

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и
инженерии имени Н.И. Вавилова»
Факультет ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий
Кафедра микробиологии и биотехнологии

Материалы
I Международной научно-практической конференции
«Прикладные биотехнологии для развития сельского хозяйства и
промышленности»

САРАТОВ 2024

УДК 60(08)

ББК 60:63:664(06)

М 34

Редакционная коллегия:

канд. вет. наук Смутнев П.В.,

канд. биол. наук Жничкова Е.Г.

Материалы I Международной научно-практической конференции «Прикладные биотехнологии для развития сельского хозяйства и промышленности», 20 октября 2023 г. – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024. – 107 с.

УДК 60(08)

ББК 60:63:664(06)

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов Российской Федерации в области интеллектуальной собственности и авторского права, несут авторы публикуемых материалов. Материалы опубликованы в авторской редакции.

ISBN 978-5-7011-0859-0

© ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024

© Коллектив авторов, 2024

Научная статья

УДК 579.23

**АНАЛИЗ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ЛЕКТИНА
AZOSPIRILLUM BRASILENSE – ПРИРОДНОГО СИМБИОНТА
ПШЕНИЦЫ**

Светлана Александровна Аленькина

Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, ФИЦ «Саратовский научный центр РАН» (ИБФРМ РАН), Саратов, Россия

Аннотация. В статье представлены данные, позволяющие рассматривать лектины азоспирилл как перспективные соединения для защиты растений от стресса и повышения их продуктивности. Изучали влияние лектинов эпифитного и эндофитного штаммов азоспирилл на абсолютное содержание РНК растения-хозяина при действии абиотических стрессов, что позволяет оценить участие этих белков в стимулировании ответа генетического аппарата растительной клетки на воздействие лимитирующих факторов.

Ключевые слова: корни проростков пшеницы, лектины, РНК, абиотический стресс

**ANALYSIS OF BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF *AZOSPIRILLUM
BRASILENSE* LECTIN – A NATURAL SYMBIONT OF WHEAT**

Svetlana A. Alen'kina

Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, Saratov
Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences
(IBPPM RAS)

Abstract. This article presents data that allow us to consider azospirillum lectins as promising compounds for protecting plants from stress and increasing their productivity. The influence of lectins of epiphytic and endophytic strains of azospirilla on the absolute content of host plant RNA under the action of abiotic stresses was studied, which makes it possible to evaluate the participation of these proteins

in stimulating the response of the plant cell genetic apparatus to the impact of limiting factors.

Keywords: wheat germ roots, lectins, RNA, abiotic stress

Повышение продуктивности сельскохозяйственных культур, а также повышение устойчивости и адаптации растений к неблагоприятным агроклиматическим условиям и антропогенным воздействиям, являются актуальными для сельского хозяйства. В данное время большое внимание уделяется развитию экологически устойчивых сельскохозяйственных систем, в которых продуктивность растений обеспечивается использованием их биологических возможностей, при минимальном применении экологически опасных агрохимикатов – минеральных удобрений, пестицидов, регуляторов роста. Почвенные микроорганизмы могут оказывать положительные эффекты на рост и питание растений. Изучению роли микроорганизмов в облегчении абиотических стрессов для растений уделяется большое внимание в последние несколько десятилетий. Микробы с их потенциальными внутренними метаболическими и генетическими способностями способствуют нивелированию воздействия абиотических стрессов для растений. Частичное или полное замещение агрохимикатов препаратами симбиотических или ассоциативных микроорганизмов является одним из основных способов достижения цели – создание экологически устойчивых сельскохозяйственных систем [Souza *et al.*, 2015; Аленькина *с соавт.*, 2019, 2020].

