рецептора типа 1B (BMPR-1B, также известный как ALK6 или FecB) играет важную роль в регуляции ключевых биологических процессов, включая рост, дифференцировку клеток, овуляцию и метаболизм, через участие в сигнальном пути TGF- β [3, 5]. У овец полиморфизм FecB (A746G, р.Q249R) ассоциирован с повышенной плодовитостью, что было подробно изучено на примере пород типа Борула [1, 2]. В последние годы появились данные о влиянии этого полиморфизма на показатели липидного обмена, в частности на уровень липопротеинов высокой плотности (ЛПВП), что указывает на его плейотропные эффекты [3]. Целью данной работы является комплексный анализ структурных и функциональных характеристик белка BMPR-1B [6], а также оценка влияния известных полиморфизмов (в первую очередь FecB) на его активность. Для этого были использованы данные литературы и современные биоинформационические ресурсы, включая базы данных NCBI [5, 6], инструменты предсказания белковых взаимодействий (STRING [4]) и оценки функционального воздействия аминокислотных замен (SIFT, PolyPhen-2). Результаты исследования позволят углубить понимание молекулярных механизмов, лежащих в основе влияния полиморфизма FecB на репродуктивные и метаболические

функции у овец [3, 10], и могут иметь практическое значение для селекции животных с улучшенными хозяйствственно-полезными признаками.

Материалы и методы. Сведения о последовательности гена и белка овцы (*Ovis aries*) BMPR-1B получены из базы данных NCBI. Для анализа использовали референсную последовательность белка (NP_001009431.1) из базы данных NCBI RefSeq, состоящую из 502 аминокислотных остатков с расчетной молекулярной массой ~56.8 кДа [6]. Анализ доменной организации проведен с помощью инструмента CD-Search. Прогнозирование белок-белковых взаимодействий выполнено с использованием платформы STRING (string-db.org) [4]. Оценка функционального эффекта аминокислотной замены проведена с помощью алгоритмов SIFT.

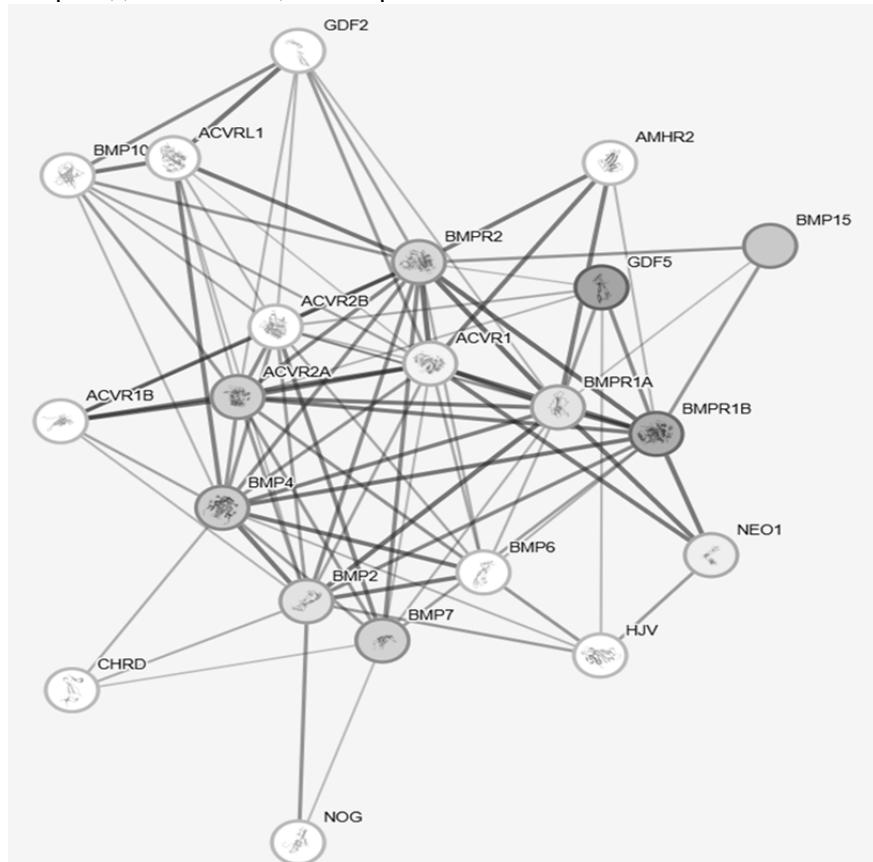


Рисунок – Сеть прогнозируемых функциональных взаимодействий белка BMPR-1B, построенная с использованием базы данных STRING. В анализ включены основные лиганды, ко-рецепторы и модуляторы сигнального пути. Узлы обозначают белки, ребра – предсказанные функциональные связи. Толщина линий отражает степень достоверности предсказания. (Источник: STRING-db.org)

Результаты и обсуждения. Результаты и их обсуждение. Белок BMPR-1B состоит из 502 аминокислот и содержит характерные домены: внеклеточный, трансмембранный и внутриклеточный серин/треонин-киназный домен [5]. Полиморфизм FecB (Q249R) расположен в киназном домене вблизи сайта связывания FKBP12 [5]. Белок FKBP12, связываясь с рецепторами TGF- β семейства, ингибирует их базальную активность [7, 8]. Замена Q249R может нарушать это взаимодействие, что объясняет ее влияние на усиление сигнальной активности рецептора [1]. Анализ с помощью инструментов SIFT и PolyPhen-2 показывает, что данная замена является «вероятно повреждающей». Однако в контексте репродуктивной функции у овец она приводит к усилению сигнальной функции рецептора, обусловливая фенотип многоплодия [3, 9]. База данных STRING демонстрирует, что BMPR-1B взаимодействует с широким кругом партнеров, включая лиганды (BMP2, BMP4, BMP7), другие рецепторы (BMPR-2, ACVR1) и внутриклеточные медиаторы (SMAD1, SMAD5, SMAD9) [6], что подтверждает его центральную роль в множественных клеточных процессах. Плейотропные эффекты гена, затрагивающие в том числе липидный обмен [3], могут быть опосредованы изменением сигнального каскада BMP/TGF- β .

Это подтверждает его центральную роль в множественных клеточных процессах. Плеотропные эффекты гена, затрагивающие в том числе липидный обмен [1], могут быть опосредованы изменением сигнального каскада BMP/TGF- β , который, в свою очередь, влияет на экспрессию генов, участвующих в метаболизме липопротеинов.

Выводы: Ген BMPR-1B кодирует ключевой рецептор сигнального пути BMP. Наличие присвоенного ферментативного номера КФ 2.7.11.30 подтверждает, что BMPR-1B является серин-треониновой киназой и функционирует в рамках соответствующего сигнального пути [2]. Полиморфизм FecB (Q249R), расположенный в функционально важном киназном домене, оказывает значительное влияние на функцию белка, что проявляется не только в изменении репродуктивных показателей (многоплодие), но и, как показано в наших исследованиях [1], в модуляции уровня ЛПВП. Это может быть следствием изменения эффективности сигнального каскада и плеотропного действия гена на метаболические пути.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект № 24-26-00136.

Список использованных источников

1. Климанова, Е. А. Полиморфизм в гене BMPR-IB и его связь с липидным обменом у овец / Е. А. Климанова, Т. В. Коновалова, О. И. Себежко, В. Л. Петухов, Е. И. Тарасенко, А. В. Назаренко, Д. А. Александрова // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 2 (75). – С. 186-191.
2. NCBI Gene: BMPR1B bone morphogenetic protein receptor type 1B [Ovis aries] – <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/gene/443222>
3. NCBI Protein: bone morphogenetic protein receptor type-1B [Ovis aries] (NP_001009431.1). – https://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/NP_001009431.1
4. Wilson T., Wu X.Y., Juengel J.L., Ross I.K., Lumsden J.M., Lord E.A., Dodds K.G., Walling G.A., McEwan J.C., O'Connell A.R., McNatty K.P., Montgomery G.W. Highly prolific Booroola sheep have a mutation in the intracellular kinase domain of bone morphogenetic protein IB receptor (ALK-6) that is expressed in both oocytes and granulosa cells. Biol Reprod. 2001 Feb;64(4):1225-35. doi: 10.1095/biolreprod64.4.1225
5. Souza C.J.H, MacDougall C, Campbell B.K, McNeilly A.S, Baird D.T. The Booroola (FecB) phenotype is associated with a mutation in the bone morphogenetic receptor type 1 B (BMPR1B) gene. J Endocrinol. 2001 Apr;169(1):R1-6. doi: 10.1677/joe.0.169r001.
6. Szklarczyk D., et al. The STRING database in 2023: protein–protein association networks and functional enrichment analyses for any sequenced genome of interest. Nucleic Acids Res. 2023;51(D1):D638–D646. Doi: 10.1093/nar/gkac1000.
7. Chen Y., et al. Mechanism of TGF β receptor inhibition by FKB12 // EMBO J. 1997. Vol. 16, № 13. P. 3866–3876. DOI: 10.1093/emboj/16.13.3866.
8. Wang T., Donahoe P.K. The immunophilin FKB12: a common inhibitor of the TGF- β family type I receptors // Cell. 1996. Vol. 86, № 3. P. 435–444. DOI: 10.1016/s0092-8674(00)80116-6.
9. Huse M., et al. Crystal structure of the cytoplasmic domain of the type I TGF β receptor in complex with FKB12 // Cell. 1999. Vol. 96, № 6. P. 859–870. DOI: 10.1016/s0092-8674(00)80595-0.
10. Климанова, Е. А. Молекулярно-генетический анализ взаимодействия генов, ассоциированных с репродуктивными функциями животных / Е. А. Климанова, Д. А. Александрова, Н. Н. Кочнев // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1 (74). – С. 170-176.

ВЛИЯНИЕ СКАРМЛИВАНИЯ ЭКСТРУДИРОВАННОЙ ЗЕРНОСМЕСИ НА ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

А.Н. Кот¹, В.В. Чекрышева², Н.А. Святогорова², А.В. Убушиева³, В.С. Убушиева³,
В.Ф. Радчиков¹, В.П. Цай¹, И.В. Богданович¹, Г.В. Бесараб¹, Н.П. Разумовский⁴

¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь
по животноводству», г. Жодино

²Северо - Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный центр», г. Новочеркасск, Россия

³Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова», г. Элиста, Россия

⁴УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск

Аннотация. Изучено влияние экструдированной смеси концентратов с высоким содержанием расщепляемого протеина и неструктурных углеводов на показатели рубцового пищеварения, продуктивность и эффективность использования кормов рационов. Установлено, что скармливание бычками черно-пестрой породы в возрасте 3-6 месяцев зерносмеси, подвергнутой баротермической обработке, приводит к повышению численности инфузорий в рубцовой жидкости на 4,4%, общего азота – на 8,3%, снижению концентрации аммиака и летучих жирных кислот на 8,7 и 3,5% соответственно. Отмечено повышение содержания эритроцитов в крови на 4,0%, гемоглобина – на 3,9, общего белка – на 4,0 и фосфора – на 4,4% и снижение на 6,4%, мочевины – на 2,0 и кальция на 6,4, что способствовало повышению энергии роста и эффективности использования питательных веществ рациона.

Ключевые слова: молодняк крупного рогатого скота, рационы, зерносмесь, экструдирование, продуктивность, эффективность.

Введение. Реализовать высокую продуктивность животных простым увеличением в рационах доли высокобелковых кормов на практике сложно и не рентабельно. Такой подход приводит не только к перерасходу кормов и удорожанию получаемой продукции, но и отрицательно влияет на здоровье животных, что влечет за собой резкое сокращение срока их продуктивного использования [1, 2].

Важным вопросом протеинового питания жвачных является возможность регулирования степени распада протеина в преджелудках, одним из которых является воздействие высокой температуры. Понижение распадаемости протеина без изменения его переваримости в кишечнике достигается при кратковременных воздействиях температуры в пределах 80-120°C. Технологически тепловая обработка белковых кормов может осуществляться на предприятиях комбикормовой и перерабатывающей промышленности путем автоклавирования, тостирования или экструдирования [3-5].

Цель работы – изучить влияние экструдированной смеси концентратов с высоким содержанием расщепляемого протеина и неструктурных углеводов на показатели рубцового пищеварения, продуктивность бычков в возрасте 3-6 месяцев.

Материалы и методы. Исследования проведены на 2-х группах бычков черно-пестрой породы в возрасте 3-6 месяцев

Различия в кормлении заключались в том, что в контрольной группе животные получали размолотую смесь зерна ячменя и пельюшки, а в опытной – экструдированную. Физиологические эксперименты по изучению показателей рубцового пищеварения в сложном желудке проведены на животных с вживленными хроническими канюлями рубца.

Химический состав кормов определялся по схеме общего зоотехнического анализа в лаборатории биохимических анализов РУП «Научно-практический центр НАН Беларусь по животноводству» по общепринятым методикам.

Расщепляемость протеина белковых кормов определяли по ГОСТ 28075-89. В нейлоновые мешочки были заложены образцы концентрированных кормов. Период инкубации исследуемых концентрированных кормов в рубце составил 6 часов.

Результаты исследования и их обсуждение. Силос животные получали вволю. В структуре рациона на долю концентрированных кормов, приходилось 36% по питательности. Травяные кор-

ма в структуре рациона занимали 64%. Отмечено повышение потребления кукурузного силоса в опытной группе на 2,2%. Концентрированные корма животные съедали полностью.

В среднем в сутки подопытный молодняк получал 4,3-4,4 кг/голову сухого вещества рациона. Содержание обменной энергии в сухом веществе рациона опытной группы составило 10,1 МДж/кг. На долю сырого протеина в сухом веществе рационов приходилось 11,9%. Расщепляемость протеина в рационе контрольной группы составила 80%, а в опытной – 76%. Количество клетчатки в сухом веществе не превышало 26%.

Исследованиями установлено, что в рубце животных, получавших экструдированную зерносмесь, содержание общего азота оказалось выше на 8,3%, а аммиака ниже на 8,7% (таблица 1).

Таблица 1. – Параметры рубцового пищеварения

Показатель	Группа	
	I	II
pH	6,04±0,16	6,18±0,18
ЛЖК, ммоль/100 мл	10,6±0,40	10,23±0,18
Азот общий, мг/100 мл	134,5±14,5	145,7±14,89
Аммиак, мг/100 мл	13,8±0,6	12,6±0,40
Инфузории, тыс./мл	799±13,5	833±21,8

В опытной группе также на 3,5% уменьшился уровень летучих жирных кислот. Снижение количества аммиака и увеличение общего белка может свидетельствовать о том, что интенсивность синтеза микробного белка увеличилась вследствие более равномерного поступления питательных веществ в рубец и создании более благоприятных условий для жизнедеятельности микрофлоры. Так, количество инфузорий во второй группе возросло на 4,4%. Однако все показатели находились в пределах нормы.

Скармливание экструдированной смеси оказало определённое влияние на состав крови животных (таблица 2).

Таблица 2. – Гематологические показатели

Показатель	Группа	
	I	II
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	6,24±0,13	6,49±0,12
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	10,05±0,25	10,23±0,49
Гемоглобин, г/л	106,1±6,3	110,2±4,51
Общий белок, г/л	75,75±2,25	78,77±1,56
Глюкоза, мМоль/л	2,49±0,16	2,33±0,03
Мочевина, мМоль/л	4,1±0,14	4,02±0,14
Кальций, мМоль/л	2,82±0,12	2,64±0,06
Фосфор, мМоль/л	1,59±0,15	1,66±0,05
Гематокрит, %	34,55±1,85	34,73±1,22

Так, у бычков опытной группы отмечено повышение содержания эритроцитов на 4,0%, гемоглобина – на 3,9, общего белка – на 4,0 и фосфора – на 4,4%. В то же время уровень глюкозы снизился на 6,4%, мочевины – на 2,0 и кальция на 6,4%. Однако отмеченные различия были недостоверными.

Скармливание экструдированной смеси зерна пелюшки и ячменя вместо молотой способствовало повышению энергии роста и эффективности использования питательных веществ рациона (таблица 3).

Таблица 3. – Динамика живой массы и эффективность использования кормов подопытным молодняком

Показатель	Группа	
	I	II
Живая масса, кг в начале опыта	132,7±1,3	133,1±1,80
в конце опыта	178,3±3,5	181,3±2,40
Валовой прирост, кг	45,6±2,2	48,2±10
Среднесуточный прирост, г	760±37	803,3±17,7
% к контролю	100	105,7
Затраты кормов на 1 кг прироста, корм. ед.	5,89	5,70
% к контролю	100	96,8
Затраты протеина на 1 кг прироста, кг	0,68	0,66
% к контролю	100	97,1

Более высокие приросты отмечены во II опытной группе – 804 г в сутки, что на 5,8% выше, чем в I группе. Затраты кормов в этой группе оказались ниже, чем в первой на 3,2% и составили 5,7 корм. ед.

Эффективность использования протеина кормов также увеличилась на 3,0%.

Заключение. Скармливание животным зерносмеси, подвергнутой баротермической обработке, приводит к повышению численности инфузорий в рубцовой жидкости на 4,4%, общего азота – на 8,3%, снижению концентрации аммиака и летучих жирных кислот на 8,7 и 3,5% соответственно, увеличению содержания эритроцитов в крови на 4,0%, гемоглобина – на 3,9, общего белка – на 4,0 и фосфора – на 4,4%. уменьшению мочевины – на 2,0 и кальция – на 6,4%. В опытной группе среднесуточный прирост живой массы повысился на 5,8%, при снижении затрат кормов на его получение на 3,2 процента.

Список использованных источников

1. Физиологическое состояние и переваримость питательных веществ при скармливании молодняку крупного рогатого скота солода пивоваренного / Е.Е. Парханович, В.П. Цай, А.М. Глинкова [и др.] // В сборнике: Животноводство Беларуси: вчера, сегодня, завтра. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» и 110-летнему юбилею доктора сельскохозяйственных наук, профессора А. А. Гайко. – Минск, 2024. – С. 152-155.
2. Влияние соотношения фракций протеина в заменителе цельного молока на эффективность выращивания телят /А.Н. Кот, Г.Н. Радчикова, Т.Л. Сапсалёва [и др.] // В сборнике: Достижения и актуальные вопросы современной гигиены животных. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летнему юбилею кафедры гигиены животных имени профессора В.А. Медведского. – Витебск, 2023. – С. 62-67.
3. Кормовые добавки из зерна высокобелковых культур в кормлении молодняка крупного рогатого скота /Т.Л. Сапсалёва, М.И. Сложенкина, Н.И. Мосолова [и др.] // В сборнике: Животноводство Беларуси: вчера, сегодня, завтра. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» и 110-летнему юбилею доктора сельскохозяйственных наук, профессора А. А. Гайко. – Минск, 2024. – С. 195-198.
4. Повышение эффективности использования протеина в рационах молодняка крупного рогатого скота /Т.Л. Сапсалёва, Д.М. Богданович, А.Н. Кот [и др.] // В сборнике: Селекционно-генетические и технологические аспекты инновационного развития животноводства. Сборник научных работ международной научно-практической конференции, посвящённой 65-летию со дня рождения профессора Лебедько Егора Яковлевича. Брянск, 2023. – С. 266-271.
5. Эффективность скармливания молодняку крупного рогатого скота белково-витаминно-минеральных добавок / А.М. Глинкова, А.Н. Кот, М.В. Джумкова [и др.] // В сборнике: Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства. Сборник трудов международной научно-практической конференции. Институт ветеринарной медицины и биотехнологии. – Брянск, 2023. – С. 57-63.

РУБЦОВОЕ ПИЩЕВАРЕНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ В РАЦИОН ОРГАНИЧЕСКОГО КОБАЛЬТА

А.Н. Кот¹, В.Ф. Радчиков¹, И.С. Серяков², В.И. Петров², А.Г. Марусич²

¹Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по животноводству, Жодино

²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки

Аннотация. Замена минерального кобальта на уксуснокислый способствует повышению количества ЛЖК на 2,7% и снижению содержания аммиака в рубцовой жидкости на 1,2%. Это может свидетельствовать о более эффективном использовании протеина кормов. В крови бычков опытной группы отмечено повышение содержания эритроцитов на 2,9%, гемоглобина – на 3,6, общего белка – на 3,7, фосфора – на 3,8% соответственно и снижение глюкозы, мочевины и кальция на 1,6%, 2,8 и 1,8%. Использование концентратов с добавлением органических соединений кобальта способствует повышению продуктивности животных и эффективности использования корма. Среднесуточный прирост живой массы у животных опытной группы увеличился на 4,5%, в результате затраты корма на продукцию снизились на 1,8%-3,6%.

Ключевые слова: молодняк крупного рогатого скота, рацион, органический кобальт, рубцовое пищеварение, продуктивность.

Введение. Продуктивность клинически здоровых животных на 60-70% зависит от качества и полноценности кормления. С увеличением продуктивности животных растут и требования к качеству кормов и сбалансированности рационов.

Однако не только основные питательные вещества влияют на полноценное питание животных, но и минеральные вещества и витамины. Именно поэтому обеспечение полноценного питания молодняка крупного рогатого скота и взрослых животных имеет такое существенное значение [1].

На полноценность питания молодняка крупного рогатого скота и взрослых животных, наряду с удовлетворением их потребности в основных питательных веществах, существенное влияние оказывает обеспеченность их минеральными веществами и витаминами. В связи с расширением и детализацией представлений о потребностях животных и о физиологической роли биогенных минеральных элементов эти вопросы приобрели огромное значение при организации их питания.

Минеральные вещества играют важную роль в утилизации белка и углеводов, в поддержании осмотического давления, буферной емкости жидкостей и тканей организма, нервного и мышечно-гого возбуждения, регуляций католитических процессов, проявлении иммунобиологической реактивности организма [2-3].

Исследования показали, что использование органических соединений микроэлементов может улучшить качество молока и мяса, повысить иммунитет животных и уменьшить заболеваемость. Однако, оптимальные дозировки и применение органических соединений микроэлементов в рационах крупного рогатого скота до сих пор не являются четко определенными [4].

Материал и методы. Исследования проведены в физиологическом корпусе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по животноводству» и ГП «Жодино-АгроПлемЭлита» на молодняке крупного рогатого скота в возрасте 6-9 месяцев. Для выполнения поставленной цели методом пар-аналогов были подобраны 2 группы клинически здоровых животных с учетом живой массы, возраста, упитанности и одинаковой продуктивности. Различия в кормлении заключались в том, что в первой группе животные получали соль сернокислого кобальта, а во второй – уксуснокислого (таблица 1).

Статистическая обработка результатов анализа была проведена с учетом критерия достоверности по Стьюденту.

Результаты исследований и их обсуждение. Животные опытных групп получали рацион, состоящий из сенажа и комбикорма. Сенаж животные получали вволю. В структуре рациона концентрированные корма составили 40% по питательности.

Таблица 1. – Схема физиологических опытов по изучению влияния солей кобальта на показатели рубцового пищеварения

Группа	Количество животных в группе, голов	Продолжительность опыта, дней	Условия кормления
I опытная	3	30	ОР (травяные корма + комбикорм) + сернокислый кобальт (1 мг/кг комбикорма)
II опытная	3	30	ОР + уксуснокислый кобальт (1 мг/кг комбикорма)

Травяные корма в структуре рациона занимали 60%. Концентрированные корма животные съедали полностью. Потребление сенажа в обеих группах находилось на одном уровне.

В среднем в сутки подопытный молодняк получал 5,6 кг/голову сухого вещества рациона. Содержание обменной энергии в сухом веществе рациона опытных групп составило 10,0 МДж/кг. На долю сырого протеина в сухом веществе рационов приходилось 11,9%. Количество клетчатки в сухом веществе составило 26%. Соотношение кальция к фосфору равнялось 1,7:1.

В конце опыта у животных были взяты образцы рубцовой жидкости. Как показали исследования, рубцовое пищеварение у животных опытных групп несколько отличалось (таблица 2).

Таблица 2. – Состав рубцового пищеварения

Показатель	Группа	
	I	II
pH	6,13±0,20	6,1±0,27
ЛЖК, ммоль/100 мл	11,68±1,22	11,99±1,07
Азот общий, мг/100 мл	127,5±2,85	125,3±2,99
Аммиак, мг/100 мл	17,86±0,76	17,65±0,58

В рубце животных, получавших комбикорм с добавлением ацетата кобальта отмечено повышение уровня летучих жирных кислот на 2,7%. В то же время содержание общего азота и аммиака снизилось на 1,7% и 1,2%.

Снижение уровня аммиака свидетельствует о том, что интенсивность синтеза микробного белка увеличилась. Однако все показатели находились в пределах нормы.

Замена в составе комбикорма сернокислый кобальт на ацетат кобальта не оказало значительно го влияния на состав крови животных (таблица 3).

У бычков опытной группы отмечено повышение содержания эритроцитов на 2,9%, гемоглобина – на 3,6, общего белка – на 3,7, фосфора – на 3,8% соответственно. В то же время уровень глюкозы мочевины и кальция снизился на 1,6%, 2,8 и 1,8%. Однако отмеченные различия были недостоверны.

Таблица 3. – Морфо-биохимические показатели крови животных

Показатель	Группа	
	I	II
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	6,54±0,23	6,73±0,19
Гемоглобин, г/л	110,67±4,09	114,67±2,96
Общий белок, г/л	78,9±1,72	81,8±1,74
Глюкоза, мМоль/л	3,12±0,09	3,07±0,12
Мочевина, мМоль/л	3,96±0,14	3,85±0,19
Кальций, мМоль/л	2,82±0,10	2,77±0,10
Фосфор, мМоль/л	1,77±0,05	1,86±0,05

Скармливание органической соли кобальта в составе рациона бычков в возрасте 6-9 месяцев привело к повышению энергии роста и эффективности использования питательных веществ рациона (таблица 4).

Таблица 4. – Энергия роста подопытных животных

Показатель	Группа	
	I	II
Живая масса, кг:		
в начале опыта	173,3±2,6	174,3±2,30
в конце опыта	196,2±2,0	198,2±2,20
Валовой прирост, кг	22,8±0,6	23,8±0,50
Среднесуточный прирост, г	761±20,1	795±14,7
% к контролю	100	104,5
Затраты кормов на 1 кг прироста, корм. ед.	6,99	6,75
% к контролю	100	96,57

Более высокие приrostы отмечены во II опытной группе. Среднесуточный прирост живой массы составил – 795 г в сутки, что на 4,5% выше, чем в I, где этот показатель был равен 761 г.

Затраты кормов во II опытной группе оказались ниже, чем в первой на 3,4% и составили 6,75 корм. ед.

Заключение. Замена минерального кобальта на уксуснокислый способствует повышению количества ЛЖК на 2,7% и снижению содержания аммиака в рубцовой жидкости на 1,2%. Это может свидетельствовать о более эффективном использовании протеина кормов. В крови бычков опытной группы отмечено повышение содержания эритроцитов на 2,9%, гемоглобина – на 3,6, общего белка – на 3,7, фосфора – на 3,8% соответственно и снижение глюкозы, мочевины и кальция на 1,6%, 2,8 и 1,8%. Использование концентратов с добавлением органических соединений кобальта способствует повышению продуктивности животных и эффективности использования корма. Среднесуточный прирост живой массы у животных опытной группы увеличился на 4,5%, в результате затраты корма на продукцию снизились на 1,8%-3,6%.

Список использованных источников

1. Сравнительная эффективность использования в кормлении телят цельного молока и его заменителя/ В.Ф. Радчиков, М.Е. Радько М.Е., Е.И. Приловская [и др.] // Аграрно-пищевые инновации. 2020. № 2 (10). – С. 50-61.
2. Подготовка зерна к скармливанию как способ повышения эффективности его использования в кормлении крупного рогатого скота/ В.Ф. Радчиков, В.П. Цай, А.Н. Кот // В сборнике: Научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы II международной научно-практической конференции. Красноярский научно-исследовательский институт животноводства - Обособленное подразделение «Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»; Составители: Л.В. Ефимова, Т.В. Зазнобина. – Красноярск, 2018. – С. 189-194.
3. Тренды научно-технического развития и повышения конкурентоспособности сельского хозяйства России/ Г.В. Федотова, И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина М.И. [и др.] // Вестник Академии знаний. 2019. № 32 (3). С. 251-255.
4. Кормовая добавка из природных ресурсов в кормлении молодняка крупного рогатого скота / Г.В. Бесараб, Д.М. Богданович, Г.Н. Радчикова [и др.] // В сборнике: Инновационный путь развития отраслей животноводства. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. – Жодино, 2022. – С. 74-77.

ВЛИЯНИЕ КРАТНОСТИ КОРМЛЕНИЯ НА ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

А.Н. Кот¹, А.К. Натыров², Н.И. Мороз², В.Ф. Радчиков¹, И.В. Богданович¹,
И.С. Серяков³, М.М. Карпеня⁴, Е.А. Долженкова⁴, В.В. Букас⁴, В.В. Карелин⁴

¹РУП “Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь
по животноводству”, Жодино

²Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, Элиста, Россия

³Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки

⁴Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины

Аннотация. Установлено положительное влияние 3-х разового кормления на физиологическое состояние, рубцовое пищеварение и белковый обмен у бычков в возрасте 3-6 месяцев. В рубце животных, получавших корма 3 раза в день, отмечено увеличения содержание общего азота на 7,8%, инфузорий – на 3,2%, концентрация аммиака снизилась на 6,7%, что свидетельствует о интенсификации процессов микробного синтеза.

Ключевые слова: молодняк крупного рогатого скота, рационы, кратность кормления, продуктивность, эффективность.

Введение. Получение от животных высокой продуктивности с наименьшими затратами корма возможно только при полноценном кормлении рационами сбалансированными по всем питательным, минеральным и биологически активным веществам [1, 2].

Недостаток кормового белка и нерациональное его использование в организме животных приводят к тому, что протеин является одним из важнейших лимитирующих факторов в системах интенсивного производства молока и мяса [3].

Важным фактором эффективного использования протеина в организме служит создание благоприятных условий в рубце, обеспечивающих максимальный синтез микробного белка с одновременным увеличением потока в кишечник кормового протеина. При увеличении продуктивности животных микробный белок не в состоянии удовлетворить возрастающие потребности организма в аминокислотах [4].

Материалы и методы. Исследования на 2-х группах бычков черно-пестрой породы в возрасте 3-6 месяцев с вживленными канюлями рубца, через которые вводились мешочки, и отбиралось содержимое рубца. Различия заключались в том, что животных контрольной группы кормили 2 раза, а опытной 3 раза в сутки (таблица 1).

Таблица 1. – Схема проведения исследований

Группы	Количество животных, голов	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I опытная	3	60	ОР (травяные корма + комбикорм) – кормление 2 раза в день
II опытная	3	60	ОР – кормление 3 раза в день

В исследованиях изучены следующие показатели: химический состав и питательность, поедаемость кормов; интенсивность процессов рубцового пищеварения; морфо-биохимический состав крови; интенсивность роста; оплата корма продукцией, экономическая эффективность.

Статистическая обработка результатов анализа проведена с учетом критерия достоверности по Стьюденту.

Результаты исследования и их обсуждение. Исследованиями установлено, что потребление кормов бычками разных групп, находилось практически на одном уровне. Отмечено повышение потребления сенажа во второй группе на 5%.

Среднесуточное потребление сухого вещества в опытных группах было на уровне 4,2-4,4 кг. Содержание обменной энергии в сухом веществе рациона опытных групп составило 9,9 МДж/кг.

Доля сырого протеина в сухом веществе рационов находилась на уровне 12,2%. В расчете на одну кормовую единицу приходилось 140 г сырого протеина.

Динамика распада протеина изучалась с путем инкубирования белкового корма в нейлоновых мешоччиках (рисунок 1).

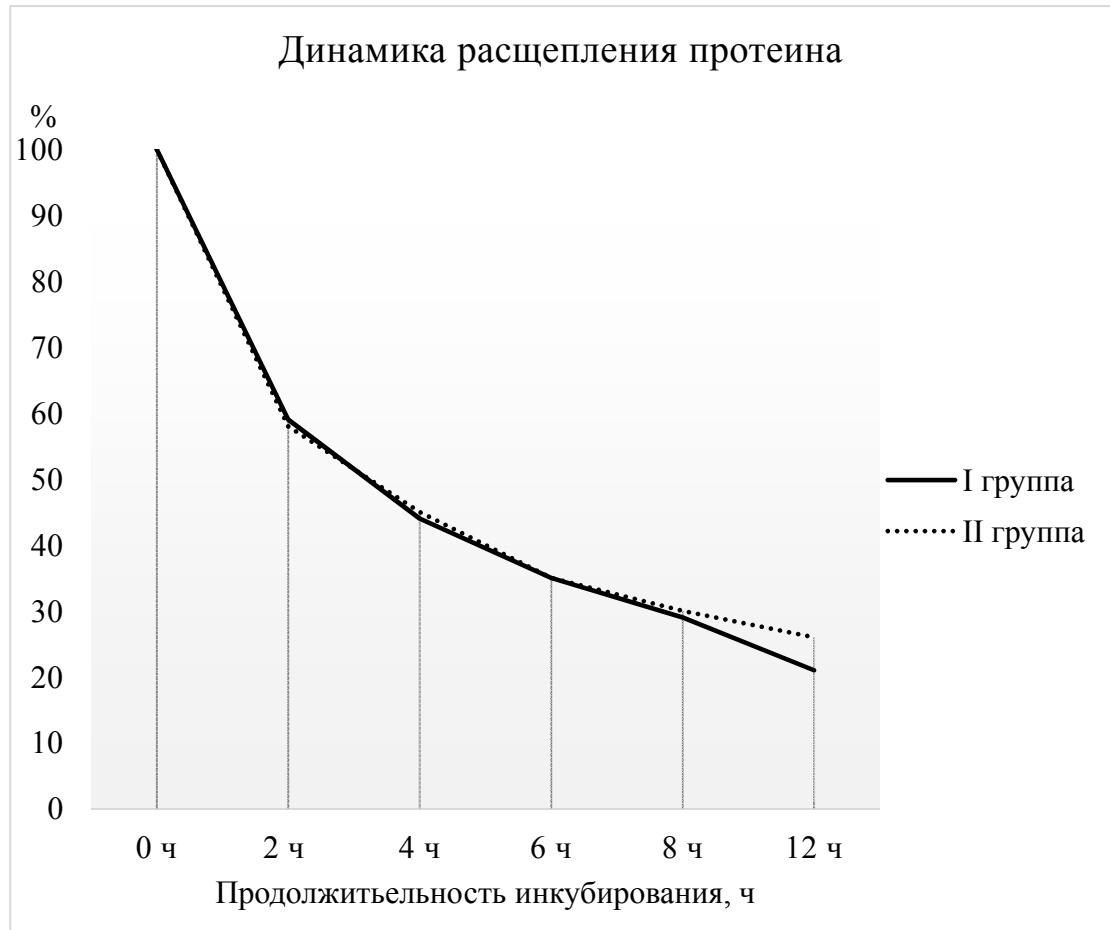


Рисунок 1 – Распадаемость протеина в рубце опытных бычков

Как показали исследования, рубцовое пищеварение у животных опытных групп отличалось незначительно (таблица 2).

Таблица 2. – Параметры рубцового пищеварения подопытных животных

Показатели	Группа			
	I		II	
	в начале опыта	в конце опыта	в начале опыта	в конце опыта
pH	6,7±0,06	6,6±0,06	6,6±0,14	6,5±0,10
ЛЖК ммоль/100 мл	9,63±0,09	11,2±0,1	10,13±0,22	11,3±0,21
Азот общий, мг/100 мл	144±3,49	123,8±2,59	146±3,49	133,5±4,8
Аммиак, мг/100 мл	10,13±0,15	11,97±0,2	9,83±0,18	11,17±0,58
Инфузории, тыс./мл	673±11,84	727±17,0	690±4,05	750±13,0

Кислотность рубцовой жидкости в опытных группах находилась на уровне 6,5-6,6. У животных, получавших корм 3 раза в сутки, в рубцовой жидкости отмечалось повышение содержания общего азота на 7,8%, инфузорий – на 3,2%. В то же время концентрация аммиака снизилась на 6,7%. Остальные показатели отличались незначительно и находились в пределах физиологической нормы.

Установлено, что с возрастом снижается уровень общего азота на 8,5-14,0%, увеличивается содержание летучих жирных кислот на 16,3-11,5%, аммиака – на 18,2-20,3 и инфузорий – на 8,0-8,3

процента.

В крови молодняка, потреблявшего корма 3 раза в день, отмечалось незначительное увеличение уровня гемоглобина на 3%, глюкозы – на 4,7, фосфора – на 6,0 и гематокрита – на 3,1%. В то же время содержание лейкоцитов снизилось на 2,9%. Однако установленные различия были недостоверны.

Увеличение частоты кормлений положительно повлияло на продуктивность животных (таблица 3).

Таблица 3. – Динамика живой массы и затраты корма

Показатель	Группа	
	I	II
Живая масса, кг:		
в начале опыта	139,2±1,3	137,8±1,0
в конце опыта	160,9±1,8	160,6±1,40
Валовой прирост	21,7±0,7	22,8±0,40
Среднесуточный прирост	723±22,4	759±12,40
% к контролю	100	104,9
Затраты кормов на 1 кг прироста, корм. ед.	5,14	5,02
% к контролю	100	97,7

Так, во второй опытной группе отмечено увеличение среднесуточных приростов живой массы с 723 до 759 г, или на 4,9%. Затраты кормов в этой группе были ниже, чем в первой на 2,3% и составили 5,02 корм. ед. Эффективность использования протеина кормов также увеличилась на 2,8%.

Заключение. Исследованиями установлено, что в рубце животных, получавших корма 3 раза в день, отмечено увеличения содержание общего азота на 7,8%, инфузорий – на 3,2%, концентрация аммиака снизилась на 6,7%. Трехразовое кормление способствует повышению среднесуточного прироста живой массы на 4,9%, затраты кормов снизились на 2,3%, протеина – на 2,8 процента.

Список использованных источников

1. Богданович, Д.М. Природный микробный комплекс в кормлении молодняка крупного рогатого скота/ Д.М. Богданович, Н.П. Разумовский // Инновационное развитие аграрно-пищевых технологий. Материалы Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией И.Ф. Горлова. – Волгоград, 2020. – С. 22-26.
2. Богданович, Д.М. Кремнезёмистые и карбонатные сапропели в рационах молодняка крупного рогатого скота /Д.М. Богданович // Модернизация аграрного образования: интеграция науки и практики. Сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции. Томск-Новосибирск, 2019. – С. 216-219.
3. Эффективность скармливания коровам осоложенного зерна/ С.Н. Разумовский, А.Н. Кот, Г.Н. Радчикова [и др.] // От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение развития животноводства и биотехнологий. Сборник материалов международной научно-практической конференции "От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение АПК". – Екатеринбург, 2020. – С. 177-179.
4. Малявко, И.В. Баланс и использование азота дойными коровами в первую фазу лактации при их авансированном кормлении в предотельный период/ И.В. Малявко, В.А. Малявко // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – Брянск, 2020. № 3 (79). – С. 38-42.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ СЕЛЕНСОДЕРЖАЩЕЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «СЕЛЕКОРД-200» ПРИ ХРАНЕНИИ

И.В. Мороз, Л.И. Сапунова, А.Г. Лобанок
Институт микробиологии НАН Беларусь, Минск

Аннотация. Определена стабильность органолептических, физико-химических и микробиологических показателей добавки кормовой «Селекорд-200», которая в составе инактивированных дрожжевых клеток *Candida stellimalicola* БИМ Y-350 Д содержит 190–210 мг Se /кг. Установлено, что гарантированный срок хранения исследуемого кормового продукта при пониженной (4–6 °C) и комнатной (до 25 °C) температуре и влажности воздуха не более 75 % составляет 24 месяца без потери потребительских свойств.

Ключевые слова: кормовая добавка, «Селекорд-200», хранение, стабильность свойств.

Введение. В последнее время в кормлении животных широко используют обогащенные селеном дрожжи. Этот необходимый для нормальной жизнедеятельности животных и человека микроэлемент обладает антиоксидантными, иммуномодулирующими и детоксицирующими свойствами, участвует в формировании активных центров отдельных ферментов. Недостаток селена вызывает нарушение обмена веществ, снижение роста, дегенеративные изменения тканей и органов, репродуктивные дисфункции [1–2].

Использование обогащенных селеном кормовых дрожжей повышает метаболический, биохимический и иммунный статус животных, снижает риск возникновения заболеваний, связанных с нарушением функций пищеварительной системы и обмена веществ вследствие дефицита селена, увеличивает продуктивность, снижает расход корма, повышает сохранность поголовья [2–4].

Ранее нами методом адаптации к повышенной концентрации селенита натрия получен штамм *Candida stellimalicola* БИМ Y-350 Д, эффективно аккумулирующий селен [5, 6]. С использованием адаптированного к селену штамма разработана технология производства обогащенных селеном кормовых дрожжей, далее добавки кормовой «Селекорд-200». Продукт представляет собой сыпучий порошок с содержанием 190–210 мг Se /кг инактивированных дрожжевых клеток. Одним из важнейших критериев качества кормовых добавок является стабильность показателей, гарантированных производителем.

Материалы и методы. В работе использовали кормовую добавку «Селекорд-200», полученную в соответствии с опытно-промышленным регламентом ОПР-01/2022 и хранившуюся при температуре 25 °C и влажности воздуха не более 75 %. Технология получения кормовой добавки предусматривает глубинное культивирование штамма дрожжей в питательной среде с селенитом натрия в оптимизированных условиях. По окончании роста штамма дрожжей, аккумулирующего селенит натрия, биомассу отделяли от культуральной жидкости центрифугированием (4400 g, 5 мин) на проточной центрифуге J-1250 при комнатной температуре и высушивали методом лиофилизации в сушилке iLShin FD 5512 (Южная Корея).

Полученную кормовую добавку «Селекорд-200», хранящуюся в полиэтиленовых по ГОСТ 17811 или бумажных по ГОСТ 2226 мешках, оценивали по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям на соответствие требованиям разработанной нормативно-технической документации.

Определение селена в «Селекорд-200» проводили методом атомно-эмиссионной спектрометрии (атомно-эмиссионный спектрометр Shimadzu-9000, Япония) в независимой аккредитованной лаборатории.

Приведенные результаты представляют собой среднее арифметическое данных, полученных в двух независимых экспериментах в трех повторностях.

Результаты исследования и их обсуждение. В результате исследований установлено соответствие органолептических, физико-химических показателей кормовой добавки «Селекорд-200» требованиям ТУ BY 100289066.182-2022 в течение гарантированного срока хранения, составляющего 24 месяца с даты ее изготовления, при температуре не выше 25 °C при влажности воздуха не более 75 % (таблица 1).

Таблица 1. – Стабильность органолептических и физико-химических показателей добавки кормовой «Селекорд-200» при хранении

Наименование показателя	Нормированный показатель (ТУ BY 100289066.182-2022)	Результаты испытаний после хранения в течение (месяцев)		
		0	16	24
Внешний вид и консистенция	Сыпучий порошок	Сыпучий порошок		
Цвет	От коричневого до кремово-коричневого с розовым оттенком	Коричневый		
Запах	Хлебно-дрожжевой, специфический, без постороннего запаха	Хлебно-дрожжевой, специфический, без постороннего запаха		
Массовая доля влаги, %, не более	10,0	4,35	4,41	4,44
Содержание селена, мг/кг	190–210	194,39	205,0	202,0

Установлено также отсутствие в составе кормовой добавки «Селекорд-200» живых клеток *Candida stellimalicola* БИМ Y- 350 Д, что также соответствует нормированному показателю (таблица 2).

Таблица 2. – Титр жизнеспособных клеток *Candida stellimalicola* БИМ Y- 350 Д в кормовой добавке «Селекорд-200» при хранении

Длительность хранения, месяцев	Титр <i>Candida stellimalicola</i> БИМ Y- 350 Д в составе кормовой добавки, хранящейся при температуре, °C:	
	4–6	21–25
0	Не обнаружены	Не обнаружены
16	Не обнаружены	Не обнаружены
24	Не обнаружены	Не обнаружены

Результаты исследования динамики численности мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в составе исследуемой кормовой добавки приведены в таблице 3.

Таблица 3. – Титр мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в кормовой добавке «Селекорд-200» при хранении

Длительность хранения, мес	Титр мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в кормовой добавке, хранящейся при температуре, °C:			
	4–6		21–25	
	KOE/г	log KOE/г	KOE/г	log KOE/г
0	$2,7 \times 10^2$	2,43	$2,8 \times 10^2$	2,45
16	$9,7 \times 10^2$	2,99	$1,8 \times 10^3$	3,25
24	$1,2 \times 10^3$	3,0	$3,6 \times 10^3$	3,55

Как видно из таблицы 3, при хранении «Селекорд-200» при 4–6 °C в течение 24 месяцев содержание жизнеспособных мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов варьируется в пределах $2,7 \times 10^2$ – $9,7 \times 10^2$ KOE/г. Однако незначительное увеличение количества исследуемой группы непатогенных микроорганизмов до $1,8 \times 10^3$ KOE/г или 3,25 log KOE/г по сравнению с их исходным титром регистрируется спустя 16 месяцев хранения и до $3,6 \times 10^3$ KOE/г или 3,55 log KOE/г при комнатной температуре (21–25 °C), что не является статистически достоверным. В обоих случаях исследуемый показатель остается в пределах установленной нормы, составляющей 10^5 KOE/г.

Показано, что в кормовой добавке «Селекорд-200», хранящейся в условиях холодильника (4–6 °C) и при комнатной температуре (21–25 °C), не обнаруживаются бактерии рода *Salmonella* в течение 24 месяцев, что соответствует требованиям ТУ BY 100289066.182-2022 (таблица 4).

Таблица 4. – Титр жизнеспособных клеток *Candida stellimalicola* 4-ASe в кормовой добавке «Селекорд-200» при хранении

Длительность хранения, месяцев	Титр бактерий рода <i>Salmonella</i> в составе кормовой добавки, хранящейся при температуре, °C:	
	4–6	21–25
0	Не обнаружены	Не обнаружены
16	Не обнаружены	Не обнаружены
24	Не обнаружены	Не обнаружены

Заключение. Таким образом, гарантированный срок хранения кормовой добавки «Селекорд-200» без потери ее потребительских свойств составляет не менее 24 месяцев при температуре не выше 25 °C и влажности воздуха не более 75 %.

Список использованных источников

1. Kieliszek, M. Current knowledge on the importance of selenium in food for living organisms: a review / M. Kieliszek, S. Błazejak // Molecules. – 2016. – Vol. 21, № 5. – P. 609. – DOI: 10.3390/molecules21050609.
2. Kieliszek, M. Selenium – fascinating microelement, properties and sources in food / M. Kieliszek // Molecules. – 2019. – Vol. 24, № 7. – P. 1298. – DOI: 10.3390/molecules24071298.
3. Esmaeili, S. Selenium-Enriched Yeast: As Selenium Source for Nutritional Purpose / S. Esmaeili, K. Khosravi-Darani // Curr. Nutr. Food Sci. – 2014. – Vol. 10, №. 1. – P. 49–56.
4. Lyons, M.P. Selenium in Food Chain and Animal Nutrition: Lessons from Nature – Review / M.P. Lyons, T.T. Papazyan, P.F. Surai //Asian-Aust. J. Anim. Sci. – 2007. – Vol. 20, № 7. – P. 1135–1155.
5. Moroz I. A yeast strain adapted to selenium as a promising source of selenium fodder additives, Moroz I., Pavlyuk A., Sapunova L. // Modern biotechnologies – solutions to the challenges of the contemporary world : Lucrările National scientific symposium with international participation, Chișinău, 20–21 mai 2021 (online) / Inst. of Microbiology and Biotechnology, Society for Microbiology of Moldova ; sci. progr. com.: L. Cepoi [et al.] ; com. Org.: O. Chiselița [et al.]. – Chișinău : S.n. Tipogr. "Artpoligraf", 2021.– P. 152.
6. Патент BY 24048. Штамм аккумулирующих селен дрожжей *Candida stellimalicola* БИМ У-350Д / авторы Л.И. Сапунова, И.В. Мороз, А.Н. Павлюк, А.Г. Лобанок, Ю.М. Корнеенков, Д.В. Савченко, О.П. Лесковец // заявитель ГНУ «Институт микробиологии Национальной академии наук Беларусь» (BY). – № а 20220122; заявл. 11.05.2022; опубл. 30.06.2023 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2023. – № 3. – С. 45.

УДК 579.24+579.69+579.86

CULTIVATION OF LACTIC ACID BACTERIA ON NUTRIENT MEDIA CONTAINING SOY MOLASSES

I.A. Naidenko¹, P.I. Kupras²

¹Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk

²Belarusian State University, Minsk

Abstract. One of the by-products of the soybean processing is soy molasses. Due to the lack of effective disposal methods, soy molasses often ends up in landfills or is used as liquid fertilizers, which can lead to environmental pollution. At the same time, soy molasses contains a significant amount of carbohydrates, vitamins and minerals, which can contribute to the effective growth and reproduction of microorganisms, the accumulation of high concentrations of biomass and metabolic products. The purpose of this work is to evaluate the ability of lactic acid bacteria to grow on nutrient media containing soy molasses. The conducted studies allow us to conclude that lactic acid bacteria of different taxonomic groups (representatives of the genus *Lactiplantibacillus*, *Lacticaseibacillus*, *Levilactobacillus*, *Lentilactobacillus*,

Limosilactobacillus, Loigolactobacillus, Pediococcus, Leuconostoc, Weissella) grow quite actively, accumulate biomass and acidic metabolic products on media containing soy molasses (2.5–5.0%), mainly on the medium, containing 5% soy molasses. In the context of growing interest in environmentally friendly and cost-effective production methods, the processing of soy waste, including soy molasses, into valuable products during lactic acid fermentation is a promising direction.

Keywords: lactic acid bacteria, soy molasses, cultivation, biomass, acid production.

Introduction. Lactic acid bacteria are widespread in nature, play an important role in such fields as the food industry, agriculture, veterinary medicine, medicine, etc., and are convenient model objects for metabolic, environmental, and genetic research [1–4]. The high growth rate and metabolic activity of these microorganisms are essential conditions for their successful practical application.

Cultivation is the main stage of any biotechnological production and largely determines the quantitative and qualitative characteristics of the final product. Among non-pathogenic microorganisms, lactic acid bacteria are the most demanding in terms of nutrient content in the cultural medium and require, in addition to fermentable carbohydrates, the presence of amino acids, purines, pyrimidines, vitamins, etc. The cultivation of these bacteria is carried out on complex, expensive nutrient media containing relatively large amounts of yeast extract, peptone, etc. [1, 5–7]. In this regard, research aimed at finding inexpensive nutrient media and their ingredients for the cultivation of lactic acid bacteria is relevant.

The problem of expanding the resource capabilities of the food and processing industry can be solved through the use of industrial waste. One of the by-products of the soy processing process, especially in the production of soy protein concentrate, is soy molasses. It is formed during the production of soy protein concentrate by the traditional method of water-alcohol washing of soy "white petal". Depending on the processing technology used, the volume of soy molasses output may vary, but the average yield is about 232 kg per ton of processed soybean meal. Due to the lack of effective disposal methods, soy molasses often ends up in landfills or is used as liquid fertilizers, which can lead to environmental pollution. At the same time, soy molasses contains a significant amount of carbohydrates, vitamins and minerals, which can contribute to the effective growth and reproduction of lactic acid bacteria, the accumulation of high concentrations of biomass and acidic metabolic products during fermentation [8–13].

Soy molasses is a thick dark brown liquid containing from 45% to 70% of solids. Molasses contains various components such as carbohydrates, phospholipids, proteins and minerals. Carbohydrates make up the bulk of the solids of soy molasses, accounting for 75% to 80% of the total. Phospholipids – from 9% to 12%, low molecular weight proteins – from 3% to 6%, and minerals – from 5% to 7%. Carbohydrates are dominated by monosaccharides, which make up 65% of the composition, as well as oligosaccharides such as raffinose (5–7 %) and stachyose (30–32 %). In addition, molasses contains isoflavonoids and saponins derived from soy.

An important advantage of using soy molasses for the cultivation of lactic acid bacteria is economic efficiency, since soy waste, including molasses, is a low-cost raw material, which reduces the overall cost of producing the final product. The use of soy molasses for the cultivation of lactic acid bacteria not only contributes to economic benefits, but also supports the principles of sustainable development, sustainable use of resources, reduction of the ecological footprint, helps in solving the problem of waste disposal in the agricultural sector.

It can be concluded that in the context of growing interest in environmentally friendly and cost-effective production methods, the processing of soy waste, including soy molasses, into valuable products during lactic acid fermentation is becoming an urgent task. In this regard, the purpose of this work is to evaluate the ability of representatives of different taxonomic groups of lactic acid bacteria to grow on nutrient media containing soy molasses.

The objectives of the study included:

1. To evaluate the accumulation of biomass of lactic acid bacteria in standard media and nutrient media containing soy molasses;
2. Evaluate the level of acid formation of lactic acid bacteria in standard media and nutrient media containing soy molasses.

Materials and methods. The object of the study were 18 strains of representatives of homo- and heterofermentative lactic acid bacteria of the species *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lactiplantibacillus paraplantarum*, *Lacticaseibacillus casei*, *Pediococcus pentosaceus*, *Levilactobacillus brevis*, *Lentilactobacillus buchneri*, *Limosilactobacillus fermentum*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Loigolactobacillus coryniformis*, *Weissella cibaria*.

The characteristics of the soy molasses used for the cultivation of lactic acid bacteria are given in the table.

Table – Characteristics of soy molasses

Mass fraction of solids, %	not less than 75.0
Mass fraction of sucrose by direct polarization, %	58–65
The mass fraction of crude protein converted in abs. dry matter, %	not less than 5,0
Mass fraction of crude fat converted in abs. dry matter, %	not less than 7,0

Soy molasses was diluted in distilled water at three concentrations of 5.0%, 3.5%, and 2.5%. After that, it was inoculated with 18 strains of lactic acid bacteria and incubated for 48 hours. The comparison medium was the MRS medium [14], in which the tested cultures were also grown for 48 hours. The accumulation of biomass during the growth of lactic acid bacteria on media of different compositions was monitored by the change in the optical density of the cultural liquid at a wavelength of 590 nm. The acid formation activity of lactic acid bacteria was assessed by the level of active acidity (pH) and titrated acidity, which was expressed in degrees of Turner ($^{\circ}\text{T}$).

Data processing was carried out using the Microsoft Excel 2016 analysis package.

Results and discussion. Complex, expensive nutrient media containing relatively large amounts of yeast extract, peptone, etc. are used for the cultivation of lactic acid bacteria. The MRS medium is the standard and widely used medium for the maintenance of various groups of lactic acid bacteria [14]. Soy molasses is a natural, inexpensive byproduct of soy protein production. Taking this into account, a comparative study of the growth and accumulation of acidic metabolic products by lactic acid bacteria of different taxonomic groups in the MRS medium and media containing 5.0%, 3.5%, 2.5% soy molasses was carried out.

It has been revealed that homo- and heterofermentative lactic acid bacteria are able to grow and accumulate biomass on media containing soy molasses. The conducted studies have shown that lactic acid bacteria grow best on MRS medium and soy molasses with a concentration of 5%. Among homo- and heterofermentative lactic acid bacterial cultures (representatives of the species *Lactiplantibacillus plantarum*, *Limosilactobacillus fermentum*, *Loigolactobacillus coryniformis*, *Pediococcus pentosaceus*, *Levilactobacillus brevis*, *Weissella cibaria*, *Leuconostoc mesenteroides*) have been identified, which showed a level of biomass accumulation during cultivation on media containing 5.0–3.5% soy molasses exceeding the desired value on the MRS medium.

One of the main characteristics of lactic acid bacteria is their acid formation activity. It was found that for all the lactic acid bacteria studied, the titrated acidity index was higher when cultured in MRS medium than in media containing soy molasses. Homofermentative bacteria were characterized by higher values of titrated acidity of the cultural fluid (112–150 $^{\circ}\text{T}$) compared with heterofermentative lactic acid bacteria (68–90 $^{\circ}\text{T}$). When cultivated in media containing soy molasses, the titrated acidity index was lower than in the MRS medium. In homofermentative bacteria, the titrated acidity ranged from 22 to 85 $^{\circ}\text{T}$, in heterofermentative lactic acid bacteria – from 10 to 71 $^{\circ}\text{T}$. At the same time, the index of titrated acidity is higher in lactic acid bacteria cultivated in soy molasses by 5%.

It was found that, in contrast to the values of titrated acidity, the indicators of the active acidity of the culture fluids of the studied lactic acid bacteria grown in MRS medium and in media with soy molasses differed less significantly (by 13–19%). In some representatives of *Loigolactobacillus coryniformis*, *Pediococcus pentosaceus* and *Levilactobacillus brevis* species, the level of active acidity of the cultural liquid was higher in media with soy molasses than in the standard MRS medium.

Conclusion. The conducted studies allow us to conclude that lactic acid bacteria of different taxonomic groups (representatives of the genus *Lactiplantibacillus*, *Lacticaseibacillus*, *Levilactobacillus*, *Lentilactobacillus*, *Limosilactobacillus*, *Loigolactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Weissella*) grow quite actively and accumulate acidic metabolic products on media containing soy molasses (2.5–5.0%), mainly on an environment containing 5.0% soy molasses.

In the context of growing interest in environmentally friendly and cost-effective production methods, the processing of soy waste, including soy molasses, into valuable products during lactic acid fermentation is a promising direction.

References

1. Квасников, Е. И. Молочнокислые бактерии и пути их использования / Е. И. Квасников, О. А. Нестеренко. – М.: Наука, 1975. – 384 с.
2. Axelsson, L. Lactic acid bacteria / L. Axelsson, S. Ahrne // Applied microbial systematics / ed. F.G. Priest, M. Goodfellow. Netherlands: Springer, 2000. – 479 p.
3. Halima, B.A. Lactic acid bacteria: a review / B.A. Halima, Z.D. Alkali, N.A. Shafiu // Inter. J. Advan. Acad. Res. Sci. Technol. Eng. – 2020. – Vol. 6, Iss. 3. – P. 21–36.
4. Lactic acid bacteria: microbiological and functional aspects / G. Vinderola [et al.] – 6 th ed. – CRC Press, 2024. – 868 p.
5. Overmann, J. Principles of enrichment, isolation, cultivation, and preservation of Prokaryotes // The Prokaryotes: a handbook on the biology of bacteria. Vol. 1: Symbiotic associations, Biotechnology, Applied microbiology / Dworkin M. et al. [ed.]. – 3-d ed. – Springer, 2006. – Chap. 1.5 – P. 80–136.
6. The Prokaryotes: a handbook on the biology of bacteria / Dworkin M. et al. [ed.]. – 3-d ed. – Springer, 2006. – Vol. 4: Bacteria: Firmicutes, Cyanobacteria. – 1140 p.
7. Методы общей бактериологии: в 3 т. / под ред. Ф. Герхардта [и др.]. – М.: Мир, 1983. – т. 1. – 536 с.
8. Abdullah, Al Soybean carbohydrate as fermentation feedstock for production of biofuels and value-added chemicals / Al Abdullah, Lu Loman, Ju Kwang // Process Biochemistry. – 2016. – Vol. 51, Iss. 8. – P. 1046–1057.
9. A combination of lactic acid bacteria and molasses improves fermentation quality, chemical composition, physicochemical structure, in vitro degradability and rumen microbiota colonization of rice straw / X. Chen, Y. Ma, MZ Khan [et al.] // Front. Vet. Sci. – 2022. – Vol. 9. – Art. 900764. doi: 10.3389/fvets.2022.900764
10. Biological degradation of soybean molasses by modified anaerobic–aerobic baffled reactor / B.S. de Mello, B. C. G. Rodrigues, K.J. Dussán Medina [et al.] // Bioenerg. Res. – 2023. – Vol. 16. – P. 673–682.
11. Montelongo, J.-L. *Lactobacillus salivarius* for conversion of soy molasses into lactic acid / J.-L. Montelongo, B.M. Chassy, J.D. Mccord // J. Food Sci. – 1993. – Vol. 58. – P. 863–866.
12. Soybean processing wastes: novel insights on their production, extraction of isoflavones, and their therapeutic properties / S.H. Nile, B. Venkidasamy, R. Samynathan [et al.] // J. Agric. Food Chem. – 2022. – Vol. 70, Iss. 23. – P. 6849–6863.
13. Soy Molasses: a sustainable resource for industrial biotechnology / B.C. Gambarato, A.K.F. Carvalho, F. De Oliveira [et al.] // Sustainability. – 2025. – Vol. 17. – Art. 5667. <https://doi.org/10.3390/su17125667>
14. Man de, J. C. A medium for the cultivation of lactobacilli / J. C. de Man, M. Rogosa, M. E. Sharpe // J. Appl. Bacteriol. – 1960. – Vol. 23, № 1. – P. 130–135.

УДК 636.2.087.6

ЭФФЕКТИВНАЯ СХЕМА ПРИМЕНЕНИЯ МОЛОКА КОЗ-ПРОДУЦЕНТОВ рекЛФ В РАЦИОНЕ ТЕЛЯТ МОЛОЧНОГО ПЕРИОДА

Е.И. Приловская

Полесский государственный университет, Пинск

Аннотация. Материалы научных исследований содержат данные, полученные в ходе эксперимента по установлению зависимости между продолжительностью скармливания телятам молока коз-продуцентов рекЛФ и изменениями в гематологическом статусе. Наилучший эффект достигается в случае продолжительности выпойки размороженного молока коз-продуцентов рекЛФ телятам старше 30-дневного возраста 20 и более дней.

Ключевые слова: телята, рекомбинантный человеческий лактоферрин, козы-продуценты, рацион, гематологические показатели.

Введение. В современном мире наблюдается стремительный рост спроса на продукты животного происхождения, что приводит к массовому внедрению интенсивных технологий в животноводстве. Следовательно, для обеспечения устойчивого развития отрасли и максимальной реализа-

ции генетического потенциала животных особую актуальность приобретает разработка и внедрение системного подхода к повышению продуктивных качеств сельскохозяйственных животных [1]. Формирование продуктивных качеств сельскохозяйственных животных начинается с раннего онтогенеза, при этом критическим этапом является молочный период. Именно в этот период происходит становление иммунной системы и закладывается основа будущей продуктивности, а правильно организованное кормление выступает ключевым фактором, обеспечивающим максимальную экспрессию наследственных продуктивных признаков молодняка [2].

Современные интенсивные методы ведения животноводства традиционно предусматривают регулярное применение антимикробных препаратов в целях профилактики и лечения инфекционных заболеваний [3]. Однако широкое и часто нерегулируемое использование данных препаратов сопряжено с высоким риском возникновения и глобального распространения резистентных штаммов микроорганизмов, что представляет серьезную угрозу для здоровья животных и человека [4]. В этой связи разработка эффективных альтернатив противомикробным препаратам для минимизации экономических потерь, обусловленных заболеваниями инфекционной и неинфекционной этиологии, является насущной потребностью животноводческой отрасли.

Внимание научного сообщества все чаще концентрируется на поиске и изучении заменителей антимикробных препаратов, в частности, природных антибактериальных белков, таких как лактоферрин (ЛФ) [5]. Механизм действия ЛФ позволяет не только ингибировать развитие патогенной микрофлоры, но и одновременно стимулировать неспецифический и специфический иммунитет животных, что обеспечивает комплексный подход к профилактике и терапии бактериальных инфекций [6].

Учитывая актуальность обозначенной проблемы, целью данной работы является определение оптимальной продолжительности выпойки заморожено-оттаянного молока коз-продуцентов рекомбинантного человеческого лактоферрина (рекЛФ) телятам, начиная с 30-дневного возраста и до завершения молочного периода, для достижения максимального положительного эффекта на их физиологическое состояние.

Материал и методика. Установление оптимальной продолжительности выпойки заморожено-оттаянного молока коз-продуцентов рекЛФ телятам старше 30-дневного возраста проводилось в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита». В опыте методом пар-аналогов были сформированы четыре группы клинически здоровых телят. Животные всех групп находились в одинаковых условиях содержания. Различия в кормлении подопытных животных заключались в том, что в опытных группах часть молока была заменена молоком коз-продуцентов лактоферрина. Общая продолжительность периода выпойки телят составляла 60 дней.

Результаты исследования и их обсуждение. Молоко коз-продуцентов вводилось в рацион в течение 10, 20 и 30 дней (II, III и IV группы). При установленной норме скармливания 0,44 кг/сутки итоговое потребление молока разными опытными группами за период исследования составило 4,4; 8,8 и 13,2 кг, соответственно.

Учет потребления кормов показал, что молочные корма телята потребляли в полном объеме без остатка. Сенаж и комбикорм и животные получали вволю. Отмечено повышение поедаемости в опытных группах комбикорма на 2,4-6,4% и сенажа на 3-6%. Потребление сухих веществ подопытным молодняком находилось на уровне 2 кг/голову. В сухом веществе рациона содержалось 1,5 корм. ед. и 13 МДж обменной энергии, 19% протеина 9% клетчатки.

В процессе проведения исследований у трех животных из каждой группы были взяты образцы крови. Как показали исследования, животные были клинически здоровы, все гематологические показатели находились в пределах физиологических норм (таблица 1).

Скармливание молока коз-продуцентов рекЛФ человека не оказало существенного влияния на гематологические показатели подопытных животных. В опытных группах отмечена тенденция увеличения содержания эритроцитов на 2,3-3,1%, гемоглобина на 1,7-4,8, глобулина – на 3,4-4,1% и гематокрита – на 1,5-5,4%. В то же время снизилось содержание лейкоцитов на 3,9-6,6%, тромбоцитов – на 5,0-7,0, мочевины – на 3,2-4,7 и глюкозы – на 1,9-4,1%.

Контроль за изменением живой массы проводился путем взвешивания животных в начале и конце опыта (таблица 2).

Таблица 1. – Гематологические показатели подопытных телят

Показатели	Группа			
	I	II	III	IV
Эритроциты, 10 ¹² /л	7,76±0,13	7,98±0,10	8±0,08	7,94±0,15
Лейкоциты 10 ⁹ /л	10,01±0,14	9,62±0,11	9,41±0,11	9,53±0,18
Тромбоциты, 10 ⁹ /л	385±1,45	365±5,21*	372±7,840	358±12,17
Гемоглобин, г/л	117±2,53	122±1,120	119±2,860	122±4,20
Общий белок г/л	64,1±0,42	64,5±0,53	65,5±0,74	64,7±0,70
Альбумины г/л	30,8±0,36	31,2±0,93	31,0±0,66	30,0±0,54
Глобулины, г/л	33,3±0,78	33,3±0,49	34,5±0,37	34,7±1,16
Мочевина, мМоль/л	4,02±0,07	3,84±0,06	3,89±0,07	3,83±0,07
АЛТ, ед/л	32,25±1,24	33,18±0,84	32,66±0,09	30,81±0,12
АСТ ед/л	43,21±1,06	42,55±1,26	41,97±1,21	41,96±0,81
Глюкоза, мМоль/л	3,66±0,03	3,59±0,08	3,56±0,08	3,51±0,05
Кальций, ммоль/л	2,86±0,03	2,83±0,06	2,83±0,05	2,79±0,05
Фосфор, мМоль/л	1,88±0,05	1,85±0,030	1,87±0,02	1,89±0,01
Железо, мкмоль/л	23,29±0,61	23,46±0,50	23,02±0,55	24,06±0,46
Гематокрит, %	37,45±0,37	37,997±0,81	38,69±0,55	39,48±0,70

Таблица 2. – Динамика живой массы и эффективность использования кормов подопытными телятами

Показатели	Группа			
	I	II	III	IV
Живая масса, кг:				
в начале опыта	52,5±0,7	53,6±0,30	52,4±0,70	53±0,40
в конце опыта	96,2±0,8	98,5±0,90	99,5±0,9*	100,4±1,2*
Валовой прирост	43,6±0,9	44,9±0,90	47,1±0,9*	47,4±0,9*
Среднесуточный прирост	727,1±15,7	749±14,50	784,1±15,5*	790,3±14,8*
% к контролю	100	103,0	107,8	108,7
Затраты корма на 1 кг прироста, корм. ед.	4,08	3,99	3,88	3,87
% к контролю	100	97,9	95,1	94,9

Установлено, что скармливание молока коз-продуцентов лактоферрина положительно повлияло на продуктивность и эффективность использования питательных веществ рациона. Отмечено достоверное увеличение среднесуточного прироста живой массы в третьей и четвертой группах на 7,8% и 8,7%. Во второй группе продуктивность увеличилась на 3,0%. В опытных группах затраты кормов снизились на 4,9-5,1%.

Заключение. Анализ данных, полученных в ходе исследования, показал, что наиболее выраженная эффективность наблюдается при скармливании молока в течение 30-дневного периода.

Таким образом, по результатам эксперимента на молодняке крупного рогатого скота (30–90 дней) определено, что оптимальная продолжительность выпойки размороженным молоком коз-продуцентов рекЛФ составляет не менее 20 дней. Данный режим скармливания не вызывает негативных физиологических изменений и позволяет повысить продуктивность животных на 7,8–8,7%, а также добиться экономии кормов в среднем на 5 %.

Список использованных источников

1. Выращивание телят с использованием местных источников белкового и энергетического сырья / В.К. Гурин, Г.Н. Радчикова, В.В. Карелин, Л.А. Возмитель, В.В. Букас, И.В. Яночкин // Зоотехническая наука Беларуси. 2013. Т. 48. № 1. С. 256-267.
2. Эффективность использования кормов с углеводной основой при выращивании ремонтантного молодняка крупного рогатого скота / Е.И. Приловская, А.Н. Кот, Г.Н. Радчикова, Т.Л. Сапслёва, Д.М. Богданович // От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение развития

животноводства и биотехнологий: сборник материалов международной научно-практической конференции. 2020. С. 164-167.

3. Рекомендации по использованию молока коз-производителей рекомбинантного лактоферрина в рационах телят молочного периода / Д. М. Богданович, В. Ф. Радчиков, А. И. Будевич, Е. В. Петрушко, А. Н. Кот, Е. И. Приловская. – Жодино, 2021.

4. Физико-химические показатели молока коз-производителей рекомбинантного лактоферрина третьего и четвёртого года лактации / А. И. Будевич, Д. М. Богданович, Е. В. Петрушко, Н. Л. Заремба // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2019. – Т. 54, ч. 2. – С. 141-147.

5. Использование растительных компонентов в кормлении молодняка крупного рогатого скота / В.П. Витковская, М.В. Каледина, И.А. Байдина, Л.В. Волощенко // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2023. № 2 (28). С. 63–66.

6. Goats producing biosimilar human lactoferrin / Bogdanovich D. M. [et al.] // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk. – Russian Federation. – 2021. – Р. 120.

УДК 636.084.087:636.22.28.034

ПОВЫШЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ И ПРОДУКТИВНОСТИ ТЕЛЯТ ЗА СЧЁТ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ МИКРОБНОГО КОМПЛЕКСА

Г.Н. Радчикова¹, А.В. Убушиева², В.С. Убушиева², П.В. Скрипин³, А.В. Козликин³,
Н.А. Святогоров³, Т.Л. Сапсалёва¹, И.В. Богданович¹, Е.А. Долженкова⁴, В.В. Карелин⁴

¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь
по животноводству», г. Жодино

²Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, г. Элиста, Россия

³Донской государственный аграрный университет, п. Персиановский, Россия

⁴Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины

Аннотация. Одним из увеличения производства продуктов питания служит улучшение качества кормов, увеличение их ассортимента, а также использование биологически активных веществ, источником которых может служить пробиотическая кормовая добавка – природный микробный комплекс (ПМК). Установлено, что введение кормовой добавки ПМК телятам в состав ЗЦМ в количестве 30 мл и в комбикорм 10 мл на голову оказывает положительное влияние на морфо-биохимический состав крови и позволяет повысить энергию роста телят на 6,6%.

Ключевые слова: телята, корма, пробиотическая кормовая добавка, обмен веществ, продуктивность, эффективность.

Введение. Одним из важных условий успешного развития животноводства, увеличения продуктов питания и улучшения их качества следует считать укрепление кормовой базы и организацию полноценного кормления сельскохозяйственных животных. Это достигается улучшением качества кормов, увеличением их ассортимента, оптимальной структурой рационов, а также использованием биологически активных веществ (БАВ) [1].

В последние годы особое внимание стали уделять пробиотикам. Они обладают широким 1ф спектром воздействия на процессы пищеварения у животных, включая нормализацию моторной функции желудочно-кишечного тракта, стимулирование образования ЛЖК и аминокислот, активизацию всасывания витаминов и микроэлементов. Недостаток (или даже отсутствие) в рационе животных, особенно молодняка, минералов и витаминов вызывает не только специфические заболевания, но и обуславливает резкие нарушения естественной резистентности организма [2, 3].

В этом плане важное место принадлежит пробиотикам – веществам, способствующим активизации роста и жизнедеятельности собственной полезной микрофлоры, не подвергающимся расщеплению в верхних отделах желудочно-кишечного тракта. Пробиотики представляют собой неусвояемые компоненты корма, которые способны благоприятно влиять на здоровье животных путем селективной стимуляции роста и активности одной или нескольких полезных бактерий. [4, 5].

Целью работы явилось изучение эффективности использования в кормлении телят кормовой добавки ПМК (природно-микробный комплекс).

Материалы и методы. Для выполнения поставленной цели организован научно-хозяйственный опыт в условиях ООО «МПОВТ Раков-Агро» Воложинского р-на Минской области (таблица 1).

Для научно-хозяйственного опыта отобрано две группы телят средней живой массой 51,9-52,4 кг по 35 голов в каждой. Продолжительность исследований составила 92 дня. Условия содержания контрольной и опытной групп были одинаковыми: кормление двукратное, поение из автопоилок. Все исследования проводились в летний период.

В состав основного рациона телят входили: комбикорм, сено, ЗЦМ. Различия в кормлении состояли в том, что молодняку II опытной группы вводили кормовую добавку ПМК из расчета 30 мл в состав ЗЦМ и 10 мл на 1 кг комбикорма на голову в сутки.

Таблица 1. – Схема опыта

Группа	Кол-во животных голов	Средняя живая масса в начале опыта, кг	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I контрольная	35	52,4	92	Основной рацион (ОР) – сено, комбикорм, ЗЦМ
II опытная	35	51,9	92	ОР + ЗЦМ с включением 30 мл кормовой добавки ПМК и 10 мл её в составе комбикорма

Результаты исследования и их обсуждение. В научно-хозяйственном опыте в состав рационов телят контрольной группы входил комбикорм, сено и ЗЦМ (таблица 2). Телята II опытной группы в составе ЗЦМ получали 30 мл кормовой добавки ПМК и 10 мл её в составе комбикорма в сутки на голову.

В рационе контрольной группы на 1 кормовую единицу приходилось 87,1 г переваримого протеина, а в опытной - 89,3 г соответственно.

Потребление кормов животными контрольной и опытной групп было практически равноценно по энергетической питательности.

Анализируя данные показателей крови телят можно отметить, что все они находились в пределах физиологической нормы (таблица 2).

Таблица 2. – Морфо-биохимический состав крови телят при использовании кормовой добавки ПМК

Показатель	Группа	
	I контрольная	II опытная
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	$7,05 \pm 0,5$	$6,98 \pm 0,4$
Гемоглобин, г/л	$92,9 \pm 2,5$	$99,5 \pm 3,1$
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	$10,1 \pm 3,0$	$9,3 \pm 2,6$
Общий белок, г/л	$75,0 \pm 0,9$	$78,8 \pm 1,1^*$
Глюкоза, ммоль/л	$4,2 \pm 0,6$	$5,3 \pm 0,5$
Мочевина, ммоль/л	$4,7 \pm 0,2$	$3,8 \pm 0,1^*$
Кальций, ммоль/л	$2,98 \pm 0,8$	$3,75 \pm 0,4$
Фосфор, ммоль/л	$2,14 \pm 0,5$	$2,16 \pm 0,2$
Магний, ммоль/л	$1,29 \pm 0,3$	$1,34 \pm 0,4$
Железо, мкмоль/л	$19,5 \pm 1,4$	$18,1 \pm 2,2$
Кислотная емкость по Неводову, мг%	$474 \pm 10,5$	$466 \pm 9,5$
БАСК, мг%	$53,78 \pm 2,1$	$58,08 \pm 0,9^*$
Лизоцимная активность, мг%	$4,1 \pm 0,2$	$4,8 \pm 0,1^*$
β -лизинная активность, мг%	$12,75 \pm 0,7$	$16,26 \pm 0,9^*$
Каротин, мкмоль/л	$0,47 \pm 0,1$	$0,48 \pm 0,2$
Витамин А, мкмоль/л	$0,8 \pm 0,3$	$0,94 \pm 0,4$

* $P < 0,05$

Однако имелись незначительные различия между группами. Так, установлено большее её содержание гемоглобина в крови у бычков опытной группы и меньшее лейкоцитов и эритроцитов.

Общий белок и концентрация гемоглобина, в свою очередь, были выше во II опытной группе, что указывает на большую насыщенность организма кислородом.

Повышение соотношения Са к Р отмечено во II опытной группе, разница по остальным макроэлементам незначительна.

Более высокие значения показателей естественной резистентности организма (БАСК, ЛАСК, β-лизинная активность) выявлены во II опытной группе, что дает основание предполагать более интенсивное развитие и повышенный уровень иммунитета у данных животных.

В тоже время, уровень мочевины в крови телят опытной группы оказался достоверно ниже по сравнению с контрольными аналогами вследствие уменьшения интенсивности распада протеина в связи с нормализацией белкового обмена в организме животных, получавших добавку.

Об удовлетворении потребности молодняка крупного рогатого скота в основных питательных и биологически активных веществах можно судить по динамике и величине прироста живой массы.

Исследованиями установлено, что включение в состав ЗЦМ и комбикорма 30 и 10 мл соответственно кормовой добавки обеспечило повышение среднесуточного прироста на 6,6% выше, чем в контрольной группе (таблица 3).

Таблица 3. –Живая масса и среднесуточные приросты подопытных телят

Показатель	Группа	
	I контрольная	II опытная
Живая масса в начале опыта, кг	52,4±1,2	51,9±1,5
Живая масса в конце опыта, кг	115,4±7,5	119,1±8,4
Валовой прирост, кг	63,0±14,5	67,2±13,7
Среднесуточный прирост, г	685±15,4	730±17,5
% к контролю	100	106,6

В результате расчета экономической эффективности установлено, что затраты кормов на получение прироста во II опытной группе снизились на 7,5%, себестоимость – на 12,6%.

Заключение. Включение кормовой добавки ПМК в состав ЗЦМ для телят в количестве 30 мл, и в комбикорм 10 мл на голову оказывает положительное влияние на морфо-биохимический состав крови, а также снижает заболеваемость на 9,4% и позволяет повысить энергию роста телят на 6,6% и снизить затраты корма на получение прироста на 7,5%, себестоимость прироста на 12,6 процентов.

Список использованных источников

1 Радчиков, В.Ф. Новые ферментные препараты в кормлении молодняка крупного рогатого скота / В.Ф. Радчиков. – Жодино, 2003. – 72 с.

2. Панова, В.А. Эффективность скармливания биологически активного препарата оксидата торфа молодняку крупного рогатого скота / В.А. Панова, В.Ф. Радчиков, Н.В. Лосев // Зоотехническая наука Беларуси. 2002. Т. 37. – С. 173-176.

3. Подготовка зерна к скармливанию как способ повышения эффективности его использования в кормлении крупного рогатого скота / В.Ф. Радчиков, В.П. Цай, А.Н. Кот [и др.] // В сборнике: Научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы II международной научно-практической конференции. Красноярский научно-исследовательский институт животноводства - Обособленное подразделение «Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»; Составители: Л.В. Ефимова, Т.В. Зазнобина. – Красноярск, 2018. – С. 189-194.

4. Влияние скармливания молодняку крупного рогатого скота кормов с разной расщепляемостью протеина на физиологическое состояние и переваримость питательных веществ кормов/ В.Ф. Радчиков, А.Н. Кот, М.М. Карпеня [и др.] // В сборнике: Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства. Сборник трудов международной научно-практической конференции. Институт ветеринарной медицины и биотехнологии. Ч. 1.– Брянск, 2023. – С. 155-160.

5. Радчиков, В.Ф. Использование новых БВМД на основе местного сырья в рационах бычков / В.Ф. Радчиков, А.Н. Кот, А.Н. Шевцов // Ученые записки учреждения образования «Витебская

ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины». Т. 40. № 2. – Витебск, 2004. – С. 205.

УДК 636.2.087.61:637.18

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КОРМЛЕНИИ ТЕЛЯТ ЗАМЕНИТЕЛЯ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА С РАЗНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ МОЛОЧНОГО САХАРА

В.Ф. Радчиков¹, В.В. Чекрышева², И.В. Малявко³, Т.Л. Сапсалёва¹, Е.А. Долженкова⁴,
Т.В. Медведская⁴, Е.А. Лёвкин⁴, Д.В. Медведева⁵, Е.И. Приловская⁶

¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь
по животноводству», г. Жодино

²Северо - Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт –
филиал ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный центр», Новочеркасск, Россия

³Брянский государственный аграрный университет, Брянск, Россия

⁴Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины

⁵ООО «Молоко», г. Витебск

⁶Полесский государственный университет, Пинск

Аннотация. Использование заменителей цельного молока с содержанием 35-40% молочного сахара в кормлении телят (возраст 30-65 дней) оказывает положительное влияние на физиологическое состояние животных. Среднесуточный прирост живой массы при этом составляет 3,5 и 8,7% при снижении затрат кормов на 3,0 и 8,0%, а себестоимость получения прироста снижается на 28 и 21,3%.

Ключевые слова: телята, рацион, молочный сахар, прирост, продуктивность, эффективность.

Введение. Правильное выращивание телят имеет решающее значение для успешного молочно-го или мясного скотоводства. Только здоровые телята могут полностью использовать генетический потенциал для получения максимальной продуктивности [1, 2].

Первые шесть месяцев жизни новорожденные телята наиболее интенсивно растут. Вместе с тем это время является периодом становления рубцового пищеварения. В связи с этим, в первые шесть месяцев жизни телят требования к полноценности кормления особенно высокие. Молодняк должен быть обеспечен необходимым количеством энергии, полноценного белка, минеральных веществ, витаминов. От этого зависит не только развитие, но и сопротивляемость телят к заболеваниям [3].

Все это можно достичь не только благодаря цельному молоку, но и по средствам его заменителей. Правильно составленный рецепт молочных сбалансированных кормов позволит не только получить максимальную эффективность при выращивании скота, но и поможет получить прибыли от нереализованного молока.

В настоящее время схемы выпойки предусматривают расход цельного молока до 500 кг, что составляет 10% и более среднего удоя за лактацию. В то же время в большинстве стран с развитым молочным скотоводством этот показатель значительно ниже и составляет 6% [4].

Большое значение в кормлении молодняка крупного рогатого скота в первые месяцы жизни имеет молочный сахар – лактоза. Она хорошо усваивается в организме молодняка животного раннего (3-4-недельного) возраста и поэтому может быть использована в заменителях цельного молока. Установлено, что при систематическом скармливании лактозы происходит смена микрофлоры кишечника, в результате чего уменьшаются гнилостные процессы [5].

Материалы и методы. Анализ содержания питательных веществ в кормах проводился в лаборатории биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по животноводству» по существующим методикам.

Исследования проведены на четырёх группах телят в возрасте 30 дней в течение 35 дней.

Различия в кормлении заключались в том, что телята I контрольной группы в составе рациона получали цельное молоко II, III и IV опытных – заменители цельного молока с включением соответственно 30, 35 и 40% лактозы.

Условия содержания опытных животных были одинаковыми: кормление двукратное. ЗЦМ при-

готавливался непосредственно перед каждой выпойкой.

В процессе проведения исследования использованы зоотехнические, биохимические и математические методы анализа

Полученный цифровой материал обработан методом вариационной статистики.

Используемые современные методы по организации и проведению исследований, а также статистическая обработка полученных данных позволили решить поставленные цели и задачи.

Результаты исследования и их обсуждение. Разработаны опытные рецепты заменителей цельного молока для телят с пятой недели жизни. На основании молочных белков, растительных белков, витаминно-минерального комплекса и пищевой измельченной лактозы приготовлены опытные партии ЗЦМ 1, 2 и 3.

В суточных рационах подопытных животных содержалось 2,60-2,63 корм. ед., а концентрация в сухом веществе на уровне 1,69-1,71 кормовой единицы. Концентрация обменной энергии в сухом веществе рациона составила 1,47-1,50 МДж. С кормами животные I контрольной группы потребляли 13,8 г переваримого протеина, против 13,90, 13,72 и 13,88 г в II, III и IV опытных группах в расчете на 1 МДж обменной энергии. Энерго-протеиновое отношение в подопытных группах составило 0,1:1,0.

Потребление сырого жира на 1 кг сухого вещества находилось на уровне 151,5 г в I контрольной, 144,8, 144,5 и 144,9 – во II, III и IV группах. Содержание сырой клетчатки в 1 кг сухого вещества рациона в I контрольной составило 31,3 г, во II, III и IV опытных группах – 33,2, 31,1 и 31,6 г. На содержание сахара в сухом веществе приходилось около 21,5-21,3%. Кальциево-фосфорное отношение находилось на уровне 1,3:1.

Биохимическое исследование крови при нынешнем уровне развития промышленного животноводства является незаменимым составляющим эффективного производства продукции. В ходе исследования были проведены гематологические исследования. Данные по результатам представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Биохимические показатели крови телят

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Гематокрит, %	21,9±0,17	22,3±0,28	21,9±0,17	22,6±0,27
Гемоглобин, г\л	96,7±3,9	97,4±2,4	99,5±3,1	100,9±1,6
Глюкоза, ммоль\л	4,21±0,14	4,28±0,10	4,33±0,26	4,37±0,08
Кальций, ммоль\л	2,75±0,15	2,80±0,06	2,84±0,03	3,06±0,09
Лейкоциты, 10 ⁹ \л	8,3±0,69	8,7±1,32	8,9±0,73	9,0±0,76
Мочевина, ммоль\л	3,58±0,89	3,47±0,44	3,45±1,13	3,43±0,15
Общий белок, г\л	62,7±1,94	62,0±1,43	63,6±4,22	64,1±4,45
Тромбоциты, 10 ⁹ \л	531±61,6	597±8,20	59±8,3	604±9,04
Фосфор, ммоль\л	2,32±0,04	2,05±0,10	2,10±0,06	2,16±0,05
Эритроциты, 10 ¹² \л	6,3±0,05	6,5±0,14	6,4±0,03	6,6±0,05

Результаты исследований показали, что в крови показатель гемоглобина у опытного молодняка III и IV групп оказался выше аналогов из I группы на 3,0% и 4,3%, что свидетельствует об интенсивности обмена питательных веществ.

Количество общего белка в сыворотке крови бычков III и IV групп оказалось выше по сравнению с I контрольной группой на 1,4 и 2,2%. Наибольшие изменения количества эритроцитов (1,6-4,8 %) произошли у молодняка опытных групп (II, III и IV). В этих же группах установлена тенденция к снижению содержание в крови мочевины на 3,6-4,2%, отмечено увеличение глюкозы на 1,7-3,8% по отношению к I контрольной группе.

Изучение динамики роста живой массы опытных бычков показало, что скармливание в составе рационов заменителей цельного молока с разным содержанием молочного сахара (30, 35 и 40%) положительно отразилось на энергии роста бычков (таблица 2).

Таблица 2. – Изменение живой массы и среднесуточные приrostы

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Живая масса, кг: в начале опыта	58,80±2,3	57,86±1,92	58,84±1,96	57,93±1,77
в конце опыта,	84,20±2,33	80,36±1,97	83,12±1,82	82,36±1,3
Валовый прирост, кг	25,40±1,3	22,50±1,43	23,28±1,10	24,43±0,88
Среднесуточный прирост, г	725,7±22,82	642,9±21,44	665,1±15,31	698,0±17,69
% к I группе	100	88,6	91,6	96,2
Затраты кормов на 1 кг прироста, корм. ед.	3,62	4,04	3,92	3,72

Скармливание заменителей цельного молока с содержанием 35% молочного сахара позволило повысить среднесуточный прирост живой массы телят на 22,2 г или на 3,5% в сравнении с аналогами получавшие 30% молочного сахара. Живая масса телят получавших ЗЦМ с включением 40% молочного сахара в составе рациона, способствовало повышению среднесуточного прироста на 32,9 г или на 4,9% и 8,7% выше III и II опытных групп.

Исследования показали, что стоимость суточного рациона опытных бычков, потреблявших ЗЦМ, содержащий 30, 35 и 40% молочного сахара, оказались дешевле аналога из I группы на 35,7, 34,1 и 24,4%, в результате себестоимость получения прироста у телят опытных групп, по сравнению с контролем, снизилась на 27,4, 28,0 и 21,3% соответственно.

Заключение. Использование ЗЦМ с содержанием 35-40% молочного сахара в кормлении телят (возраст 30-65 дней) оказывает положительное влияние на физиологическое состояние животных. Среднесуточный прирост живой массы при этом составляет 3,5 и 8,7% при снижении затрат кормов на 3,0 и 8,0%, а себестоимость получения прироста снижается на 28 и 21,3%.

Список использованных источников

1. Эффективность использования кормов с углеводной основой при выращивании ремонтантного молодняка крупного рогатого скота/ Е.И. Приловская, А.Н. Кот, Г.Н. Радчикова [и др.] // От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение развития животноводства и биотехнологий. Сборник материалов международной научно-практической конференции "От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение АПК". – Екатеринбург, 2020. – С. 164-167.
2. Приловская, Е.И. Оценка эффективности углеводной составляющей рациона телят / Е.И. Приловская // Перспективные разработки молодых ученых в области производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник статей по материалам ежегодной всероссийской (национальной) конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых. Редакционная коллегия: В.С. Скрипкин, В.И. Гузенко, Е.Н. Чернобай, А.А. Ходусов, О.В. Сычева, Т.И. Антоненко. 2019. – С. 134-142.
3. Ганущенко, О.Ф. Льносемя, продукты его переработки и их практическая ценность / О.Ф. Ганущенко // Белорусское сельское хозяйство. 2009. № 10. – С. 18-24.
4. Приловская, Е.И. Целесообразность применения растительных белков в составе заменителей цельного молока /Е.И. Приловская // Перспективные разработки молодых ученых в области производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник статей по материалам ежегодной всероссийской (национальной) конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых. Редакционная коллегия: В.С. Скрипкин, В.И. Гузенко, Е.Н. Чернобай, А.А. Ходусов, О.В. Сычева, Т.И. Антоненко. 2019. – С. 143-150.
5. Использование разных количеств лактозы в рационах молодняка крупного рогатого скота / В.П. Цай, Г.Н. Радчикова, Г.В. Бесараб [и др.] // Научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы III международной научно-практической конференции. – Красноярск, 2019. – С. 278-282.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗНЫХ КОНСЕРВАНТОВ ПРИ ЗАГОТОВКЕ ЗЕРНА ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ

В.Ф. Радчиков¹, Д.В. Медведева², А.Н. Садомов³, И.Б. Измайлович³, А.В. Астренков⁴, Т.М.
Натынчик⁴, Е.И. Приловская⁴

¹РУП "Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь
по животноводству", Жодино

²ООО «Молоко», Витебск

³Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки

⁴Полесский государственный университет, Минск

Аннотация. Установлено, что скармливание молодняку крупного рогатого скота на откорме консервированной плющеной кукурузы повышает переваримость питательных веществ на 1,0-5,0%. Включение консервированной плющеной кукурузы в рацион бычков повышает продуктивность на 3,8-4,7%, снижает затраты кормов на единицу продукции на 1,9-2,6%.