Ассоциативные бактерии рода *Azospirillum* занимают важное место среди микроорганизмов, обладающих потенциалом стимулировать рост и развитие растений. Среди высокомолекулярных и специфичных веществ, участвующих в межорганизменной коммуникации, важная роль принадлежит лектинам – (глико)протеинам, связывающим строго определенные углеводные группы на поверхности клетки-мишени. С поверхности двух отличающихся по способу колонизации растений штаммов азоспирилл - *A. brasilense* Sp7(эпифит) и *A. brasilense* Sp245(эндофит) были изолированы лектины, являющиеся гликопротеинами, характеризующимися различными молекулярными массами и углеводной специфичностью [Alen'kina *et al.*, 2014; Shelud'ko *et al.*, 2009]. Многолетние исследования свойств и функций лектинов азоспирилл позволили утверждать о их полифункциональности [Alen'ki-

на *et al.*, 2006; 2010; 2014; Аленькина *с соавт.*, 2022]. Значительный интерес представляют исследования процессов, сопровождающих изменение устойчивости в начальный период влияния на растения неблагоприятных факторов. Считается, что именно в этот период адаптации к неблагоприятным факторам происходят события, во многом определяющие весь последующий ход формирования устойчивости.

Высокая температура (гипертермия) отрицательно влияет на метаболизм растений. При нагревании нарушается четвертичная структура сложных белковых комплексов. Низкая температура также негативно сказывается на метаболизм, существенно снижая продуктивность. Известно, что максимальная температура прорастания для большинства сортов пшеницы равна в среднем 38°C, а оптимальная – в пределах от 20 до 32°C. Температура, находящаяся за пределами этих значений, считается неблагоприятной и отрицательно сказывается на растениях, приводя к снижению урожайности и качества зерна.

Действие стрессовых факторов на растения является причиной многочисленных структурных и функциональных изменений, которые направлены на выживание организма. Среди этих изменений существенную роль играет реакция генетического аппарата. В литературе немало данных, указывающих на существенные изменения показателей функционирования генов растений, подвергнутых воздействию абиотических стрессовых факторов [Choi *et al.*, 2007.].

Цель работы заключалась в сравнительной оценке способности лектинов *A. brasilense* Sp7 и *A. baldaniorum* Sp245 оказывать воздействие на содержание РНК в корнях проростков пшеницы при воздействии смоделированных гипо- и гипертермии.

Исследовали два штамма азотфиксирующих ассоциативных бактерий рода *Azospirillum* – *A. brasilense* Sp7 и *A. baldaniorum* Sp245 из коллекции микроорганизмов ИБФРМ РАН (<http://collection.ibppm.ru>). Выделение лектинов с поверхности клеток бактерий проводили как было описано ранее [Alen'kina *et al.*, 2014].

В экспериментах использовали корни четырехдневных проростков семени пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта «Саратовская 29». Они были получены из поверхностно стерилизованных и выращенных в асептических условиях в чашках Петри на дистиллированной воде в темноте при 25°C. Для изучения

влияния стресса, корни в течение двух часов подвергали совместному воздействию лектинов (концентрация 5, 10, 20 и 40 мкг/мл) и температуры +5°C, +42°C. В качестве контроля выступали корни проростков, выращенные при 25°C.

Общее содержание РНК в растительном материале определяли спектрофотометрическим методом [Ермаков *с соавт.* 1987]. Примеси полученных препаратов РНК идентифицировали с помощью сканирующей УФ-спектрофотометрии по отношению поглощений раствора при 260/280 и 260/235 [Уилсон *с соавт.*, 2012]. Суммарное содержание нуклеиновых кислот пересчитывали на сырую массу растительного материала и выражали в мг%.

Статистическую обработку данных проводили с использованием дисперсионного анализа (ANOVA) с помощью пакета программ «AGROS» для статистического анализа. Объем выборки $n=3$. Варианты, достоверно различающиеся по критерию Фишера (F-критерию) при $p \leq 0,05$, обозначены в таблицах с результатами разными буквами латинского алфавита.

Результаты сравнительного изучения содержания РНК в корнях проростков пшеницы при обработке лектинами изучаемых штаммов в условиях смоделированных стрессов показало, что лектины при одинаковой напряженности экстремальных факторов отличались амплитудой изменения изучаемых физиологических параметров. Это свидетельствует о различном воздействии лектинов на адаптационную способность растений в неблагоприятных условиях среды.