Ключевые слова: молодняк крупного рогатого скота, рацион, зерно кукурузы, консерванты, продуктивность, эффективность.

Введение. Продуктивность сельскохозяйственных животных во многом зависит от сбалансированности рационов по всем питательным, минеральным и биологически активным веществам [1, 2]. Важную роль в этом играет использование новых технологий заготовки кормов и подготовки их к скармливанию [3]. В последние годы все большее распространение в стране и за рубежом получает сравнительно новый способ сохранения и, одновременно, подготовки к скармливанию животным влажной кукурузы - консервирование плющеного зерна ранних стадий спелости, позволяющей снизить энергетические затраты, а следовательно, и стоимость получаемой продукции [4].

Цель работы - изучить эффективность скармливания молодняку крупного рогатого скота плющеного зерна кукурузы повышенной влажности консервированного различными препаратами.

Материалы и методы. Для исследований было заготовлено плющеное зерно кукурузы, консервированное препаратами:

- НВ-2 – побочный продукт производства карбамидно-формальдегидных смол, в количестве 5 л/т;

- AIV 3 Plus (смесь 62% муравьиной кислоты и 24% формиата аммония производства KEMIRA Финляндия) в количестве 3 л/т;

- карбамидом (30 кг/т) с добавлением 40 кг/т комплексной минеральной добавки.

Физиологический опыт проведен на 4-х группах бычков чёрно-пёстрой породы средней живой массой 288,3-292,9 кг.

Различия в кормлении заключались в том, что животным I контрольной группы скармливали основной рацион, а молодняку II, III и IV опытных групп в концентратную часть рациона дополнительно вводили 1 кг влажного плющеного зерна кукурузы, консервированного препаратами НВ-2, AIV 3 Plus и смесью карбамида с КМД соответственно. Бычки контрольной группы получали 0,7 кг сухого плющеного зерна кукурузы, аналогичного количества по содержанию сухого вещества во влажном плющеном консервированном зерне.

Научно-хозяйственный опыт по использованию в рационах молодняка крупного рогатого скота консервированного плющеного зерна кукурузы проведен на трех группах бычков. В состав рациона бычков контрольной группы вводили 3 кг комбикорма собственного производства. Концентратная часть рационов молодняка II и III опытных групп состояла из 0,8 кг комбикорма и 3,4 кг плющеной кукурузы, консервированной НВ-2 и AIV 3 Plus, что соответствует по содержанию сухого вещества контролю.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате ежедневного учета количества съеденных кормов получены данные по потреблению питательных веществ животными, которые свидетельствуют о незначительных различиях в потреблении основных питательных веществ бычками контрольной и опытных групп.

Следует отметить, что животные, получавшие с кормом влажное плющеное зерно кукурузы, консервированное карбамидом с КМД (IV группа), потребляли сухого вещества и протеина на 2,0

и 7,2 % больше контрольных животных, в рацион которых входило сухое плющеное зерно кукурузы, что в большей мере обусловлено составом вносимого консерванта.

Изучение процессов рубцового метаболизма у молодняка крупного рогатого скота при введении в их рацион консервированного влажного и сухого зерна кукурузы, показало, что концентрация водородных ионов в содержимом рубца (рН) находилась практически на одинаковом уровне 6,8-7,0 и соответствовало физиологической норме.

Отмечено снижение содержания летучих жирных кислот на 4% в рубцовой жидкости животных III группы, получавших плющеную кукурузу, консервированную AIV 3 Plus, по сравнению с контролем.

Содержание общего азота в рубце бычков всех подопытных групп находились в пределах физиологической нормы. Максимальная концентрация азота установлена у молодняка IV опытной группы, получавшего в составе рациона кукурузу, консервированную карбамидом.

Содержание аммиака в рубцовой жидкости бычков находилось на уровне 19,6-25,0 мг%, что подтверждает высокий уровень процесса пищеварения в рубце подопытных животных.

Анализ коэффициентов переваримости свидетельствует об улучшении использования бычками питательных веществ рационов, в состав которых входило консервированное зерно кукурузы, по сравнению, с контролем (таблица 1).

Таблица 1. – Переваримость питательных веществ, %

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Сухое вещество	58,5±1,7	60,8±1,5	60,5±1,0	60,7±0,7
Органическое вещество	59,8±1,1	61,9±1,2	61,7±1,0	61,5±0,7
Жир	44,8±7,7	49,8±3,0	48,4±4,1	49,6±2,7
Протеин	59,5±1,4	61,3±2,1	61,4±0,6	61,0±1,1
БЭВ	64,2±1,0	65,7±0,9	65,7±1,1	66,4±0,6
Клетчатка	50,5±1,5	54,0±2,2	53,5±1,1	51,5±0,9

У животных II опытной группы, получавших в рационе зерно кукурузы, консервированное НВ-2, отмечено повышение переваримости сухого вещества на 2,3%, органического вещества – 2,1, жира – 5,0, протеина – 1,8, БЭВ – 1,5, клетчатки – на 3,5% по сравнению с контрольной группой, потреблявшей сухое зерно кукурузы.

Включение в рацион подопытного молодняка плющеного зерна кукурузы, консервированного AIV 3 Plus и карбамидом с КМД, способствовало повышению переваримости питательных веществ рациона по сравнению с контрольными животными. Так, по переваримости сухого вещества бычки III и IV опытных групп превосходили контрольных животных на 2,0 и 2,2%, органическому веществу – на 1,9 и 1,7, по жиру – 3,6 и 4,8, протеину – 1,9 и 1,5, БЭВ – на 1,5 и 2,2 и по клетчатке на 3,0 и 1,0%.

В результате научно-хозяйственного опыта установлено, что использование в составе рациона влажного плющеного зерна кукурузы, консервированного НВ-2, оказалось положительное влияние на энергию роста животных. Так, если в контрольной группе валовой прирост за период опыта составил 90,4 кг, то во II опытной группе он оказался выше 4,6% ($P<0,05$). Увеличение валового прироста во второй группе отразилось и на повышении среднесуточных приростов откармливаемых бычков по сравнению с контрольными животными на 4,7% ($P<0,05$) (таблица 2).

Введение в рацион бычков плющеной кукурузы, консервированной препаратом AIV 3 Plus, также способствовало повышению их энергии роста. Валовой прирост в этой группе за опыт составил 93,8 кг, что на 3,8% больше контрольных животных.

Исходя из разной энергии роста бычков сложились различные затраты на производство продукции. Так, во II и III опытных группах, по сравнению с контрольными животными, снизились затраты кормовых единиц на единицу прироста на 1,9-2,6 %.

Анализ данных экономической эффективности выращивания бычков показал, что при скармливании им в составе рациона консервированного зерна кукурузы стоимость суточного рациона во II и III опытных группах оказалась дешевле, чем в контрольной. Это, вместе с более высоким уровнем приростов способствовало снижению себестоимость прироста во II и III группах на 11,9 и 10,8% по сравнению с контролем.

Таблица 2. – Динамика живой массы подопытных животных

Показатель	Группа		
	I	II	III
Живая масса, кг:			
в начале опыта	292,9±1,6	290,8±2,2	288,3±1,8
в конце опыта	383,3±2,1	385,4±2,1	382,1±2,8
Валовый прирост, кг	90,4±1,14	94,6±1,44	93,8±2,23
Среднесуточный прирост, г	869±11,0	910±13,8*	902±21,4
% к I группе	100,0	104,7	103,8
Затраты кормов на 1 кг прироста, корм. ед.	9,71	9,53	9,46
% к I группе	100,0	98,1	97,4

* P < 0,05.

Заключение. Использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота плющеного зерна кукурузы консервированного НВ-2 способствовало повышению продуктивности на 4,7% (P<0,05), при снижении затрат кормов на 1,9%, АIV 3 Plus позволило повысить среднесуточные приrostы на 3,8% и снизить затраты кормов на продукцию на 2,6%. Использование в рационах молодняка крупного рогатого скота плющеного зерна кукурузы консервированного НВ-2 и АIV 3 Plus способствовало снижению себестоимости продукции на 11,9 и 10,8%.

Список использованных источников

1. Белково-витаминно-минеральные добавки с использованием узколистного люпина и карбамида в рационах молодняка крупного рогатого скота /Т.Л. Сапсалёва, Д.М. Богданович, Г.В. Бесараб [и др.] .// В сборнике: Инновационные подходы к развитию устойчивых аграрно-пищевых систем. Материалы Международной научно-практической конференции. – Волгоград, 2022. – С. 22-27.
2. Влияние скармливания экструдированного обогатителя на обмен веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота / Г.Н. Радчикова, Д.М. Богданович, А.М. Глинкова [и др.] // В сборнике: Инновационное развитие продуктивного и непродуктивного животноводства. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. – Брянск, 2022. – С. 290-294.
3. Эффективность скармливания молодняку крупного рогатого скота новой энергетической добавки /Г.В. Бесараб, Д.М. Богданович, А.М. Глинкова [и др.] // В сборнике: Инновационное развитие продуктивного и непродуктивного животноводства. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. – Брянск. 2022. – С. 267-271.
4. Влияние разных способов переработки зерна на обмен веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота / Г.В. Бесараб, Д.М. Богданович, А.М. Глинкова // В сборнике: Инновационное развитие продуктивного и непродуктивного животноводства. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. – Брянск, 2022. – С. 226-230.

УДК 636.085.1

БАЛАНСИРОВАНИЕ РАЦИОНОВ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПО ЭНЕРГИИ И ПРОТЕИНУ

**В.Ф. Радчиков¹, А.К. Натыров², Н.И. Мороз², В.П. Цай¹, И.В. Богданович¹,
И.С. Серяков³, А.М. Глинкова¹, Т.В. Медведская⁴, В.В. Букас⁴, В.В. Карелин⁴**

¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь
по животноводству», Жодино

²Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова», Элиста, Россия

³Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки

⁴Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины

Аннотация. Энерго-протеиновые добавки на основе местных белковых компонентов: рапса, люпина, вики, минерально-витаминного премикса, а также стимулирующих препаратов обеспе-

чивают увеличение среднесуточных приростов бычков в возрасте 1-6 месяцев на 4-6%, при снижении затрат кормов на 5-10%, себестоимости прироста – на 7-8%.

Ключевые слова: молодняк крупного рогатого скота, рацион, энерго-протеиновые добавки, продуктивность, эффективность.

Введение. При анализе рационов крупного рогатого скота установлено, что по многим контролирующим показателям они не соответствуют нормативным требованиям, поэтому необходимы дальнейшие исследования по повышению полноценности рационов за счет высокобелковых добавок [1, 2].

Отдельные сельскохозяйственные предприятия зачастую скармливают молодняку крупного рогатого скота концентраты в виде зернофуража без обогащения. Для балансирования рационов рекомендуется использование энерго-протеиновых добавок (ЭПД) на основе местных источников сырья. Известно, что ЭПД предназначены, в первую очередь, для восполнения недостающего количества энергии и протеина в рационах животных. Поэтому источники энергии и белка в составе ЭПД занимают до 70%, минеральные компоненты – 20% и премиксы – 10%. В настоящее время в республике возделываются новые сорта рапса, вики, люпина, гороха и других высокобелковых кормовых средств с минимальным количеством антипитательных веществ. Поэтому необходима разработка ЭПД с оптимальным соотношением местных энергетических, белковых и минеральных компонентов, что является новизной исследований [3, 4].

Учитывая все возрастающие с каждым годом объемы производства в республике зерна рапса и люпина, гороха, вики для обеспечения потребности сельскохозяйственных животных в высокобелковых кормах, решение вопросов рационального их использования, в первую очередь в качестве источников белка и энергии, а также пробиотиков и пребиотиков, исключительно актуально и имеет большое народнохозяйственное значение [5].

В связи с вышеуказанным, целью исследований явилось определить норму ввода энерго-протеиновой добавки из местных источников сырья с включением пробиотиков и пребиотиков в состав комбикормов и изучить эффективность использования ее в рационах телят в возрасте 1-6 месяцев.

Материалы и методы. Научно-хозяйственный опыт проведен в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Минской области. Для исследований отобраны телята начальной живой массой 50-52 кг. Продолжительность исследований составила 150 дней. В состав энерго-протеиновых добавок включены: зерно рапса, люпина, вики в разных соотношениях, минерально-витаминный премикс, а также пробиотик-концентрат бактериальный сухой «Биомикс-ВЕТ»-2 ЗЕО производства РУП «Институт мясомолочной промышленности Республики Беларусь» (1 единица активности на 100 кг комбицорма).

В качестве пробиотика использовали препарат «Биомос» (Великобритания).

Бычки контрольной группы получали молоко цельное, сено злаково-бобовое траву из злаково-бобовой смеси и комбикорм КР-1 с включением 14% подсолнечного шрота, а опытные – энерго-протеиновые добавки разного состава в составе комбикормов. В возрасте 3-6 месяцев молодняк контрольной группы получал злаково-бобовую смесь, патоку и комбикорм КР-2 с включением подсолнечного шрота в количестве 14% по массе.

Различия в кормлении заключались в том, что бычки II и III опытных (возраст 1-3 мес.) получали ЭПД₃ на основе рапса, гороха, люпина и вики, но с дополнительным использованием пробиотика «Биомикс-ВЕТ»-2 ЗЕО. Животным IV и V опытных групп скармливалась ЭПД₁, но с использованием пребиотика «Биомос».

Во II фазе выращивания молодняк II, III, IV и V опытных групп (возраст 3-6 месяцев) получал добавку ЭПД₄ с другим соотношением зерна зернобобовых и крестоцветных культур, учитывая тип кормления и соответствующий дефицит питательных и биологически активных веществ в данных рационах.

Телятам II и III опытных групп аналогично I фазе выращивания скармливали пробиотик «Биомикс-ВЕТ»-2 ЗЕО, а животным IV и V групп – пребиотик «Биомос».

Цифровой материал проведенных исследований обработан методом вариационной статистики

Результаты исследования и их обсуждение. С учетом дефицита протеина, минеральных и биологически активных веществ в рационах летнего периода содержания приготовлены две опытные партии энерго-протеиновых добавок для молодняка 1-3 и 3-6 месяцев. Данными добавками обогащали зернофураж. В состав ЭПД₃ для телят возраста 1-3 месяца включали, (%): рапс – 32, люпин – 28, вика – 15 и минерально-витаминная добавка – 25, ЭПД₄ для молодняка в возрасте 3-6

месяцев, (%): рапс – 34, люпин – 27, вика – 14, минерально-витаминная добавка – 25. Контролем в обоих вариантах служил комбикорм, включающий зернофураж, подсолнечный шрот, дефекат, соль и премиксы ПКР-1 и ПКР-2.

В рационах телят в возрасте 1-3 месяца в расчете на 1 кормовую единицу приходилось 118-120 г переваримого протеина. Соотношение расщепляемого протеина к нерасщепляемому в I группе составляло 74:26, во II – 67:33, в III – 68:32, в IV – 69:31, в V – 66:34.

В рационах молодняка в возрасте 3-6 месяцев в расчете на кормовую единицу приходилось 113-115 г переваримого протеина. Соотношение расщепляемого протеина к нерасщепляемому в I группе составило 71:29, во II – 64:36, в III – 65:35, в IV – 63:37, в V – 66:34. Включение в состав рационов ЭПД оказало положительное влияние на энергию роста телят (таблица).

Таблица – Изменение живой массы и среднесуточных приростов бычков

Группа	Живая масса, кг		Прирост живой массы		Затраты кормов на 1 ц прироста, ц к.ед.
	в начале опыта	в конце опыта	валовой, кг	среднесуточный, г	
Возраст 1-3 месяца					
I контрольная	51	99,9	48,9	815±12,9	3,7
II опытная	50	100,4	50,4	840±13,5	3,5
III опытная	52	103,3	51,3	855±14,5	3,4
IV опытная	50	100,7	50,7	845±12,7	3,5
V опытная	51	102,6	51,6	860±13,5	3,3
Возраст 3-6 месяцев					
I контрольная	99,9	172,8	72,9	810±15,1	4,5
II опытная	100,4	176,3	75,9	843±14,9	4,3
III опытная	103,3	180,5	77,2	858±13,9	4,2
IV опытная	100,7	176,9	76,2	847±12,5	4,2
V опытная	102,6	180,0	77,4	860±14,0	4,1
Возраст 1-6 месяцев					
I контрольная	51	172,8	121,8	812±14,2	4,1
II опытная	50	176,3	126,3	842±14,2	3,9
III опытная	52	180,5	128,5	857±14,7	3,8
IV опытная	50	176,9	126,9	846±13,3	3,8
V опытная	51	180,0	129,0	860±14,2	3,7

Использование ЭПД₃ в составе комбикорма телятам в возрасте 1-3 месяцев (в количестве 5% взамен подсолнечного шрота повысило среднесуточные приросты с 851 г до 840 г или на 3%, а в количестве 10% – на 5% при снижении затрат кормов на 6-9%.

Скармливание телятам ЭПД₃ в количестве 5 и 10% обеспечило повышение среднесуточных приростов на 4 и 6% при снижении затрат кормов на 6 и 11%.

Включение ЭПД₄ в количестве 10 и 15% по массе в состав комбикорма телятам в возрасте 3-6 месяцев и пребиотика «Биомикс-ВЕТ»-2 ЗЕО с 810 г до 843-858 г или на 4 и 6% при снижении затрат кормов на продукцию на 5 и 7%.

Скармливание комбикорма с ЭПД₄ (ввод 10 и 15%) с пребиотиком «Биомос» телятам повысило среднесуточные приросты на 5 и 6% при снижении затрат кормов на 7 и 9%.

Введение ЭПД в состав комбикормов молодняка крупного рогатого скота в возрасте 1-6 месяцев в количестве 5-14% по массе повысило среднесуточные приросты с 812 г (контроль) до 842-860 г или на 4-6% при снижении затрат кормов на 5-10%.

Ввиду более низкой стоимости комбикормов, скармливаемых опытным группам, себестоимость прироста бычков при использовании опытных комбикормов с ЭПД и пребиотиком «Биомикс-ВЕТ»-2 ЗЕО снизилась на 5-6%. Скармливание комбикормов с ЭПД и пребиотиком «Биомос» снизило себестоимость прироста на 7-8%.

Заключение. Разработанные энерго-протеиновые добавки (ЭПД) на основе импортозамещающих белковых компонентов: рапса, люпина, вики, минерально-витаминного премикса, а также стимулирующих препаратов позволяют балансировать рационы по питательным и биологически

активным веществам, обеспечивающие увеличение среднесуточных приростов бычков в возрасте 1-6 месяцев на 4-6%, при снижении затрат кормов на 5-10%, себестоимости прироста – на 7-8%.

Энерго-протеиновые добавки позволяют производить комбикорма для молодняка крупного рогатого скота при выращивании на мясо, не уступающие по кормовой и питательной ценности стандартному комбикорму, но по стоимости ниже на 5-6%.

Список использованных источников

1. Повышение продуктивного действия злаково-бобовой зерносмеси / Д.М. Богданович, А.М. Глинкова, А.Н. Кот [и др.] // Селекционно-генетические и технологические аспекты инновационного развития животноводства . Сборник научных работ международной научно-практической конференции, посвящённой 65-летию со дня рождения профессора Лебедько Егора Яковлевича. – Брянск, 2023. – С. 235-239.
2. Сапропель нового месторождения в кормлении коров /Д.М. Богданович, Т.Л. Сапсалёва, А.М. Глинкова [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси. 2022. Т. 57. № 1. – С. 159-167
3. Физиологическое состояние и использование питательных веществ корма при включении в рацион молодняка крупного рогатого скота экструдированного корма / Г.Н. Радчикова, Д.М. Богданович, А.М. Глинкова [и др.] // Селекционно-генетические и технологические аспекты инновационного развития животноводства . Сборник научных работ международной научно-практической конференции, посвящённой 65-летию со дня рождения профессора Лебедько Егора Яковлевича. – Брянск, 2023. – С. 260-266.
4. Эффективность кормовой добавки из вторичных продуктов перерабатывающей промышленности в кормлении коров / Г.В. Бесараб, Т.Л. Сапсалёва, Д.М. Богданович [и др.] // В сборнике: Инновационный путь развития отраслей животноводства. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. – Жодино, 2022. – С. 82-86.
5. Местные источники протеина в кормлении молодняка крупного рогатого скота/ Г.Н. Радчикова, Д.М. Богданович, А.М. Глинкова [и др.] // Селекционно-генетические и технологические аспекты инновационного развития животноводства. Сборник научных работ международной научно-практической конференции, посвящённой 65-летию со дня рождения профессора Лебедько Егора Яковлевича. – Брянск, 2023. – С. 253-259.

УДК 636.084.087

МИНЕРАЛЬНАЯ ДОБАВКА ДЕФЕКАТ В КОРМЛЕНИИ КОРОВ

**В.Ф. Радчиков¹, И.Ф. Горлов², А.А. Мосолов², В.П. Цай¹, М.В. Джумкова¹,
Е.О. Гливанский¹, А.Г. Марусич³, О.Ф. Ганущенко⁴, А.М. Синцерова⁴**

¹*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по животноводству,
Жодино*

²*Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолоч-
ной продукции, Волгоград, Россия*

³*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки*

⁴*Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины*

Аннотация. Использование в кормлении коров комбикормов с включением 2-3% по массе дефеката оказывает положительное влияние на окислительно-восстановительные процессы в организме животных, о чем свидетельствует морфо-биохимический состав крови. При этом наблюдается тенденция к повышению концентрации общего белка в сыворотке крови на 1,7-2,7%, снижению содержания мочевины на 3,0-5,9%, продуктивность коров повышается на 2,8-4,0%.

Ключевые слова: коровы, рацион, минеральная добавка дефекат, кровь, продуктивность.

Введение. В отрасли животноводства наибольший удельный вес занимает скотоводство. Производство продукции скотоводства во многом определяет экономическое и финансовое состояние всего агропромышленного комплекса. Одной из наиболее важных и сложных задач, стоящих перед агропромышленным комплексом нашей республики, является увеличение производства продукции животноводства [1, 2].

Корма играют решающую роль не только как основной источник продуктивности животных, но и в значительной степени характеризуют эффективность производства отрасли, так как более 50% затрат ложится именно на кормление [3, 4].

Совершенствование кормовой базы должно обеспечивать интенсивное использование поголовья животных, повышать их продуктивность. В последние годы в связи с ростом строительства молочно-товарных и откормочных комплексов в Республике Беларусь, потребностью обеспечения полноценного питания и повышения продуктивности животных, возросла необходимость увеличения производства кормов и улучшения их качества. [5].

Важной проблемой скотоводства, обусловленной переводом его на индустриальные ресурсыоэффективные технологии, становится создание качественной кормовой базы, включая, производство и использование комбикормов. Ставится задача резкого снижения зависимости от импорта кормов.

Материалы и методы. Исследования проведены на 4-х группах клинически здоровых коров, подобранных с учетом возраста, живой массы, продуктивности, в середине лактации с продуктивностью 6000 кг за лактацию (таблица).

Все подопытное поголовье находилось в одинаковых условиях, кормление осуществлялось два раза в сутки, поение из автопоилок, содержание привязное.

Различия в кормлении заключались в том, что животные контрольной группы получали рацион, принятый в хозяйстве, состоящий из: сена злакового, силюса кукурузного, сенажа разнотравного, а их аналогам из опытных групп скармливали комбикорм с разными нормами ввода в его состав кормового дефеката.

На основе зернофуражса, шрота подсолнечного, рапсового жмыха, кормового дефеката разработаны комбикорма для подопытных дойных коров.

Таблица – Схема научно-хозяйственного опыта

Группа	Количество животных в группе	Продолжительность опыта, дней	Условия кормления
I контрольная	10	90	Основной рацион (ОР) + комбикорм хозяйства
II опытная	10		ОР + комбикорм с включением 1% дефеката кормового по массе
III опытная	10		ОР + комбикорм с включением 2% дефеката кормового по массе
IV опытная	10		ОР + комбикорм с включением 3% дефеката кормового по массе

Коровы подопытных групп в составе комбикормов получали ячмень, пшеницу, кукурузу, овес, жмых рапсовый, шрот подсолнечный, премикс, динатрийфосфат. Различия в кормлении животных заключались в том, что взамен мела (1% по массе) опытные коровы (II, III и IV группы) получали 1, 2 и 3% по массе дефеката кормового.

Результаты исследований и их обсуждение. В 1 кг контрольного комбикорма содержалось 1,13 кормовых единиц, 11,05 МДж обменной энергии, 0,86 кг сухого вещества, 155 г сырого протеина, 32,5 г сырого жира, 114 г расщепляемого протеина, 41 г, нерасщепляемого протеина, 42,4 г сахара, 5,9 г кальция и 8,1 г фосфора.

В комбикорме используемом в кормлении коров II опытной группы, содержалось 1,13 кормовых единиц, 11,06 МДж обменной энергии, 0,86 кг сухого вещества, 155 г сырого протеина, 114,1 г расщепляемого протеина, 41,1 г

нерасщепляемого протеина, 32,5 г жира, 5,58 г кальция, 8,2 г фосфора.

Молочному скоту III опытной группы вводился комбикорм с содержанием 1,11 кормовых единиц, 11,06 МДж обменной энергии, 0,86 кг сухого вещества, 155 г сырого протеина, 114,0 г расщепляемого протеина, 41,2 г нерасщепляемого протеина, 32,5 г жира, 8,5 г кальция и 8,3 г фосфора.

В 1 кг комбикорма, скармливаемого коровам IV группы, содержалось 1,10 кормовых единиц, 10,84 МДж обменной энергии, 0,86 кг сухого вещества, 154 г сырого протеина, 114,2 г расщепляемого протеина, 39,8 г нерасщепляемого протеина, 32,1 г сырого жира, 42,0 г сахара, 11,6 г кальция.

ция и 8,4 г фосфора.

Основной рацион животных подобраных для проведения опытов составлялся в соответствии с набором кормов имеющихся в хозяйстве и используемых в кормлении согласно технологии.

В структуре рациона сочные корма занимали 26,0% %, грубые – 36,8%, концентраты – 37,2%

Энергетическая ценность зимних рационов подопытных групп составила 10,2-10,3 МДж в 1 кг сухого вещества. В рационе содержалось 14,2-14,7% сырого протеина в 1 кг сухого вещества. Содержание клетчатки в сухом веществе было равно 23,7-23,8%. Сахаропротеиновое отношение во всех группах равнялось 1,01:1.

Кальциево-фосфорное соотношение в рационе коров контрольной группы в зимне-стойловый период при включении 1% мела находилось на уровне 1,55, во II опытной группе – 1,57. Увеличение количества кормового дефеката в рационе дойных коров в III опытной группе до 2% по массе комбикорма обеспечивало соотношение кальция к фосфору 1,61. При включении кормового дефеката 3% в состав комбикорма (группа IV) соотношение кальция к фосфору было равно 1,64. За время проведения научно-хозяйственного опыта все изучаемые показатели крови находились в пределах физиологических норм, что указывает на нормальное течение обменных процессов у животных всех групп. В то же время в опытных группах, с применением в рационах кормового дефеката была, установлена тенденция снижения содержания в крови мочевины на 3,0-5,9%, отмечено увеличение глюкозы на 2,6-7,4% по отношению к контролю.

Скармливание в рационах с разного количества кормового дефеката оказалось неодинаковое влияние на биохимический статус крови. Так, в IV группе отмечено наибольшее количество белка, которое оказалось на 3,3% больше, чем в I, что свидетельствует о более интенсивном белковом обмене. Оптимальное содержание кальция и фосфора свидетельствует о нормальном течении минерального обмена.

Скармливание комбикорма с включением дефеката коровам в середине лактации оказалось положительное влияние на продуктивность животных.

В результате изучения динамики молочной продуктивности за период лактации установлено, что использование в составе комбикорма кормового дефеката коровам в количестве 1,0% во II группе способствовало повышению среднесуточного удоя молока базисной жирности на 2,8%.

Введение дефеката кормового в состав комбикорма 2,0% коровам III опытной группы обеспечило увеличение среднесуточного удоя в пересчете на молоко 3,6%, по сравнению с животными контрольной группы на 4,0%.

За период исследований скармливание в составе комбикормов дефеката кормового количество белка в молоке коров оказалось выше во II и IV группе на 0,14-0,15 п.п., в III опытной группе - на 0,18 п.п.

Установлено, что в молоке коров контрольной группы уровень мочевины был ниже показателей опытных животных, в частности, по окончанию 3-х месячного периода, активность белкового обмена в организме опытных коров была выше, поскольку уровень мочевины во II группе превышал в 1,04, в III – 1,21, в IV – в 1,13 раза.

При включении в состав рациона 3,0% кормового дефеката в IV группе среднесуточный удой коров в среднем за основной период лактации был выше на 3,9%, в сравнении с контрольной группой. Содержание жира в молоке после 3-х месячного скармливания кормовой добавки у животных опытных групп, по сравнению с контрольной группой, увеличился на 0,02-0,04 п.п.

Заключение. Использование в кормлении коров комбикормов с включением 2-3% по массе дефеката оказывает положительное влияние на окислительно-восстановительные процессы в организме животных, о чем свидетельствует морфо-биохимический состав крови. При этом наблюдается тенденция к повышению концентрации общего белка в сыворотке крови на 1,7-2,7%, снижению содержания мочевины на 3,0-5,9%, продуктивность коров повышается на 2,8-4,0%

Список использованных источников

1. Рапсовый жмых в составе комбикорма КР-1 для телят/Т.Л. Сапсалева, Д.М. Богданович, В.П. Цай [и др.] // В сборнике: Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве. Материалы Международной научно-практической конференции. Редколлегия: Н.И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2021. – С. 310-316.
2. Разумовский, Н.П. Повышение эффективности выращивания телят путём скармливания природного микробного комплекса/ Н.П. Разумовский, Д.М. Богданович // В сборнике: Модернизация аграрного образования. Сборник научных трудов по материалам VI Международной научно-практической конференции. – Томск-Новосибирск, 2020. –С. 512-515.

3. Влияние соотношения расщепляемого и нерасщепляемого протеина в рационе на пищеварение в рубце бычков / А.Н. Кот, Д.М. Богданович, В.П. Цай [и др.] // В сборнике: Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве. Материалы Международной научно-практической конференции. Редколлегия: Н.И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2021. – С. 106-112.

4. Goats producing biosimilar human lactoferrin / D.M Bogdanovich., V.F Radchikov., V.N., Kuznetsova [et al.] // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. – С. 12080.

5. Физиологическое состояние и продуктивность бычков при скармливании молотого и экструдированного зерна пельюшки/ А.Н. Кот, Д.М. Богданович, В.П. Цай [и др.] // В сборнике: Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве. Материалы Международной научно-практической конференции. Редколлегия: Н.И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2021. – С. 112-119.

УДК 636.2.085.55

ЗАМЕНИТЕЛЬ ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА – ВАЖНЫЙ РЕЗЕРВ ЭКОНОМИИ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА

В.Ф. Радчиков¹, Б.К. Салаев², Б.С. Убушаев², Л.Н. Гамко³, А.Г. Менякина³,
А.В. Астренков⁴, Т.М. Натынчик⁴, А.Н. Кот¹, Г.В. Бесараб¹, Н.А. Шарейко⁵

¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь
по животноводству», Жодино

²Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова», Элиста, Россия

³Брянский государственный аграрный университет, Брянск, Россия

⁴Полесский государственный университет, Минск

⁵Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины

Аннотация. Введение в рационы телят в составе заменителей обезжиренного молока, содержащие протеина 20 и 22% в составе комбикорма КР-2 10% по массе отразилось в улучшении морфо-биохимического состава крови. При этом наблюдается тенденция к повышению концентрации общего белка в сыворотке крови на 3,1 и 3,3% при снижении мочевины на 3,5 и 5,2% и позволило увеличить среднесуточные приросты до 3,1% при уменьшении затрат кормов и себестоимости на 1 кг прироста на 1,5 и 0,9%.

Ключевые слова: телята, заменитель обезжиренного молока, кровь, прирост, себестоимость.

Введение. Задачей рационального кормления крупного рогатого скота является повышение эффективности использования кормов. Это достигается путем улучшения переваримости питательных веществ, уменьшения потерь азота и более экономного расходования переваримой и обменной энергии при содержании животных на рационах сбалансированных по протеину, минеральным веществам и витаминам [1].

От полноценности кормления и состояния кормовой базы зависит развитие животноводства. В зависимости от вида, пола, возраста и продуктивности рационы животных должны быть сбалансированы по питательным, минеральным и биологически активным веществам в определенном соотношении и количестве [2].

Протеин является важнейшим показателем, определяющим полноценность кормления, особенно в первые месяцы жизни молодняка. Обеспечение телят протеином в значительной мере влияет на здоровье, племенные качества, будущую продуктивность и продолжительность хозяйственного использования. Самая высокая потребность в протеине у телят в возрасте до 3-х месяцев – 22-24%. В рационе она поддерживается за счет молочных кормов, ЗЦМ и стартерных комбикормов, в которых содержание сырого протеина должно быть не ниже 20% [3].

Белки, необходимые для питания телят в молочный период, по своей биологической ценности располагаются в той же последовательности, что и у животных с простым желудком, поэтому в течение всего периода молочного питания (в преджвачный период) теленок лучше усваивает протеин животного происхождения [4, 5].

Материал и методы. Для достижения поставленной цели проведен научно-хозяйственный опыт на телятах в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района, Минской области.

Для проведения научно-хозяйственного опыта сформировано четыре группы бычков по принципу пар-аналогов в возрасте 65 дней с начальной живой массой 78,9-80,4 кг.

Условия содержания подопытных животных были одинаковыми: кормление осуществлялось два раза в сутки, поение из автопоилок, содержание животных беспривязное.

Различия в кормлении заключались в том, что молодняку I группы скармливали цельное молоко, II, III и IV опытных групп – ЗОМ. Кроме того, животные всех групп в составе комбикорма получали ЗОМ различного состава.

Продолжительность исследований составила 60 дней.

Полученный цифровой материал обработан методом вариационной статистики с учетом критерия достоверности по Стьюденту с использованием программного пакета Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Все опытные заменители обезжиренного молока (таблица 1) были различными по содержанию протеина, но практически одинаковыми по всем показателям питательности.

Таблица 1. – Состав опытных ЗОМ с различным содержанием белка для телят старше 65-дневного возраста

Компоненты, %	ЗОМ 1	ЗОМ 2	ЗОМ 3
Содержание протеина	18	20	22
Молочные белки	70	70	70
Растительные белки	29	29	29
Витаминно-минеральный комплекс	1	1	1

Основными ингредиентами заменителей обезжиренного молока (ЗОМ 1) для телят I группы были (%): молочные белки - 70, растительные белки (соевый+ пшеничный протеин) - 29, витаминно-минеральный комплекс, пробиотическая культура - 1. Для телят II группы (ЗОМ 2) использовали (%): молочные белки -70, растительные белки (соевый + пшеничный протеин) - 29, витаминно-минеральный комплекс - 1. В III опытной группе скармливали (ЗОМ 3) состоящий из (%): молочного белка - 70, растительных белков (соевый протеин) -29, витаминно-минеральный комплекс - 1.

В результате анализа рационов молодняка по фактически съеденным кормам, можно отметить, что комбикорма задавались нормированно, в связи с чем, в среднем за весь период опыта бычки потребляли их одинаковое количество 1,6 кг в день.

Изучение поедаемости кормов бычками показало, что включение в рационы заменителя обезжиренного молока содержащего 18, 20 и 22% протеина оказалось положительное влияние на потребление корма.

В рационах содержалось 3,26-3,31 корм. ед., где на 1 кг сухого вещества приходилось 1,0-1,03 корм. ед. На 1 корм. ед. приходилось 105 г переваримого протеина.

Таблица 2. – Морфо-биохимический состав крови бычков в возрасте 119 дней

Показатель	Группа		
	I	II	III
Гемоглобин, г/л	99,7±0,85	101±0,63	103,0±0,64**
Эритроциты, 10 ¹² /л	5,95±0,59	6,14±0,57	6,19±0,33
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	8,22±0,37	8,78±0,49	8,98±0,23
Кислотная емкость, мг%	453±9,01	458±5,36	480±7,43*
Мочевина, ммоль/л	4,43±0,11	4,26±0,17	4,2±0,19
Глюкоза, ммоль/л	2,80±0,33	2,86±0,43	2,93±0,37
Общий белок, г/л	79,7±1,99	82,2±2,03	82,3±2,11
Кальций, ммоль/л	2,85±0,12	2,93±0,34	2,99±0,37
Фосфор, ммоль/л	1,68±0,36	1,70±0,32	1,72±0,39

В результате исследований установлено, что в крови бычков I и II опытных групп произошло увеличение содержания эритроцитов на 4,0 и 3,2% и гемоглобина – на 3,3 и 1,3 по сравнению с

аналогами из III опытной группы. Отмечена тенденция в увеличении количества лейкоцитов (опытных групп I и II), которая объясняется повышением защитных свойств организма, по отношению к животным III группы этот показатель увеличился на 9,2 и 6,8% (таблица 2).

Скармливание телятам ЗОМ 2 и ЗОМ 3 способствовало усилению углеводного обмена, на что указывает концентрация глюкозы в крови на 2,1 и 4,6% по отношению к I опытной группе.

В результате опыта установлено повышение концентрации белка в крови бычков II и III опытных групп на 3,1 и 3,3% в сравнении с I группой.

У бычков III и II опытных групп содержание мочевины оказалось ниже на 5,2 и 3,8% по сравнению с I опытной группой.

Отмечено увеличение содержания кальция и фосфора в сыворотке крови у животных II и III опытных групп по отношению к I группе на 2,8 и 4,9% и на 1,2 и 2,4% соответственно.

По результатам опыта установлено, что среднесуточный прирост бычков III опытной группы оказался на 3,1 и 2,1% выше в сравнении с аналогами I и II группы (таблица 3).

Таблица 3. – Живая масса и продуктивность

Показатель	Группа		
	I	II	III
Живая масса, кг:			
в начале опыта	80,4±0,84	79,7±0,38	78,9±0,95
в конце опыта	129,3±1,31	129,1±1,52	129,3±2,31
Валовый прирост, кг	48,9±1,38	49,4±1,53	50,4±2,91
Среднесуточный прирост, г	815±23,79	823,3±25,31	840,0±26,38
Затраты кормов на 1 кг прироста, корм. ед.	4,0	3,98	3,94

Самый низкий расход кормов оказался у животных III группы, в рационы которых входил ЗОМ 3 с содержанием 22% протеина и составил 3,94 корм. ед., что на 1,1% меньше, чем во II группе и на 1,5%, чем в I.

Исследованиями установлено, что стоимость рационов во I и II опытных группах оказалась ниже на 2,3 и 1,2% в сравнении с III, в результате себестоимость прироста в III опытной группе оказалась ниже на 0,9% по сравнению с аналогами I и II группы.

Заключение. Введение в рационы телят в составе заменителей обезжиренного молока, содержащие протеина 20 и 22% в составе комбикорма КР-2 10% по массе отразилось в улучшении морфо-биохимического состава крови. При этом наблюдается тенденция к повышению концентрации общего белка в сыворотке крови на 3,1 и 3,3% при снижении мочевины на 3,5 и 5,2% и позволило увеличить среднесуточные приrostы до 3,1% при уменьшении затрат кормов и себестоимости на 1 кг прироста на 1,5 и 0,9 процента.

Список использованных источников

1. Использование зерна новых сортов крестоцветных и зернобобовых культур в рационах выращиваемых бычков / В. Ф. Радчиков, Н. В. Пилюк, Н. А. Шарейко [и др.] // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сб. науч. трудов, вып. 17, ч. 1. – Горки : БГСХА, 2014. – С. 104-113.
2. Рубцовое пищеварение, переваримость и использование питательных веществ и энергии корма при разной структуре рациона / В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, Н. А. Яцко [и др.] // Учёные записки ВГАВМ. Т. 49, вып. 1, ч. 2. – Витебск, 2013. – С. 161-164.
3. Использование трепела и добавок на его основе в кормлении молодняка крупного рогатого скота / В.Ф. Радчиков, Е.А. Шнитко, В.П. Цай [и др.]: рекомендации РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по животноводству». – Жодино, 2013. – 11с.
4. Эффективное использование кормов при производстве говядины / Н. А. Яцко, В. К. Гурин, Н. В. Кириенко [и др.] ; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Академия аграрных наук Республики Беларусь, Белорусский научно-исследовательский институт животноводства. – Минск, 2000. – 252 с.
5. Влияние нового заменителя обезжиренного молока на продуктивность телят / А.Н. Кот, В.Ф. Радчиков, В.П. Цай [и др.] // В сборнике: Актуальні питання технологій продукції тваринництва. Матеріали за результатами II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. Полтавська державна аграрна академія. – Полтава, 2017. – С. 27-34.

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРИ СКАРМЛИВАНИИ ЗЕРНА РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

В.Ф. Радчиков¹, М.И. Сложенкина², Н.И. Мосолова², А.Н. Кот¹, Н.В. Пилюк¹,
М.В. Джумкова¹, И.С. Серяков³, А.Я. Райхман³, О.Ф. Ганущенко⁴, В.В. Букас⁴

¹Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по животноводству,
Жодино

²Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолоч-
ной продукции, Волгоград, Россия

³Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки

⁴Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины

Аннотация. Использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота дроблённого зерна плюшки приводит к снижению содержания в рубцовой жидкости небелкового азота на 3,3-9,3 % и амиака – на 3,3-17,2%, повышению концентрации белкового азота на 5,1-6,3%, рН – на 0,1-0,2, среднесуточных приростов живой массы – на 4,9 %, при снижении затрат кормов на получение продукции на 6,6% по сравнению с молотым.

Ключевые слова: молодняк крупного рогатого скота, рацион, плюшка, рубцовая жидкость, прирост.

Введение. В кормлении сельскохозяйственных животных большое значение имеет разработка способов повышения эффективности использования белковых кормов. Решение вопросов рационального белкового питания жвачных животных невозможно без понимания процессов распада кормового протеина и синтеза микробного белка в рубце [1-3].

Повышение интенсивности роста и получения от выращиваемого на мясо молодняка крупного рогатого скота больше мяса и лучшего качества решается, в первую очередь, обеспечением максимально эффективного использования всех питательных веществ для биосинтеза мышечных белков и разработкой технологических приемов регулирующих процессы ферментации в рубце. Значительную часть протеина жвачные животные получают в составе концентрированных кормов скорость распада протеина которых зависит от способов подготовки этих кормов к скармливанию с целью защиты от расщепления в рубце [4, 5].

Материалы и методы. Исследования проведены в физиологическом корпусе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по животноводству» на 2-х группах бычков черно-пестрой породы в возрасте 3-6 месяцев средней живой массой в начале опыта 136,1-138,1 кг, в течение 60 дней.

Различия в кормлении заключались в том, что животные контрольной группы взамен части комбикорма получали размолотое (величина частиц до 1 мм) зерно бобовых культур, опытной - дробленое (величина частиц 2-3 мм).

В течение опыта изучали: поедаемость кормов; интенсивность роста, среднесуточные приросты живой массы; эффективность использования кормов.

Химический состав кормов, используемых в опытах, определялся по схеме общего зоотехнического анализа в лаборатории биохимических анализов РУП «Научно-практический центр НАН Беларусь по животноводству».

Процессы пищеварения в рубце бычков изучали путем отбора проб жидкой части содержимого рубца через фистулу спустя 2-2,5 часа после утреннего кормления.

Контроль за физиологическим состоянием животных осуществляли путём изучения гематологических показателей.

Расщепляемость протеина определяли по ГОСТ 28075-89, для чего образцы концентрированных кормов помещали в нейлоновые мешочки и выдерживали в рубце в течение 6 часов.

Статистическая обработка результатов опыта проведена с учётом критерия достоверности по Стьюденту.

Результаты исследования и их обсуждения. В результате проведенных исследований установлено, что в структуре рациона на долю концентрированных кормов, приходилось 47-48% по питательности, травяных – 52-53%. Потребление кормов во всех группах находилось практически

на одинаковом уровне. Концентрированные корма животные съедали полностью. По потреблению кукурузного силоса отмечены незначительные различия.

В составе рациона подопытный молодняк получал 4,5-4,6 кг/голову сухого вещества в сутки. Содержание обменной энергии в сухом веществе рациона составило 10,0 МДж/кг сырого протеина – 13,3%, клетчатки – 19,3-19,4%. Остальные контролируемые показатели питательности рациона были учтены и сбалансированы в пределах норм.

Как показали опыты *in vivo*, расщепляемость протеина молотого зерна пелюшки в рубце бычков составила 64,7%, дробленого – 19,2%, или меньше на 45,5 п. п. В результате этого содержание расщепляемого протеина в рационе второй группы находилась на уровне 65%, что на 7 п. п. ниже, чем в первой группе.

Использование в кормлении подопытных животных молотого и дробленого зерна пелюшки оказало определённое влияние на показатели рубцового пищеварения (таблица 1).

Таблица 1. – Состав рубцовой жидкости

Показатель	Группа	
	I	II
pH	6,42±0,08	6,50±0,16
ЛЖК ммоль/100 мл	11,8±0,54	11,7±0,52
Азот общий, мг/100 мл	150±0,81	147±3,75
Азот белковый, мг/100 мл	113±1,91	111±3,3
Азот небелковый, мг/100 мл	37,4±1,24	36,1±0,47
Аммиак, мг/100 мл	15,7±0,66	14,9±0,32

Самый низкий уровень pH рубцовой жидкости – 6,42 отмечен в первой группе. В рубце животных второй группы, получавших дробленое зерно пелюшки, этот показатель оказался выше и составил 6,5. По содержанию ЛЖК различий не установлено. Изучение показателей белкового обмена в рубце показало, что у животных первой группы содержание общего азота оказалось выше на 2%, белкового азота – на 1,8%, небелкового – на 3,5 и аммиака – на 5,1%, чем у молодняка второй группы.

Все гематологические показатели подопытных животных находились в пределах физиологических норм (таблица 2).

Таблица 2. – Морфо-биохимический состав крови

Показатель	Группа	
	I	II
Эритроциты, 10 ¹² /л	6,41±0,22	6,39±0,18
Гемоглобин, г/л	102±2,82	101±1,23
Общий белок, г/л	75,20±4,80	74,17±3,72
Глюкоза, ммоль/л	2,76±0,09	2,73±0,04
Щелочной резерв, ммоль/л	25,08±0,95	25,15±0,69
Мочевина, ммоль/л	4,65±0,21	4,39±0,07
Кальций общий, ммоль/л	2,74±0,03	2,79±0,07
Фосфор неорганический, ммоль/л	1,79±0,09	1,74±0,12

Исследованиями установлено снижение количества мочевины на 5,6% и фосфора – на 2,8% в крови животных второй группы. Однако данные различия недостоверны. По остальным показателям значительных различий не установлено.

Замена молотого зерна пелюшки на дробленое оказала положительное влияние на продуктивность подопытных животных (таблица 3).

Таблица 3. – Продуктивность подопытных животных

Показатель	Группа	
	I	II
Живая масса, кг:		
в начале опыта	136,1±0,8	138,1±0,80
в конце опыта	181,8±1,3	185,9±1,30
Валовой прирост	45,7±0,6	47,9±0,50
Среднесуточный прирост	761±10,6	798±8,30
% к контролю	100	104,9
Затраты кормов на 1 кг прироста, корм. ед	5,95	5,56
% к контролю	100	93,4
Затраты протеина на 1 кг прироста, кг	0,82	0,76
% к контролю	100	92,3

Исследованиями установлено, что бычки опытной группы имели более высокую энергию роста. Так, среднесуточный прирост живой массы у них составил 798 г, что на 4,9% выше, чем в контрольной, в результате чего за 60 дней опыта во второй группе получено дополнительно 2,2 кг/гол. прироста. Затраты кормов в опытной группе снизился на 6,6 процентов.

Заключение. В течение 6 часов инкубации в рубце протеин молотого зерна пелюшки распадается на 65-76%, дробленого – на 19-39%. Такое зерно более равномерно ферментируется бактериями рубца а протеин эффективнее используется.

Включение в рацион молодняка крупного рогатого скота дроблённого зерна пелюшки способствует снижению содержания в рубцовой жидкости количества небелкового азота на 3,3-9,3 %, амиака – на 3,3-17,2%, повышению содержания белкового азота на 5,1-6,3%, pH – на 0,1-0,2, среднесуточного прироста живой массы – на 4,9 %, при снижении затрат кормов на его получение на 6,6% по сравнению с молотым.

Список использованных источников

1. Богданович, Д.М. Природный микробный комплекс в кормлении молодняка крупного рогатого скота/ Д.М. Богданович, Н.П. Разумовский // Инновационное развитие аграрно-пищевых технологий. Материалы Международной научно-практической конференции. – Волгоград, 2020. – С. 22-26.
2. Разумовский, Н.П. Повышение эффективности выращивания телят путём скармливания природного микробного комплекса/ Н.П. Разумовский, Д.М. Богданович // Модернизация аграрного образования. Сборник научных трудов по материалам VI Международной научно-практической конференции. –Томск-Новосибирск, 2020. – С. 512-515.
3. Богданович, Д.М. Физиологическое состояние и продуктивность бычков в зависимости от количества протеина в рационе/ Д.М. Богданович, Н.П. Разумовский // Социально-экономические и экологические аспекты развития Прикаспийского региона. Материалы Международной научно-практической конференции. – Элиста, 2019. – С. 197-202.
4. Разумовский, Н.П. Обмен веществ и продуктивность бычков при разном количестве нерасщепляемого протеина в рационе/ Н.П. Разумовский, Д.М. Богданович // Научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы III международной научно-практической конференции. – Красноярск, 2019. – С. 225-228.
5. Кот, А.Н. Влияние "защиты" протеина на эффективность использования корма молодняком крупного рогатого скота /А.Н. Кот, Г.В. Бесараб, А.М. Антонович // Научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы II международной научно-практической конференции. – Красноярск, 2018. – С. 148-152.

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ТЕЛЯТ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ

В.Ф. Радчиков¹, И.Ф. Горлов², А.А. Мосолов², Г.В. Бесараб¹, М.В. Джумкова¹,
Н.А. Шевцов¹, Н.А. Шарейко³, Н.П. Разумовский³, А.М. Синцерова³

¹Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по животноводству,
Жодино

²Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки
мясомолочной продукции, Волгоград, Россия

³Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины

Аннотация. Исследования по изучению эффективности включения в рацион молодняка крупного рогатого скота гумата натрия, проведены на 4-х группах животных. Установлено улучшение поедаемости бычками опытных групп сена на 12,5-20% по сравнению с контрольным молодняком, в результате чего они потребляли больше кормовых единиц на 1,5; 2,3 и 3,5%, обменной энергии – на 2,4, 3,9 и 5,1%, переваримого протеина – на 1,2, 2,1 и 3,7 %. В результате включения в рацион гумата натрия в составе комбикорма КР-2 в крови животных II опытной группы повысилось количество гемоглобина на 5,8%, в III – на 6,8, в IV – на 7,8% по сравнению с контрольными аналогами. С ростом телят в крови увеличилась бактерицидная активность сыворотки крови на 1,3, 1,9 и 2,5%, лизоцимная активность – на 0,1%, 0,2, 0,3%, что свидетельствует о повышении естественной резистентности у животных, в рационы которых вводили изучаемый препарат из торфа и сапропеля. Использование в кормлении бычков гумата натрия в составе комбикорма КР-2 оказывает положительное влияние на поедаемость кормов, физиологическое состояние, резистентность животных, что обеспечивает повышение среднесуточного прироста живой массы на 3,2-9,4%, при снижении себестоимости его получения на 2,9-8,5 процентов.

Ключевые слова: молодняк крупного рогатого скота, комбикорм, гумат натрия, продуктивность, эффективность.

Введение. Обеспечить рационы животных протеином, углеводами, минеральными и биологически активными веществами можно путём скармливания различных кормовых добавок и премиксов [1, 2].

Важное значение при составлении рационов имеет создание кормовых добавок нового поколения, обладающих функциональными свойствами. Включение в состав рационов кормовых добавок с пребиотиками позволяет придать продукту данные свойства. Подобные продукты поддерживают физиологическое здоровье и снижают риск возникновения заболеваний [3].

Большим спросом пользуются недорогие высокоеффективные биологически активные вещества естественного происхождения, так как они наиболее доступны, не токсичны и не оказывают нежелательного влияния на организм животного при длительном их скармливании [4, 5].

Одной из таких добавок является гумат натрия (гуминат), получаемый из торфа и сапропеля. Установлено, что препарат содержит целый ряд макро- и микроэлементов, а также аминокислот, вступающих в комплексные связи с помощью гуминовых кислот. Однако, его широкому использованию в кормлении сельскохозяйственных животных препятствует недостаточная изученность влияния препарата на физиологическое состояние и продуктивность животных, не установлены нормы его скармливания, что и послужило поводом для проведения наших исследований.

Цель исследований – изучить эффективность использования гумата натрия в кормлении молодняка крупного рогатого скота.

Материал и методы. Исследования проведены НА 4-х группах молодняка крупного рогатого скота черно-пестрой породы средней живой массой 79-81 кг по 12 голов в каждой.

Различия в кормлении заключались в том, что бычкам опытных групп дополнительно скармливали гумат натрия в дозах 0,4 (II-опытная), 0,5 мл (III-опытная) и 0,6 мл (IV-опытная) на 1кг живой массы.

Результаты исследования и их обсуждение. Использование в кормлении бычков комбикорма КР-2 с включением кормовой добавки гумат натрия оказалось положительное влияние на поедаемость корма.

Исследованиями установлено увеличение поедаемости бычками опытных групп сена на 12,5-20% по сравнению с контрольными. В результате этого животные опытных групп потребляли больше кормовых единиц на 1,5; 2,3 и 3,5%, обменной энергии – на 2,4, 3,9 и 5,1 %, переваримого протеина – на 1,2, 2,1 и 3,7%. Содержание клетчатки составило 17,8-17,9% от сухого вещества рациона. Сахаро-протеиновое отношение находилось на уровне – 0,84-0,55:1. Отношение кальция к фосфору во всех группах составило 1,53-1,65:1.

На усиление обменных процессов в организме животных опытных групп указывают и гематологические показатели (таблица 1).

Таблица 1. – Морфо-биохимический состав крови

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	6,3 $\pm 0,21$	6,9 $\pm 0,29$	7,0 $\pm 0,29$	7,1 $\pm 0,29$
Гемоглобин, г/л	102 $\pm 0,27$	108 $\pm 0,25$	109 $\pm 0,25$	110 $\pm 0,25$
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	7,59 $\pm 0,03$	7,52 $\pm 0,03$	7,56 $\pm 0,04$	7,58 $\pm 0,04$
Общий белок, г/л	71,05 $\pm 0,29$	75,2 $\pm 0,29$	77,3 $\pm 0,29$	79,5 $\pm 0,29$
Глюкоза, ммоль/л	4,0 $\pm 0,15$	4,2 $\pm 0,08$	4,3 $\pm 0,11$	4,4 $\pm 0,22$
Кислотная емкость, мг%	440 $\pm 2,47$	460 $\pm 2,04$	470 $\pm 2,08$	480 $\pm 2,16$
Мочевина, ммоль/л	4,08 $\pm 0,87$	3,81 $\pm 0,89$	4,11 $\pm 0,14$	4,11 $\pm 0,15$

В результате проведенных исследований установлено, что после скармливания препарата гумат натрия в составе комбикорма КР-2 количество гемоглобина во II опытной группе повысилось на 5,8%, в III – на 6,8, в IV – на 7,8% по сравнению с контрольными сверстниками.

Установлена тенденция в повышении общего белка в крови телят опытных групп (II, III и IV) при введении добавки кормовой на 5,6, 8,1 и 10,7% в сравнении с контрольными аналогами.

Использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота добавки кормовой гумат натрия оказало положительное влияние на метаболизм фосфора. Концентрация этого микроэлемента увеличилась во II опытной группе на 3,4, в III – на 4,5% и в IV – на 5,5% по сравнению с контрольной группой (таблица 2).

Таблица 2. – Минеральный состав крови

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Кальций, ммоль/л	3,74 $\pm 0,06$	4,01 $\pm 0,14$	4,03 $\pm 0,03$	4,05 $\pm 0,08$
Фосфор, ммоль/л	2,60 $\pm 0,04$	2,69 $\pm 0,06$	2,72 $\pm 0,10$	2,75 $\pm 0,05$
Магний, ммоль/л	1,23 $\pm 0,02$	1,23 $\pm 0,02$	1,23 $\pm 0,02$	1,25 $\pm 0,02$
Калий, ммоль/л	9,9 $\pm 0,04$	10,0 $\pm 0,5$	10,3 $\pm 0,4$	10,3 $\pm 0,4$
Натрий, ммоль/л	110,3 $\pm 2,7$	110,5 $\pm 3,3$	111,0 $\pm 3,1$	111,1 $\pm 3,2$
Железо, мкмоль/л	18,7 $\pm 0,89$	18,9 $\pm 0,87$	19,1 $\pm 0,88$	20,3 $\pm 0,86$
Цинк, мкмоль/л	4,6 $\pm 3,4$	4,6 $\pm 3,8$	4,65 $\pm 4,5$	4,7 $\pm 1,7$
Марганец, мкмоль/л	1,7 $\pm 0,1$	1,73 $\pm 0,1$	1,75 $\pm 0,1$	1,77 $\pm 0,1$
Медь, мкмоль/л	12,1 $\pm 0,78$	12,3 $\pm 0,93$	12,4 $\pm 0,79$	12,9 $\pm 0,48$

Содержание кальция в крови подопытных телят в сравнении с контрольными показателями повысилось на 6,8% (II), 7,2 % (III) и 7,7 % (IV) группы.

С ростом телят крови возросла БАСК на 1,3, 1,9 и 2,5%, ЛАСК – на 0,1%, 0,2, 0,3%. Следовательно, в течение опыта значительно повышалась естественная резистентность животных, в рационы которых дополнительно включали гумат натрия из торфа и сапропеля.

Исследованиями установлено, что среднесуточные приrostы у телят контрольной группы, составили 898 г (таблица 3).

Таблица 3. – Живая масса и среднесуточный прирост подопытных животных

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Живая масса, кг:				
в начале опыта	79,0±1,81	79,5±2,15	80,0±8,6	81,0±1,91
в конце опыта	132,9±4,04	135,1±3,93	137,4±3,68	139,9±3,71
Валовой прирост, кг	53,9±4,5	55,6±40,10	57,4±3,90	58,9±3,95
Среднесуточный прирост, г	898±10,2	927±12,3	957±10,8	982±12,9
% к контролю	100	103,2	106,6	109,4
Затраты корма на 1 кг прироста, кормовых единиц	3,84	3,78	3,69	3,57
% к контролю	100,0	98,4	96,1	93,0

Использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота гумата натрия из расчёта 0,4 мл, 0,5 и 0,6 мл на 1 кг живой массы обеспечило получение среднесуточного прироста живой массы на уровне 927; 957 и 982 г (II, III, IV группы) или на 3,2 6,6 и 9,4% выше, чем в контрольной группе.

Скармливание молодняку крупного рогатого скота 0,4 мл гумата натрия на 1 кг живой массы в сутки в составе комбикорма привело к снижению себестоимости прироста на 2,9%, при включении 0,5 мл на 1 кг живой массы – на 6 % при дозе 0,6 мл на 1 кг живой массы – на 8,5% по отношению к контрольным животным.

Заключение. Включение в рацион молодняка крупного рогатого скота гумата натрия в составе комбикорма КР-2 оказывает положительное влияние на поедаемость кормов, физиологическое состояние, резистентность животных, что обеспечивает повышение среднесуточного прироста живой массы на 3,2-9,4%, снижение себестоимости его получения на 2,9-8,5 процентов.

Список использованных источников

1. Яковчик, С.Г. Новый концентрат в составе заменителей цельного молока при выращивании телят / С.Г. Яковчик, О.Ф. Ганущенко // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2011. № 4. – С. 89-94.
2. Эффективность консервантов для заготовки травяных кормов/ Цай В.П., Кот А.Н., Радчикова Г.Н. [и др.] // Современные технологии сельскохозяйственного производства. сборник научных статей по материалам XXIII Международной научно-практической конференции. Учреждение образования "Гродненский государственный аграрный университет", 2020. – С. 204-206.
3. Рациональное использование кормовых ресурсов и профилактика нарушений обмена веществ у животных в стойловый период/ В.Б. Славецкий [и др.] // рекомендации Учреждение образования "Витебская ордена "Знак Почета" государственная академия ветеринарной медицины". – Витебск, 2002. – 26 с.
4. Разумовский, Н.П. Использование силоса, консервированного силлактимом в рационах откармливаемого молодняка крупного рогатого скота / Н.П. Разумовский, О.Ф. Ганущенко, И.В. Купченко // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государства академия ветеринарной медицины. – Витебск, 2002. Т. 38. № 2. – С. 183-184.
5. Обмен веществ и продуктивность телят при скармливании комбикорма КР-1 с экструдированным обогатителем /Шинкарева С.Л., Гурин В.К., Кот А.Н. [и др.] // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. – Краснодар, 2013. Т. 2. № 2. – С. 173-177.

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРОТЕИНА В ЗАМЕНИТЕЛЕ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ТЕЛЯТ

Г.Н. Радчикова¹, М.И. Сложенкина², Н.И. Мосолова², П.В. Скрипин³, А.В. Козликин³, Н.А. Святогоров³, Г.В. Бесараб¹, С.Н. Пилюк¹, Н.А. Шарейко⁴, Т.В. Медведская⁴

¹Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по животноводству, Жодино

²Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград, Россия

³Донской государственный аграрный университет, п. Персиановский, Ростовская обл., Россия

⁴Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины

Аннотация. Исследованиями изучено и установлено наиболее эффективное количество протеина 22 и 25% в составе заменителей цельного молока для телят в возрасте 10-30 дней, способствующее повышению среднесуточных приростов на 11,1 и 12,2 % при снижении затрат кормов на 10,6 и 18,2 процентов.

Ключевые слова: телята, протеин, заменитель цельного молока, прирост, эффективность.

Введение. Одной из главных задач, стоящих перед скотоводством является получение здорового, хорошо развитого молодняка, имеющего высокие темпы роста, способного эффективно использовать кормовые средства [1].

В структуре затрат на продукцию выращивания крупного рогатого скота корма занимают значительное место, поэтому они играют основную роль в себестоимости прироста. Кормовой фактор является одним из основных определяющих показателей продуктивности животных, эффективности использования кормов и рентабельности производства продукции [2].

Большое значение при выращивании телят имеют молочные корма, так как в первое время после рождения именно они являются основным источником энергии и питательных веществ, для молодых животных [3].

Однако использовать их необходимо достаточно экономно, так как выпаивание цельного молока телятам ведет к увеличению экономических затрат на их выращивание. Кроме того, молоко и молочные продукты являются ценными пищевыми продуктами, потребность в которых постоянно растет. Использование высококачественных ЗЦМ позволяет к 2-х месячному возрасту полностью исключить жидкие молочные корма из рациона телят [4, 5].

Материал и методы. Для достижения поставленной цели проведен научно-хозяйственный опыт на телятах в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района, Минской области (таблица 1).

Таблица 1. – Схема исследований

Группа	Количество животных, голов	Продолжительность опыта, дней	Характеристика кормления
I опытная	10	20	Основной рацион (ОР) – комбикорм КР - 1, зерносмесь + ЗЦМ 1, содержащий 20% протеина по массе
II опытная	10	20	ОР + ЗЦМ 2, содержащий 22% протеина по массе
III опытная	10	20	ОР + ЗЦМ 3, содержащий 25% протеина по массе

Для проведения научно-хозяйственного опыта сформировано три группы бычков по принципу пар-аналогов в возрасте 10 дней с начальной живой массой 42,7-43,6 кг.

Условия содержания подопытных животных были одинаковыми: кормление осуществлялось два раза в сутки, поение из автопоилок.

Различия в кормлении заключались в том, что первой группы скармливали заменитель цельного молока содержащий 20 % протеина, II и III – 22 и 25% соответственно.

Продолжительность исследований составила 20 дней.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате проведения контрольных кормлений установлено, что поедаемость кормов животными в научно-хозяйственном опыте была практически одинаковой.

В суточных рационах телят всех групп содержалось 2,12-2,14 корм. ед. Концентрация обменной энергии в сухом веществе рациона опытных животных составила 16,8-16,6 МДж, на 1 кормовую единицу приходилось 120-121 г переваримого протеина. Содержание клетчатки в сухом веществе рациона телят находилось в пределах 1,2%.

Отношение кальция к фосфору в рационах опытных групп составило 1,4:1, что находится в пределах нормы 1,3-2,1.

Исследование морфо-биохимического состава крови показало, что изучаемые показатели находились в пределах физиологической нормы (таблица 2).

Таблица 2. – Морфо-биохимический состав крови телят

Показатель	Группа		
	I опытная	II опытная	III опытная
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	7,29±0,35	7,33±0,55	7,39±0,50
Гемоглобин, г/л	95,0±0,69	94,0±0,69	97,0±0,84
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	12,2±0,18	12,0±0,18	12,4±0,30
Общий белок, г/л	71,1±2,17	71,7±1,94	73,2±2,05
Глюкоза, ммоль/л	3,50±0,38	3,60±0,44	3,70±0,37
Мочевина, ммоль/л	4,70±0,12	4,50±0,21	4,30±0,15
Кальций, ммоль/л	2,17±0,34	2,16±0,32	2,18±0,11
Фосфор, ммоль/л	3,17±0,38	3,31±0,32	3,49±0,38
Тромбоциты, $10^9/\text{л}$	470±4,1	473±3,7	468±2,4
Гематокрит, %	19,2±0,60	14,5±0,52	17,9±0,49

Показатели крови при использовании в рационах телят ЗЦМ с разным содержанием протеина находились на уровне: эритроциты – $7,29-7,39 \times 10^{12}/\text{л}$, гемоглобин – 97-95 г/л, лейкоциты $12,0-12,4 \times 10^9/\text{л}$, тромбоциты – $468-473 \times 10^9/\text{л}$, гематокрит – 14,5-19,2%, общий белок – 71,7-73,2 г/л, глюкоза – 3,5-3,7 ммоль/л, мочевина – 4,3-4,7 ммоль/л, кальций – 2,16-2,18 ммоль/л, фосфор – 3,17-3,49 ммоль/л.

Основными показателями выращивания животных является живая масса и скорость их роста. Полученные в опыте данные по динамике, живой массы представлены в таблице 3.

По результатам исследований установлено, что телятам, которым в рацион вводили заменители цельного молока, содержащего 22 и 25% протеина, (II и III группа) среднесуточный прирост оказался выше по сравнению с I группой на 50 и 100 г или на 11,1 и 12,2%

Более высокие приросты живой массы оказались на показателях затрат кормов в расчете на единицу прироста, которые в опытных группах составили 3,92 в III и 4,28 корм. ед. во II группе или в сравнении с I опытной группой на 18,2 и 10,6% меньше соответственно.

Таблица 3. – Динамика живой массы и среднесуточные приросты телят

Показатель	Группа		
	I опытная	II опытная	III опытная
Живая масса, кг:			
в начале опыта	43,2±0,3	43,6±0,4	42,7±0,5
в конце опыта	52,1±0,6	53,5±0,5	53,6±0,7
Валовый прирост, кг	8,9±0,5	9,9±0,8	10,9±0,9
Среднесуточный прирост, г	445±4,7	495±5,1	545±4,9
затраты кормов на 1 кг прироста, корм. ед.	4,79	4,28	3,92

По результатам исследований проведен расчет экономической эффективности опытного ЗЦМ 1, 2 и 3 с содержанием 20, 22 и 25% протеина. Его определяли по стоимости в расчете на голову за период опыта, затраты кормов в денежном выражении прироста живой массы были рассчитаны по ценам, существовавшим на период проведения опыта.

Исследованиями установлено, что более низкая цена заменителей цельного молока с содержанием 22 и 20% протеина позволила снизить стоимость рационов в опытных группах на 13,1 (II группа) и 25,9 (I группа) в сравнении с III опытной группой, что способствовало снижению себестоимости 1 кг прироста в I и II группах на 5,9 и 4,3% в сравнении с III опытной группой.

Таким образом, изучение влияния рационов с заменителями цельного молока, содержащие 22 и 25% протеина имеют важное значение в планировании выращивания телят, а проведенные исследования и полученные данные дают возможность повысить продуктивность животных и снизить затраты кормов на получение продукции.

Заключение. В результате исследований по изучению и установлению наиболее эффективного содержания протеина 22 и 25% в составе заменителей цельного молока для телят в возрасте 10-30 дней, установлено, что выпаивание опытных ЗЦМ способствует повышению среднесуточных приростов молодняка на 11,2 и 12,2% при снижении затрат кормов на 10,6 и 18,2% на получение продукции.

Список использованных источников

1. Подготовка зерна к скармливанию как способ повышения эффективности его использования в кормлении крупного рогатого скота / В.Ф.Радчиков, В.П. Цай, А.Н. Кот [и др.] // В сборнике: Научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы II международной научно-практической конференции. Красноярский научно-исследовательский институт животноводства - Обособленное подразделение «Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»; Составители: Л.В. Ефимова, Т.В. Зазнобина. – Красноярск. 2018. – С. 189-194.
2. Влияние скармливания молодняку крупного рогатого скота кормов с разной расщепляемостью протеина на физиологическое состояние и переваримость питательных веществ кормов/ В.Ф. Радчиков, А.Н. Кот, М.М. Карпеня [и др.] // В сборнике: Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства. Сборник трудов международной научно-практической конференции. Институт ветеринарной медицины и биотехнологии. – Брянск, 2023. – С. 155-160.
3. Рекомендации по использованию молока коз-продуцентов рекомбинантного лактоферрина в рационах телят молочного периода / Д.М. Богданович, В.Ф. Радчиков, А.И. Будевич [и др.] // Национальная академия наук Беларусь, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по животноводству». – Жодино, 2021.
4. Эффективность включения в рацион телят заменителя сухого обезжиренного молока / В.Ф. Радчиков, А.Н. Кот, Т.Л. Сапсалёва [и др.] // В сборнике: инновации в отрасли животноводства и ветеринарии. Международная научно-практическая конференция, посвящённая 80-летию со дня рождения и 55-летию трудовой деятельности Заслуженного деятеля науки РФ, Заслуженного учёного Брянской области, Почётного профессора Брянского ГАУ, доктора сельскохозяйственных наук Гамко Леонида Никифоровича. – Брянск, 2021. – С. 263-271.
5. Сравнительная эффективность использования в кормлении телят цельного молока и его заменителя / В.Ф. Радчиков, М.Е. Радько, Е.И. Приловская [и др.] // Аграрно-пищевые инновации, 2020. № 2 (10). – С. 50-61.

УДК 636.2.087.26:633.52

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРМОВ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ В РАЦИОН ТЕЛЯТ ЖМЫХА ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

**Т.Л. Сапсалёва¹, А.Г. Менякина², Л.Н. Гамко², А.Н. Садомов³,
И.Б. Измайлович³, И.А. Голуб⁴, М.Е. Маслинская⁴, Н.В. Пилюк¹, С.А. Ярошевич¹**

¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь
по животноводству», Жодино

²Брянский государственный аграрный университет, Брянск, Россия

³Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки

⁴РНДУП «Институт льна», а/г Устье, Оришанского р-на, Беларусь

Аннотация. При выращивании телят в возрасте 10-75 дней наиболее эффективным оказалось скармливание комбикорма КР-1 с включением 20 и 25% жмыха льняного позволяющих

повысить среднесуточный прирост молодняка крупного рогатого скота на 2,6 и 4,3%, при снижении себестоимости полученной продукции на 1,04 и 2,45%.

Ключевые слова телята, рацион, жмых льна масличного, продуктивность, эффективность.

Введение. Правильный подход к процессу совершенствования технологии кормления молодняка и состава используемых продуктов даёт возможность более экономично подойти к решению вопроса получения здоровых животных [1, 2].

Недостающее протеиновое сырье сельхозпредприятия по производству продукции животноводства закупают за границей, затрачивая огромные валютные средства, снижая эффективность ведения отрасли животноводства. Решение данной проблемы – увеличение производства собственных высокопротеиновых кормов, масличных культур. Среди масличных культур, способных снизить дефицит кормового белка имеется и лен, который с успехом возделывается в Республике Беларусь [3, 4].

В процессе прессования льняного семени при производстве масла основными продуктами переработки является льняное масло и льняной жмых, масса которого превышает 65% исходного количества сырья, который может серьёзно конкурировать по питательности и продуктивному действию с импортными высокобелковыми компонентами в комбикормах для крупного рогатого скота [5].

Цель исследований – изучить эффективность скармливания молодняку крупного рогатого скота жмыха из льна масличного.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели проведен анализ кормов, используемых в кормлении телят (молоко цельное, сено злаковое, сенаж, комбикорма, шрот подсолнечный, жмых льна масличного). в лаборатории биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по животноводству» по схеме зоотехнического анализа и ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» .

Научно-хозяйственный опыт проведен на 4-х группах телят по 10 голов в каждой в возрасте 10 дней в начале исследований в течение 65 дней ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Минской области.

Различия в кормлении заключались в том, что молодняк контрольной группы получал комбикорм с включением шрота подсолнечного в количестве 15%, а их аналогам из II, III и IV опытных групп скармливали комбикорма с вводом в его состав жмыха льна масличного: 15%, 20 и 25% по массе соответственно.

Комбикорма КР-1 приготавливали непосредственно в хозяйстве с использованием местных источников сырья, в качестве источника молочного белка использовали ЗЦМ. Все подопытные животные находились в одинаковых условиях, кормление телят осуществляли дважды в сутки, содержание в индивидуальных полимерных боксах «домиках». Приучение к комбикорму постепенное.

Все полученные данные обработаны вариационно-статистическим методом.

Результаты исследования и их обсуждение. В результате исследований установлено, что питательность контрольного комбикорма составила 1,14 корм. ед., в опытных она находилась на уровне 1,18-1,19 корм. ед. с содержанием обменной энергии 11,56-11,59 МДж, что незначительно выше контрольного значения.

Наибольшую питательность и содержание обменной энергии имели комбикорма с содержанием в своем составе 15%, 20 и 25% жмыха из льна масличного. Концентрация сырого протеина в контрольном комбикорме находилась на уровне 202,0 г, в опытных варьировала от 193,7 г до 209,3 г. Использование жмыхов из льна масличного положительно отразилось на содержании жира в составе комбикормов, количество которого оказалось выше контрольного показателя от 1,6 до 2,0 раз, что связано с увеличением его количества в жмыхе льна масличного. Установлено снижение концентрации сырой клетчатки на 33,4-37,9% в опытных комбикормах за счёт меньшего содержания её в исследуемом корме в 3,4 раза к контрольной белковой добавке (подсолнечный шрот). Использование различных количеств жмыха льна масличного незначительно повысило уровень минерального состава опытных комбикормов.

Среднесуточный рацион телят контрольной группы состоял из цельного молока на 68,3 %, комбикорма КР-1 – 25,0 %, остальные корма занимали 6,7% питательности рациона. В рационах телят опытных групп, в связи с повышенным потреблением комбикорма по отношению к контролю, молоко в структуре рациона занимало несколько меньший удельный вес на 1,49-3,19 п.п. по отношению к контролю при том, что потребление его было одинаковым.

Среднее потребление комбикормов (на основе шрота подсолнечного в количестве 15%) телятами контрольной группы составило 0,49 кг на голову в сутки, что ниже опытных вариантов на 6,1-14,3%, в состав которых вводили 15%, 20 и 25% жмыха льна масличного.

Концентрация обменной энергии в сухом веществе среднего рациона подопытных животных составила 14,14-14,30 МДж. В 1 кг сухого вещества рациона контрольной группы за период выращивания содержалось 225 г сырого протеина, в рационах опытных групп – 223 – 227 г.

Потребление сырого жира на 1 кг СВ находилось на уровне 15,64% в контрольном рационе и 16,36; 16,22 и 16,44% – во II, III и IV опытных. Содержание сырой клетчатки в 1 кг СВ рациона телят контрольной группы составило 6,6%, в опытных – 5,9-6,3%, что ниже по отношению контроля в связи с меньшим содержанием её в жмыхе льна масличного. Сахаропroteиновое отношение находилось на уровне 1,01-1,07 во всех исследуемых группах.

Скармливание комбикормов с включением 15%, 20 и 25% жмыха льна масличного молодняку крупного рогатого скота в возрасте 10-75 дней не оказалось существенного влияния на изучаемые показатели крови животных (таблица 1).

Таблица 1. – Морфо-биохимический состав крови телят

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	4,16 \pm 0,06	4,36 \pm 0,05	4,41 \pm 0,24	4,47 \pm 0,29
Гемоглобин, г/л	102,33 \pm 0,88	105,67 \pm 2,03	102,00 \pm 3,46	105,67 \pm 1,45
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	9,40 \pm 0,12	9,97 \pm 0,35	9,37 \pm 0,78	9,37 \pm 0,45
Общий белок, г/л	61,53 \pm 0,37	65,70 \pm 1,01	65,23 \pm 1,19	68,90 \pm 1,97
Глюкоза, ммоль/л	4,10 \pm 0,22	4,69 \pm 0,21	4,64 \pm 0,15	4,62 \pm 0,18
Мочевина, ммоль/л	2,06 \pm 0,27	2,06 \pm 0,23	2,04 \pm 0,05	2,03 \pm 0,15
Кальций, ммоль/л	2,53 \pm 0,17	2,46 \pm 0,10	2,63 \pm 0,03	2,61 \pm 0,10
Фосфор, ммоль/л	2,27 \pm 0,20	2,20 \pm 0,03	2,35 \pm 0,07	2,45 \pm 0,03

Установлено, что во II, III и IV опытных группах по отношению к контрольному значению отмечен рост содержания общего белка на 6,8 и 6,0%.

На основании результатов исследований крови животных опытных и контрольной групп не отмечено существенной разницы между изучаемыми показателями, которые находились в пределах физиологических норм с незначительными колебаниями между группами. Это позволяет судить о безвредном действии изучаемого корма на организм животных.

Изучение динамики роста живой массы подопытных животных показало, что скармливание комбикормов с включением различных дозировок жмыха льна масличного (15%, 20 и 25%) положительно отразилось на энергии роста молодняка (таблица 2).

Таблица 2. – Изменение живой массы и среднесуточные приросты телят

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Живая масса, кг: в начале опыта	43,8 \pm 0,8	44,2 \pm 2,4	43,7 \pm 1,8	43,4 \pm 2,1
в конце опыта	88,8 \pm 1,6	90,0 \pm 2,8	89,9 \pm 2,1	90,3 \pm 1,8
Валовой прирост, кг	45,0 \pm 1,3	45,8 \pm 1,8	46,2 \pm 1,7	46,9 \pm 2,6
Среднесуточный прирост, г	682 \pm 24,5	694 \pm 36,9	700 \pm 21,8	711 \pm 42,4
% к контролю	100,0	101,8	102,6	104,3
Затраты кормов на 1кг прироста, корм. ед.	3,28	3,30	3,34	3,31

Скармливание молодняку комбикормов КР-1 с вводом жмыха льна масличного в количестве 15 и 20% взамен шрота подсолнечного позволило увеличить среднесуточный прирост на 1,8 и 2,6%. Использование комбикорма с 25% ввода жмыха льна масличного способствовало повышению прироста животных IV опытной группы, по отношению к контрольному варианту на 4,3%.

На основании результатов проведенных исследований установлено, что скармливание молодняку крупного рогатого скота в возрасте 10-75 дней комбикормов с вводом 15%, 20 и 25% жмыха льняного масличного по массе, позволило увеличить прирост живой массы молодняка на 1,8%, 2,6

и 4,3% и снизить стоимость кормовой единицы на 1,0%, 3,0 и 3,0%, что привело к снижению себестоимости прироста на 0,7%, 1,04 и 2,45%.

Заключение. Исходя из вышесказанного, наиболее эффективным при выращивании телят в возрасте 10-75 дней оказалось скармливание рационов, в состав которых включены комбикорма КР-1 на основе жмыха льняного масличного в количестве 20 и 25%, при замене такого импортного белкового корма, как подсолнечный шрот, позволяющих получить среднесуточный прирост молодняка на уровне 700 и 711 г (что на 2,6 и 4,3% выше контроля), при снижении себестоимости полученной продукции на 1,04 и 2,45%.

Список использованных источников

1. Организация полноценного кормления сельскохозяйственных животных с использованием органических микроэлементов / И.П. Шейко, В.Ф. Радчиков, А.И. Саханчук [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных науок. 2014. № 3. – С. 80-86.
2. Люндышев, В.А. Поваренная соль с микродобавками в рационах бычков/ В.А. Люндышев, В.Ф. Радчиков, В.К. Гурин // Агропанорама. 2012. № 6 (94). – С. 13-15.
3. Физиологическое состояние и продуктивность бычков при скармливании зерна новых сортов крестоцветных и бобовых культур / В.Ф. Радчиков, И.Ф. Горлов, В.К. Гурин [и др.] // Сельское хозяйство. 2014. Т. 26. – С. 246.
4. Радчиков, В. Ф. Использование новых кормовых добавок в рационе молодняка крупного рогатого скота / В.Ф. Радчиков, Е.А. Шнитко // Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных : сб. науч. тр. СКНИИЖ по материалам 6-ой международной научно-практической конференции (15-17 мая 2013 г.). Т. 2. – Краснодар, 2013.– С. 145-150.
5. Комбикорм КР-3 экструдированным обогатителем в рационах бычков на откорме / В.Ф. Радчиков, С.Л. Шинкарева, В.К. Гурин [и др.] // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства, № 17-1. Горки, 2014. – С. 114-123.

УДК 636.2.084.41:633.853.494

ВЛИЯНИЕ СКАРМЛИВАНИЯ РАЗНЫХ КОЛИЧЕСТВ РАПСОВОЙ МУКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ТЕЛЯТ

**Т.Л. Сапсалёва¹, И.В. Малявко², Г.Н. Радчикова¹, И.В. Богданович¹, Н.П. Разумовский³,
А.М. Глинкова¹, М.М. Карпеня³, Е.А. Лёвкин³, С.Н. Пилюк¹**

¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь
по животноводству», Жодино

²Брянский государственный аграрный университет, Брянск, Россия

³Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины

Аннотация. В статье изложен материал по использованию повышенных норм новых «00» (каловых) сортов рапса с низким содержанием глюкозинатов и эруковой кислоты в составе комбикорма КР-1 для телят 10-75-дневного возраста, что позволило восполнить дефицит белка в рационах и расширить резервы использования рапса.

Ключевые слова: телята, рационы, комбикорма, рапсовая мука, состав крови, продуктивность, эффективность.

Введение. Кормление животных рационами, сбалансированными по таким важным элементам питания, как протеин, энергия, макро- и микроэлементы может обеспечить значительное повышение эффективности использования кормов, увеличение производства продукции животноводства и снижение ее себестоимости [1].

Реализовать высокую продуктивность животных простым увеличением производства кормов на практике сложно и не рентабельно. Такой подход приводит не только к перерасходу кормов и удорожанию получаемой продукции, но и отрицательно влияет на здоровье животных, что влечет за собой резкое сокращение срока их продуктивного использования [2].

Одним из путей решения проблемы балансирования рационов по всем питательным, минеральным и биологически активным веществам является использование в кормлении сельскохозяй-

ственных животных местных высокобелковых кормовых добавок, в том числе семян рапса и продуктов его переработки [3].

В последние годы после выведения в нашей стране «00» (каноловых) сортов рапса с низким содержанием глюкозиналатов до 0,8% и эруковой кислоты до 0-0,7% позволило расширить резервы использования рапса в рационах сельскохозяйственных животных [4, 5].

Цель работы – определить эффективность скармливания семян новых сортов рапса и их повышенных норм молодняку крупного рогатого скота.

Материалы и методы. Исследования проведены на 2-х группах молодняка крупного рогатого скота в возрасте 1 месяца в начале опыта по 10 голов в каждой в течение 65 дней (таблица 1).

Таблица 1. – Схема научно-хозяйственных исследований

Группа	Коли-чество животных в группе, голов	Возраст на начало опыта, мес.	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I контрольная	10	1	65	Основной рацион (ОР) – молоко, ЗЦМ, сено, кукуруза + комбикорм с включением рапсовой муки 10 % по массе
II опытная	10	1	65	ОР + комбикорм с включением рапсовой муки в количестве 15 % по массе

Различия в кормлении заключались в том, что молодняк контрольной группы получал комбикорм с вводом 10 % рапсовой муки согласно данных «Классификатора сырья и продукции комбикормовой промышленности», животные опытной группы – комбикорма с включением 15 % данного корма. Анализ содержания питательных веществ в семенах рапса, кормах и гематологические показатели определяли в лаборатории биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по животноводству» по существующим методикам.

Результаты исследования и их обсуждение. За период опыта рационы контрольной и опытной групп содержали 2,46–2,49 корм. ед., соответственно. Наибольшее поступление корма установлено у телят контрольной группы. Концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества в рационе контрольной группы составила 11,87 МДж, против 12,04 МДж в опытной. Потребление сухого вещества подопытным молодняком находилось на уровне 1,83 и 1,80 кг. На долю сырого протеина в сухом веществе рациона контрольной группы приходилось 18,1%, опытной - 18,6%. Эффективному использованию азота способствует определенный уровень серы в рационе, который не должен превышать 0,3% от сухого вещества корма. Исходя из полученных данных, этот показатель в группах составил 0,2%.

Исследования морфо-биохимического состава крови свидетельствуют о том, что включение в состав комбикормов зерна рапса не оказало отрицательного влияния на физиологическое состояние животных (таблица 2).

Таблица 2. – Биохимический состав крови подопытных животных

Показатель	Группа	
	I	II
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	$7,41 \pm 0,3$	$7,52 \pm 0,17$
Гемоглобин г/л	$121,7 \pm 1,01$	$123,5 \pm 1,45$
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	$9,8 \pm 0,26$	$10,4 \pm 0,21$
Общий белок г/л	$62,43 \pm 0,61$	$65,03 \pm 0,5^*$
Альбумины г/л	$31,07 \pm 0,13$	$32,43 \pm 0,56^*$
Глобулины, г/л	$31 \pm 0,38$	$31,8 \pm 0,43$
Мочевина ммоль/л	$3,21 \pm 0,1$	$3,36 \pm 0,06$
Глюкоза ммоль/л	$3,2 \pm 0,06$	$3,33 \pm 0,09$
Кальций, ммоль/л	$2,69 \pm 0,05$	$2,77 \pm 0,06$
Фосфор, ммоль/л	$1,66 \pm 0,01$	$1,68 \pm 0,01$

* $P < 0,05$

В связи с тем, что в данных исследованиях изучалась эффективность скармливания телятам увеличенной нормы ввода зерна рапса, как источника протеина, большой интерес для исследований имеют показатели, характеризующие белковый обмен: общий белок, мочевина. По количеству общего белка можно судить о протеиновой полноценности рациона. В крови телят опытной группы, получавшие в составе комбикорма зерно рапса в количестве 15% содержания белка увеличилось на 3,4%, что, вероятно, связано с большим поступлением протеина с кормом. Установлено, что при высоких приростах у животных кровь более насыщена белками и особенно альбуминами. Так количество альбуминов в крови телят опытной группы выше контрольной на 4,4%. Мочевина – основной конечный продукт обмена белков в организме животного. В связи с этим концентрация мочевины в крови служит показателем эффективности использования азота в организме на синтез продукции. Содержание мочевины в крови телят опытной группы оказались ниже контрольной на 4,5%.

Исследованиями установлено, что в контрольной группе среднесуточный прирост живой массы составил 649 г, во II опытной – 657 г (таблица 3).

Таблица 3. – Изменения живой массы и среднесуточный прирост

Показатель	Группа	
	I	II
Живая масса, кг:		
в начале опыта	47,7±0,80	44,5±4,48
в конце опыта	89,9±1,96	91,7±1,93
Валовый прирост, кг	42,2±1,52	42,7±1,84
Среднесуточный прирост, г	649±23,35	657±28,29
% к контролю	100	101,2
Затраты кормов на 1 кг прироста, корм. ед.	3,76	3,74
в т.ч. концентратов	1,80	1,84

Скармливание телятам в возрасте 1-3 месяцев комбикорма КР-1, в состав которого вводили размолотое зерно рапса в количестве 15% по массе, замен 10%, интенсивность роста повысилась на 1,2%. Затраты кормов на получение прироста находились практически на одном уровне.

Расчет экономической эффективности показал, что стоимость одного килограмма комбикорма с вводом в него 15% зерна рапса оказалась выше на 1% по сравнению с комбикормом с 10% ввода зерна рапса. При этом и суточный рацион молодняка опытной группы стоил дороже, чем контрольной, но незначительно. Применение предлагаемого рациона снизило себестоимость прироста на 1,2 %.

Заключение. Использование в кормлении телят 10-75 дневного возраста комбикормов КР-1 содержащих повышенные нормы зерна новых сортов рапса не оказалось отрицательного влияния на поедаемость кормов, физиологическое состояние животных и позволило получить среднесуточные приrostы на уровне прежних показателей (нормы рекомендованной ранее).

Список использованных источников

1. Люндышев, В.А. Продуктивное использование энергии рационов бычками при включении в состав комбикормов органического микроэлементного комплекса/ В.А. Люндышев, В.Ф. Радчиков, В.К. Гурин // В сборнике: Инновационное развитие АПК: проблемы и перспективы. Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Смоленск, 2015. – С. 123-130.
2. Комбикорм КР-3 экструдированным обогатителем в рационах бычков на откорме / В.Ф. Радчиков, С.Л. Шинкарева, В.К. Гурин [и др.] // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. № 17-1. Горки, БГСХА, 2014. – С. 114-123.
3. Организация полноценного кормления сельскохозяйственных животных с использованием органических микроэлементов / И.П. Шейко, В.Ф. Радчиков, А.И. Саханчук [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2014. № 3. – С. 80-86.
4. Технология получения конкурентоспособной говядины от мясного скота в условиях пойменного земледелия / Н.А. Попков, И.С. Петрушко, С.В. Сидунов [и др.] // Методические рекомендации / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животновод-

ству»; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. –Жодино, 2015.- 92 с.

5. Физиологическое состояние и продуктивность бычков при скармливании зерна новых сортов крестоцветных и бобовых культур/ В.Ф. Радчиков, И.Ф. Горлов, В.К. Гурин [и др.] // Сельское хозяйство. 2014. Т. 26. – С. 246.

УДК 636.2.085.16

ПОВЫШЕНИЕ ПРОТЕИНОВОЙ ПИТАТЕЛЬНОСТИ РАЦИОНА МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ЗА СЧЁТ ЖМЫХА ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

Т.Л. Сапсалёва¹, В.П. Цай¹, Е.П. Симоненко¹, В.М. Будько¹, И.А. Голуб²,
М.Е. Маслинская², О.Ф. Ганущенко³, А.М. Синцерова³, А.В. Астренков⁴,

Т.М. Натынчик

¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Жодино

²РУП «Институт льна», Витебская область, Оршанский район, а.г. Устье, Беларусь

³Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины,

⁴Полесский государственный университет, Пинск

Аннотация. Установлено, что в жмыхе льна-долгунца содержится 906 г сухого вещества, 180,7 г сырого жира, 283,7 г сырого протеина, 55,3 г сырой клетчатки. Разработаны комбикорма для телят молочного периода на основе жмыха из льна-долгунца в количестве 15%, 20 и 25%, взамен импортного дорогостоящего белкового корма шрота подсолнечного, позволяющие повысить питательность комбикормов на 3,5-5,3%. Скармливание комбикорма с включением жмыха льна-долгунца в количестве 20 и 25% телятам в возрасте 10-75 дней, способствовало повышению концентрации в крови эритроцитов на 4,3 и 4,8%, гемоглобина – на 5,2 и 4,9, общего белка – до 1,3%, при снижении количества мочевины на 1,5 и 1,0%, что обеспечило получение среднесуточного прироста живой массы молодняка за период опыта - 703 и 708 г или на 3,1 и 3,8% выше контрольного значения, при снижении себестоимости прироста - на 1,7 и 3,02 процента.