Было установлено, что прогрев корней проростков при стрессовой температуре 42°C в присутствии лектинов приводил к увеличению содержания тотальной РНК по сравнению с контролем – корни+гипертермия (таблица 1). После 30-минутной экспозиции в условиях гипертермии происходило максимальное повышение показателя на 25% для *A. brasilense* Sp7 и на 42% для *A. baldaniorum* Sp245 по сравнению с контролем. Для лектина *A. brasilense* Sp7 максимальный эффект был отмечен при концентрации 20 мкг/мл, для *A. baldaniorum* Sp245 при концентрации лектина 10 мкг/мл (таблица 1). Аналогичная картина наблюдалась при гипотермическом стрессе. Происходила повышение содержания РНК после получасового воздействия лектинов на корни. Различными были эффективные концентрации лектинов. Также как и в

случае с гипертермией, для лектина *A. brasilense* Sp7 максимум повышения был отмечен при концентрации 20 мкг/мл (55%), для *A. baldaniorum* Sp245 при концентрации лектина 10 мкг/мл (77%).

Таблица 1 – Влияние лектинов на содержание РНК в корнях проростков пшеницы при воздействии абиотических стрессов

Обработка	РНК, мг % на сырую массу							
	<i>A. brasilense</i> Sp7				<i>A. baldaniorum</i> Sp245			
	15	30	60	120	15	30	60	120
Гипертермия								
контроль	60a	120a	115a	95a	60a	120a	115a	95a
5 мкг/мл	98b	128a	118a	98a	98b	135bc	120b	105b
10 мкг/мл	100c	132b	125c	115b	102c	170c	165d	124b
20 мкг/мл	126d	150d	135d	110a	110c	152c	145d	130c
40 мкг/мл	100c	132c	116a	102a	105c	129b	120b	128c
Гипотермия								
контроль	60a	110a	105a	90a	60a	110a	105a	90a
5 мкг/мл	98b	131b	125c	100b	136c	155c	161d	134d
10 мкг/мл	120d	140c	130c	110b	160d	195d	171d	140d
20 мкг/мл	150d	170dc	160d	130c	135c	175d	140d	132d
40 мкг/мл	110d	130c	110b	96a	100b	130c	115b	110c

Результаты представлены как средние арифметические значения со стандартной ошибкой (n=3). Разными буквами обозначены достоверно отличающиеся величины ($P < 0.05$).

Результаты настоящей работы продемонстрировали участие лектинов азоспирилл в повышении способности растений переносить воздействие абиотических факторов, развивая биохимические реакции, направленные на усиление устойчивости растения. Изучение генетических механизмов позволит эффективно контролировать пути повышения урожайности растений и сохранения их продуктивности, что является актуальной фундаментальной и одновременно прикладной проблемой.

Список источников

1. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А. Методы биохимического исследования растений Ленинград: Агропромиздат, 1987. С. 430.
2. Уилсон К., Уолкер Дж. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии. Москва: Бином. Лаборатория знаний. 2012. С. 848.
3. Alen'kina S.A., Payusova O.A., Nikitina V.E. (2006) Effect of *Azospirillum* lectins on the activities of wheat-root hydrolytic enzymes. Plant Soil 283:147–151.

4. Alen'kina S.A., Matora L.Y., Nikitina V.E. (2010) Assessment of the effect of azospirilla lectins on c-AMP level in plant cells. *Microbiology* 79:853–855.
5. Alen'kina S.A., Bogatyrev V.A., Matora L.Yu., Sokolova M.K., Chernysheva M.P., Trutneva K.A., Nikitina V.E. (2014) Signal effects of the lectin from the associative nitrogen-fixing bacterium *Azospirillum brasilense* Sp7 in bacterial-plant root interactions. *Plant Soil* 381:337–349.
6. Alen'kina S., Kupryashina M. (2022) Influence of *Azospirillum* lectins on the antioxidant system response in wheat seedling roots during abiotic stress. *Soil Res.* 60:197–209.
7. Choi C.S., Sano H. (2007) Abiotic-stress induces demethylation and transcriptional activation of a gene encoding a glycerophosphodiesterase-like protein in tobacco plants. *Mol. Genet. Genom.* 277:589–595.
8. Shelud'ko A.V., Ponomareva E.G., Varshalomidze O.E., Vetchinkina E.P., Katsy E.I., Nikitina V.E. (2009) Hemagglutinating activity and motility of the bacterium *Azospirillum brasilense* in the presence of various nitrogen sources. *Microbiology* 78:696–702.
9. Souza R.D., Ambrosini A., Passaglia L.M.P. (2015) Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genet. Mol. Biol.* 38:401–419.