Ключевые слова: молодняк крупного рогатого скота, комбикорм, жмых, лен-долгунец, продуктивность, эффективность.

Введение. Интенсивный рост и развитие молодняка являются важнейшим условием высокопродуктивного молочного и мясного скотоводства. Основы эффективного роста закладываются в первые три месяца с момента рождения, поэтому именно в этот период времени к молодняку следует относиться максимально щепетильно и ответственно. Грамотный подход к процессу усовершенствования технологии кормления молодняка и состава используемых продуктов даёт возможность более экономично подойти к решению данного вопроса [1-3].

Одной из основ высокопродуктивного животноводства является выбор эффективных и одновременно дешевых белковых компонентов для кормления животных. Сельхозпредприятия республики по производству продукции животноводства закупают за границей недостающее протеиновое сырье (частично, не в полном объеме), затрачивая огромные валютные средства, повышая стоимость производимой продукции в стране, снижая эффективность ведения отрасли животноводства. Решение данной проблемы – увеличение производства собственных высокопротеиновых кормов. Среди масличных культур, способных снизить дефицит кормового белка, имеется и лен, который с успехом возделывается в Республике Беларусь [4, 5].

Цель исследований – разработать составы комбикормов с использованием жмыха из льна-долгунца для телят молочного периода, определить влияние скармливания его на обменные процессы в организме, продуктивность и эффективность выращивания молодняка крупного рогатого скота.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели исследований отобраны образцы кормов, используемые в кормлении молодняка крупного рогатого скота (молоко цельное, сено злаковое, сенаж, комбикорма, жмых льна-долгунца, шрот подсолнечный). Анализ содержания питательных веществ в кормах проводили в лаборатории биохимических анализов РУП «Научно-

практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» по схеме зоотехнического анализа.

Научно-хозяйственный опыт проведен на 4-х группах молодняка крупного рогатого скота возрасте 10-75 дней, по 10 голов в каждой, средней живой массой 43,8-44,3 кг в ГП «ЖодиноАгро-ПлемЭлита».

Различия в кормлении подопытного молодняка заключались в том, что телятам контрольной группы скармливали комбикорм с включением шрота подсолнечного в количестве 15%, а их аналоги из II, III и IV опытных групп потребляли комбикорма с разным вводом в его состав жмыха льна-долгунца: 15%, 20 и 25% по массе.

Результаты исследования и их обсуждение. Жмых льна-долгунца – массовая доля в сухом веществе сырого протеина 31,31%, сырого жира 19,94%, сырой клетчатки – 6,10%.

Исследованиями установлено, что среднесуточный рацион телят контрольной группы состоял из цельного молока на 68,3 %, комбикорма КР-1 – 25,0 %, остальные корма занимали 6,7% питательности рациона. В рационах телят опытных групп, в связи с повышенным потреблением комбикорма по отношению к контролю, молоко в структуре рациона занимало несколько меньший удельный вес на 1,8-4,3 п.п. при том, что потребление его было одинаковым.

Среднее потребление комбикормов (на основе шрота подсолнечного в количестве 15%) телятами контрольной группы составило 0,49 кг на голову в сутки. Скармливание опытных комбикормов с вводом 15%, 20 и 25% жмыха льна-долгунца молодняку II, III и IV опытных групп способствовало увеличению потребления концентратов на 4,1-12,2%.

На основании результатов исследований установлено, что в крови телят с изменением кормов в рационе, включением различного количества белковых кормов в состав комбикормов, происходит насыщение её эритроцитами на 4,3-4,8% (таблица 1).

Таблица 1. – Морфо-биохимический состав крови телят в возрасте 75 дней

Показатель	Группа животных			
	I	II	III	IV
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	4,16±0,06	4,13±0,31	4,34±0,10	4,36±0,12
Гемоглобин, г/л	102,33±0,88	106,33±1,76	107,67±2,33	107,33±2,19
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	9,40±0,12	9,33±0,07	9,37±0,43	9,37±0,07
Общий белок, г/л	61,53±4,60	63,10±0,59	62,33±0,55	61,27±3,69
Глюкоза, ммоль/л	4,10±0,22	4,06±0,50	4,05±0,11	4,06±0,33
Мочевина, ммоль/л	2,06±0,27	2,02±0,27	2,03±0,08	2,04±0,16
Кальций, ммоль/л	2,53±0,17	2,50±0,08	2,51±0,15	2,52±0,07
Фосфор, ммоль/л	2,27±0,20	2,28±0,19	2,29±0,10	2,27±0,06

Концентрация железосодержащего белка при этом зафиксирована сверх аналогов контрольного значения на 3,9-5,2%, что свидетельствует об интенсивности обмена питательных веществ.

В крови животных IV опытной группы установлено незначительное его снижение по сравнению с контролем.

Скармливание комбикормов с вводом 15% и 20% жмыха льна-долгунца привело к снижению уровня мочевины в крови животных опытных групп и имело положительную, устойчивую тенденцию. Так, в крови телят II и III опытных групп отмечено снижение мочевины, чем в крови сверстников контрольной группы на 1,9 и 1,5% соответственно.

В крови молодняка II и III опытных групп концентрация глюкозы снизилась на 1,0 и 1,2% соответственно кальция – на 1,19 и 0,8% по отношению к контролю. Скармливание молодняку комбикормов с вводом жмыха льна-долгунца в количестве 15 и 20% по массе, привело не только к снижению фосфора в рационах, но и к понижению концентрации данного вещества в сыворотке крови. Достоверных различий между группами по данным элементам не установлено.

По результатам взвешивания установлено, что наибольшей энергией роста обладали телята, потреблявшие комбикорма с включением жмыха льна-долгунца в количестве 20 и 25% от массы комбикорма (III и IV опытные группы) (таблица 2).

Таблица 2. – Изменение живой массы и среднесуточный прирост телят

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Живая масса, кг: в начале опыта	43,8±0,8	44,1±0,9	44,3±0,8	44,3±1,1
в конце опыта	88,8±1,6	89,5±2,4	90,7±1,8	91,0±2,9
Валовой прирост, кг	45,0±1,3	45,4±2,0	46,4±1,2	46,7±2,4
Среднесуточный прирост за опыт, г	682±24,5	688±35,6	703±22,4	708±43,0
% к контролю	100,0	100,9	103,1	103,8
Затраты кормов на 1 кг прироста, корм. ед.	3,28	3,31	3,31	3,31

Так, скармливание молодняку III опытной группы комбикорма с включением 20% жмыха льна-долгунца, позволило получить более высокий среднесуточный прирост по отношению к контрольному значению – на 3,1%.

Повышение ввода исследуемого корма до 25% от массы комбикорма (IV опытная группа), способствовало увеличению прироста молодняка на 3,8% (708 г) по отношению к контрольному значению.

Скармливание молодняку крупного рогатого скота в возрасте 10-75 дней комбикормов с вводом 15, 20 и 25% вводом жмыха льна-долгунца по массе, способствовало уменьшению стоимости их рациона, что привело к снижению себестоимости продукции на 0,28%, 1,70 и 3,02%.

Заключение. Скармливание комбикорма с включением жмыха льна-долгунца в количестве 20 и 25% телятам в возрасте 10-75 дней, способствовало повышению концентрации в крови эритроцитов на 4,3 и 4,8%, гемоглобина – на 5,2 и 4,9, общего белка – до 1,3%, при снижении количества мочевины на 1,5 и 1,0%, что обеспечило получение среднесуточного прироста живой массы молодняка за период опыта - 703 и 708 г или на 3,1 и 3,8% выше контрольного значения, при снижении себестоимости прироста - на 1,7 и 3,02 процента.

Список использованных источников

1. Люндышев, В.А. Поваренная соль с микродобавками в рационах бычков/ В.А. Люндышев, В.Ф. Радчиков, В.К. Гурин // Агропанорама. 2012. № 6 (94). – С. 13-15.
- 2 Радчиков, В.Ф. Новые ферментные препараты в кормлении молодняка крупного рогатого скота /В.Ф. Радчиков. – Жодино, 2003. – 72 с.
3. Панова, В.А. Эффективность скармливания биологически активного препарата оксидата торфа молодняку крупного рогатого скота/ В.А. Панова, В.Ф. Радчиков, Н.В. Лосев // Зоотехническая наука Беларуси. 2002. Т. 37. – С. 173-176.
4. Радчиков, В. Ф. Использование новых кормовых добавок в рационе молодняка крупного рогатого скота/ В.Ф. Радчиков, Е.А. Шнитко // Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных : сб. науч. тр. СКНИИЖ по материалам 6-ой междунар. науч.-практ. конф. (15-17 мая 2013 г.). – Краснодар, 2013. Т. 2. –С. 145-150.
5. Радчиков, В.Ф. Использование новых БВМД на основе местного сырья в рационах бычков / В.Ф. Радчиков, А.Н. Кот, А.Н. Шевцов // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск, 2004. Т. 40. № 2. – С. 205.

УДК 637.1

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА IN VIVO БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ СЫВОРОТОЧНОГО БЕЛКА КОРОВЬЕГО МОЛОКА И ЕГО ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗАТА

Ю.С. Сидорова, Н.А. Петров
 Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
 «ФИЦ питания и биотехнологии», Москва, Россия

Аннотация. Ферментолизаты пищевых белков в качестве ингредиентов специализированной пищевой продукции, в том числе для энтерального питания, должны обладать высокой биологи-

ческой и пищевой ценностью. Целью данного исследования было проведение эксперимента *in vivo* по сравнительной биологической ценности сывороточного белка коровьего молока и его ферментативного гидролизата. Коэффициент эффективности белка для животных контрольной группы К1 составил $4,2 \pm 0,3$ и для животных опытной группы Г2 $4,0 \pm 0,1$ (различия не достоверны). Полученный результат свидетельствует о высокой эффективности ферментативного гидролизата КСБ, полученного с использованием ферментативного препарата Протозим Н.

Ключевые слова: ферментативный гидролиз, белок, коэффициент эффективности белка, аминокислотный скор, биологическая ценность.

Введение. В настоящее время в литературе рассматриваются такие благоприятные для поддержания здоровья свойства ферментативных гидролизатов сывороточных белков, как антиоксидантные, антигипертензивные, антитромботические, противовоспалительные, и иммуномодулирующее [1]. Помимо биологических свойств ферментативные гидролизаты обладают и рядом технологических преимуществ: хорошей набухаемостью, растворимостью, способностью к гелеобразованию, удерживанию воды и связыванию жира, что делает их превосходными стабилизаторами пищевых продуктов [2, 3]. Ферментолизаты пищевых белков в качестве ингредиентов специализированной пищевой продукции, в том числе для энтерального питания, должны обладать высокой биологической и пищевой ценностью.

Целью данного исследования было проведение эксперимента *in vivo* на крысах-самцах линии Вистар для оценки сравнительной пищевой и биологической ценности сывороточного белка коровьего молока и его ферментативного гидролизата.

Материалы и методы. В работе использовали концентрат сывороточного белка коровьего молока (КСБ) (ООО «Тагрис», Москва) с содержанием белка $72,3 \pm 0,2$ % и ферментативный гидролизат КСБ, полученный с использованием фермента Протозим Н. Степень гидролиза $7,2 \pm 0,4$ %, содержание белка $69,7 \pm 0,4$ %.

Эксперимент проводили на 20 растущих крысах-самцах линии Вистар с исходной массой тела 50 ± 5 г, полученных из питомника «Столбовая». Исследования на животных выполнены в соответствии с требованиями, изложенными в Национальном стандарте РФ ГОСТ Р 53434-2009 «Принципы надлежащей лабораторной практики». Животных разделили на 2 группы: контрольную группу К1 (n=10 крыс) и опытную группу Г2 (n=10 крыс) с массой тела 70 ± 4 г. После распределения по группам животных содержали по 2 особи в клетках из поликарбоната при 12/12 часовом режиме освещённости и температуре 25 ± 3 °C.

Животные получали базовый изокалорийный (397 ± 4 ккал/100 г сухого корма) и изоазотистый (10 % белка по калорийности) полусинтетический рацион. Животные контрольной группы К1 получали рацион, в котором в качестве источника белка использовали КСБ. Животные опытной группы Г2 получали такой же полусинтетический рацион, в котором казеин был полностью заменен на ферментолизат КСБ, полученный гидролизом Протозимом Н. Воду и корм животные получали *ad libitum*. Оценивали скорость роста лабораторных животных и определяли коэффициент эффективности белка (КЭБ) индивидуально для каждой крысы.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программного пакета IBM SPSS Statistics 20 (IBM, США).

Результаты. Содержание белка, определенное методом Кельдаля, в рационах составило $10,0 \pm 0,3$ %. На протяжении всего эксперимента крысы всех групп нормально росли. Общее состояние всех животных по внешнему виду, качеству шерстного покрова и поведению при ежедневном осмотре было удовлетворительным. Животные группы Г2, получавшие ферментолизат, потребляли меньше корма ($11,8 \pm 0,9$ г корма сутки) по сравнению с контрольными животными ($13,3 \pm 0,8$ г корма сутки), при этом разница не была достоверной. По окончании эксперимента у животных, получавших в качестве единственного источника белка ферментативный гидролизат КСБ, показано достоверное отставание в приросте массы тела по сравнению с животными группы контроля. При этом результаты определения средних значений прироста массы тела у лабораторных животных в граммах/грамм потребленного ими белкового азота и соответствующие значения КЭБ составили для животных контрольной группы К1 КЭБ= $4,2 \pm 0,3$ и для животных опытной группы Г2 КЭБ= $4,0 \pm 0,1$ (различия не достоверны). Известно, что молочные белки отличаются высокой биологической ценностью и содержат весь спектр незаменимых аминокислот [4]. Аминокислотный состав гидролизуемого белка, каталитическая активность и субстратная специфичность специально подобранного ферментативного препарата определяют содержание и соотношение в составе получаемых смесей высокомолекулярных, средних, короткоцепочечных пептидов и свободных амино-

кислот, характеризуемых различной степенью гидрофильности и гидрофобности. Полученный в нашем исследовании ферментолизат КСБ относится к гидролизатам с низкой степенью гидролиза [5]. В процессе ферментативной обработки имело место образование пептидных фракций и пептидов с молекулярной массой менее 5,6 кДа, что не приводило к существенному изменению содержания незаменимых аминокислот в его составе. Помимо прочего, модификация сывороточного белка путем ограниченного гидролиза также применяется для улучшения межфазных свойств, повышения растворимости в воде и высвобождения биологически активных пептидов [6]. Основной проблемой при производстве гидролизатов белков является высвобождение гидрофобных и горьких пептидов. В нашем исследовании существенно изменились органолептические показатели исследуемого ферментолизата: появилась характерная горечь [7], которая вероятно и способствовала снижению аппетита у животных, не снижая эффективности белка.

Заключение. Совокупность полученных в данном биологическом эксперименте результатов свидетельствует, что в течение 14 суток от начала кормления растущие крысы значительно в меньшем количестве (на 12 %) потребляли белок в составе экспериментального рациона по сравнению с потреблением пептидных фракций в составе КСБ-рациона, что привело к достоверному отставанию в приросте массы тела. При этом среднее значение КЭБ для ферментативного гидролизата КСБ, рассчитанное для 14 суток кормления крыс экспериментальным рационом, соответствовало показателю КЭБ, определяемому для нативного белка коровьего молока.

Полученный результат свидетельствует о высокой эффективности ферментативного гидролизата КСБ, полученного с использованием ферментного препарата Протозим Н, по разработанной нами схеме. Таким образом, очевидна перспективность дальнейшего масштабирования технологии получения ферментативного гидролиза КСБ с использованием отечественного ферментного препарата Протозим Н для использования в составе специализированных пищевых продуктов, в том числе предназначенных для энтерального питания.

Список использованных источников

1. Hernández-Ledesma, B. Dairy protein hydrolysates: Peptides for health benefits. / B. Hernández-Ledesma, M.J. García-Nebot, S. Fernández-Tomé, L. Amigo, I. Recio // Int. Dairy J. – 2014. – iss. 38. – P. 82–100.
2. Deotale, S. Foaming Characteristics of Beverages and Its Relevance to Food Processing. / S. Deotale, S. Dutta, J.A. Moses, V.M. Balasubramaniam, C. Anandharamakrishnan // Food Eng. Rev. – 2020. – iss. 12. – P. 229–250.
3. Foegeding, E.A. Advances in modifying and understanding whey protein functionality / E.A. Foegeding, J.P. Davis, D. Doucet, M.K. McGuffey // Trends Food Sci. Technol. – 2002. – iss. 13. – P. 151–159.
4. Haas, J. Effects of spray drying and freeze drying on the protein profile of whey protein concentrate / J. Haas, B.J. Kim, Z. Atamer, C. Wu, D.C. Dallas // J Food Sci. – 2024. – iss. 11. – P. 7477-7493.
5. Свириденко, Ю.Я. Научно-методические подходы к развитию технологии белковых гидролизатов для специального питания. Часть 2. Функциональные свойства белковых гидролизатов, зависящие от специфичности протеолитических процессов / Ю.Я. Свириденко, Д.С. Мягконосов, Д.В. Абрамов, Е.Г. Овчинникова // Пищевая промышленность. – 2017. – вып. 6. – С. 50-53.
6. Madureira, A.R. Invited review: physiological properties of bioactive peptides obtained from whey proteins / A.R. Madureira, T. Tavares, A.M. Gomes, M.E. Pintado, F.X. Malcata // J Dairy Sci. – 2010. – iss. 2. – P. 437-455.
7. Зорин, С.Н. Ферментативные гидролизаты пищевых белков для специализированных пищевых продуктов диетического (лечебного и профилактического) питания / С.Н. Зорин // Вопр. питания. – 2019. – вып. 3. – С. 23–31.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА РАСТЕНИЙ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПОЧВЫ КАК ОСНОВА ПОЛУЧЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

С.В. Тыновец¹, Н.Н. Безрученок¹, А.В. Шашко¹, С.С. Тыновец²

¹Полесский государственный университет, Минск

²Государственное учреждение образования «Средняя школа № 3 г. Минска»

Аннотация: Статья содержит результаты функциональной диагностики минерального питания ягодных культур и микроbióологических показателей почвы. Выявлено влияние микроорганизмов в почве на поступление элементов питания в растения методом функциональной диагностики.

Ключевые слова: функциональная диагностика, минеральное питание, ягодные культуры, микроорганизмы почвы.

Введение. Аграрное производство является одной из самых трудоемких сфер деятельности. Использование интенсивных методов хозяйствования влечет за собой деградацию земель, загрязнение почвы, воды и воздуха, снижение биоразнообразия, а также негативно влияет на климат. Ухудшаются жизненные условия людей, растут затраты на медицину и восстановление нарушенных экосистем[1,2]. В связи с этим весь мир, в том числе и Республика Беларусь, сейчас находится в поисках альтернативных путей развития сельского хозяйства вообще и земледелия в частности, поскольку традиционный, индустриальный метод в настоящее время требует большой корректировки, как по свойствам применяемых удобрений, так и их усвоемости в современных условиях, дефицита влаги и климатических изменений[2,5]. Снижение доступности элементов питания в почве вследствие связывания их в труднорастворимые или трудноусвояемые формы, конкурентных отношений ионов, снижению подвижности элементов питания приводят к уменьшению эффективности основных удобрений, нарушению физиологических реакций, дисбалансу фитогормонов и снижению продуктивности растений. Постоянное воздействие стрессов в течение вегетации растений приводит к потере потенциала продуктивности до 50-70%, а иногда и полной гибели урожая[1,2,4].

Микроорганизмы (актиномицеты) почвы играют важнейшую роль в поддержании плодородия и обеспечении роста и развития растений, в том числе и ягодных культур. Они участвуют в разложении органического вещества, круговороте питательных элементов, формировании структуры почвы и подавлении фитопатогенов.

Целью данных исследований являлось определение макро- и микроэлементов в образцах растений, определение микроорганизмов почвы и по результатам о необходимости внесения удобрений, что позволит контролировать плодородие и возобновляемость почвенного покрова, составление биорекомендаций.

Доступность элементов питания для растений определяется содержанием растворимых форм элементов питания. Поэтому организация сбалансированного органо-минерального питания является приоритетом при возделывании ягодных культур и микроорганизмы играют важную роль – практически управляют стрессоустойчивостью растений[1,2,5].

Материалы и методы. Исследования по микроbióологическому состоянию почв и их влиянию на содержание элементов питания в растениях проводились в фермерских хозяйствах, которые являются участниками инновационно-промышленного кластера в области биотехнологий и «зеленой экономики», который создан на базе Полесского государственного университета и производят ягодную продукцию. Почвы данных хозяйств имеют средний агрофон и для контроля за питанием сельскохозяйственных используются методы функциональной диагностики растений.

Почвенные микроорганизмы позволяют более полно использовать потенциал почвы, способствуют переводу недоступных форм P_2O_5 и K_2O , в доступные. Функциональная диагностики основана на измерении фотохимической активности хлоропластов, способна выявить стрессовое состояние растений задолго до проявления визуальных симптомов. При диагностике анализировались целые растения в строго установленные сроки. Отбор образцов почвы с участков возделывания голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum*) проводился в 2024-2025 годах, в шести хозяйствах Припятского Полесья при отсутствии атмосферных осадков, методом «конверта» на глубине 0–25 см. Объединенная проба составлялась путем усреднения точечных проб [1,3,4,7].

Результаты исследования и их обсуждение. Использование функциональной диагностики позволяет оперативно оценить уровень обеспеченности сельскохозяйственных культур питательными элементами и принять необходимые меры для устранения их недостатка. Корректировка минерального питания после появления визуальных симптомов стресса (необратимых нарушений обмена веществ) малоэффективна - сохранение урожая не более 5-7%, коррекция на этапе «скрытого голода», т.е. до визуальных симптомов стресса позволяет сохранить до 30% урожая и выше[2,4,5].

Микроорганизмы (актиномицеты) почвы – сапротрофы, участвующие в разложении веществ растительного и животного происхождения, в том числе целлюлозы, лигнина и хитина; аэробы; развиваются в основном при температуре 25–30 °C (мезофилы). Некоторые актиномицеты – симбионты растений играют важную роль в процессах почвообразования и формирования плодородия почв, способны синтезировать биологически активные соединения, в том числе витамины, ферменты, токсины[5,6,7]. Поэтому содержание их в почве позволяет говорить о продуктивности голубики высокорослой. По содержанию актиномицетов (рисунок 1) почвы фермерских хозяйств весьма существенно отличаются.

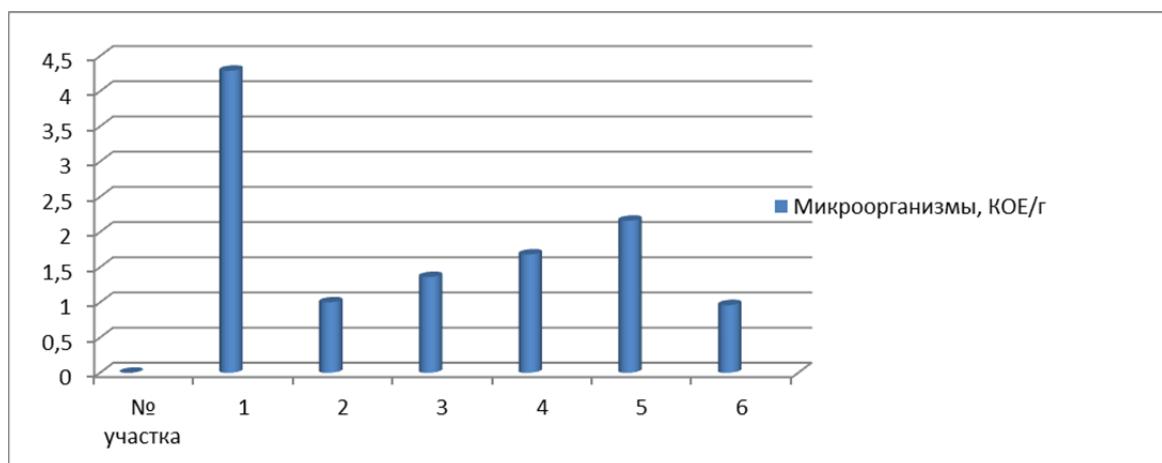


Рисунок 1. – Содержание актиномицетов почвы в хозяйствах (1-6)

По результатам функциональной диагностики питания выявились тенденция недостатка P_2O_5 и K_2O и других элементов в растениях (рисунок 2, 3, 4) и избыток N, Ca, B и др.. на тех участках, где содержание микроорганизмов было минимальным.

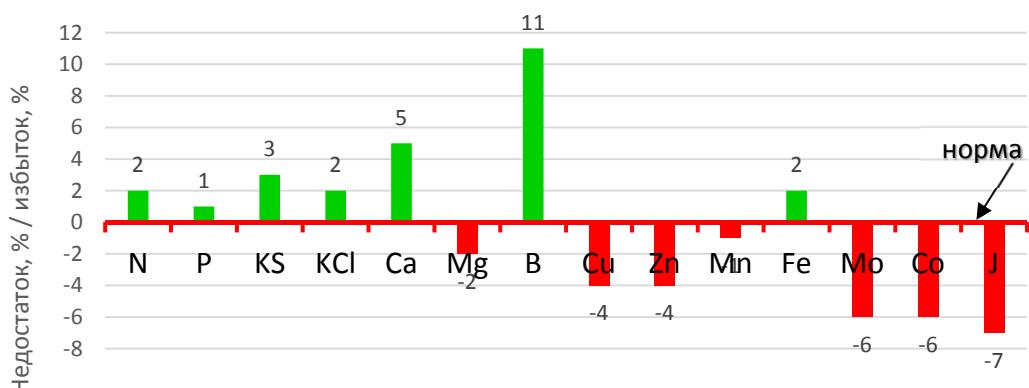


Рисунок 2. – Содержание элементов питания в растениях на участке №1

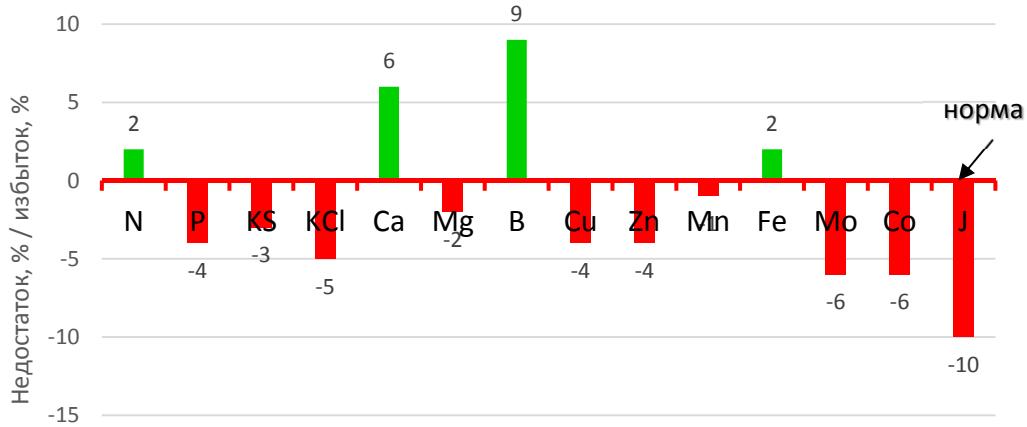


Рисунок 3. – Содержание элементов питания в растениях на участке № 2 и № 6

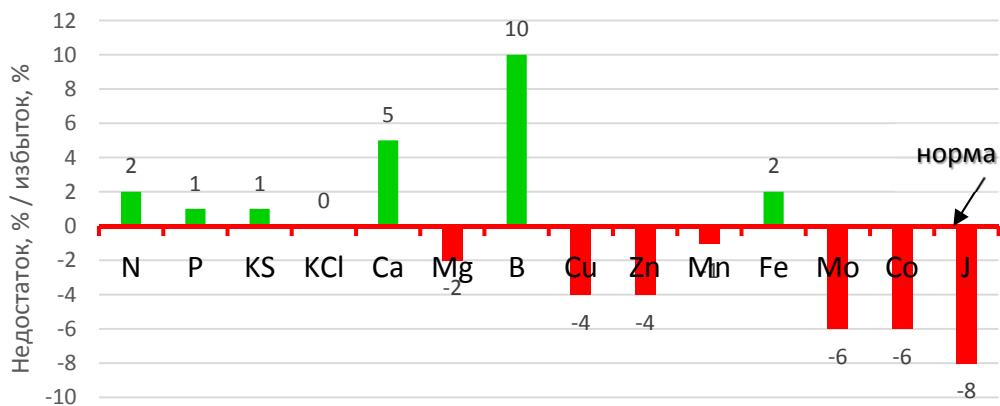


Рисунок 4. – Содержание элементов питания в растениях на участке № 5

Заключение. Низкое содержание микроорганизмов в почве (образец 2 и 6) может негативно сказываться на росте и развитии ягодных культур, поскольку это приводит к снижению доступности питательных веществ, так как микроорганизмы играют ключевую роль в минерализации органического вещества и превращении его в доступные для растений формы и участвуют в формировании почвенных агрегатов, что обеспечивает хорошую аэрацию и водопроницаемость. Применение функциональной диагностики наряду с определением содержания микроорганизмов в почве позволило скорректировать минеральное питание растений и улучшить качественные характеристики ягодной продукции, что весьма актуально на рынке. Таким образом, по состоянию микробного сообщества и агрохимическим показателям растений и почвы можно судить о питательном статусе растений и эффективности биогеохимических циклов в экосистеме.

Список использованных источников

1. Тыновец, С.В. Влияние микробиологических препаратов на поступление P_2O_5 и K_2O в ягодные культуры / С.В. Тыновец, Н.Н. Безрученок, С.С. Тыновец // Пинские чтения : материалы I международной научно–практической конференции, Пинск, 15-16 сентября 2022 г. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.] ; редкол.: В.И. Дунай [и др.]. – Пинск : ПолесГУ, 2022. – С. 250-254.
2. Тыновец, С.С. Экономическое обоснование экологического равновесия природно-ресурсного потенциала Припятского Полесья / С.С. Тыновец [и др.] // Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы : сборник трудов XVII международной научно–практической конференции, Пинск, 28 апреля 2023 г. : в 2 ч. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.] ; редкол.: В.И. Дунай [и др.]. – Пинск : ПолесГУ, 2023. – Ч. 1.– С. 144–146.

3. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. - Введ. 1986-01-01.- Москва: Из-во стандартов, 1986. – 25 с.

4. Тыновец, С.В. Поступление NPK, Ca и Mg в ягодные культуры в зависимости от микробиологических препаратов / С.В. Тыновец, С.С. Тыновец, Н.Н. Рубан // Инновационные технологии в промышленности и образовании : материалы I международной научной конференции, Пинск, Нукус, 14 декабря 2023 г. / УО «Полесский государственный университет», Каракалпакский государственный университет имени Бердаха; редкол.: В.И. Дунай [и др.]. – Пинск : ПолесГУ, 2023. – С. 382-385.

5. Тыновец, С.В. Влияние поступления P_2O_5 и K_2O в ягодные культуры при внесении адьюванта и микробиологических препаратов / С.В. Тыновец, А.В. Шашко, С.С. Тыновец // Биотехнология: достижения и перспективы развития : сборник материалов VI международной научно-практической online-offline конференции, Пинск, 30 ноября – 1 декабря 2023 г. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.] ; редкол.: В.И. Дунай [и др.]. – Пинск : ПолесГУ, 2023. – С. 147-150.

6. Тыновец, С.С. Эколо и ресурсосберегающие технологии перехода к органическому земледелию / С.С. Тыновец, Н.Н. Рубан, С.В. Тыновец // Atrof muhit muhofazasi, iqlim o'zgarishi, degradatsiyaga uchragan tuproqlar unumdorligini oshirishda innovatsion texnologiyalar mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amali konferensiyasi ma'tuzalar to'plami22 aprel-Xalqaro Yer Kuni, Toshkent, 21-23 aprel 2025 y. – С. 353-362.

7. Тыновец, С.В. Проблемы экологической устойчивости Белорусского Полесья / С.В. Тыновец, В.С. Филипенко // Биотехнология: достижения и перспективы развития: сборник материалов V международной научно-практической конференции, Пинск, 25–26 ноября 2021 г. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.] ; редкол.: В.И. Дунай [и др.]. – Пинск : ПолесГУ, 2021. – С. 212-214.

УДК 663.18+663.5

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕЕ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ

Е.А. Шляхотко, Л.И. Сапунова, А.А. Шепшев

Институт микробиологии НАН Беларусь, Минск

Аннотация. Для микробной обработки зерновой послеспиртовой барды различного состава отобран штамм бактерий *Bacillus sp. 182* – продуцент ферментов, участвующих в деструкции полимеров растительного происхождения. Определены условия ферментации, в зависимости от субстрата позволяющие при высокой температуре существенно улучшить разделение послеспиртовой барды на фракции (в 6,2–7,4 раза), снизить в фугате содержание растворенного белка (на 20–45 %) и показатель химического потребления кислорода (на 65–66 %).

Ключевые слова: послеспиртовая барда, микробная обработка, ферментные комплексы, фракционирование послеспиртовой барды, показатель химического потребления кислорода.

Введение. Производство этилового спирта в объеме около 9,6 млн. дал в год [1] является одним из бюджетообразующих отраслей экономики Республики Беларусь. Сырьем для получения высококачественного этанола является зерно пшеницы, ржи, тритикале, кукурузы, других злаковых культур, а побочным продуктом производственного процесса – зерновая послеспиртовая барда (ПСБ) в объеме, который в 10–13 раз превышает количество основного продукта. ПСБ содержит 6–11 % сухих веществ, в том числе около 50 % растворимых [1–3]. Благодаря богатому составу (37–40 % белков, 3,0–7,5 % жиров, 5,0–10,0 % углеводов), жидкую ПСБ находит применение в рационе сельскохозяйственных животных в дозе 5–20 кг/100 кг их живой массы [3]. Однако из-за ограниченного (около суток) срока хранения и значительных затрат на транспортировку ее потребители сосредоточены исключительно вблизи спиртовых заводов.

Для рационального использования ПСБ используют различные методы ее переработки в продукты более высокой добавленной стоимости – сухую ПСБ (Dried distillers Grains with Solubles

– DDGS), кормовые дрожжи, ферменты и другие биологически активные вещества, метан, биодизель, биоводород [4–9].

Начальной стадией технологии получения DDGS является разделение цельной ПСБ на твердую (kek) и жидкую (фугат) фракции [1, 2]. Как правило, после фракционирования ПСБ кек в сыром виде используют как кормовую добавку, а фугат с растворенными в нем питательными веществами либо концентрируют энергозатратными способами на дорогостоящем оборудовании и добавляют в кек перед сушкой, либо утилизируют, часто экологически небезопасными способами. Для возможно более полной очистки фильтрата ПСБ от взвешенных и растворенных в ней веществ целесообразным представляется ее микробная ферментация.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования использовали цельную ПСБ, предоставленную различными спиртовыми предприятиями Республики Беларусь, а также микроорганизмы и коммерческие ферменты микробного происхождения, гидролизующие растительные полимеры.

В работе использовали штаммы микроорганизмов из Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов и рабочей коллекции лаборатории ферментов Института микробиологии НАН Беларуси, а также выделенные из природных источников. Культуры поддерживали на пептонно-дрожжевом агаре (бактерии) и сусло-агаре (дрожжи) при 4–6 °С.

Суспензию физиологически активных клеток микроорганизмов различной таксономической принадлежности получали их глубинным выращиванием в колбах Эрленмейера объемом 250 мл с 50 мл питательной среды Луриа-Бергани при температуре 24–26 °С, скорости перемешивания 200 об/мин в течение 18–24 ч.

Суспензии клеток микробных культур в количестве 1–5 об. % использовали для ферментации цельной ПСБ при 26–30 °С в течение 2–24 ч.

Корректировку кислотности ПСБ проводили с использованием NaOH.

Для ферментативной обработки ПСБ применяли коммерческие ферментные препараты различных производителей: ферментов целлюлолитического комплекса (ЦК); кислую протеазу (КП); фитазу (ФИТ); ферментов амилолитического комплекса (АК). Условия ферментативной обработки ПСБ – pH 5,5; температура 55 °С, длительность – 2 ч.

Фракционирование ПСБ проводили центрифугированием при 3000 об/мин в течение 10 мин с использованием центрифуги MPW-260R (MPW Medinstrument, Польша).

В фугате определяли: мутность (спектрофотометрически в кварцевых кюветах с длиной оптического пути 1 см при $\lambda = 600$), концентрацию белка, редуцирующих веществ, ХПК – общепринятыми методами, величину pH – потенциометрически.

Содержание сухих веществ определяли на анализаторе влажности ЭВЛАС-2М (Сибагроприбор, Россия) согласно инструкции.

Приведенные результаты представляют собой усредненные данные 2–3 опытов, выполненных в трехкратной повторности и статистически обработанных.

Результаты исследования и их обсуждение. Компонентный состав ПСБ, а также ее вязкость значительно зависят от сырья, применяемого для производства спирта [1]. Согласно экспериментальным данным, исследуемые образцы ПСБ характеризовались повышенной кислотностью (pH 3,3–4,5), высоким содержанием растворенных органических соединений (7,5–11,8 мг/мл редуцирующих веществ (РВ), 0,8–1,74 мг/мл белка) и показателем химического потребления кислорода (ХПК), достигающим 100 000–235 000 мг O₂/л. Концентрация сухих веществ в образцах ПСБ составляла 7,3–12,0 %, а мутность ее фугата, измеряемая фотометрически при 600 нм, – 0,8–3,8. Отмечено, что исследуемые образцы ПСБ имели различную вязкость и консистенцию, обусловленную различным содержанием в них высокомолекулярных полисахаридов.

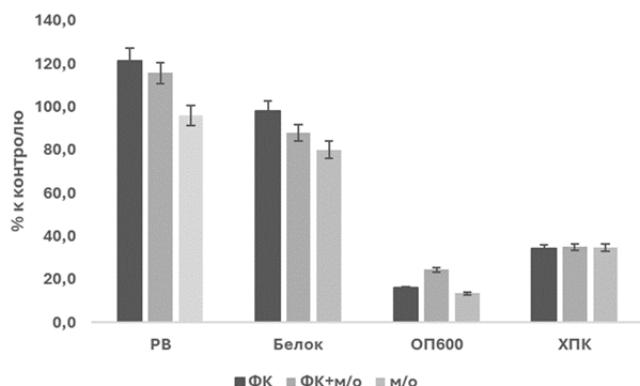
Для предобработки ПСБ использовали микроорганизмы-продуценты комплекса ферментов, участвующих в деградации растительных полимеров, – протеаз, эстераз, ксиланаз, целлюлаз, фитазы, β -глюканаз, амилаз, липаз.

Микробную обработку ПСБ с использованием 5 об. % суспензии клеток микроорганизмов проводили при температуре 26 °С, pH 5,5–6,0 в течение 2–24 ч без перемешивания. В результате были выявлены штаммы *Bacillus* sp. 182, АМ 1, АМ 2, ТЕРМ 1, ТЕРМ 2, ИР В4, наиболее эффективно снижавшие мутность фильтрата ПСБ, а также содержание в нем растворимого белка и РВ.

Для дальнейшей работы отобран штамм *Bacillus* sp. 182, ферментирующий ПСБ с повышением выхода РВ в фугате на 3,5–11,2 % при снижении концентрации белка на 29,5–45,1 % после 2–4 ч обработки в зависимости от состава субстрата.

Технологический регламент спиртового производства предусматривает разделение спирта и горячей ПСБ (55–65 °C), которая поступает в сборник, а затем на декантерную центрифугу, где происходит ее фракционирование [1, 2]. Очевидно, что реализовать ферментативную и/или микробную предобработку ПСБ возможно на этапе ее депонирования в сборнике. В результате предыдущих исследований нами установлено, что применяемый для обработки ПСБ ферментный комплекс (ФК), включающий ЦК, КП, ФИТ, АК, значительно повышал эффективность ее фракционирования через 2 ч воздействия [10]. Учитывая, что штамм *Bacillus* sp. 182 синтезирует комплекс гидролитических ферментов, сравнивали влияние микробной культуры и комплекса ферментов (55 °C, 2 ч, без перемешивания) на состав и свойства жидкой фракции ПСБ. Как видно из представленных на рисунке графических данных, микробная и микробно-ферментная обработка ПСБ, в отличие от ферментной, способствовали снижению концентрации белка в жидкой фракции. Установлено, что через 2 ч микробного и микробно-ферментного воздействия этот показатель составил соответственно $80 \pm 3,68$ и $88,0 \pm 4,31$ % по отношению к контролю.

Содержание редуцирующих веществ при ферментной и микробно-ферментной обработке возрастило соответственно на $21,6 \pm 0,96$ и $15,7 \pm 0,72$ %, а при микробной – практически не изменялось ($95,9 \pm 4,78$ %) по сравнению с контролем. Показатели ХПК во всех исследованных образцах составляли 34,3–35,0 % от контроля. Показатели мутности фугатов в случае микробной и ферментной обработки ПСБ были сопоставимы, улучшаясь соответственно на $86,7 \pm 4,1$ % и $84,1 \pm 4,0$ % в сравнении с контролем, а при микробно-ферментной обработке – только на $75,5 \pm 3,7$ %.



ФК – ферментный комплекс; ФК + м/о – ферментный комплекс + *Bacillus* sp. 182, м/о – *Bacillus* sp. 182

Рисунок – Результаты микробно-ферментной обработки ПСБ

Таким образом, как ферментная, так и микробная обработка способствует более полному гидролизу растворимых полимерных компонентов ПСБ, главным образом, бета-глюкана и ксилана. Это, в свою очередь, приводит к значительному снижению вязкости исследуемого субстрата и улучшению в 6,2–7,4 раза разделения его на фракции за счет уменьшения количества высокомолекулярных коллоидных веществ. Кроме того, результатом жизнедеятельности микроорганизмов является снижение содержания в фугате растворенного белка на 20–45 % в зависимости от условий ферментации и состава ПСБ.

Заключение. Полученные данные указывают на возможность использования штамма бактерий *Bacillus* sp. 182 для улучшения разделения ПСБ на фракции при высоких температурах. Дальнейшие исследования будут сосредоточены на оптимизации процесса микробной ферментации ПСБ для повышения питательной ценности ее твердой фракции (кека) как источника кормового белка.

Список использованных источников

1. Кузнецов, И. Н. Анализ мирового опыта в технологии переработки послеспиртовой барды / И. Н. Кузнецов, Н. С. Ручай // Труды БГТУ. Химия, технология органических веществ и биотехнология. – 2010. – Т. 1, № 4. – С. 294–301.

2. Технология переработки барды. – URL: <https://www.belpg.com/oborudovanie/energosberegayuschie-tehnologii/perepabotka-bardy> (дата обращения: 10.07.2025 г.).
3. Спиртовая барда в кормлении коров. – URL: <https://www.direct.farm/post/spirtovaya-barda-v-kormlenii-korov-14485>. (дата обращения: 30.10.2025 г.).
4. Shurson, J. Feed and alternative uses for DDGS / J. Shurson, S. Noll // The Journal of Gender, Agriculture and Food Security. – 2016. – Vol. 1. – P. 1–22.
5. Buenavista, E. Utilization of distiller's dried grains with solubles: A review / E. Buenavista, K. Siliveru, Y. Zheng // The Journal of Agriculture and Food Research. – 2021. – Vol. 5:100195. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100195>. Дата доступа: 10.07.2025 г.
6. Cekmecelioglu, D. Production of cellulase and xylanase enzymes using distillers dried grains with solubles (DDGS) by *Trichoderma reesei* at shake-flask scale and the validation in the benchtop scale bioreactor / D. Cekmecelioglu, A. Demirci // Waste and Biomass Valorization. – 2020. – Vol. 11, № 12. – P. 6575–6584.
7. Iram, A. Distillers' dried grains with solubles (DDGS) and its potential as fermentation feedstock / A. Iram, D. Cekmecelioglu, A. Demirci // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2020. – Vol. 104, № 14. – P. 6115–6128.
8. Cassidy, D. P. Methane production from ethanol co-products in anaerobic SBRs / D. P. Cassidy, P. J. Hirl, E. Belia// Water Science and Technology. – 2008. – Vol. 58. – P. 789–793.
9. Studies on biodiesel production from DDGS-extracted corn oil at the catalysis of Novozym 435/super absorbent polymer / J. Gu, Z. Xin, X. Meng [et al.] // Fuel. – 2015. – Vol. 146. – P. 33–40.
10. Sargsyan, H. The distiller's grains with solubles as a perspective substrate for obtaining biomass and producing bio-hydrogen by *Rhodobacter sphaeroides* / H. Sargsyan, L. Gabrielyan, A. Trchounian // Biomass and Bioenergy. – 2016. – Vol. 90. – P. 90–94.
11. Ферментативная обработка послеспиртовой барды для улучшения ее технологических и потребительских свойств / Е.А. Шляхотко, А.А. Шепшев, И.В. Мороз, Л.И. Сапунова [и др.] // // Прыроднае ассяроддзе Палесся і навукова-практычныя аспекты рацыянальнага рэсурсакарыстання : зборнік навуковых прац XII Міжнароднай навуковай канферэнцыі, 8–10 кастрычніка 2025 г., Брэст, Рэспубліка Беларусь / Нацыянальная акадэмія навук Беларусі ; Палескі аграрна-экалагічны інстытут ; рэдкал. М. В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. – Брэст : Альтернатива, 2025. – С. 354–357.