© Аленькина С. А., 2024

Научная статья

УДК 579.64

СПОСОБНОСТЬ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ГАЛОФИТОВ, СТИМУЛИРОВАТЬ ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Бегали Сайдуллаевич Аликулов, Зафар Файзуллаевич Исмаилов

Институт биохимии Самаркандского государственного университета имени Шароф Рашидова, г. Самарканд, Узбекистан

Аннотация. В настоящем исследовании проведены эксперименты по оценке влияния обработки эндофитными бактериями, выделенными из некоторых галофитных растений, на плодовитость сельскохозяйственных культур

и показано, что бактериальные изоляты обладают положительными стимулирующими свойствами.

Ключевые слова: эндофит, галофит, изолят, семена растений

THE ABILITY OF ENDOPHYTIC BACTERIA ISOLATED FROM HALOPHYTES TO STIMULATE THE GERMINATION OF AGRICULTURAL CROPS SEEDS

Begali S. Alikulov, Zafar F. Ismailov

Institute of Biochemistry, Samarkand State University named after Sharof Rashidov, Samarkand, Uzbekistan

Abstract. In the present study, experiments were conducted to evaluate the effect of treatment with endophytic bacteria isolated from some halophytic plants on the fertility of crops and showed that bacterial isolates have positive stimulating properties.

Key words: endophyte, halophyte, isolate, plant seeds

Сегодня менее одного миллиарда гектаров территории мира являются первичными, более 77 миллионов га – вторичного засоления, а 58% площадей вторичного засоления – орошаемые площади. Расширение площадей, подверженных засолению, приводит к снижению урожайности возделываемых культур, в результате чего потребности населения в продуктах питания удовлетворяются недостаточно. Ситуация требует разработки и применения эффективных биотехнологий, основанных на инновационных тенденциях повышения устойчивости сельскохозяйственных культур к стрессовым факторам, в том числе к росту в условиях засоления. В связи с этим одной из актуальных задач является определение свойств экстремофильных эндофитных бактерий галофитных растений, широко распространенных на засоленных территориях, стимулировать развитие культурных растений и оценить их биотехнологический потенциал.

В мире ведутся исследования по развитию применения микробных препаратов на основе активности растительных микроорганизмов в сельском хозяйстве регионов, подверженных различным стрессовым факторам. В связи с

этим актуальна разработка конкурентоспособно перспективных биотехнологий для практического применения путем исследования эндофитных бактерий галофитных растений, широко распространенных в засоленных районах, но не используемых в отраслях экономики.

В тканях разных растений обнаружены специфические сообщества эндофитных бактерий. Сообщалось, что помимо стимуляции роста растений они играют важную роль в защите от фитопатогенных микроорганизмов [1]. Эндофитные бактерии имеют ряд преимуществ перед ризосферными бактериями. Попадая в ткани, они находятся в прямом контакте с растением, в результате чего устанавливается легкая связь между клетками, что оказывает прямое благотворное влияние на растение-хозяин [2].

Зарубежные и отечественные ученые исследовали эндофитные бактерии различных растений и их свойства, способствующие развитию растений. Однако сведения об эндофитных бактериях некоторых галофитных растений, широко распространенных в пустынных районах Узбекистана, в научных источниках встречаются редко. К таким растениям можно отнести *H. aphyllum*, *H. belangeriana*, *H. strobilaceum* [3, 4].

На основании приведенного анализа следует отметить, что выделение эндофитных бактерий из растений *H. aphyllum*, *H. belangeriana* и *H. strobilaceum* и оценка их влияния на уровень всхожести семян сельскохозяйственных культур имеют важное научное и практическое значение.