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АКВАКУЛЬТУРЫ

УДК 582.263:546.817

НАКОПЛЕНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ *CHLORELLA VULGARIS* ПРИ ВНЕСЕНИИ В СРЕДУ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ СОЛИ СВИНЦА

И.А. Ильючик, Д.В. Кологрив

Полесский государственный университет, Минск

Аннотация. Изменение концентраций пигментов фотосинтеза происходило в виде «скакков». В среде культивирования не содержащей Pb^{2+} по отношению к 1-м суткам, максимальные концентрации хлорофиллов *a* и *b* наблюдались на 13 и 20-е сутки роста хлореллы, увеличение в 2,6 и 2,5 раза соответственно, а концентрации каротиноидов к 13-м суткам – рост 8,6 раза. В вариантах с ацетатом свинца 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} М, увеличение количества хлорофиллов *a* и *b* наблюдалось в период 1–10 сутки и на 17-е сутки культивирования, рост в 1,4–2,5 раза, концентрация каротиноидов во всех вариантах возрастала, кроме 13 и 20-х суток по отношению к контролю. В 1-е сутки наблюдалось увеличение концентрации каротиноидов в 7–8 раз, затем линейное снижение до 13-х суток – в 6,7 раза по отношению к 1-м суткам, а на 17-е сутки в сравнении с 13-ми – увеличение в 4,1 раза. Полученные данные предполагают адаптацию культуры хлореллы к наличию свинца в среде культивирования.

Ключевые слова: культура хлореллы, ацетат свинца, хлорофиллы, каротиноиды.

Введение. В настоящее время согласно данным AlgaeBase [1] дано описание 97-и видам рода *Chlorella*. *Chlorella vulgaris* является типом рода. Она широко распространена в природе, нетребовательна к условиям обитания и размножается с высокой интенсивностью. При достаточной освещенности хлорелла синтезирует органические вещества. Эффективность фотосинтеза очень высокая, преобразование энергии кислородного фотосинтеза равна 8–10% [2]. Пигментный состав хлоропластов клеток микроводоросли представлен хлорофиллом *a*, хлорофиллом *b* и каротиноидами.

Хлорелла используется в промышленной биотехнологии, для альголизации водоемов, очистки сточных вод от различного рода загрязнений, в том числе и тяжелых металлов, к таковым относится свинец, и в других областях народного хозяйства. Проблема утилизации тяжелых металлов в окружающей среде актуальна в современном мире и требует нахождения путей решения, также и через использование биологической очистки с помощью водорослей.

Ранее нами были проведены исследования выявления влияния ионов свинца на накопление микроводорослью *Ch. vulgaris* биомассы и белка. Было установлено, что низкие концентрации свинца в среде культивирования (10^{-6} – 10^{-8} М) положительно влияли на рост культуры [3] и не оказывали отрицательного влияния на динамику накопления внутриклеточного водорастворимого белка водоросли [4].

Цель работы – выявить влияние соли свинца (CH_3COO)₂Pb, дополнительно добавленной в среду культивирования, на динамику накопления фотосинтетических пигментов хлореллой.

Материалы и методы. Исследования проведены на культуре *Ch. vulgaris*, штамм IBCE C-19 из коллекции Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси. Культивирование водоросли вели при условиях, ранее описанных [3] на среде A5 [5]. В питательную среду контрольного образца соль свинца не добавляли. В экспериментальные варианты вносили ацетат свинца в концентрациях 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} М.

На 1, 4, 7, 10, 13, 17, 20-е сутки культивирования производили забор аликвот клеток хлореллы по 10 млн. Количество фотосинтетических пигментов определяли спектрофотометрически в ацетоновом экстракте [6]. Все исследования проведены девятикратно. Результаты обработаны статистически с вычислением t-критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение. Накопление фотосинтетических пигментов в клетках культуры происходило неравномерно (таблица). В контроле: концентрация хлорофилла *a* была максимальной на 13-е и 20-е сутки роста, по отношению к 1-м суткам, увеличение в 2,6 и 2,5

раза соответственно. В период 1–10 сутки количество пигмента изменилось незначительно, исключение 4-е сутки, рост на 21% в сравнении с началом роста. На 17-е сутки наблюдался спад концентрации хлорофилла *a* на 21% по отношению к 1-м суткам и на 69% по отношению как к 13-м, так и к 20-м суткам культивирования.

Таблица – Концентрация фотосинтетических пигментов в клетках *Chlorella vulgaris*, выращенных на среде с добавлением ацетата свинца, $n = 9$

Концентрация Pb^{2+} , М	Концентрация пигментов, мг/млн клеток · л · 10^{-5}		
	Хлорофилл а	Хлорофилл b	Каротиноиды
1-е сутки			
Контроль	19,22 ± 0,28	15,23 ± 0,51	2,07 ± 0,11
10^{-5}	38,60 ± 0,22*	29,35 ± 0,32*	13,85 ± 0,11*
10^{-6}	33,13 ± 0,43*	30,10 ± 0,33*	16,82 ± 0,13*
10^{-7}	34,77 ± 0,21*	22,01 ± 0,83*	16,86 ± 0,09*
10^{-8}	29,49 ± 0,49*	28,24 ± 0,93*	14,23 ± 0,03*
4-е сутки			
Контроль	23,27 ± 0,41	39,86 ± 0,62	5,10 ± 0,11
10^{-5}	42,76 ± 0,08*	29,74 ± 0,65*	15,08 ± 0,02*
10^{-6}	37,16 ± 0,28*	29,84 ± 0,39*	17,24 ± 0,10*
10^{-7}	36,38 ± 0,24*	25,16 ± 0,29*	17,48 ± 0,03*
10^{-8}	30,90 ± 0,06*	29,63 ± 0,16*	14,73 ± 0,05*
7-е сутки			
Контроль	19,04 ± 0,07	17,76 ± 0,09	9,30 ± 0,03
10^{-5}	19,39 ± 0,02*	27,46 ± 0,16*	12,71 ± 0,03*
10^{-6}	39,5 ± 0,05*	24,45 ± 0,14*	18,12 ± 0,03*
10^{-7}	37,17 ± 0,07*	28,95 ± 0,12*	15,73 ± 0,03*
10^{-8}	18,14 ± 0,12*	16,43 ± 0,08*	7,48 ± 0,02*
10-е сутки			
Контроль	21,88 ± 0,16	15,75 ± 0,32	11,49 ± 0,08
10^{-5}	33,49 ± 0,09*	22,76 ± 0,34	14,55 ± 0,08*
10^{-6}	33,69 ± 0,31*	25,04 ± 0,29	13,99 ± 0,08*
10^{-7}	44,28 ± 0,14*	29,52 ± 0,22	18,29 ± 0,20*
10^{-8}	15,98 ± 0,16*	15,22 ± 0,17	7,32 ± 0,04*
13-е сутки			
Контроль	49,47 ± 0,22	29,86 ± 0,67	17,83 ± 0,18
10^{-5}	57,70 ± 0,40*	30,71 ± 0,57	23,45 ± 0,13*
10^{-6}	19,99 ± 0,08*	18,81 ± 0,13*	12,54 ± 0,06*
10^{-7}	27,19 ± 0,26*	17,62 ± 0,67*	13,20 ± 0,03*
10^{-8}	23,20 ± 0,14*	15,78 ± 0,29*	10,97 ± 0,05*
17-е сутки			
Контроль	15,25 ± 0,22	10,62 ± 0,16	6,11 ± 0,10
10^{-5}	32,32 ± 0,44*	26,04 ± 0,51*	14,90 ± 0,07*
10^{-6}	21,35 ± 0,13*	15,99 ± 0,51*	7,77 ± 0,09*
10^{-7}	37,57 ± 0,25*	22,56 ± 0,41*	15,59 ± 0,12*
10^{-8}	30,61 ± 0,13*	18,30 ± 0,55*	15,01 ± 0,15*
20-е сутки			
Контроль	48,21 ± 0,29	25,58 ± 0,92	20,17 ± 0,13
10^{-5}	35,45 ± 0,14*	22,19 ± 0,17*	16,45 ± 0,14*
10^{-6}	25,94 ± 0,46*	14,72 ± 0,31*	13,14 ± 0,18*
10^{-7}	47,30 ± 0,06*	29,21 ± 0,29*	21,59 ± 0,03*
10^{-8}	32,37 ± 0,11*	22,75 ± 0,43*	13,80 ± 0,11*

Примечание – * – изменения статистически достоверны при $P \leq 0,05$

Концентрация хлорофилла *b* в контроле на 4, 13 и 20-е сутки роста хлореллы возросла в 1,2, 2,6 и 2,5 раза соответственно, на 17-е сутки наблюдался спад на 30% по отношению к 1-м суткам. Из-

менение концентрации каротиноидов было линейным до 13-х суток, увеличение по отношению к началу культивирования в 8,6 раза. В период 3→17 сутки концентрация пигмента снизилась в 3 раза, а в период 17→20 сутки возросла в 3 раза. Наблюдаемые колебательные периоды накопления пигментов фотосинтеза характерны для культуры *Ch. vulgaris* и наблюдались нами ранее при ее росте на среде Тамийя [2].

В варианте с концентрацией $Pb^{2+} 10^{-5}$ М до 7-х суток количество хлорофилла *a* уменьшалось в 2 раза, затем в период 7→13 сутки увеличивалось в 2 раза, после чего наблюдался спад концентрации пигмента до 20-х суток по отношению к началу культивирования. Изменение концентрации хлорофилла *b* происходило в виде «скаков»: к 10 суткам – спад в 1,3 раза, затем к 13-м – незначительный рост и к 20-м суткам – спад в 1,3 раза в сравнении с 1-ми сутками. Количество каротиноидов до 10-х суток существенно не изменялось, но на 13-е сутки наблюдался их рост в 1,7 раза, затем их концентрация незначительно снизилась, но к 20-м суткам выросла на 19% по отношению к 1-м суткам.

В среде с концентрацией $Pb^{2+} 10^{-6}$ М количество хлорофилла *a* увеличивалось до 7-х суток, рост на 19%, затем на 13-е сутки наблюдалось уменьшение пигмента на 40% по отношению к 1-м суткам, а в период 13→20 сутки его концентрация возрастила в 1,3 раза. Изменение концентрации хлорофилла *b* было линейным, к 20-м суткам его количество снижалось в 2 раза. Концентрация каротиноидов до 7-х суток незначительно росла, затем, с 10-х по 20-е сутки уменьшалась на 17–25% по отношению к началу культивирования.

В варианте с концентрацией ацетата свинца 10^{-7} М количество хлорофиллов *a* и *b* изменялось однотипно. Так, в период 1→10 сутки их концентрация увеличивалась в 1,3 раза, затем по сравнению с 10-ми сутками на 13-е снижалась в 1,6 и 1,7 раза соответственно, а к 20-м суткам по сравнению с 13-ми выросла в 1,7 раза. Количество каротиноидов в период 1→13 сутки снижалась в 1,3 раза, а в период 13→20 сутки увеличивалась в 1,6 раза.

В самой низкой концентрации $Pb^{2+} 10^{-8}$ М накопление пигментов в сравнении с началом культивирования культуры снижалось на 21–49%, начиная с 7-х до 13-х суток.

Следует отметить, что по отношению к контролю во всех вариантах с дополнительным внесением соли свинца, увеличение количества хлорофилла *a* в клетках *Ch. vulgaris* наблюдалось в период 1→10 сутки и на 17-е сутки культивирования. Так, на 1-е сутки увеличение в 1,5–2,0 раза, на 4-е сутки – в 1,3–1,8 раз, на 7-е сутки – в 2 раза, но только при концентрации $Pb^{2+} 10^{-7}$ и 10^{-6} М, на 10-е сутки – в 1,5–2,0 раза, кроме минимальной концентрации эффектора, на 17-е сутки – 1,4–2,5 раза. Схожая картина была и с хлорофиллом *b* – рост концентрации в 1,4–2,5 раза в сравнении с контролем, за исключением 4-х суток. Что же касается каротиноидов, то их количество резко увеличивалось практически во всех вариантах концентраций свинца на протяжении эксперимента, кроме 13 и 20-х суток по отношению к контролю. Так, в 1-е сутки наблюдалось увеличение концентрации пигмента в 7–8 раз, затем линейное снижение до 13-х суток – в 6,7 раза по отношению к 1-м суткам, а на 17-е сутки в сравнении с 13-ми – увеличение в 4,1 раза.

Увеличение концентраций каротиноидов в первые сутки культивирования, указывает на стрессовое состояние культуры, а последующее их снижение – на ее адаптацию к наличию свинца в среде культивирования.

Заключение. Результаты исследования свидетельствуют о концентрационной зависимости накопления фотосинтетических пигментов хлореллой и могут быть связаны с адаптацией культуры к наличию свинца в среде культивирования.

Список использованных источников

1. Guiry, M.D. AlgaeBase. World-wide electronic publication [Electronic resource] / M.D. Guiry, G.M. Guiry // National University of Ireland. – Galway, 2021. – Mode of access: <https://www.algaebase.org>. – Date of access: – 26.10.2025.
2. Ильючик, И. А. Динамика фотосинтетических пигментов в культуре водоросли *Chlorella vulgaris* штамма С 111 IBCE С-19 при росте на питательной среде с добавлением хлорида марганца / И.А. Ильючик, В.Н. Никандров // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2020. – Т. 65, № 3. – С. 299–309.
3. Кологрив, Д.В. Влияние ионов свинца на накопление биомассы *Chlorella vulgaris* / Д.В. Кологрив // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси: материалы XVIII международной молодежной научно-практической конференции, Пинск, 19 апреля 2024 г.: в 2 ч. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.]; редкол.: В.И. Дунай [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2024. – Ч. 2. – С. 220–223.

4. Кологрив, Д.В. Накопление белка *Chlorella vulgaris* при дополнительном внесении ацетат свинца в среду культивирования / Д.В. Кологрив // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси: материалы XIX международной молодежной научно-практической конференции, Пинск, 17 апреля 2025 г.: в 2 ч. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.]; редкол.: В.И. Дунай [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2025. – Ч. 2. – С. 254–256.

5. Упитис, В.В. Макро- и микроэлементы в оптимизации минерального питания микроводорослей / В.В Упитис. – Рига: Зинатне, 1983. – 240 с.

6. Ильючик, И. А. Методические рекомендации по изучению биохимических свойств одноклеточных зеленых водорослей (на примере *Chlorella vulgaris*) / И. А. Ильючик, В. Н. Никандров. – Пинск : ПолесГУ, 2020. – 29 с.

МЕДИЦИНСКАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 577.171

КЛИНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ХИТОЗАНА КАК ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ПРИ ЛЕЧЕНИИ ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Ю.А. Гордеев, П.С. Леонов

Полесский государственный университет, Пинск

Аннотация. В статье представлены результаты клинической эффективности и безопасности применения природного биополимера - хитозана в качестве профилактического средства в комплексной терапии хронических кожных заболеваний, произведенный компанией Тяньши (Китай). Проведенное исследование позволяет сделать вывод о комплексном положительном влиянии хитозана на клинико-лабораторные показатели у пациентов с дерматологическими заболеваниями. Полученные данные свидетельствуют о статистически значимом улучшении ряда ключевых параметров у пятидесяти пациентов на основе анализа их биохимических показателей крови.

Ключевые слова: хронические патологии кожи, терапевтические агенты, природные полимеры, хитозан, рандомизированные клинические испытания.

Введение. Современная дерматология характеризуется сохраняющейся высокой распространенностю хронических патологий кожи воспалительного, аутоиммунного и инфекционного генеза, включая атопический дерматит, псориаз, акне и микозы. Терапия таких заболеваний часто требует длительного применения агрессивных лекарственных схем, в частности, кортикоидов и иммуносупрессантов, что сопряжено с риском развития серьезных нежелательных явлений. К последним относятся атрофические изменения кожи, системные осложнения и формирование резистентности к проводимому лечению. В этой связи актуализируется задача поиска новых терапевтических агентов, обладающих не только выраженной эффективностью, но и высоким профилем безопасности, а также способных обеспечивать профилактику рецидивов и осложнений указанных патологий [1].

Перспективным направлением представляется использование хитозана – природного биополимера, производного хитина, получаемого из панцирей ракообразных. Данное соединение обладает уникальным комплексом свойств, детерминирующих его потенциальную ценность для профилактического применения в дерматологической практике. Биодеградируемость, биосовместимость, а также доказанные противомикробные, противогрибковые, противовоспалительные и регенераторные характеристики хитозана открывают новые перспективы для его использования. Применение препаратов на основе хитозана (в форме кремов, гелей, раневых покрытий) может способствовать формированию защитного барьера на поверхности кожи, модуляции локального иммунного ответа, ингибированию роста патогенной микрофлоры и, как следствие, снижению частоты и выраженности обострений дерматозов [2].

Однако, несмотря на наличие обширного массива экспериментальных данных, дефицит результатов масштабных рандомизированных клинических исследований, подтверждающих эффективность хитозана именно в качестве профилактического средства у различных категорий пациентов, ограничивает его внедрение в клинические алгоритмы [3].

Целью наших экспериментов являлась оценка клинической эффективности и безопасности применения хитозана в качестве профилактического средства в комплексной терапии хронических кожных заболеваний.

Материалы и методы. В данном исследовании использовался препарат хитозан, произведенный компанией Тяньши (Китай). В качестве объекта исследования выбраны 50 пациентов с дерматологическими патологиями. Оценка эффективности хитозана проводилась в соответствии с методиками клинического протокола Республики Беларусь и по Международному протоколу, которые включали комплексное наблюдение за состоянием кожи, сбор анализов крови, а также проведение клинических тестов и опросов для определения изменений в состоянии пациентов на протяжении

курса применения препарата. Все исследования проводились с соблюдением этических норм, и перед началом эксперимента получено информированное согласие участников [4].

Результаты исследования и их обсуждение. Исследования проводились нами на базе Государственном комитете судебных экспертиз по Могилевской области, в период с 01.07.2025, по 24.10.2025 года. Результаты исследований получены на основе анализа биохимических показателей крови у 50 пациентов и представлены в таблице.

Таблица – Изменения биохимических показателей крови пациентов

Показатель	До применения хитозана	После применения хитозана	Изменение, +/-
Общий IgE (общий иммуноглобулин) Норма – 0-100 МЕ/мл	7.0 МЕ/мл	5.5 МЕ/мл	-1.5 МЕ/мл
Глюкоза в венозной крови Нормальный уровень - 3,3-5,5 ммоль/л Предиабет - от 5,6 до 6,9 ммоль/л Сахарный диабет - > 7,0 ммоль/л	5,7 ммоль/л	5,2 ммоль/л	-0,5 ммоль/л
Общий холестерин Норма - до 5,6 ммоль/л	6,0 ммоль/л	5,3 ммоль/л	0,7 ммоль/л
ЛПВП (липопротеины высокой плотности) норма – не ниже 1,0 ммоль/л	0.9 ммоль/л	1.4 ммоль/л	+0.5 ммоль/л
ЛПНП (липопротеины низкой плотности) Норма – до 3,37 ммоль/л	4.5 ммоль/л	2.9 ммоль/л	-1.6 ммоль/л
Эозинофилы Норма 0,5-5,0 % от общего числа лейкоцитов	6.0 %	4.8 %	-1.2 %
С-реактивный белок (СРБ) Норма < 5 мг/л	4.5 мг/л	3.2 мг/л	-1.3 мг/л
Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) у женщин норма СОЭ – 2-15 мм/ч, у мужчин норма СОЭ – 2-10 мм/ч	14 мм/ч	10 мм/ч	-4 мм/ч
Гамма-глутамилтрансфераза (γ -ГГТ) Норма < 65 ед/л	52 Ед/л	31 Ед/л	-21 ед/л
Аланинаминотрансфераза (АЛТ) Норма < 41 Ед/л	35 Ед/л	30 Ед/л	-5 Ед/л

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о комплексном положительном влиянии хитозана на клинико-лабораторные показатели у пациентов с дерматологическими заболеваниями (рис.).



Рисунок – Состояние кожи пациента до и после применения ЛС «Хитозан»

Полученные данные свидетельствуют о статистически значимом улучшении ряда ключевых параметров:

Установлено снижение уровня общего IgE на -1,5 МЕ/мл и уменьшение количества эозинофилов на 12%, что объективно подтверждает уменьшение аллергической сенсибилизации организма.

Глюкоза в венозной крови пациентов тоже снизилась на -0,5 ммоль/л после применения хитозана. То же касается и общего холестерина, снижение которого после эксперимента произошло на -0,7 ммоль/л.

Зафиксировано улучшение показателей липидного обмена: повышение уровня ЛПВП на 0,5 ммоль/л при одновременном снижении ЛПНП на 1,6 ммоль/л, что свидетельствует о положительном влиянии на липидный профиль и снижении кардиоваскулярных рисков.

Значительное снижение концентрации С-реактивного белка на 1,3 мг/л и уменьшение СОЭ на 4 мм/ч демонстрируют выраженную противовоспалительную активность препарата.

Отмечена положительная динамика биохимических маркеров функции печени: снижение активности ГГТ на 21 Ед/л и АЛТ на 5 Ед/л, что указывает на улучшение функционального состояния гепатобилиарной системы.

Заключение. Применение хитозана в комплексной терапии дерматологических заболеваний демонстрирует не только прямую эффективность в отношении кожной патологии, но и системное положительное воздействие на ключевые патогенетические механизмы, что обосновывает его использование в качестве перспективного средства профилактики и лечения.

Список использованных источников

1. Бакулин, А. В. Физико-химические характеристики хитозан-меланиновых комплексов / А. В. Бакулин, В. П. Курченко, Н. В. Сушинская, И. И. Азарко. – Том 4. Часть 2. – М. : Центр «Биоинженерия» РАН; Минск : БГУ, 2009. – С. 9.
2. Намазова-Баранова, Л. С. Витамины и минеральные вещества в практике педиатра / Л. С. Намазова-Баранова, С. Г. Макарова, В. М. Студеникин. – М. : ПедиатрЪ, 2016. – 299 с.
3. Эйзлер, А. К. Европейское исследование: БАДы, витамины, ГМО, биопродукты : как сделать правильный шаг к здоровому долголетию / А. К. Эйзлер. – М. : Э, 2016. – 431 с.
4. Клинический протокол «Диагностика и лечение пациентов (взрослое население) с папулосквамозными нарушениями». Утвержден Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 22.06.2024 № 59.

УДК 616-831-005.8 : 615.015 : 616-037

ВЛИЯНИЕ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ НЕЙРОПРОТЕКТОРОВ НА УРОВЕНЬ ЭКСПРЕССИИ НЕЙРОНАЛЬНОЙ НО-СИНТАЗЫ В ГИПОТАЛАМУСЕ КРЫС ПРИ ОСТРОЙ ИШЕМИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА

**А.С. Губейко¹, В.И. Дунай¹, А.Г. Шляхтун², Е.Ф. Радута², О.В. Титко², И.Н. Катковская²,
В.А. Гуринович², А.Г. Мойсёнов²**

¹Полесский государственный университет, Гомель

²Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларусь, Гродно

Аннотация. В проведенном эксперименте на крысах линии *Wistar* показано, что ишемия головного мозга вызывает значимое повышение уровня нейрональной NO-синтазы (*nNOS*) в гипоталамусе, отражая активацию фермента в условиях гипоксии. Пантенол в режиме монотерапии эффективно предотвращал патологическую активацию *nNOS* и поддерживал его уровень на уровне контроля, демонстрируя выраженный нейропротекторный эффект. В то же время комбинации пантенола с сукцинатом аммония и нанокомплексом *Fe+Zn+Se* не обеспечивали снижения *nNOS*, а показатели оставались сопоставимыми с группой ишемии, что может быть связано с неблагоприятными метаболическими взаимодействиями и прооксидантными свойствами компонентов. Таким образом, пантенол проявил наибольшую эффективность в коррекции патологически повышенного уровня *nNOS* при экспериментальной ишемии мозга, тогда как комбинированные схемы терапии характеризовались высокой вариабельностью и требуют дальнейшего изучения.

Ключевые слова: ишемия головного мозга, нейрональная NO-синтаза (*nNOS*), гипоталамус, пантенол, сукцинат аммония, нанокомплекс $Fe+Zn+Se$, нейропротекция, оксидативный стресс.

Введение. Ишемические повреждения головного мозга, в основе которых лежат снижение гемоперфузии и энергетический дефицит, представляет собой одну из наиболее актуальных проблем неврологической практики [1, 2]. Развитие ишемии инициирует окислительный стресс, митохондриальную дисфункцию и нарушение метаболизма нейромедиаторов, что в конечном итоге обуславливает повреждение и гибель нейронов и клеток глии [2, 3]. При ишемии активируется нейрональная NO-синтаза, что приводит к избыточному образованию оксида азота (NO). В условиях окислительного стресса NO взаимодействует с супероксид-анионом, образуя пероксинитрит – высокотоксичную реактивную форму азота, усугубляющую повреждение клеточных компонентов [4]. Перспективным направлением в разработке средств коррекции ишемических поражений является поиск метаболических нейропротекторов.

В контексте ишемического повреждения пантенол можно рассматривать как стратегический метаболический предшественник, способный влиять на энергетический дефицит, окислительный стресс, стабильность мембран и нейромедиаторный баланс – основные компоненты ишемического каскада. Однако, несмотря на выраженный нейропротекторный потенциал пантенола, его эффективность в режиме монотерапии может быть ограничена в условиях многофакторного патогенеза ишемии. В связи с этим, разработка комбинированных препаратов на его основе, может позволить достичь синергического эффекта за счет воздействия на различные компоненты ишемического каскада. В данном исследовании изучалась влияние пантенола и его комбинаций с сукцинатом аммония и нанокомплексом $Fe+Zn+Se$ на экспрессию *nNOS*, ключевой маркер нитрозативного стресса, в гипоталамусе крыс при экспериментальной ишемии головного мозга.

Материалы и методы. Эксперимент выполнен на 40 крысах самцах линии Wistar массой 180–220 г. Животные были разделены на 5 групп по 8 особей: 1 – Контроль, 2 – Ишемия, 3 – Ишемия + пантенол (ПЛ), 4 – Ишемия + комбинация «пантенол + нанокомплекс $Fe+Zn+Se$ (НК)», 5 – Ишемия + комбинация «пантенол + сукцинат аммония (СА)». В качестве субстанций использовали D-пантенол (№ кат. AC232801000, Acros Organics, Бельгия), сукцинат аммония (АО «ВЕКТОН», РФ) и нанокомплексы $Fe+Zn$ и Se (НТО «АКТЕХ», Беларусь). Все препараты вводили внутрибрюшно трижды – за 2 дня, за 1 день и за 1 час до моделирования ишемии, в следующих дозах: пантенол – 200 мг/кг, сукцинат аммония – 200 мг/кг, нанокомплекс $Fe+Zn+Se$ – 1 мг/кг.

Моделирование ишемии головного мозга осуществляли путем билатеральной окклюзии общих сонных артерий на 2 ч [5]. В качестве наркоза для животных использовался хлоральгидрат, вводимый внутрибрюшно в дозе 350 мг/кг.

Животных выводили из опыта путем декапитации через 2 часа после проведения операции. Выделенный гипоталамус замораживали в жидком азоте для определения уровня нейрональной *nNOS*.

Для количественного определения уровня *nNOS* в гипоталамусе крыс использовали набор реагентов для иммуноферментного анализа (SunRed Biotechnolgy, КНР). Измерения выполняли в соответствии с инструкциями производителя. Содержание *nNOS* рассчитывали по калибровочной кривой. Результаты выражались в нг/мл гомогената ткани гипоталамуса.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с применением программного обеспечения Prism v.8.0 (GraphPad, США). Нормальность распределения выборки оценивали по критерию Шапиро-Уилка. Для выявления статистической значимости отличий между группами использовали однофакторный дисперсионный анализ и критерий Брауна-Форсайта; для коррекции множественных сравнений использовали процедуру Бенджамина, Кригера и Екутиели. Различия между группами считали статистически значимыми, если вероятность ошибочной оценки не превышала 5% ($p < 0,05$). Данные представлены в виде $M \pm m$, где M – среднее арифметическое значение показателя в группе, m – стандартная ошибка среднего значения.

Результаты исследования и их обсуждение. Содержание *nNOS* в гипоталамусе крыс существенно варьировало в разных экспериментальных группах (рисунок). В контрольной группе уровень *nNOS* составил $9,58 \pm 0,66$ нг/мл, отражая физиологическое состояние нормы.

В группе с индуцированной ишемией наблюдалось статистически значимое повышение концентрации *nNOS* до $14,27 \pm 0,92$ нг/мл ($p=0,0284$ по сравнению с контролем), что подтверждает активацию экспрессии *nNOS* в условиях церебральной гипоксии.

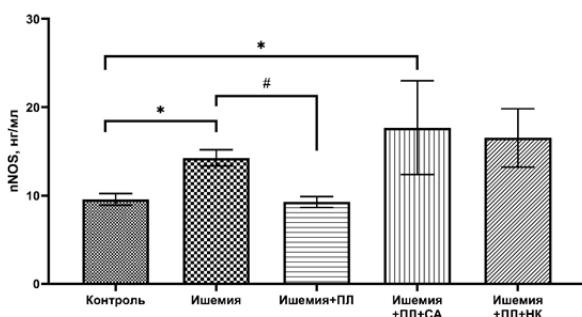


Рисунок – Уровни нейрональной NO-синтазы в гипоталамусе крыс

Примечание: * – $p < 0,05$ по сравнению с контрольной группой; # – $p < 0,05$ по сравнению с группой «Ишемия»

В группе «Ишемия + ПЛ» уровень nNOS оставался на уровне контрольных значений – $9,27 \pm 0,62$ нг/мл ($p < 0,05$ по сравнению с группой ишемии), что указывает на выраженный нейропротекторный эффект пантенола, способного подавлять патологическую активацию nNOS и восстанавливать метаболический баланс в условиях ишемии.

В группе, получавшей комплекс «ПЛ+СА», уровень nNOS был практически в два раза выше, чем в контрольной группе и составил $17,68 \pm 5,32$ нг/мл ($p=0,0339$), что не отличалось от группы с ишемией. Это может свидетельствовать о неблагоприятном взаимодействии компонентов, приводящем к усилению оксидативного стресса и метаболической дестабилизации.

В группе, получавшей комплекс «ПЛ + НК», уровень nNOS составил $16,53 \pm 3,31$ нг/мл, оставаясь на уровне, сопоставимом с показателями группы ишемии. Это может быть обусловлено прооксидантными свойствами переходных металлов, способствующими усилению окислительного стресса и нивелирующими нейропротекторный потенциал пантенола.

Стоит отметить высокую вариабельность уровня nNOS в группах, получавших комбинированную терапию, что может указывать на непредсказуемый и индивидуальный характер ответа на данные комбинации, возможно, связанный с различиями в исходном метаболическом статусе животных.

Таким образом, на основании полученных данных можно заключить, что пантенол в режиме монотерапии демонстрирует наивысшую эффективность в коррекции патологически повышенного уровня nNOS в гипоталамусе при экспериментальной ишемии головного мозга. Комбинированные схемы терапии требуют дальнейшего изучения с учётом возможных антагонистических взаимодействий между компонентами.

Заключение. Полученные данные демонстрируют, что пантенол в режиме монотерапии обладает выраженным нейропротекторным действием при острой ишемии головного мозга, обеспечивая нормализацию уровня nNOS в гипоталамусе. Комбинированные схемы терапии пантенолом, включающие сукцинат аммония или нанокомплекс металлов, не обеспечили снижения уровня nNOS, а в отдельных случаях способствовали его дополнительному повышению. Это может быть связано с антагонистическими взаимодействиями компонентов и усилением прооксидантной активности, особенно в присутствии железа.

Таким образом, пантенол следует рассматривать как перспективный метаболический нейропротектор при ишемических повреждениях головного мозга. Возможность использования комбинированной терапии нуждается в дальнейшем изучении с учётом биохимической совместимости компонентов и их влияния на ключевые звенья ишемического каскада.

Исследование выполнено в рамках НИР «Витаминно-микроэлементный статус при метаболических нарушениях и его коррекция природными иммуномодуляторами, микроэлементами и производными витаминов» (№ гос. регистрации 20212113) по заданию 4.1.5. «Разработка способов коррекции метаболической патологии природными иммуномодуляторами и антиоксидантами» ГПНИ «Трансляционная медицина» на 2021-2025 годы (подпрограмма «Экспериментальная медицина»).

Список использованных источников

1. Girnar, G.A. Cerebral ischemic stroke and different approaches for treatment of stroke / G.A. Girnar, H.S. Mahajan // *Futur J Pharm Sci.* – 2021. – Vol. 7, № 134 – Р. 1–10. doi: 10.1186/s43094-021-00289-1.

2. Maksimovich, N. Ye. Changes in the pool of amino acids during cerebral ischemia. Review. / N. Ye. Maksimovich, E.I Bon // Clin Trials Clin Res. – 2024. – Vol. 3, №2 – P. 1–17. doi:10.31661/gmj.v12i.2993.
3. Sun, B. Short review on advances in early diagnosis and treatment of ischemic stroke / B. Sun, Z. Wang // Galen Med J. – 2023. – Vol. 12. – P.1–13. doi: 10.31661/gmj.v12i0.2993.
4. Saini, V. Global epidemiology of stroke and access to acute ischemic stroke interventions / V. Saini, L. Guada, D.R. Yavagal // Neurology. – 2021. – Vol. 16, № 97. – P.6–16. doi: 10.1212/WNL.00000000000012781.
5. Yan ML. A rodent model for chronic brain hypoperfusion related diseases: permanent bilateral occlusion of the common carotid arteries (2VO) in rats / M.L. Yan, J. Ai // Bio Protoc. – 2018. – Vol. 8, № 1. – Art. e2668. doi: 10.21769/BioProtoc.2668.

УДК 615.281

IN SILICO ИССЛЕДОВАНИЕ ИНГИБИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ТЕТРАПЕПТИДА ТЕНТОКСИНА НА ИНОЗИТОЛ-5-МОНОФОСФАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ

В.С. Заяц, С.Н. Шахаб

*Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова
Белорусского государственного университета, Минск*

Аннотация. Разработка новых препаратов является актуальной задачей, которая способствует возможности успешного применения антибиотикотерапии. Молекула тентоксина имеет ряд преимуществ при потенциальной эффективности применения в антибиотикотерапии резистентных штаммов. Так, его тетрапептидная структура позволяет дольше сохранять бактериальную чувствительность, и снизить скорость наступления резистентности.

Ключевые слова: антибиотическое действие, тетрапептид тентоксин, метаболизмом и введение, эффективность.

Введение. Устойчивость к противомикробным препаратам продолжает расти, в то время как поток новых разработок антибиотиков иссякает; всего за восемь десятилетий применения антибиотиков бактериальные инфекции, которые когда-то легко поддавались лечению, становятся неизлечимыми [1]. Разработка новых препаратов является актуальной задачей, которая способствует возможности успешного применения антибиотикотерапии. В настоящее время особое внимание уделяется пептидным формам антибиотиков как возможной замене устаревших форм антибиотических препаратов. Большое количество антимикробных пептидов, проходящих клинические испытания, отражает их высокий потенциал в области борьбы с бактериальными инфекциями различного происхождения [2]. Исследования поиска природных соединений пептидной природы также актуально ввиду меньших экономических затрат на получение готовых лекарственных средств при их синтезе. Помимо этого, необходимо прилагать все усилия для ограничения уровня резистентности к новым антимикробным препаратам [3]. Хотя исследования показывают, что антимикробные пептиды обладают меньшей склонностью к развитию резистентности, это является неизбежным эволюционным следствием. Дальнейшая разработка различных антимикробных соединений и механизмов их действия поможет ограничить влияние резистентности [4]. Одной из мишней, привлекающей все большее внимание в последние годы, является инозин-5'-монофосфатдегидрогеназа (IMPDH, ID:3ZFH) [5]. Ингибирирование IMPDH приводит к уменьшению пула гуанина и к нарушению баланса между пулами гуанина и аденина, что необходимо для быстро пролиферирующих клеток [6].

Материалы и методы. Для проведения дальнейших исследований по оценке антибиотического действия выбран природный тетрапептид тентоксин. Тентоксин – фитотоксин, продуцируемый грибами вида *Alternaria*, блокирует гидролиз АТФ в определенных хлоропластах F1 (CF1) и вызывает хлороз чувствительных растений. Сайт связывания тентоксина расположен на поверхности контакта между субъединицами α и β [7] (Рис. 2).

Результаты исследования и их обсуждение. В представленном исследовании визуализация связывания молекулы тентоксин и таргетного белка выполнялась с помощью программы Chimera

1.16. Энергии связывания (ΔG , ккал/моль) комплекса рассчитывалась по формуле $\Delta G = -RT\ln K_i$, где R – газовая константа ($1,987 \times 10^{-3}$ ккал/моль); $T = 298,15$ К; K_i – константа ингибиции.

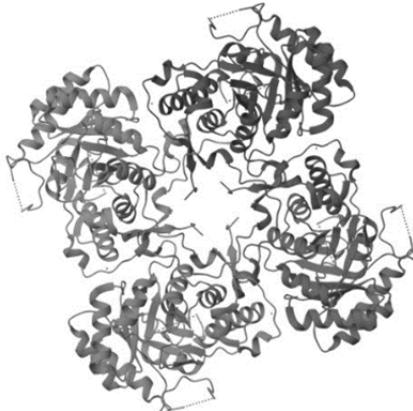


Рисунок 1. – 3D-структура молекулярной мишени IMPDH, ID:3ZFH

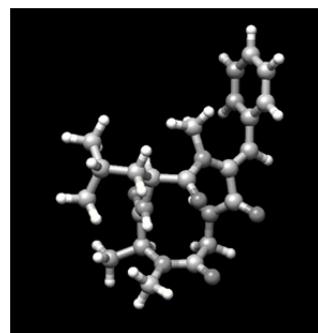


Рисунок 2. – 3D модель тетрапептида тентоксина

Репозиторий PubChem использовался для получения структуры тентоксина. В ходе исследования токсичности использовался онлайн-ресурс Deep-PK для прогнозирования параметров, связанных с «всасыванием, распределением, метаболизмом и выведением» (ADME) (Табл.).

Таблица – Результаты анализа ADME

Показатель	Значение
1	2
Absorption (Всасывание)	
Caco2	-5.49
Human oral bioavailability 20%	Bioavailable (Medium Confidence) 0.688
Human oral bioavailability 50%	Bioavailable 0.648
Human Intestinal Absorption	Absorbed (High Confidence) 0.886
Skin Permeability	-1.11
P-glycoprotein substrate	Да 0.572
P-glycoprotein I и II inhibitors	Нет 0.066
Distribution (Распределение)	
VDss (human)	1.09
Fraction unbound (human)	0.43
BBB permeability	Penetrable 0.963
CNS permeability	-2.07
Metabolism (Метаболизм)	
CYP 1A2 Inhibitor	Нет 0.026 (High Confidence)
CYP 1A2 substrate	Нет 0.237 (Medium Confidence)
CYP 2C19 Inhibitor	Нет 0.0 (High Confidence)
CYP 2C19 substrate	Да 0.553 (Low Confidence)

Окончание таблицы

1	2
CYP 2C9 Inhibitor	Нет 0.003 (High Confidence)
CYP 2C9 Substrate	Нет 0.246 (Medium Confidence)
Excretion (Выведение)	
Clearance	7.5
Organic Cation Transporter 2	Не ингибитор 0.197 (Medium Confidence)
Токсичность	
AMES toxicity	Нет
Max. Tolerated dose (human)	0.53 log mg/kg/day
hERG I и II inhibitors	Нет
Oral Rat Acute Toxicity (LD50)	Не токсично 3.13 log[1/(mol/kg)]
Oral Rat Chronic Toxicity (LOAEL)	Не токсично 1.6 log(mg/kg bw/day)
Hepatotoxicity	Liver Injury I (DILI) Safe Liver Injury II Токсично 0.638 (Low Confidence)
Skin Sensitisation	Безопасно
Eye Corrosion	Безопасно
Eye irritation	Безопасно

На рисунке 3 представлены результаты докинга тентоксина и IMDPH.

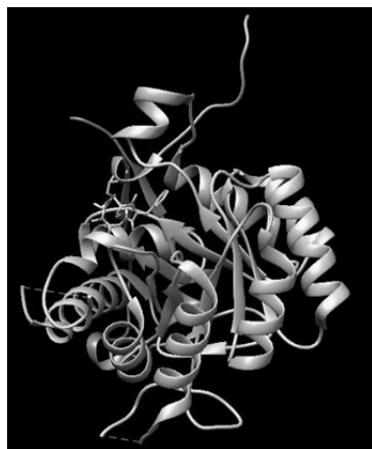


Рисунок 3. – Результатыстыковки тентоксина с IMDPH (PDB, ID:3ZFH)

При проведении данной стыковки получено значение Score связывания -7,3 с константой ингибирования 4,449 мкМ. Полученные результаты свидетельствуют о сильной связывающей аффинности.

Заключение. Таким образом, молекула тентоксина имеет ряд преимуществ при потенциальной эффективности применения в антибиотикотерапии резистентных штаммов. Так, его тетрапептидная структура позволяет дольше сохранять бактериальную чувствительность, и снизить скорость наступления резистентности. Экономическое преимущество заключается в получении готового препарата за счёт синтеза фитопатогенными грибами рода *Alternaria*, а также эффективности к различным антибиотикорезистентным штаммам. Полученные результаты *in silico* с низкой энергией связывания и константой ингибирования подчёркивают эффективность микотоксина тентоксина во взаимодействии с целевым белком, что является базой для проведения дальнейших глубоких исследований по данной теме.

Список использованных источников

1. MacGowan, A. Antibiotic resistance / A. MacGowan, E. Macnaughton // Medicine. – 2017. – Vol. 45, №. 10. – P. 622-628.
2. Заяц, В. С., Шахаб С. Н. Белки и пептиды, представляющие интерес для разработки экологически безопасных антимикробных препаратов в условиях проявления резистентности // Сахаровские чтения – 2025: экологические проблемы XXI века – 2025. – С. 22 –32.

3. Frieri, M. Antibiotic resistance / M. Frieri, K. Kumar, A. Boutin // Journal of infection and public health. – 2017. – Vol. 10, №. 4. – P. 369-378.
4. Rao, V. A. Structure of *Pseudomonas aeruginosa* inosine 5'-monophosphate dehydrogenase / V. A. Rao [et al.] // Acta Crystallographica Section F: Structural Biology and Crystallization Communications, 2013. – Vol. 69. – №. 3. – P. 243-247.
5. O'Neill, J. Tackling Drug- Resistant Infections Globally: Final Report and Recommendations. / J. O'Neill // Wellcome Trust. – 2016.
6. MacGowan, A.P. Clinical implications of antimicrobial resistance for therapy / A. P. MacGowan, // Journal of antimicrobial chemotherapy. – 2008. – Vol. 62, №2. – P. 105-114.
7. Meiss, E. Molecular processes of inhibition and stimulation of ATP synthase caused by the phytotoxin tentoxin / E. Meiss [et al.] // Journal of Biological Chemistry. – 2008. – Vol. 283, №. 36. – P. 594-599.

УДК 577.352.332:612.112.94

ПОИСК МАРКЕРОВ ТОКСИЧНОСТИ ЛИТИЯ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА

Г.П. Зубрицкая, Е. И. Слобожанина

ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларусь», Минск, petro371@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы по поиску маркеров токсичности лития в организме человека. Полученные данные позволяют заключить, что активность GST в лимфоцитах является маркером токсичности ионов лития.

Ключевые слова: препараты лития, маркер токсичности, активность GST, лимфоциты, клеточные тест-системы, оценка токсичности.

Введение. Препараты лития в разных формах применяют в психиатрии, неврологии, трансплантологии и онкологии. Используются соли лития и в животноводстве как компонент кормовых добавок. Точные биохимические механизмы терапевтических эффектов лития до сих пор окончательно не установлены. Вероятнее всего, литий оказывает своё терапевтическое действие за счёт конкуренции с другими ионами, прежде всего с ионами натрия и магния (с которыми ионы лития имеют наибольшее химическое сходство), и в гораздо меньшей мере – с ионами калия и кальция (с которыми сходство ионов лития значительно меньше), за их специфические ионные каналы, транспортные механизмы и места связывания с белками клеток [1]. Li^+ поступает в клетки через Na^+ -каналы и Na^+/Li^+ обменники, а удаляется Na^+/K^+ АТФазой, однако низкая скорость данного процесса способствует накоплению Li^+ в клетках, которое, в свою очередь, может стать причиной его токсичного воздействия на клетки крови. Воздействие лития на клетки крови — это двунаправленный эффект. Терапевтические дозы преимущественно стимулируют лейкопоэз, тогда как острыя передозировки может вызвать тяжелую миелосупрессию и панцитопению вследствие общей цитотоксичности и нарушения клеточного метаболизма [2]. В некоторых исследованиях показано, что воздействие лития на эритроциты может снижать уровень глутатиона и стимулировать перекисное окисление липидов, что указывает на оксидативный стресс и потенциальное повреждение клеток [3]. В последние годы накапливаются данные о влиянии Li на иммунные клетки. Известно, что литий может воздействовать на пролиферацию, жизнеспособность и функциональную активность лимфоцитов, которые играют ключевую роль в иммунном ответе и патогенезе многих заболеваний, включая аутоиммунные и нейровоспалительные процессы.

Материалы и методы. В работе была использована кровь доноров в консерванте «глюгицир», полученная из РНПЦ трансфузиологии и медицинских биотехнологий МЗ РБ. Эритроциты выделяли путем центрифugирования крови при 1500 g, 5 мин и трижды отмывали в изотоническом растворе $NaCl$. Лимфоциты (мононуклеарные клетки) периферической крови человека изолировали в градиенте плотности гистопака-1077 путем центрифугирования крови (300 g, 30 мин) и последовательных отмывок в PBS-буфере. Далее клетки крови подвергались воздействию сульфата или хлорида лития в фармакологических (0,5 mM - 3 mM) и токсичных (6 mM и 10 mM) концентрациях в течение 3-15 ч при 37 °C при постоянном перемешивании. О состоянии глутатионового звена в клетках крови судили по активности фермента глутатион-S-трансферазы (GST) и концентрации восстановленного глутатиона (GSH). Оценку уровня активных форм кислорода (АФК) в лимфоци-

так проводили с использованием флуоресцентного зонда 5-хлорметил-2',7'-дихлордигидрофлуоресцеин диацетата (CM-H₂DCFDA). Методом проточной цитометрии оценку жизнеспособности лимфоцитов проводили с использованием флуоресцентного красителя кальцеина - АМ.

Результаты исследования и их обсуждение. Важная роль в редокс-зависимых клеточных взаимодействиях принадлежит GST, которая вносит большой вклад в защиту клетки от токсического воздействия веществ [4]. Также известно, что GST кроме детоксикации ксенобиотиков участвует в работе антиоксидантной системы. Это происходит в результате восстановления органических гидроперекисей до спиртов. При этом GSH используется в качестве косубстрата. Нами установлено, что активность GST в эритроцитах повышается при воздействии на клетки только 3 мМ сульфата лития (рисунок 1 А). При воздействии фармакологических концентраций активность фермента имела тенденцию к снижению, а при более высоких концентрациях – тенденцию к увеличению активности данного фермента. Что касается лимфоцитов периферической крови, то как видно из рисунка 1 Б, сульфат лития в фармакологических концентрациях достоверно снижает активность GST, а при токсических полностью ее ингибирует.

Таким образом, установлено, что GST после воздействия на эритроциты сульфата лития в фармакологических и токсических концентрациях не испытывает значимых изменений активности, в то время как токсические концентрации ионов лития ингибируют активность глутатионтрансферазы в лимфоцитах периферической крови.

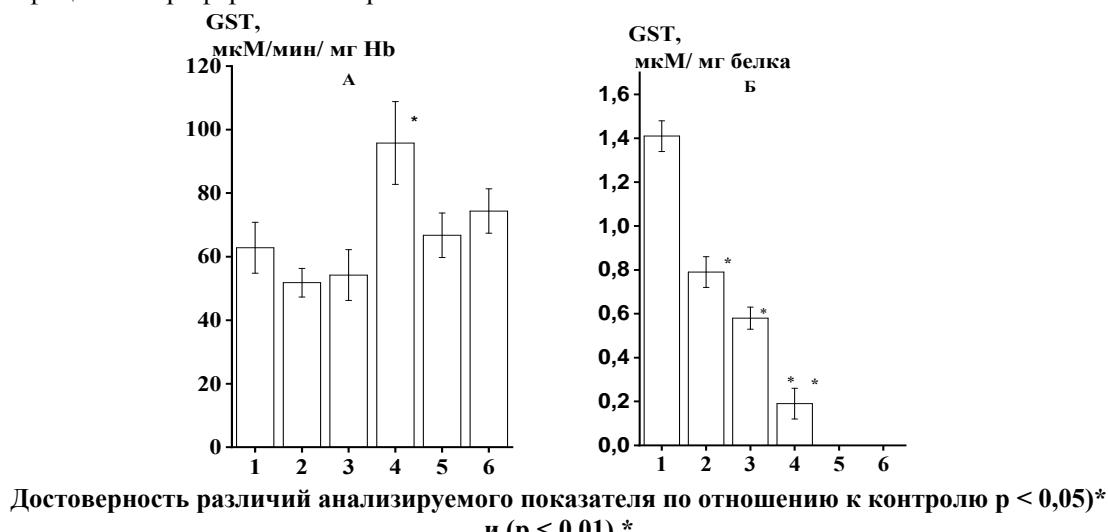
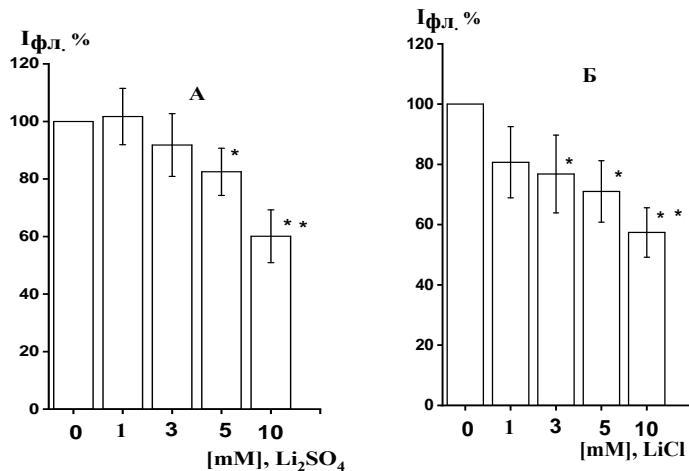


Рисунок 1. – Активность цитоплазматической глутатион-S-трансферазы в эритроцитах (А) и лимфоцитах (Б), подвергшихся воздействию сульфата лития *in vitro*: 1 – контроль-клетки до инкубации с Li_2SO_4 ; 2 – 0,5 мМ Li_2SO_4 ; 3 – 1 мМ Li_2SO_4 ; 4 – 3 мМ Li_2SO_4 ; 5 – 6 мМ Li_2SO_4 ; 6 – 10 мМ Li_2SO_4

В наших экспериментах не обнаружено достоверных изменений уровня восстановленного глутатиона при воздействии на эритроциты изучаемого диапазона концентраций Li_2SO_4 . Показано, что при воздействии фармакологических концентраций сульфата лития на лимфоциты наблюдалась тенденция к снижению GSH, а при обработке данных клеток токсическими концентрациями обнаружено достоверное снижение среднего значения концентрации GSH примерно на 20 и 50 % соответственно. Полученные результаты показали отсутствие различий между эритроцитами и лимфоцитами на воздействие сульфата лития. В эритроцитах под воздействием сульфата лития не наблюдается изменения активности GST и уровня GSH, в то время как после воздействия данной соли на лимфоциты в концентрациях 6 мМ и выше происходит полное ингибирование активности этого фермента и достоверное снижение концентрации GSH, что говорит об индуцированном ионами лития изменении редокс-статуса лимфоцитов, но не эритроцитов. Действительно, как показано нами с помощью проточной цитометрии с использованием 2',7'-дихлордигидрофлуоресцеин диацетата, уровень АФК в лимфоцитах при токсической концентрации 6 мМ хлорида лития увеличивался примерно в 2 раза по сравнению с контролем, а при максимальной токсической концентрации 10 мМ сульфата лития увеличение уровня АФК составляло примерно 20 % по отношению к контролю [5]. Обнаружено статистически значимое снижение жизнеспособности эритроцитов на 20-25% по сравнению с контрольными клетками при воздействии на них LiCl в концентрациях 0,3–10 мМ в течение 3 ч при 37°C. При инкубации же лимфоцитов с Li_2SO_4 и LiCl в фармакологической кон-

центрации 3 мМ и токсической концентрации 6 мМ снижение эстеразной активности кальцеина-АМ было больше при хлориде лития, а при токсической концентрации 10 мМ для Li_2SO_4 и для LiCl была примерна одинаковой (>50%) (рисунок 2). Таким образом, в лимфоцитах, подвергшихся воздействию солей лития в диапазоне концентраций от 3 до 10 мМ происходит ингибиция цитозольной эстеразной активности в отличие от эритроцитов, где снижение жизнеспособности наблюдалась уже при 0, 3 мМ, что говорит о снижении жизнеспособности клеток, которая зависит прежде всего от концентрации солей лития.



За 100% принято среднее значение интенсивности флуоресценции кальцеина – АМ, вышедшего из суммарной популяции лимфоцитов доноров в отсутствии сульфата лития в инкубационной среде (контроль);

* – различия по сравнению с контролем достоверны ($p < 0,05$), ** – различия по сравнению с контролем достоверны ($p < 0,01$)

Рисунок 2. – Остаточное удержание кальцеина в суммарной популяции лимфоцитов доноров после воздействия сульфата лития (А) и хлорида лития (Б) *in vitro*

Заключение. Таким образом, полученные данные позволяют заключить, что активность GST в лимфоцитах является маркером токсичности ионов лития. Планируется использовать это как методологическую основу для разработки клеточной тест-системы оценки токсичности соединений лития в крови человека.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ (договор № Б24КИ-077).

Список использованных источников

1. Chang C.M. Utilization of psychopharmacological Treatment Among Patients With Newly Diagnosed Bipolar Disorder From 2001 to 2010/ C.M. Chang, C.S.Wu, Y.W. Huang [et.al.] // J. Clin Psychopharmacol. – 2016. –Vol.36, – N 1. –P. 32–44.
2. Joshi R. Lithium Toxicity Associated with Pancytopenia And Megaloblastic Anaemia/ R Joshi, M. Meena // Indian Journal of Mental Health –2021. –Vol.8, –N3. – P.339–441.
3. Bhardwaj P. Lithium Treatment Aggregates the Adverse Effects on Erythrocytes Subjected to Arsenic Exposure/ P. Bhardwaj, J. Kinnri, D. K. Dhawan//Biol. Trace Elem Res. –2018. –Vol184, –N. 1. – P.206-213.
4. Holley S.I. Differential effects of glutathione-S-transfierase pi (GSTP1) haplotypes on cell proliferation and apoptosis / S.I. Holley., A.A.Fryer, J. W. Haycock [et al.] // Carcinogenesis. – 2017. –Vol. 28, –N. 11. –P. 1130 – 1161.
5. Зубрицкая Г.П. Влияние солей лития на протекание окислительных процессов в лимфоцитах человека *in vitro*/ Г.П. Зубрицкая, О.В. Климович, О. Ю. Махина [и др.] // Новости медико-биологических наук. – 2024. – Т. 24, –N.3. – С. 195–200.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ КЛЕТОЧНОГО СОСТАВА КРОВИ ПОСЛЕ КОНТАКТА С ЛИГАНДИЗОВАННЫМ ПОЛИСУЛЬФОНОМ

Д.А. Макаревич¹, Т.В. Рябцева¹, Д.Д. Дусь², А.К. Королик²

¹Белорусский государственный медицинский университет

²ГУ «МНПЦ хирургии, трансплантации и гематологии», Минск

Аннотация. В работе проведена оценка изменений клеточного состава крови после контакта с лигандизированным полисульфоном. По совокупности изменений клеточного звена крови после контакта с лигандизированным ПС можно заключить что применение данного метода производства (условий лигандизации и стерилизации) позволяет получить мембранны ПС с высокой степенью гемосовместимости.

Ключевые слова: полисульфон, гемосорбция, количество лейкоцитов, тромбоциты, биологически активные белки – анафилотоксины.

Введение. Полисульфон (ПС), а именно его производное полиэфирсульфон (ПЭС) является материалом для производства современных диализных мембран [1,2,3]. Известно, что это материал биологически инертен и не вызывает ярко выраженной активации иммунных реакций при контакте с кровью. Технология производства ПС позволяет создавать мембранны с заданным размером пор и может быть модифицирована для придания им гидрофильных свойств или специфических свойств для адсорбции на поверхности патогенетически значимых молекул (например, аутоиммунные антитела или ЛПС грамотрицательных бактерий). Исходя из этого есть предположение, что ПС-мембранны могут быть использованы для производства изделий медицинского назначения для гемосорбции.

Одним из важных вопросов при разработке изделий для гемосорбции является гемосовместимость, а именно степень клеточной адгезии на мембранны ПС, так как это напрямую влияет на безопасность применения изделия в медицине. В первую очередь важно не допустить тромбообразования во время процедуры, для этого необходимо минимизировать адсорбцию тромбоцитов на поверхности мембраны. Во-вторых, минимизировать активацию воспалительного ответа с помощью снижения адсорбции на поверхности мембран иммунных клеток. Целью данного исследования являлось исследование влияния процесса получения лигандизированного полисульфона на гемосовместимость ПС матрицы. Для этого цельную кровь пропускали через гемосорбционную колонку, заполненную капиллярами ПС, модифицированного присоединением специфического лиганда.

Материалы и методы. В работе использовали образцы стерилизованного лигандизированного полисульфона производства СП «Фребор» (Беларусь, г.Борисов). Параметры гемосовместимости оценивали после пропускания гепаринизированной цельной крови здоровых доноров через полимерный модуль, содержащий образцы полисульфона. Для перфузии крови через модуль использовали перистальтический насос и кровопроводящие магистрали, образующие замкнутый контур, позволяющий отбирать пробы во время эксперимента. Общее время перфузии крови составило 60 минут. Пробы крови отбирали до эксперимента, на 30 и 60 минуте эксперимента. Общий анализ крови проводили с использованием анализатора «CellDynRuby», (USA). Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программ Statistica 12. Значения представляли в виде медианы и 25-75-процентиляй (Me (25;75)). Для сравнения двух независимых выборок использовали U-критерий Манна-Уитни. Для сравнения трех групп независимых данных был использован метод рангового анализа вариаций Краскела-Уоллиса. В качестве критерия достоверности различий показателей принимали уровень значимости $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. После экспериментов наблюдали снижение концентрации эритроцитов на 6,64 (5,73;7,62) % от исходной концентрации.

Изменение количества лейкоцитов после контакта с исследуемыми образцами лигандизированного полисульфона (таблица 1) составило 2,83 (0,36 4,93) % от исходной концентрации. В лейкоцитарной формуле отмечено значимое снижение концентрации эозинофилов. Возможно, это связано с тем, что по данным научной литературы на поверхности эозинофилов обнаруживаются интегрины ($\alpha 4\beta 1$, $\alpha M\beta 2$), облегчающие адгезию к чужеродной поверхности [4]. Концентрация тромбоцитов изменилась после эксперимента в среднем на 9,22 (6,10; 22,09) % это говорит о низкой адгезии тромбоцитов к лигандизированному ПС.

Следует отметить, что при анализе данных, полученных после контакта крови с нелигандизованным ПС были получены аналогичные изменения (таблица 2). Однако изменение количества лейкоцитов, тромбоцитов после контакта с исследуемыми образцами нелигандизованного полисульфона составило 27,00 (20,63;28,60) % и 25,85 (21,88; 26,96)%, что значительно превышает допустимые значения. Поэтому мы предположили, что лигандизация ПС повышает его гемосовместимость посредством снижения гидрофобности поверхности и уменьшает адсорбцию лейкоцитов и тромбоцитов на поверхности полимера, увеличивая безопасность данного вида полимера для медицинского применения.

Таблица 1. – Изменение показателей общего анализа крови после контакта цельной крови с лигандизованным полисульфоном

Показатели	Время эксперимента, минут			Изменение концентрации, % от исходной
	0	30	60	
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	4,01 (3,86;4,21)	3,82 (3,73;3,98)	3,78 (3,60;3,93)	6,64 (5,73;7,62)
Гемоглобин, г/дл	12,30 (11,35;13,10)	11,75 (11,00;12,65)	11,65 (10,65;12,30)	5,76 (5,26;6,17)
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	6,01 (5,19;6,67)	5,56 (5,24;6,35)	5,84 (5,05;6,25)	2,83 (0,36;4,93)
Нейтрофилы, $10^9/\text{л}$	3,11 (2,97;3,64)	3,16 (2,85;3,53)	3,08 (2,79;3,34)	4,12 (1,11;6,73)
Лимфоциты, $10^9/\text{л}$	2,22 (1,83;2,44)	2,02 (1,77;2,30)	2,11 (1,80;2,43)	2,27 (0,01;4,75)
Моноциты, $10^9/\text{л}$	0,39 (0,33;0,45)	0,36 (0,32;0,40)	0,38 (0,32;0,44)	2,03 (1,06;3,19)
Эозинофилы, $10^9/\text{л}$	0,17 (0,14;0,19)	0,13 (0,11;0,15)	0,16 (0,13;0,17)	10,39 (7,82;12,37)
Базофилы, $10^9/\text{л}$	0,06 (0,05;0,06)	0,05 (0,04;0,06)	0,05 (0,05;0,06)	5,08 (1,94;7,52)
Тромбоциты, $10^{13}/\text{л}$	300,00 (241,50;348,00)	278,00 (219,50;323,00)	251,50 (220,50;292,50)	9,22 (6,10; 22,09)

Резкое снижение количества лейкоцитов после контакта с нелигандизованным ПС является ответной реакцией организма на чужеродный материал и, по всей видимости, связано с активацией системы комплемента. Как результат активации системы комплемента образуются биологически активные белки – анафилотоксины – фрагменты С3а и С5а системы комплемента, которые стимулируют появление на поверхности лейкоцитов специальных рецепторов адгезии CR3 (CD11b/CD18), которые способствуют «прилипанию» клеток. Данное явление весьма нежелательно и может привести в клинической практике, во-первых, к лейкопении, а во-вторых, к активации каскада системы комплемента и развитию симптомов анафилотоксического шока: отышка, бронхоспазм.

Таблица 2. – Изменение показателей общего анализа крови после контакта цельной крови с полисульфоном без лиганда

Показатели	Время эксперимента, минут			Изменение концентрации, % от исходной
	0	30	60	
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	3,9 (3,8; 4,1)	3,6 (3,5;3,9)	3,6 (3,4;3,9)	7,69 (10,52;12,80)
Гемоглобин, г/дл	12,54 (11,65;14,30)	12,15 (11,10;13,45)	11,95 (11,62;13,30)	4,70 (6,10;7,30)
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	6,3 (6,3;7,25)	5,3 (5,1;5,9)	4,6 (4,5;5,0)	27,00 (20,63;28,60)
Нейтрофилы, $10^9/\text{л}$	3,12 (2,89;3,75)	3,10 (2,78;3,33)	2,37 (2,09;3,04)	24,10 (16,3;27,01)
Лимфоциты, $10^9/\text{л}$	2,12 (1,72;2,22)	2,06 (1,79;2,29)	2,00 (1,71;2,12)	5,70 (0,58;4,50)
Моноциты, $10^9/\text{л}$	0,35 (0,31;0,42)	0,34 (0,34;0,41)	0,32 (0,31;0,40)	8,60 (4,80;8,80)
Эозинофилы, $10^9/\text{л}$	0,18 (0,15;0,20)	0,15 (0,11;0,18)	0,13 (0,10;0,15)	17,80 (13,3;25,01)
Базофилы, $10^9/\text{л}$	0,05 (0,04;0,06)	0,04 (0,04;0,05)	0,04 (0,04;0,05)	20,00 (1,94;10,10)
Тромбоциты, $10^{13}/\text{л}$	256,8 (255,4;287,8)	232,1 (220,5;255,0)	190,4 (199,5;210,2)	25,85 (21,88; 26,96)

Заключение. По совокупности изменений клеточного звена крови после контакта с лигандизованным ПС можно заключить что применение данного метода производства (условий лигандизации и стерилизации) позволяет получить мембранные ПС с высокой степенью гемосовместимости, которые незначительно влияют на изменение клеточного состава крови, при этом улучшается гемосовместимость по сравнению с нелигандизованным ПС.

Список использованных источников

1. Koga, Y. Biocompatibility of polysulfone hemodialysis membranes and its mechanisms: involvement of fibrinogen and its integrin receptors in activation of platelets and neutrophils / Y. Koga [et al.]// Artificial Organs. – 2018. – Vol. 42, № 9. – P. 246–258.
2. Yamamoto, K. Surface modification of polysulfone membranes to improve hemocompatibility in hemodialysis / K. Yamamoto [et al.] // Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition. – 2013. – Vol. 24, № 10. – P. 1223–1236.
3. Bowry, S. K. Polysulfone in hemodialysis: Advances in biocompatibility and performance / S. K. Bowry, E. Gatti, J. Vienken // Contributions to Nephrology. – 2011. – Vol. 173. – P. 110–118.
4. Spencer, L. A. Eosinophil granule proteins: form and function / L. A. Spencer, B. S. Ackerman, P. F. Weller // Journal of Allergy and Clinical Immunology. – 2014. – Vol. 134, № 6. – P. 1237–1247.

УДК 616.155.194.8:546.72]-098-079

ПОЛУЧЕНИЕ МОНОКЛОНАЛЬНЫХ АНТИТЕЛ К РАСТВОРИМОМУ РЕЦЕПТОРУ ТРАНСФЕРРИНА ЧЕЛОВЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИБРИДОМНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

О.Л. Пашкова

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр трансфузиологии и медицинских биотехнологий», Минск

Аннотация. Методом гибридомной технологии были получены моноклоны гибридных культивируемых клеток, стабильно продуцирующие высокоспецифические моноклональные антитела (МКА) к растворимому рецептору трансферрина (sTfR) человека. В ходе работы были получены три МКА, которые были способны распознавать как нативный, так и рекомбинантный sTfR на твердой фазе в прямом иммуноферментном анализе. Пара полученных антител позволила разработать собственный диагностический набор для количественного определения концентрации sTfR в плазме/сыворотке крови человека.

Ключевые слова: sTfR – гликопротеид, моноклональные антитела, имуноген, спленоциты, клетки гибридомы, рецептор трансферрина.

Введение. Классическим методом биотехнологии для получения моноклональных антител является гибридомная технология. Она позволяет создавать клеточные линии (гибридомы), синтезирующие МКА с заданной специфичностью к определенному эпигенотипу интересующего антигена/иммуногена.

Целью данной работы было получение мышиных моноклональных антител к растворимому рецептору трансферрина человека.

sTfR – гликопротеид с молекулярным весом 95 Кд, представляющий из себя экстраклеточную часть молекулы трансферринового рецептора, которая слущивается с поверхности клетки в результате протеолитического расщепления и поступает в кровоток, где образует в крови комплекс в 320 кДа с трансферрином, связанным с двумя атомами железа. Отщепленные мономеры sTfR можно определить в плазме или сыворотке [1].

В клинической практике изменение уровня sTfR в сыворотке связано с изменением скорости роста эритроидной ткани и/или запасов железа в организме. Результаты клинических исследований последних лет позволяют сделать вывод об уникальной диагностической ценности определения концентрации sTfR: 1) при чрезмерном повышении ферритина (воспалительные процессы) истинную потребность железа можно определить только при определении концентрации sTfR, 2) уровень sTfR соответствует «активной массе» эритропоэза, 3) при дефиците железа уровень ферритина и растворимого рецептора трансферрина изменяются разнонаправлено: ферритин снижается, sTfR повышается, 4) концентрация sTfR не реагирует на реакции острой фазы, острые нарушения функции печени или злокачественные новообразования, что позволяет проводить дифференциальную диагностику между железодефицитной и анемией хронических заболеваний.

Материалы и методы. Принцип получения моноклональных антител при гибридомной технологии – это соматическая гибридизация/слияние мышного В-лимфоцита, производящего нужные антитела, с клеткой миеломы, обладающей способностью к бесконечной пролиферации.

В качестве иммуногена использовался коммерчески доступный нативный белок растворимого рецептора трансферрина человека («Биалекса», РФ). Для иммунизации использовались 4 инбредные мыши линии Balb/c, самочки 6-8 недельного возраста, полученные из питомника Института биоорганической химии им. Шемякина-Овчинникова (Пущино, Россия).

Иммунизацию проводили по классической схеме, включающей в себя не менее трех внутрибрюшинных инъекций иммуногена в количестве 5-10 микрограмм в фосфатно-солевом буфере с pH 7,4 в присутствии полного адьюванта Фрейнда («Thermo Scientific», США) при первичной иммунизации и неполного при последующих [2,3]. Для оценки эффективности иммунизаций определяли наличие антител, специфических к sTfR, в плазме крови иммунизированных животных на 7-10 сутки от иммунизации в скрининге на антигене в прямом иммуноферментном анализе (ИФА) [4]. Анализ плазмы крови мышей показал наличие антител, специфичных к sTfR, и что с увеличением количества иммунизаций росло и количество выявляемых специфических антител, что делало возможным получение МКА.

Через месяц после 3-й иммунизации за 3 дня до планируемого слияния было проведено 3-х кратное бустирование иммуногеном в концентрации 10 микрограмм в фосфатно-солевом буфере с pH 7,4 внутрибрюшинно.

Следующий этап – это подготовка клеток к слиянию. Из селезенки иммунизированного животного извлекали спленоциты и отдельно готовили клетки мышевой плазматитомы X63/Ag8.653, дефицитной по ферменту гипоксантин-гуанин-фосфорибозилтрансферазе, не синтезирующей собственные антитела и находящейся в логарифмической стадии роста. В качестве сливающего агента использовался 50%-ный раствор полизтиленгликоля 1500 («Merck», США), который стимулирует слияние мембран клеток и образование гибридных клеток, несущих в себе двойной набор хромосом. После слияния гибридомные клетки культивировали в селективной полной ростовой среде IMDM, содержащей гипоксантин, аминоптерин, тимидин («Sigma», США), которая позволяет выживать только гибридомам.

В наших экспериментах по слиянию мышевых В-лимфоцитов, иммунизированных растворимым рецептором трансферрина, было выявлено множество клонов, продуцирующих моноклональные антитела к sTfR человека. Скрининг первичных гибридомных клонов проводили методом прямого ИФА в планшетах с сорбированным на твердой фазе растворимым рецептором трансферрина и в отсутствие антигена на твердой фазе (для выявления неспецифического связывания). В связи с тем, что скорость роста гибридом, продуцирующих антитела, ниже, чем скорость роста «пустых» клонов, скрининг проводили сразу же после достижения клонами достаточного размера, примерно через 10 дней от гибридизации. И в течение 1-2 дней после скрининга положительные клоны по продукции антител клонировались методом лимитирующих разведений с контролем специфичности в прямой ИФА после каждого этапа клонирования. После успешного прохождения трёх этапов клонирования гибридомная линия считалась стабильной и наращивалась в культуральной среде в количестве, необходимом для заморозки клеток и получения у мышей асцитной жидкости, содержащей интересующие нас моноклональные антитела.

За 1-3 недели до инъекции клеток гибридомы, выращенных в культуре, мышам линии Balb/c, в возрасте 3-4-х месяцев, проводили интраперitoneальную инъекцию 0,5 мл пристана (2,6,10,14-тетраметилпентадекана) («Sigma», США). Затем каждой мыши вводили по 2×10^6 клеток моноклона в фосфатно-солевом растворе с pH 7,4. После образования асцитной опухоли на 10-15-й день мышь забивали дислокацией шейных позвонков и отбирали асцитную жидкость. Клетки гибридомы осаждали центрифугированием. Полученный супернатант проверяли на наличие антител в прямой ИФА на антигене. Изотип полученных антител, содержащихся в асците, определяли методом ИФА с помощью набора анти-изотипических поликлональных кроличьих антител против тяжелых цепей мышевых иммуноглобулинов – анти-IgG₁, анти-IgG_{2a}, анти-IgG_{2b}, анти-IgG₃, анти-IgM, анти-IgA. («Sigma», США) [4]. Скрининг показал, что в ходе проведенной гибридизации мы получили моноклональные антитела только изотипа G1.

Очистка антител изотипа G1 из асцитной жидкости проводилась методом аффинной хроматографии на колонке с белок-А-сефарозой («Amersham Biosciences», Швеция). Очищенные МАК были переведены в буферные растворы, оптимальные для хранения и последующего исследования. После очистки определяли концентрацию МАК с помощью набора реагентов для определения концентрации белка на основе бицинхониновой кислоты согласно инструкции производителя («ThermoScientific», США) и по методу M.Bradford; проверяли их специфичность в прямой ИФА на антигене, а также как контроль на овальбумине и бычьем сывороточном альбумине. Очищенные 3 моноклональных антитела были пробиотинилированы с помощью NHS-N-

гидроксисукцинида биотина («ThermoScientific», США) согласно инструкции производителя. Эффективность биотинилирования оценивали в прямом иммуноферментном анализе с иммобилизованным на твердой фазе sTfR. Полученные моноклональные антитела хранили при $+4^{\circ}\text{C}$ в присутствии 0,1% азота натрия или при -20°C в присутствии 50%-го раствора глицерина. Рабочая концентрация антител, как для хранения, так и для исследований составила 1 мг/мл.

Результаты исследования и обсуждение. В ходе проведенной гибридизации нами было получено 3 моноклональных антитела (2/7D, 2/12D, 3/3H), специфичных к растворимому рецептору трансферрина человека, как нативному, так и рекомбинантному, что было показано в прямой ИФА. Данные МАК в первую очередь рассматривались для создания собственной иммуноферментной тест-системы для определения концентрации растворимого рецептора трансферрина человека в плазме или сыворотке крови. Для этого были проверены разные варианты сочетаний жидкостных и твердофазных антител. В результате был осуществлён подбор пар для «сэндвич»-ИФА из имеющихся 3 моноклональных мышиных антител к sTfR. В итоге получена только 1 пара твердофазных и жидкостных антител для получения высокочувствительного «сэндвич»-варианта ИФА к sTfR человека, проведён подбор условий проведения данного варианта ИФА, разработана методика иммуноферментного анализа по определению концентрации растворимого рецептора трансферрина. Определение sTfR происходит за счет его взаимодействия с иммобилизованными на планшетах первыми моноклональными антителами мыши и вторыми биотинилированными антителами, находящимися в растворе. Образованный комплекс антиген-антитело выявляют с помощью конъюгата с пероксидазой хрина, ферментативную активность которой оценивают дальнейшей инкубацией с субстратом, дающим в результате реакции окраску раствора различной интенсивности.

Сравнительное измерение sTfR с использованием коммерческого набора фирмы «Quantikine IVD Soluble Transferrin Receptor ELISA («R&D Systems Inc.», США) показало, что наша тест-система не уступает по чувствительности коммерческой.

Заключение. Таким образом, в ходе данной работы была разработана и зарегистрирована, как изделие медицинского назначения, отечественная диагностическая тест-система «Набор реагентов для количественного определения растворимого рецептора трансферрина «Растворимый рецептор трансферрина-ИФА», предназначенный для количественного определения растворимого рецептора трансферрина в биологических жидкостях методом непрямого «сэндвич»-твердофазного иммуноферментного анализа на основе использования пары собственных моноклональных антител.

Список использованных источников

1. Beguin Y. Soluble transferring receptor for the evaluation of erythropoiesis and iron status // Clin. Chim. Acta. – 2003. – Vol. 329. – P. 9-22.
2. Антитела. Методы / Д. Кэтти [и др.]; под общ. Ред. Д. Кэтти. – М.: Мир, 1991. – Т.1. – 287 с.
3. Basic methods in antibody production and characterization / edited by G.C. Howard, D.R. Bethell. – Boca Raton: CRC Press, – 2000. – 271 p.
4. Tijssen P. Practice and theory of enzyme immunoassays / Ed. By R.H. Burdon, P.H. Knippenberg. – Amsterdam. – 1985. – 549 p.

УДК 612.115:577.23

ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРОВ ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНОЙ ЦЕПИ НА ПАРАМЕТРЫ АДФ-ИНДУЦИРОВАННОЙ АГРЕГАЦИИ ТРОМБОЦИТОВ

Д.Э. Подольский, В.Т. Чешевик

Полесский государственный университет, Пинск

Аннотация. Установлено значимое влияние ингибиторов электрон-транспортной цепи митохондрий тромбоцитов на процессы АДФ-индуцированной агрегации тромбоцитов, что говорит о том, что митохондрии имеют ключевое значение в процессах агрегации тромбоцитов, вызванных агонистами.

Ключевые слова: митохондрии, электрон-транспортная цепь, АДФ, тромбоциты.

Введение. Функциональной особенностью тромбоцитов является их способность к быстрой активации и агрегации, что приводит к коагуляции и остановке кровотечений [1].

В основе механизмов активации лежит, в первую очередь, действие на тромбоцитарные рецепторы агонистов, которые запускают процесс активации путём двух сигнальных путей: «снаружи-внутрь» (дополнительная активация тромбоцитов, вызванная передачей сигналов внутрь клеток благодаря интегрину $\alpha_{IIb}\beta_3$) и «изнутри-наружу» (внутриклеточные события, ведущие к активации интегрина $\alpha_{IIb}\beta_3$) [2]. Среди таких рецепторов можно выделить рецепторы аденоzinидифосфата (АДФ) [3]. После стимуляции соответствующих рецепторов активация тромбоцитов генерирует каскад внутриклеточных процессов: дегрануляцию основных депо кальция (гранулы и плотная трубчатая система тромбоцитов), потоки кальция в митохондрии, генерация активных форм кислорода, что по сути является сигнальными путями апоптоза.

В последнее время большое внимание уделяется роли митохондрий в тромбоцитарной активации, так как именно митохондриальный путь активации тромбоцитов приводит к формированию прокоагулянтной популяции тромбоцитов [4]. Несмотря на то, что тромбоциты содержат довольно мало митохондрий (4-6 на клетку), активность данных органелл в процессе активации значительно возрастает [5]. Изучить активность митохондрий в клетках, в том числе тромбоцитах, можно с помощью ингибиторов электрон-транспортной цепи.

Цель работы – оценить влияние ингибиторов дыхательной цепи митохондрий на параметры АДФ-индукционной агрегации тромбоцитов.

Материалы и методы исследований. Забор крови проводился у добровольцев мужского пола возрастом от 20 до 28 лет без вредных привычек и приёма лекарств в течение 3 дней до забора крови. Доноры выбирались с отсутствием хронических заболеваний и воспалительных процессов в течении 7 дней до забора крови.

Богатую тромбоцитами плазму получали из цельной крови с использованием 3,2% цитрата в качестве антикоагулянта путём центрифugирования при 300g в течение 15 минут. Из полученного супернатанта тромбоциты осаждали центрифугированием при 800g в течении 15 мин.

Для выполнения агрегометрических исследований осадок тромбоцитов ресусспензировали в модифицированном буфере Тирода с глюкозой (134 mM NaCl, 12 mM NaHCO₃, 2,9 mM KCl, 0,34 mM Na₂PO₄, 1 mM MgCl₂, 10 mM HEPES, 5 mM глюкозы). Агрегометрию проводили с использованием агрегометра Solar AP 2110 (Беларусь). Активацию вызывали агонистом АДФ в конечной концентрации 10 мкМ. В кювету добавляли 2 мл суспензии тромбоцитов с ингибиторами электрон-транспортной цепи митохондрий и инкубировали в течение 15 минут при температуре 37 °C при перемешивании с постоянной скоростью. Агрегационные кривые прописывали 300 сек. Данные агрегометрии представлены тремя показателями: время достижения плато, уровень плато (процент агрегированных тромбоцитов) и скорость агрегации.

В качестве ингибиторов электрон-транспортной цепи митохондрий использовали: ротенон (2 мкМ, ингибитор I комплекса), малонат (25 мкМ, конкурентный ингибитор II комплекса), феноитрифлуорацетон (ТТФА, 10 мкМ, неконкурентный ингибитор II комплекса), антимицин A (1 мкг/мл, ингибитор III комплекса), азид натрия (10 mM, неспецифический ингибитор IV комплекса), олигомицин (1 мкг/мл, ингибитор АТФ-сингазы), карбонилцианид m-хлорофенилгидразон (СССР, 50 мкМ, протонофор).

Для статистической обработки результатов использовали программное обеспечение GraphPad Prism 7.0.

Результаты исследования и их обсуждение. Установлено, что среди ингибиторов наибольшее влияние на агрегацию оказывает ингибитор АТФ-сингазы олигомицина, значительно снижая (на 90%) скорость агрегации, общий процент агрегированных тромбоцитов и время наступления плато, что говорит о необходимости митохондриальной генерации АТФ в активации тромбоцитов (таблица).

Таблица – Влияние ингибиторов электрон-транспортной цепи на параметры агрегации тромбоцитов

Показатель	Время достижения плато (сек)	Уровень агрегации (%)	Скорость агрегации (сек ⁻¹)
Контроль (ДМСО)	177 ± 16	74 ± 8	37,5 ± 3,2
Ротенон	177 ± 15	88 ± 9	23 ± 2,1
Антимицин А	208 ± 19	60 ± 5	16 ± 2*
Контроль (вода)	70 ± 6,9	95 ± 8,9	285 ± 31
Малонат	70 ± 6,2	80 ± 7,7	288 ± 27,9
Азид натрия	81 ± 8	80 ± 7,5	37 ± 3,5*
Контроль (этанол)	218 ± 22	47 ± 5,2	23 ± 2,2
Феноилтрифлуорацетон	160 ± 15*	30 ± 3,3*	14 ± 1,3*
Олигомицин	129 ± 13*	1,4 ± 0,10*	2 ± 0,11*

Ингибиторы II, III и IV комплексов дыхательной цепи митохондрий также оказывали влияние на процесс агрегации тромбоцитов. В частности, феноилтрифлуорацетат, действует таким же образом, снижая скорость агрегации. Антимицин А и азид натрия приводят только к ингибированию скорости агрегации тромбоцитов, не оказывая при этом влияния на уровень агрегации и время достижения плато.

Результаты исследований говорят о том, что митохондрии играют решающую роль в АДФ-индукционной агрегации тромбоцитов.

Заключение. Исследованиями установлено, что антимицин А (ингибитор III комплекса), азид натрия (ингибитор IV комплекса) влияют только на скорость агрегации, уменьшая её, а феноилтрифлуорацетон (ингибитор II комплекса) и олигомицин (ингибитор АТФ-сингтазы) уменьшают все параметры агрегации, что говорит о решающей роли митохондриального аэробного метаболизма для активации тромбоцитов.

Исследования проведены при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь (договор № 65 от 05.05.2021) в рамках ГПНИ «Биотехнологии-2» (Рег. № НИР 20241017).

Список использованных источников

1. Бакунович, А.В. Молекулярные механизмы агрегации тромбоцитов / А.В. Бакунович, К.Я. Буланова, Л.М. Лобанок. – Минск: БГУ, 2017. – С. 42.
2. Ma, Y-Q. Platelet integrin alpha(IIb)beta(3): activation mechanisms / Y-Q Ma, J Qin, E. F. Plow // J Thromb Haemost. – № 5(7), 2007. – pp. 1345-1352.
3. Stegner, D. Platelet receptor signaling in thrombus formation / D. Stegner, B. Nieswandt // Journal of Molecular Medicine. – Vol. 89. – № 2, 2011. – pp. 109-121.
4. Jobe, SM. Critical role for the mitochondrial permeability transition pore and cyclophilin D in platelet activation and thrombosis / S.M. Jobe, K.M. Wilson, L. Leo, A. Raimondi, J.D. Molkentin, S.R. Lentz, Di Paola J. // Blood. – № 111. – pp. 1257-1265.
5. Jiang, J. Peroxidation and externalization of phosphatidylserine associated with release of cytochrome c from mitochondria / J. Jiang [and etc.] // Free Radical Biology and Medicine, 2003. – Т. 35. – №. 7. – С. 814-825.

МЕТОД УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА «АЛЬБУМИН, РАСТВОР ДЛЯ ИНФУЗИЙ». ОЦЕНКА СТАДИЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ И ДИАФИЛЬТРАЦИИ

А.И. Тихая, Е.И. Хилькович, А.Л. Бузюк

Филиал республиканского научно-практического центра трансфузиологии и медицинских биотехнологий

Аннотация. В статье представлено исследование применения кассетной тангенциальной ультрафильтрации (ТУФ) при производстве лекарственного препарата «Альбумин, раствор для инфузий». Рассмотрены стадии предварительного концентрирования и диафильтрации, обеспечивающие удаление этанола и сохранность белковой фракции. Описаны параметры процесса и система контроля качества с использованием рефрактометрии и ТХУ-тестов. Результаты технологических прогонов подтвердили воспроизводимость метода, соответствие концентрации белка требованиям фармакопеи и санитарную безопасность процесса.

Ключевые слова: альбумин; тангенциальная ультрафильтрация; диафильтрация; этанол; мембранные технологии; контроль качества.

Введение. Тангенциальная ультрафильтрация (ТУФ) представляет собой современный технологический процесс для концентрирования и очистки белковых растворов, применимый на стадиях переработки плазмы крови при получении лекарственного средства «Альбумин, раствор для инфузий». В отличие от осадительных и хроматографических методов, ТУФ сочетает в себе возможность деликатной обработки белка, удаления низкомолекулярных примесей и экономичного расхода воды для инъекций при диафильтрации [1, с. 120; 2, с. 100]. Цель исследования заключалась в формировании модели управления параметрами процесса, оценке эффективности удаления этанола и сохранности белковой фракции.

Материалы и методы. Исходный материал представлял собой промежуточный раствор альбумина, прошедший осветляющую фильтрацию и корректировку pH до 7,2 – 7,5 при температуре 5 ± 1 °C [3, р. 987]. Рабочая установка включала кассетную ультрафильтрационную систему Pellicon с перистальтическим насосом, манометрами и устройствами измерения температуры и рефрактометр УРЛ-1, откалибранный на показатель преломления воды $n = 1,333$. Перед подачей на кассету раствор подвергался глубинной предфильтрации через Zeta Plus Delipid 90ZB или EKS 293D; окончательная стерилизующая фильтрация осуществлялась наборами мембран Millipore (0,8; 0,45; 0,22 мкм). Контроль концентрации белка выполнялся биуретовым методом [4, р. 751]. Целостность мембран оценивали периодическими пробами пермеата с 20% раствором трихлоруксусной кислоты (ТХУ): отрицательный результат пробы интерпретировали как отсутствие протечки белка сквозь мембрану. Температурные и гидродинамические параметры процесса поддерживали в диапазонах, рекомендованных нормативной документацией: температура 5 ± 1 °C, скорость перемешивания не более 60 об/мин, давление на входе 0,1 – 0,2 МПа и на выходе 0,07 – 0,17 МПа. Предварительное концентрирование выполняли до целевых значений показаний рефрактометра $n = 1,3520$ при схеме с предварительным добавлением воды для инъекций 1:1 или до $n = 1,36$ – 1,3620 при концентрировании без предварительного разведения; диафильтрацию осуществляли путём поэтапного добавления воды для инъекций в соотношении 5:1 либо 10:1 по отношению к объёму концентратра до достижения показаний пермеата $n = 1,333 \pm 0,002$, что считалось критерием удаления этанола [5, р. 122; 6, р. 220; 7, с. 123; 8, р. 14; 9, р. 680; 10, с. 45].

Результаты исследования и их обсуждение. В четырех сериях технологических прогонов, выполненных с повторностью раз в неделю, рабочие параметры поддерживались в заданных пределах: средние значения температуры были в пределах 5,3 – 5,9 °C, входное и выходное давления находились соответственно в диапазонах 0,12 – 0,15 МПа и 0,08 – 0,12 МПа. Предварительное концентрирование позволило снизить исходный объём раствора примерно с 60 – 71 литра до 22 – 24 литров, что согласуется с расчётными степенями уменьшения объёма при достижении целевых показателей преломления. В процессе диафильтрации объёмы добавляемой воды соответствовали нормативному требованию не менее десятикратного объёма концентратра в случаях, когда концентрирование было выполнено без первоначального добавления воды, и пятикратному объёму при предварительном разбавлении; при этом показания пермеата стабильно достигали

$n = 1,333 \pm 0,002$, и пробы на наличие белка в пермеате при смешении с ТХУ оставались отрицательными, что подтверждало целостность мембранны. Контроль биуретовым методом показал, что концентрация белка в конечном ретентате варьировала в пределах, требуемых для последующего технологического процесса: для продукции, ориентированной на получение 100 мг/мл, концентрация ретентата достигала 90 – 110 мг/мл, а для 200 мг/мл – 180 – 220 мг/мл после вытеснения раствором для инъекций. Микробиологические показатели и оптическая прозрачность пермеата находились в пределах допуска, установленных внутренними спецификациями и Государственной фармакопеей [11].

Заключение. Проведённые исследования подтверждают работоспособность кассетной тангенциальной ультрафильтрации для стадий предварительного концентрирования и диафильтрации. При правильно настроенных температурно-гидродинамических режимах в производстве лекарственного средства «Альбумин, раствор для инфузий» метод обеспечивает эффективное удаление этанола и чистоты белковой фракции. Рефрактометрический контроль в сочетании с периодическими ТХУ-тестами обеспечивает оперативную и надёжную систему принятия решений о переходе между операциями концентрирования и диафильтрации. Поддержание низкой температуры ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$), ограничение интенсивности перемешивания и соблюдение рекомендованных диапазонов давления минимизируют риск денатурации и механического повреждения белка. Регламентированная программа предфильтрации, санации и консервации кассет обеспечивает воспроизводимость и санитарную безопасность процесса. Для завершения валидации процесса требуется дополнить результаты долгосрочными испытаниями устойчивости мембран, верификацией вирусной безопасности и статистической оценкой допускаемых отклонений технологических параметров [12, с. 41].

Список использованных источников

1. Тихонов, А. В. Физико-химические основы биотехнологических процессов / А. В. Тихонов, И. П. Смирнов. – М. : Наука, 2015. – 412 с.
2. Кузнецов, В. Н. Технология крови и её компонентов / В. Н. Кузнецов. – СПб. : Питер, 2012. – 360 с.
3. Silebi V., Rossi F. Influence of temperature and shear on albumin stability during ultrafiltration // Bioprocess and Biosystems Engineering. – 2019. – Vol. 42. – P. 987–996.
4. Gornall, A. G. Determination of serum proteins by means of the biuret reaction / A. G. Gornall, C. J. Bardawill, M. M. David // Journal of Biological Chemistry. – 1949. – Vol. 177. – P. 751–766.
5. Mulder, M. Basic Principles of Membrane Technology / M. Mulder. – Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 1996. – 410 p.
6. Baker, R. W. Membrane Technology and Applications / R. W. Baker. – Chichester : John Wiley & Sons, 2012. – 560 p.
7. Zhang, Y. Optimization of diafiltration process for plasma proteins removal of ethanol / Y. Zhang, X. Wang, H. Li // Journal of Membrane Science. – 2017. – Vol. 525. – P. 123–132.
8. World Health Organization. Good Manufacturing Practices for Biological Products. – Geneva : World Health Organization, 2011. – 78 p.
9. Laemmli, U. K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4 / U. K. Laemmli // Nature. – 1970. – Vol. 227. – P. 680–685.
10. Иванова, Н. А. Применение тангенциальной ультрафильтрации при очистке белков плазмы / Н. А. Иванова, С. В. Петров // Вопросы трансфузиологии. – 2018. – № 2. – С. 45–52.
11. European Pharmacopoeia. Monograph Human Albumin (20% solution). – Strasbourg : EDQM, 2017. – Режим доступа: <https://www.edqm.eu>. – Дата обращения: 05.10.2025.
12. Руководство по валидации биофармацевтических процессов / под ред. А. К. Смирнова. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 328 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛАКТОФЕРРИНА В СТАБИЛИЗАЦИИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА В КРОВООБРАЩЕНИИ В УСЛОВИЯХ ОСТРОЙ ИШЕМИИ ЦНС

А.С.Черемисин¹, Е.Ф. Радута¹, О.В. Титко¹, И.Н. Катковская¹, Ж.В. Мотылевич¹,
С.Г. Азизбекян², В.А. Гуринович¹, Н.П. Канунникова^{1,3}, А.Г. Мойсеенок¹

¹ГП «Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларусь»

²ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларусь»

³Гродненский Государственный университет имени Я. Купалы

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы об эффективности лактоферрина в стабилизации микроэлементного статуса в кровообращении в условиях острой ишемии ЦНС. ЛФ обладает прямыми антиоксидантными свойствами. В частности его высокая концентрация обнаружена в нейронах, пораженных при болезни Паркинсона.

Ключевые слова: лактоферрин, антимикробные и противоопухолевые свойства, плазма крови, металлопротеом организма.

Введение. Широкие биологические свойства лактоферрина (ЛФ) – гликопротеина с молекулярной массой близкой к 80 кДа, обладающего функцией трансферрина и противовоспалительными, antimикробными и противоопухолевыми свойствами, привлекают внимание специалистов из различных областей медико-биологических наук. Расширяется сфера практического применения препаратов ЛФ, разработан перспективный рекомбинантный ЛФ человека, углубляются исследования механизмов действия ЛФ из различных источников как и перечень показаний к его назначению [1, 2, 3]. Обращено внимание на нейропротекторную роль ЛФ при раннем развитии мозга, опосредованную модуляцией защитных механизмов нейронов, предотвращающую нейродегенерацию за счет противовоспалительных и иммуномодулируемых процессов [4], в т.ч. за счет воздействия на металлопротеом, например, при ишемическом поражении головного мозга [5].

В эксперименте на животных изучена протекторная роль композиции препарата ЛФ и нанокомплекса Fe+Se+Zn в отношении фонда элементов периферической крови в условиях острой ишемии ЦНС.

Материалы и методы. На половозрелых крысах-самцах линии Wistar CRL:(WI)WU BR в соответствии с требованиями содержания и проведения инвазивного вмешательства осуществлена перевязка обеих общих сонных артерий на период 2 ч в условиях наркозного обездвиживания с применением хлоралгидрата. Отдельным группам крыс трехкратно внутрибрюшинно за 48, 24 ч и 40 мин вводили препарат ЛФ (рекомбинантный человеческий, «Caprabel», производства НПЦ НАН Беларусь по животноводству) в дозе 100 мг/кг массы или в композиции ЛФ с нанокомплексом (НК) Fe+Se+Zn производства НТООО «АКТЕХ» в дозе 1 мг/кг. Образцы крови объемом 100 мкл растворяли в 900 мкл 65%-ной азотной кислоты, аликовоты полученных растворов объемом 100 мкл разбавляли деионизированной водой до 5 мл и подвергали масс-спектрометрии с индуктивно связанный плазмой на приборе NexION 2000B (PerkinElmer, США). Расчет значений проводился в MS Excel.

Полученные результаты и их обсуждение. Установлены значительные сдвиги содержания элементов в периферической крови подопытных животных, заключающиеся в увеличении уровня Mg, Cr, Fe, Co и падении Mn в образцах цельной крови. Введение композиции ЛФ и НК частично нивелировало указанные сдвиги (за исключением Mg, Mn и Fe). Эти результаты в пересчете на гемоглобина выявили падение Mn при ишемии ЦНС и возрастание Se относительно группы контроля при назначении комплекса.

В плазме крови ишемизированных животных обнаружено снижение Cr, Mn, Fe, Cu, что предотвращалось введением композиции ЛФ и НК в отношении Fe, Cu, и Cr но не Mn. Перерасчет результатов на уровень белка выявляет падение уровня Cr при ишемии и увеличение (относительно контроля) Fe, Co, Cu, Se, но не Mn. Тенденция к увеличению уровня Zn также проявилась в результате применения протекторной композиции.

Полученные результаты указывают на стабилизирующую роль препарата ЛФ (в комплексе с наноформами Fe+Se+Zn) на статус макроэлементов в периферическом кровообращении при ишемическом поражении ЦНС. По всей вероятности это является важным механизмом включения металлопротеома в системную противоишемическую и антиоксидантную защиту организма мlek-

питающих. Свойства ЛФ, как белка хелатирующего переходные металлы, проявляются не только в метаболизме железосодержащих белков, но и в функционировании ключевых ферментов антиоксидантной защиты, а также, судя по реакции уровня Mn, на процессах метаболизма пуринов, в которых Mn-зависимая ксантинооксидаза вносит существенный вклад в формирование ишемического редокс-дисбаланса [6].

Заключение. Вероятно, ЛФ обладает прямыми антиоксидантными свойствами. В частности его высокая концентрация обнаружена в нейронах, пораженных при болезни Паркинсона [3]. Во всяком случае, хелатирующая способность ЛФ имеет доминирующее значение [2] и в этом плане перспективы применения ЛФ при вирусной инфекции рассматриваются как вполне реальные. Однако многофункциональность эффектов ЛФ предполагает дальнейшее изучение его воздействия на нейроэндокриноиммунную сферу гомеостаза [2], и, как показывают наши исследования, на металлопротеом организма, сопряженный с хелатированием, транспортом и депонированием микроэлементных компонентов.

Работа выполнена в рамках НИР «Витаминно-микроэлементный статус при метаболических нарушениях и его коррекция природными иммуномодуляторами, микроэлементами и производными витаминов» по заданию 4.1.5. ГПНИ «Трансляционная медицина» (подпрограмма «Экспериментальная медицина»), 2021-2025 гг.

Список использованных источников

1. Канунникова Н.П. Нейропротекторные свойства лактоферрина / Н.П. Канунникова // Веснік ГрДУ ім Я. Купалы. – 2025. – Т.15. – №2. – С. 115–125.
2. Алешина Г.М. Лактоферрин – эндогенный регулятор защитных функций организма / Г.М. Алешина // Медицинский академический журнал. – 2019. – Т.19. – №1. – С. 35–44.
3. Борзенкова Н.В. Лактоферрин: физико-химические свойства. Биологические функции, системы доставки, лекарственные препараты и биологически активные добавки (обзор) / Н.В. Борзенкова, Н.Г. Балабушевич, Н.И. Ларионова // Биофармацевтический журнал. – 2010. – Т. 2. – № 3. – С. 3-19.
4. Schirmbeck G. Neuroprotective role of lactoferrin during early brain development and injury through lifespan / G. Schirmbeck, S. Sizonenko, E. Sanches. // Nutrients. – 2022. – Vol. 14 – Art. 2923. doi: 10.3390/nu14142923.
5. Нечипуренко Н.И. Роль макро-и микроэлементов в патогенезе ишемии головного мозга / Н.И. Нечипуренко, И.Д. Пашковская, Т.А. Прокопенко // Медицинские новости. – 2019. – №. 1. – С. 32-37.
6. Al-Gonaiah M. Xanthine oxidase-induced neuronal death via the oxidation of NADH: Prevention by micromolar EDTA / M. Al-Gonaiah, R.A. Smith, T.W. Stone // Brain Res. – 2009. – Vol. 1280. – P. 33–42.

НАУЧНЫЕ АСПЕКТЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

УДК 502.171:533.97

ТОРФЯНИКИ: ОТ ТОПЛИВА К ПРИРОДНОМУ РЕЗЕРВАТУ. НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ К РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

Е.С. Голубцова, А.А. Вашкель, В.А. Конопацкая

Белорусский национальный технический университет, Минск

Аннотация. Статья посвящена анализу современной проблемы противоречия между экономическим использованием торфяников и необходимостью сохранения их уникальных экосистем. В статье указывается, что осушение и добыча торфа приводят к необратимым последствиям: выбросам парниковых газов, потере биоразнообразия и нарушению гидрологического режима. В качестве решения предлагается комплекс научных подходов, таких как разделение на зоны с разным режимом охраны, применение ресурсосберегающих технологий и приоритетная рекультивация через обводнение. Делается вывод, что инвестиции в восстановление торфяников — это вклад в экологическую безопасность и устойчивое развитие.

Ключевые слова: торфяники, фрезерный метод, ревайлдинг, местное топливо, парниковые газы.

Введение. Исторически сложившийся взгляд на торфяники как на дешёвый местный энергоресурс привёл к масштабной мелиорации и деградации болотных экосистем. В течение десятилетий торф добывался преимущественно фрезерным способом (осушение), что вызывало необратимые изменения в природных комплексах. Однако современная наука кардинально изменила эту теорию, доказав глобальную экологическую ценность нетронутых торфяников. [5, ст. 563-564]

Исследования последних лет убедительно демонстрируют, что торфяные экосистемы являются крупнейшими наземными хранилищами углерода, содержа до 30% его мирового почвенного запаса. [6]. Их осушение и эксплуатация приводят к значительным выбросам парниковых газов, что вносит вклад в глобальное изменение климата. Кроме того, торфяники выполняют ключевые функции регуляции водного баланса обширных территорий, накапливая избыточную влагу в период паводков и постепенно отдавая её в засушливые периоды. Они также служат уникальными местообитаниями, поддерживающими биоразнообразие видов растений и животных. Торфяники обеспечивают сохранение более 7 млрд м³ водных ресурсов за счёт накопления в болотах запасов пресной воды, обеспечения водного питания рек и озёр. [1]

Материалы и методы. В настоящее время основная проблема заключается в противоречии между устаревшими подходами к использованию ресурсов и необходимостью сохранения этих важных экосистем. С одной стороны, сохраняется экономическая привлекательность использования торфа в качестве местного топлива и органического удобрения. С другой стороны, экологическая цена такой деятельности оказывается сильно высокой из-за потери биоразнообразия, нарушения гидрологического режима территорий и выброса парниковых газов. [5]

Современная стратегия использования торфа предполагает разделение ресурсов на разные категории и применение к ним различных методов, предполагающих выделение зон с различным режимом природопользования. Выделяются зоны строгой охраны, где запрещена любая хозяйственная деятельность, зоны рационального использования с применением щадящих технологий, и зоны приоритетной рекультивации ранее нарушенных территорий. [2]

Результаты исследования и их обсуждение. В зонах хозяйственной деятельности внедряются инновационные технологии, такие как гидравлический способ, минимизирующий осушение болотных массивов. [4, ст. 192] Благодаря этим технологиям добыча торфа осуществляется таким образом, что не нарушает водный режим окружающей среды. Особое внимание уделяется технологиям глубокой переработки торфа, позволяющим перейти от сжигания сырого торфа к произ-

водству высокоэффективных брикетов, сорбентов и удобрений пролонгированного действия. [2, ст. 33-35]

Приоритетным направлением становится рекультивация нарушенных торфяников. Здесь доминирует концепция ревайлинга — целенаправленного обводнения выработанных площадей для восстановления их естественных экосистемных функций. Этот подход позволяет не только восстановить способность экосистемы захватывать и изолировать углерод, но и возобновить её водо-регулирующие функции и средообразующую роль. [7, ст. 22]

Научное обеспечение рекультивации охватывает наблюдение за водным балансом, проверку восстановления растительности и анализ изменений в выбросах парниковых газов. Благодаря применению современных методов дистанционного изучения и наземных наблюдений, появилась возможность объективно оценивать, насколько успешны восстановительные мероприятия.

Заключение. Таким образом, произошёл фундаментальный переход от восприятия торфяников как простого топливного ресурса к признанию их статуса стратегических природных резерватов глобального значения. Рациональное управление этими экосистемами сегодня основано на научно обоснованном разделении зон и внедрении ресурсосберегающих технологий, позволяющих найти баланс между ограниченной хозяйственной деятельностью и сохранением жизненно-важных экологических функций.

Основной вектор для торфяного комплекса — это внедрение безотходных технологий в рамках циркулярной экономики. Такой подход позволяет не только минимизировать воздействие на природу за счет сокращения выбросов и переработки отходов, но и повысить экономическую эффективность через выпуск новых, более ценных видов продукции.

Сохранение и восстановление торфяников — это стратегически важный вклад в энергосбережение и борьбу с изменением климата. Они удерживают огромные объемы углерода, выбросы которого от освоения болот многократно перекрывают энергетическую выгоду. Поэтому инвестиции в их восстановление — это не экологическая благотворительность, а прямая инвестиция в экологическую безопасность и устойчивое развитие регионов.

Список использованных источников

1. Болота Беларуси // Беларуская энцыклапедыя імя Петруся Броўкі. – URL: <https://belarusenc.by/belarus/detailarticle.php?ID=12011&ysclid=mhdw0mc59c98341087#function>. Дата доступа: 29.10.2025).
2. Об охране и использовании торфяников: Закон Респ. Беларусь от 18 дек. 2019 г. № 272-3 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – 2019. – 27 дек. – 2/2710. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=N11900272>. Дата доступа: 30.10.2025.
3. Ковалев Н.Г. Технологии биологической переработки торфа в удобрения и биопрепараты / Н.Г. Ковалев, Г.Я. Рабинович, Е.А. Васильева // Труды Инсторфа. — 2023. — Т. 11, № 64.
4. Михайлов А.В. Перспективы развития новых технологий добычи торфа / А.В. Михайлов, Э.А. Кремчев, А.В. Большунов, Д.О. Нагорнов // Семинар № 22. — 2010 – ст. 189-193.
5. Сирин А.А. Болота и антропогенно-измененные торфяники: углерод, парниковые газы, изменение климата // Успехи современной биологии. – 2022. – Т. 142, № 6. – С. 560–577.
6. Ученые предупреждают: торфяники могут высвободить огромные запасы углерода // Rutab. – 2025. – 23 окт. – URL: <https://rutab.net/b/novosti-nauka/2025/10/23/uchenye-preduprezhdayut-torfyaniki-mogut-vysvobodit-ogromnye-zapasy-ugleroda.html>. Дата доступа: 30.10.2024
7. Федориенко Л.Ю. Ревайлинг в мегаполисах: от концепции к реализации / Л.Ю. Федориенко, А.А. Бобкова, А.И. Никифоров // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2023. – Т. 31, № 1. – С. 20–29. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-1-20-29>.

ОДНОРЕАКТОРНЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ОСНОВЕ АЛКОКСИКАРБОНИЛИРОВАНИЯ АЛКЕНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ЦЕЛЯХ РАЗРАБОТКИ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ

Н.Т. Севостьянова, С.А. Баташев

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Тула

Аннотация: В данной работе рассмотрены вопросы однореакторных процессов на основе аллоксикарбонилирования алкеновых соединений в целях разработки ресурсосберегающих технологий получения сложных эфиров. Во всех представленных примерах в мягких условиях были получены выходы целевых продуктов (60–95%), представляющих практическую ценность.

Ключевые слова: аллоксикарбонилирование ненасыщенных соединений, алкеновые соединения, генерирование, практическую ценность.

Введение. Аллоксикарбонилирование ненасыщенных соединений с использованием CO и спиртов (Рис. 1) – одна из наиболее перспективных реакций C₁-химии [1–3]. К ее достоинствам следует отнести:

- 1) ориентированность на переход с традиционного нефтяного сырья на альтернативные источники, в том числе отходы растительной биомассы, для получения синтез-газа, из которого выделяют CO;
- 2) возможность использования в качестве алкеновых соединений и спиртов продукты растительного происхождения, например ненасыщенные жирные кислоты, биоэтанол, сорбитол;
- 3) необратимый характер протекания (в отличие от кислотнокатализитической этерификации карбоновых кислот спиртами), что позволяет получать высокие выходы целевых продуктов без применения дополнительных методов смещения равновесия;
- 4) атомная экономичность, поскольку при использовании наиболее активных и селективных гомогенных палладий-фосфиновых катализаторов аллоксикарбонилирование приводит к образованию лишь изомерных сложных эфиров;
- 5) возможность осуществления в мягких условиях при использовании высокоактивных катализаторов на основе палладия.

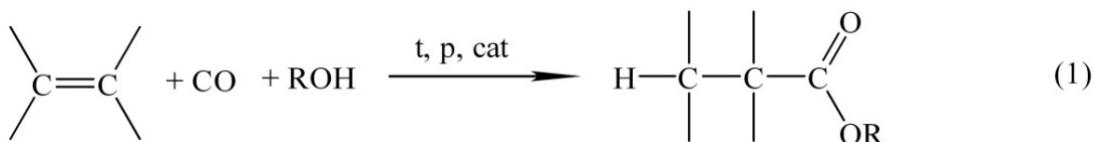


Рисунок 1. – Схема аллоксикарбонилирования алкеновых соединений

Таким образом, аллоксикарбонилирование ненасыщенных соединений имеет хорошие перспективы промышленного внедрения как ресурсосберегающий процесс. Для повышения экономичности и ресурсосбережения при получении сложноэфирных продуктов в последние десятилетия были разработаны совмещенные в одном реакторе процессы, включающие несколько реакций, одной из которых является аллоксикарбонилирование.

Целью данной работы является систематизация и анализ последних достижений в области разработки однореакторных процессов, включающих стадию аллоксикарбонилирования. Для достижения этой цели были выполнены следующие задачи:

- 1) обзор последних литературных данных в области аллоксикарбонилирования ненасыщенных соединений;
- 2) разработка однореакторных процессов синтеза сложных эфиров на основе вторичных спиртов и CO, включающих стадию аллоксикарбонилированию алкенов;
- 3) оценка перспектив промышленной реализации однореакторных процессов, включающих стадию аллоксикарбонилирования.

Одним из наиболее интересных направлений современного аллоксикарбонилирования является изомеризационное аллоксикарбонилирование ненасыщенных жирных кислот (олеиновой, линолевой, линоленовой и др.) и их сложных эфиров в линейные сложные диэфиры – мономеры для син-

теза полиэфиров, полиуретанов и полиамидов (Рис. 2) [1, 2]. Первой стадией является миграция связи $C=C$ в конец цепи, на второй стадии происходит алcoxикарбонилирование этой связи. Каталитическую активность в этих процессах проявляли в основном Pd-фосфиновые системы, включающие сильные протонные кислоты в качестве сокатализаторов. В соответствии с общепринятым на сегодняшний день гидридным механизмом алcoxикарбонилирования ненасыщенных соединений с использованием подобных каталитических систем роль кислоты заключается главным образом в донировании H^+ для генерирования Pd-гидридных каталитических комплексов из Pd^0 -форм [1–3]. При использовании указанных каталитических систем изомеризационное метоксикарбонилирование осуществляли при 80–120 $^{\circ}C$ и давлении CO 2,0–3,0 МПа. Побочными продуктами изомеризационного алcoxикарбонилирования являлись, главным образом, разветвленные сложные диэфиры. В ряде работ сильные протонные кислоты были успешно заменены на кислоты Льюиса – менее коррозионноактивные компоненты.

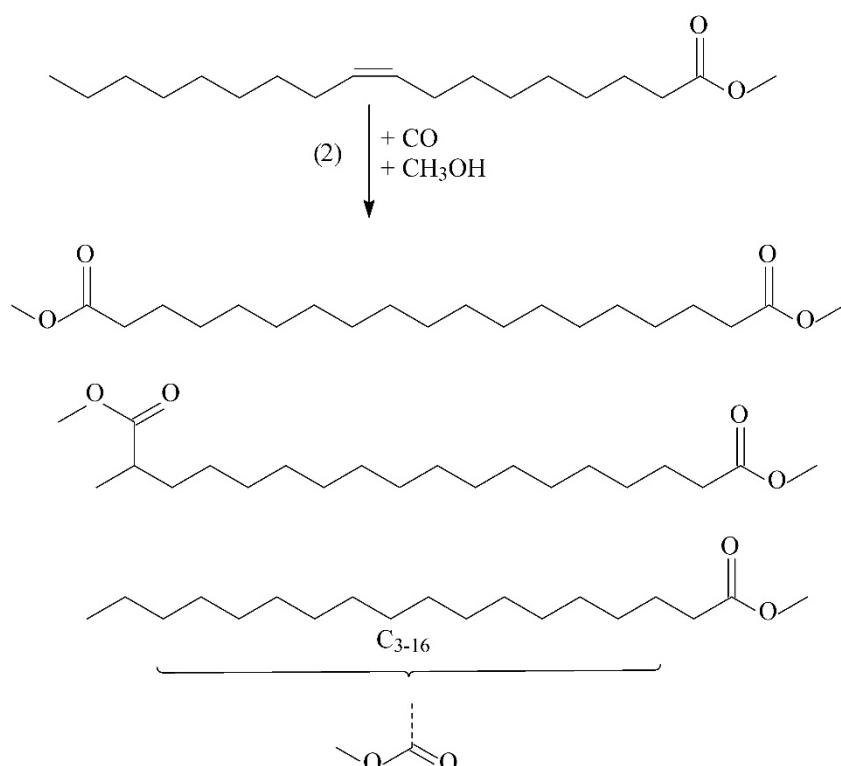


Рисунок 2. – Схема метоксикарбонилирования метилолеата [3]

Нами была установлена возможность совмещения в одном реакторе процессов кислотнокаталитической дегидратации вторичных спиртов (цикlopентанола, циклогексанола, гексанола-2, гептанола-2 и nonанола-2) и последующего алcoxикарбонилирования образующихся *in situ* алkenов. На рис. 3 представлена схема однореакторного процесса на основе циклогексанола и CO.

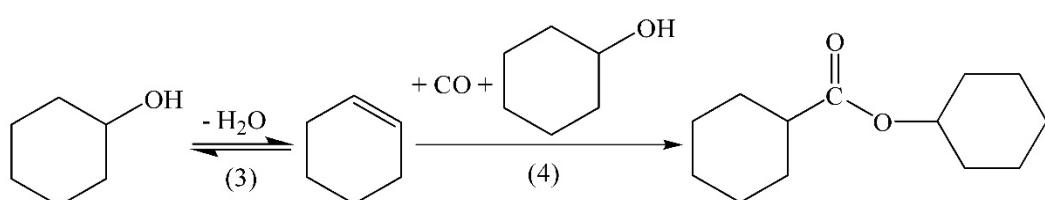


Рисунок 3. – Схема однореакторного процесса дегидратации-алcoxикарбонилирования циклогексанола

Материалы и методы. В работе использовали товарные продукты с содержанием основного вещества не менее 98%: цикlopентанол, циклогексанол, гексанол-2, гептанол-2, nonанол-2, толуол, $Pd(OAc)_2$, $PdCl_2$, $Pd(acac)_2$, $Pd(PPh_3)_2Cl_2$, $Pd_2(dba)_3$, моногидрат п-толуолсульфокислоты, метансульфокислоту, трифторметансульфокислоту, трифторокускусную кислоту, бензолсульфокислоту, трифенилфосфин, дифосфины XANTPHOS и NiXANTPHOS, метансульфонаты натрия и калия, п-

тозилат натрия, CO и Ar. Опыты проводили в стальном реакторе со стеклянной вставкой. Анализ реакционной массы осуществляли методом ГЖХ. Для идентификации продуктов применяли элементный анализ, ИК- и ЯМР-спектроскопию. Детали методики экспериментов изложены в работе [3].

Результаты исследования и их обсуждение. При использовании линейных вторичных спиртов в однореакторных процессах происходило образование интернальных алканов, которые затем подвергались изомеризационному аллоксикарбонилированию с преимущественным образованием сложных эфиров линейных карбоновых кислот. Процессы на основе линейных вторичных спиртов включали стадию изомеризационного аллоксикарбонилирования и протекали с использованием дифосфина XANTPHOS в качестве промотирующей добавки. В качестве побочного продукта процесса на основе циклогексанола и CO образовалась циклогексанкарбоновая кислота. В процессах на основе вторичных линейных спиртов и CO побочными продуктами являлись простые эфиры этих спиртов и сложные эфиры разветвленных карбоновых кислот. Указанные процессы осуществляли при температуре 100–135 °C и давлении CO 2,1–3,1 МПа при разбавлении аргоном до общего давления 5,1 МПа с использованием палладий-фосфиновых каталитических систем с сильными протонными кислотами. Процессы на основе циклоалканолов осуществлялись при более низкой температуре 100–125 °C, в то время как для процессов на основе линейных спиртов требовалось поддержание более высоких температур. Добавление к исследуемым системам натриевых и калиевых солей используемых сильных кислот приводило к увеличению выходов сложных эфиров. По-видимому, гидролиз солей под действием воды, образующейся на стадии (3) (Рис. 3) приводил к связыванию воды, негативно влияющей на равновесие реакции (3) и стадию аллоксикарбонилирования (в условиях высоких концентраций воды прогрессирует образование палладиевой черни), а также к генерированию дополнительных количеств сильных кислот. Полученные сложные эфиры представляют интерес как добавки к топливам и полупродукты в синтезе лекарственных субстанций.

Заключение. Во всех представленных примерах в мягких условиях были получены выходы целевых продуктов (60–95%), представляющих практическую ценность. Организация процессов путем совмещения нескольких химических реакций в одном реакторе позволяет существенно сократить время синтеза целевых продуктов и количество используемых катализаторов, избавляет от необходимости выделять и очищать промежуточные продукты, как правило, путем дистилляции. В конечном счете это позволяет существенно снизить энергозатраты, количество отходов, площади, занимаемые такими производствами, и капитальные затраты. По нашему мнению, все описанные процессы имеют перспективы промышленной реализации.

Список использованных источников

1. Sevostyanova N.T., Batashev S.A. Strong acid-free homogeneous catalytic systems for the ester products synthesis by alkenes alkoxy carbonylation: recent advances // European Journal of Organic Chemistry. – 2025. – Vol. 28, N 1. – e202401010. – URL: <https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ejoc.202401010> (дата обращения 2025-10-15).
2. Севостьянова Н.Т., Баташев С.А. Аллоксикарбонилирование ненасыщенных субстратов растительного происхождения с использованием палладиевых катализаторов как путь к получению сложноэфирных продуктов // Катализ в промышленности. – 2023. – Т. 15. – С. 37–55.
3. Sevostyanova N.T., Batashev S.A., Rodionova A.S., Kozlenko D.K. One-pot esters synthesis from secondary alcohols and CO catalyzed by Pd-phosphine systems // Tetrahedron. – 2023. – V. 146. – 133653. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.tet.2023.133653> (дата обращения 2025-10-15).

ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЦВЕТОЧНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОГО ГРУНТА

Д.В. Цибульский¹, В.В. Моисеев¹, О.Л. Маркович¹, Т.П. Маркович¹, Т.В. Каленчук²

¹ООО «Агросфера Безопасные Технологии»

²Полесский государственный университет

Введение. Почвенные микроорганизмы – это совокупность бактерий, грибов, а также актиномицетов, жизнедеятельность которых полезна для растений. Эти микроорганизмы обитают в зоне корней, повышают плодородие почвы и вырабатывают биологически активные вещества [1]. В почве микроорганизмы образуют сложное сообщество – биоценоз, в котором различные их группы находятся в определенных взаимоотношениях. Они чутко реагируют на изменение внешних условий, и особенно на соседствующие с ними другие микробы. Регулируя условия жизнедеятельности микроорганизмов, можно существенно влиять на плодородие почвы [2].

Rhodococcus – род микроорганизмов, обладающие огромным функциональным разнообразием и характерным комплексом реализуемых стратегических приемов выживания. Они обладают высокой устойчивостью к экстремальным условиям существования, имеют чрезвычайно широкий ареал распространения и встречаются практически во всех типах почв различных почвенно-климатических зон. Широкое расселение этой группы бактерий также обусловлено и чрезвычайным разнообразием трофических возможностей. Они усваивают многие труднодоступные для других бактерий соединения – гумусовые вещества, лигнин и его производные, развиваются на средах с широким диапазоном концентраций органических веществ, что обеспечивает широкий спектр возможных сред обитания [3].

Учеными УО «Полесский государственный университет» из почвы был выделен штамм и зарегистрирован в Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларусь» как штамм *Rhodococcus erythropolis* S18 (БИМ В-1342Д). *Rhodococcus erythropolis* –аэробные, грамм-вариабельные неподвижные актиномицеты, частично кислотоустойчивые и спиртоустойчивые на некоторых этапах цикла роста [5].

А на основе его разработан биопрепаратор «Поле-Агровит Р» который применяется для предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур, опрыскивания растений по вегетации, при подготовке сельскохозяйственной продукции к хранению, для обработки почвы перед посевом и в период вегетации растений как в условиях здорового почвенного агроценоза, так и в условиях загрязнения почвы остаточными количествами фунгицидов, гербицидов, инсектицидов, фитопатогенными микромицетами и продуктами их метаболизма.

Положительный эффект от применения регулятора роста «Поле-Агровит Р», достоверно увеличило урожайность плодов томата в защищенном грунте [5].

Применение «Поле-Агровит Р» позволяет на первом этапе значительно снизить внесение азотных и фосфатных удобрений, на втором и последующих полностью от них отказаться, восстановить природные характеристики почвы и повысить ее продуктивность [6].

Применение биологических регуляторов роста в цветоводстве позволяет более полно реализовать потенциальные возможности растений за счет регулирования таких важных процессов, как закладка и рост корней, рост стебля, листьев, переход к цветению, продолжительность цветения, а также за счет снижения повреждающего действия неблагоприятных факторов окружающей среды.

Целью данной работы явилось изучение влияния биопрепарата «Поле-Агровит Р» на рост и развитие цветочных культур в условиях открытого грунта.

Методика и объекты исследования. Исследования проводили на базе КФХ «Огород Фермера» в посёлке Садовый Пинского района в 2025 году.

Для определения влияния биопрепарата на рост и развитие растений были отобраны культуры хризантем: сорта "Ursula (Урсула)" – ярко-розовая, ранняя, шаровидная; "Kashmir (Кашмир)" – лимонно-желтая, махровая.

Весь эксперимент состоял из 2 этапов: 1. обработка биопрепаратором вегетативной части растений; 2. Измерение морфометрических параметров каждой культуры с целью получения максимальной декоративности и продуктивности данных сортов в условиях открытого грунта .

Первый этап работы заключался в отборе опытного материала испытуемых культур. Далее происходила маркировка согласно схемы эксперимента (контрольные и опытные группы каждой цветочной культуры).

Все растения были помещены в одинаковые условия Состав грунта: компостная земля, поверх слой песка и торфа в соотношении 2:1:1. Глубина посадки 1-1,5 см. Плотность посадки - 1 растение в горшке, объем 1 литр.

Исходя из схемы: цветочные культуры обрабатывались «Поле-Агровит Р» на основе микроорганизма *Rhodococcus erythropolis* S18 БИМ В-1342Д в жидкой солевой питательной среды МТ-1 (титр КОЕ не менее 1×10^8 КОЕ/мл) трехкратно с интервалом в 2 недели из расчета 30 мл/3 л воды/м². При обработке каждого из вариантов, соседние отделялись защитными экранами (1м² рамки с целлофаном) во избежание попадания препарата на соседние растения, контроль обрабатывался дистиллированной водой. Всего вариантов опыта 2 (контроль и опытная группа) в трехкратной повторности (по 30 растений в каждом варианте). Опрыскивание растений водными растворами проводили в раннее время суток (8-10 часов утра).

Снятие морфометрических параметров производилось каждые 7 дней.

Результаты и их обсуждение. По каждому сорту снимали следующие морфометрические показатели: высота побега, ширина и длина верхнего и нижнего листа, количество листьев на растении, количество цветков, диаметр цветка и продолжительность цветения. Результаты эксперимента показали следующее: «Поле-Агровит Р» на всех этапах опыта достоверно стимулирует увеличение высоты побега у всех изучаемых сортов по сравнению с контролем. При исследовании влияния препарата на ширину и длину листа установлено слабое влияние на данный показатель. На показатель диаметра и количества корзинок отмечено достоверное увеличение диаметра корзинок в сравнении с контролем на 15,6 % на всех исследуемых сортах.

Выводы. Все исследуемые сорта по срокам и продолжительности цветения были отнесены к соответствующим феноритмотипам сорта "Kashmir" и сорта "Ursula" являются поздними сортами. Воздействие «Поле-Агровит Р» на исследуемых сортах сорта показал положительный ростостимулирующий эффект.

Список использованных источников

1. Заварзин, Г. А. Введение в природоведческую микробиологию : учеб. пособие /Г. А. Заварзин, Н. Н. Колотилова. – М.: Книжный дом "Университет", 2001. – 256 с.
2. Андреюк, Е. И. Исследование микробных сообществ почвы на разных уровнях их организации / Е. И. Андреюк [и др.] // Микробиологический журнал / Ин-т микробиологии и вирусологии им. Д. К. Заболотного НАН Украины. – Киев, 1998. – Т. 60, № 5. – 243 с.
3. Аристархова, В.И. Нокардиоподобные микроорганизмы / В.И. Аристархова. – Москва: Наука, 1989. – 507 с.
4. Дятлова, К. Д. Микробные препараты в растениеводстве / К. Д. Дятлова // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – Т. 7, № 5. – С. 17–22.
5. Иванистов, А. Н. Эффективность регулятора роста «Поле-Агровит Р» при выращивании огурца в защищенном грунте / А. Н. Иванистов, Ю. Л. Тибец, О. Н. Жук // Вестник БГСХА : науч.-метод. журн. - 2023. - №2. - С. 42-44.
6. Жук, О.Н. Свободноживущие почвенные бактерии *Rhodococcus erythropolis* как эффективные регуляторы роста растений / О.Н. Жук, Д.А. Слиж, А.Н. Иванистов // Пинские чтения : материалы I международной научно-практической конференции, Пинск, 15-16 сентября 2022 г. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.] ; редкол.: В.И. Дунай [и др.]. – Пинск : ПолесГУ, 2022. – С. 199-202.
7. Ivshina, I. B. Novel and ecologically safe biosurfactants from *Rhodococcus* / I. B. Ivshina, J. C. Philp, M. S. Kuyukina, N. Christofi. // Abstr. – CobioTech. – Moscow, 1996. – 350 p.

СОДЕРЖАНИЕ

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

Авраменко С.Н., Онуфрейчик В.А. Биохимический состав и пищевая ценность <i>Spinacia oleracea</i> L. и <i>Eruca sativa</i> L.....	3
Луппова Е.А., Водчиц Н.В., Савочкина И.Н. Влияние геля ФИТОКЛОН TM на приживаемость и морфометрические показатели растений-регенерантов голубики (сорт Чандлер).....	5
Дмитрович Н.П., Козлова Т.В., Шкreblik У.Д. Динамика биомассы водоросли <i>Porphyridium purpureum</i> в зависимости от условий культивирования.....	8
Жук О.Н., Камельчук Я.С., Слиж Д.А. Влияние брацисиостероидов на антимикробную активность эндофитных микромицетов вересковых.....	10
Жуковская Л.А., Семашко Т.В., Клундук Е.В. Получение штаммов <i>Escherichia coli</i> , производящих лактатоксидазы.....	12
Левчук О.Д., Неверко А.А., Сапунова Л.И. Определение потенциальной возможности использования липазы <i>Yarrowia lipolytica</i> в сыроделии.....	15
Панькова С.Р., Галиева Ч.Р. Сравнительный анализ методов детекции бактерий рода <i>Salmonella</i>	17
Тамкович И.О., Левчук О.Д., Сапунова Л.И., Мозоль А.С. Продукция и характеристика свойств β-фруктофуранозидазы мицелиального гриба <i>Aspergillus niger</i> ФФ В-4.....	20

БИОТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Безрученок Н.Н., Тыновец С.В. Применение биологического препарата битоксибациллин против боярышницы на посадках голубики высокорослой.....	23
Бесараб Г.В., Салаев Б.К., Убушаев Б.С., Чекрышева В.В., Святогорова А.Е., Астренков А.В., Натынчик Т.М., Приловская Е.И., Цай В.П., Долженкова Е.А. Эффективность использования синтетических азотсодержащих веществ на продуктивные показатели молодняка крупного рогатого скота.....	26
Бубырь И.В., Еленский М.Е. Химизм копчения пищевых продуктов.....	29
Волкова С.В., Цед Е.А., Новикова В.А., Ивчина Ю.В. Изучение биохимических процессов приготовления сусла и бражки при получении зерновых дистиллятов.....	32
Воробьева М.М., Попок А.С., Мелещук В.А. Полиморфизм рисунка переднеспинки <i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say и фенотипическое проявление резистентности.....	35
Гордеев Ю.А. Применение низкотемпературной плазменной биотехнологии в сельском хозяйстве: обзор эффективности и перспектив.....	37
Коновалова Т.В., Климанова Е.А. Влияние полиморфизма в гене BMPR-1B на структуру и функцию белка у овец.....	40
Кот А.Н., Чекрышева В.В., Святогорова Н.А., Убушкиева А.В., Убушкиева В.С., Радчиков В.Ф., Цай В.П., Богданович И.В., Бесараб Г.В., Разумовский Н.П. Влияние скармливания экструдированной зерносмеси на обмен веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота.....	43
Кот А.Н., Радчиков В.Ф., Серяков И.С., Петров В.И., Марусич А.Г. Рубцовое пищеварение и продуктивность молодняка крупного рогатого скота при включении в рацион органического кобальта.....	46
Кот А.Н., Натыров А.К., Мороз Н.И., Радчиков В.Ф., Богданович И.В., Серяков И.С., Карпеня М.М., Долженкова Е.А., Букас В.В., Карелин В.В. Влияние кратности кормления на обмен веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота.....	49
Мороз И.В., Сапунова Л.И., Лобанок А.Г. Исследование стабильности селенсодержащей кормовой добавки «Селекорд-200» при хранении.....	52
Naidenko I.A., Kupras P.I. Cultivation of lactic acid bacteria on nutrient media containing soy molasses.....	54
Приловская Е.И. Эффективная схема применения молока коз-производителей рекЛФ в рационе телят молочного периода.....	57

Радчикова Г.Н., Убушиева А.В., Убушиева В.С., Скрипин П.В., Козликин А.В., Святогоров Н.А., Сапсалёва Т.Л., Богданович И.В., Долженкова Е.А., Карелин В.В. Повышение интенсивности обмена веществ и продуктивности телят за счёт пробиотической микробного комплекса.....	60
Радчиков В.Ф., Чекрышева В.В., Малявко И.В., Сапсалёва Т.Л., Долженкова Е.А., Медведская Т.В., Лёвкин Е.А., Медведева Д.В., Приловская Е.И. Эффективность использования в кормлении телят заменителя цельного молока с разным содержанием молочного сахара.....	63
Радчиков В.Ф., Медведева Д.В., Садомов А.Н., Измайлович И.Б., Астренков А.В., Натынчик Т.М., Приловская Е.И. Эффективность разных консервантов при заготовке зерна повышенной влажности.....	66
Радчиков В.Ф., Натыров А.К., Мороз Н.И., Цай В.П., Богданович И.В., Серяков И.С., Глинкова А.М., Медведская Т.В., Букас В.В., Карелин В.В. Балансирование рационов молодняка крупного рогатого скота по энергии и протеину.....	68
Радчиков В.Ф., Горлов И.Ф., Мосолов А.А., Цай В.П., Джумкова М.В., Гливанский Е.О., Марусич А.Г., Ганущенко О.Ф., Синцерова А.М. Минеральная добавка дефекат в кормлении коров.....	71
Радчиков В.Ф., Салаев Б.К., Убушаев Б.С., Гамко Л.Н., Менякина А.Г., Астренков А.В., Натынчик Т.М., Кот А.Н., Бесараб Г.В., Шарейко Н.А. Заменитель обезжиренного молока – важный резерв экономии цельного молока.....	74
Радчиков В.Ф., Сложенкина М.И., Мосолова Н.И., Кот А.Н., Пилюк Н.В., Джумкова М.В., Серяков И.С., Райхман А.Я., Ганущенко О.Ф., Букас В.В. Обмен веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота при скармливании зерна разной степени измельчения.....	77
Радчиков В.Ф., Горлов И.Ф., Мосолов А.А., Бесараб Г.В., Джумкова М.В., Шевцов Н.А., Шарейко Н.А., Разумовский Н.П., Синцерова А.М. Обмен веществ и резистентность телят при скармливании биологически активной добавки.....	80
Радчикова Г.Н., Сложенкина М.И., Мосолова Н.И., Скрипин П.В., Козликин А.В., Святогоров Н.А., Бесараб Г.В., Пилюк С.Н., Шарейко Н.А., Медведская Т.В. Влияние содержания протеина в заменителе цельного молока на эффективность выращивания телят. Сапсалёва Т.Л., Менякина А.Г., Гамко Л.Н., Садомов А.Н., Измайлович И.Б., Голуб И.А., Маслинская М.Е., Пилюк Н.В., Ярошевич С.А. Повышение эффективности использования кормов при включении в рацион телят жмыха льна масличного.....	83
Сапсалёва Т.Л., Малявко И.В., Радчикова Г.Н., Богданович И.В., Разумовский Н.П., Глинкова А.М., Карпеня М.М., Лёвкин Е.А., Пилюк С.Н. Влияние скармливания разных количеств рапсовой муки на эффективность выращивания телят.....	88
Сапсалёва Т.Л., Цай В.П., Симоненко Е.П., Будько В.М., Голуб И.А., Маслинская М.Е., Ганущенко О.Ф., Синцерова А.М., Астренков А.В., Натынчик Т.М. Повышение протеиновой питательности рациона молодняка крупного рогатого скота за счет жмыха льна-долгунца.....	91
Сидорова Ю.С., Петров Н.А. Сравнительная оценка <i>in vivo</i> биологической ценности сывороточного белка коровьего молока и его ферментативного гидролизата.....	93
Тыновец С.В., Безрученок Н.Н., Шашко А.В., Тыновец С.С. Функциональная диагностика растений и микробиологический контроль почвы как основа получения органической продукции.....	96
Шляхотко Е.А., Сапунова Л.И., Шепшев А.А. Микробиологическая обработка послеспиртовой барды для повышения эффективности ее фракционирования.....	99

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АКВАКУЛЬТУРЫ

Ильючик И.А., Кологрив Д.В. Накопление фотосинтетических пигментов <i>Chlorella vulgaris</i> при внесении в среду культивирования соли свинца.....	103
--	-----

МЕДИЦИНСКАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

Гордеев Ю.А., Леонов П.С. Клинические испытания хитозана как профилактического средства при лечении дерматологических заболеваний.....	107
Губейко А.С., Дунай В.И., Шляхтун А.Г., Радута Е.Ф., Титко О.В., Катковская И.Н., Гуринович В.А., Мойсейонок А.Г. Влияние метаболических нейропротекторов на уровень	109

экспрессии нейрональной NO-синтазы в гипоталамусе крыс при острой ишемии головного мозга.....	112
Заяц В.С., Шахаб С.Н. <i>In silico</i> исследование ингибирующего действия тетрапептида тентоксин на инозитол-5-монофосфатдегидрогеназы.....	112
Зубрицкая Г.П., Слобожанина Е.И. Поиск маркеров токсичности лития в организме человека.....	115
Макаревич Д.А., Рябцева Т.В., Дусь Д.Д., Королик А.К. Оценка изменений клеточного состава крови после контакта с лигандизированным полисульфоном.....	118
Пашкова О.Л. Получение моноклональных антител к растворимому рецептору трансферрина человека с использованием гибридомной технологии.....	120
Подольский Д.Э., Чешевик В.Т. Влияние ингибиторов электрон-транспортной цепи на параметры АДФ-индуцированной агрегации тромбоцитов.....	122
Тихая А.И., Хилькович Е.И., Бузюк А.Л. Метод ультрафильтрации в производстве лекарственного препарата «Альбумин, раствор для инфузий». Оценка стадий предварительного концентрирования и диафильтрации.....	125
Черемисин А.С., Радута Е.Ф., Титко О.В., Катковская И.Н., Мотылевич Ж.В., Азизбекян С.Г., Гуринович В.А., Канунникова Н.П., Мойсеенок А.Г. Эффективность лактоферрина в стабилизации микроэлементного статуса в кровообращении в условиях острой ишемии ЦНС.....	127

НАУЧНЫЕ АСПЕКТЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Голубцова Е.С., Вашкель А.А., Конопацкая В.А. Торфяники: от топлива к природному резервату. Научные подходы к рациональному использованию.....	129
Севостьянова Н.Т., Баташев С.А. Однореакторные процессы на основе аллоксикарбонилирования алкеновых соединений в целях разработки ресурсосберегающих технологий получения сложных эфиров.....	131
Цибульский Д.В., Моисеев В.В., Маркович О.Л., Маркович Т.П., Каленчук Т.В. Влияние микробиологического препарата на морфометрические параметры цветочных культур в условиях открытого грунта.....	134

Научное издание

**БИОТЕХНОЛОГИЯ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
СБОРНИК**

материалов VII международной
научно-практической *online-offline* конференции,
приуроченной к 20-летию
Полесского государственного университета,

**Полесский государственный университет,
г. Пинск, Республика Беларусь,
4 – 5 декабря 2025 г.**

За содержание и достоверность информации
в материалах сборника отвечают авторы

Формат 60x84/8 Гарнитура Times
Усл. печ. л. 16,15. Уч.-изд. л. 11,34.