Выделенные эндофитные штаммы бактерий выращивали индивидуально в питательном бульоне при 30°C в течение 96 часов, доводя концентрацию клеток до 10⁸ КОЕ/мл. Семена растений (хлопчатника, пшеницы и огурца) подвергали поверхностной стерилизации путем замачивания в гипохлорите натрия (2%) в течение 3 минут и промывания в стерильной воде [5]. Стерильные семена инокулировали бактериями (10 семян хлопка, 20 семян пшеницы и 20 семян огурца на каждый изолят) путем замачивания в бактериальной суспензии и переносили в стерильные чашки Петри с влажной фильтровальной бумагой для проращивания. Чашки Петри хранили в холодильнике при температуре 25°C. Уровень всхожести семян проверяли на 4-й и 7-й дни.

В экспериментах изучено более 700 сегментов стеблей и корней галофитов обыкновенных Юго-Западных регионов Узбекистана. Всего в чистой культуре выделено 65 изолятов эндофитных бактерий, растущих на поверх-

ности питательной среды, из них 20 изолятов (НАРН1-НАРН20) - от *H. aphyllum*, 25 изолятов (SSU1-SSU25) - от *H. belangeriana*, и 20 изолятов (НАСТ1-НАСТ20) были выделены из *H. strobilaceum*.

В экспериментах по определению влияния обработки изолятами эндофитных бактерий *H. aphyllum* на всхожесть семян сельскохозяйственных культур выявлено, что в растениях пшеницы из 20 выделенных изолятов (НАРН2, НАРН8, НАРН12, НАРН13, НАРН15, НАРН16) и 6 в хлопке (НАРН2, НАРН8, НАРН12, НАРН14, НАРН15, НАРН). У 80% (16) бактериальных изолятов всхожесть семян пшеницы, хлопка и огурца оказалась выше 90%. Обработка изолятами эндофитных бактерий *H. aphyllum* НАРН2, НАРН8, НАРН12, НАРН15 и НАРН16 обеспечила 100% прорастание семян во всех исследовательских центрах.

В результате экспериментов по определению влияния обработки изолятами эндофитных бактерий *H. strobilaceum* на всхожесть семян сельскохозяйственных культур в растениях пшеницы было выделено 7 из 20 изолятов (НАСТ2, НАСТ6, НАСТ7, НАСТ9, НАСТ10, НАСТ13, НАСТ17), 8 в хлопке (НАСТ1, НАСТ2, НАСТ7, НАСТ9, НАСТ10, НАСТ11, НАСТ14, НАСТ17) и 9 огурцов (НАСТ2, НАСТ5, НАСТ7, НАСТ9, НАСТ10, НАСТ13, НАСТ16), НАСТ17, НАСТ18) показали 100% всхожесть семян. У 85% (17) бактериальных изолятов всхожесть семян пшеницы, хлопчатника и огурца оказалась выше 90%. Было доказано, что обработка эндофитными бактериями *H. strobilaceum* НАСТ2, НАСТ7, НАСТ9, НАСТ10 и НАСТ17 обеспечивает 100% прорастание семян во всех исследовательских центрах. Обработка семян пшеницы, хлопка и огурца бактериальными изолятами привела к улучшению всхожести во всех вариантах по сравнению с контрольным вариантом.

В результате экспериментов по определению влияния обработки изолятами эндофитных бактерий *H. belangeriana* на всхожесть семян сельскохозяйственных культур из растений пшеницы было выделено 7 изолятов из 25 (SSU2, SSU4, SSU7, SSU11, SSU16, SSU18, SSU21), 6 из хлопка. (SSU4, SSU7, SSU11, SSU16, SSU18, SSU21) и 7 огурцов (SSU1, SSU4, SSU7, SSU12, SSU16, SSU18, SSU21) имели 100% всхожесть семян. У 72% (18) бактериальных изолятов всхожесть семян пшеницы, хлопчатника и огурца оказалась выше 90%. В опытах при обработке изолятами эндофитных бактерий *H.*

belangeriana SSU4, SSU7, SSU16, SSU18 и SSU21 всхожесть семян во всех объектах исследования была равна 100%.

Результаты исследования показали, что эндофитные бактерии некоторых галофитных растений стимулируют прорастание и развитие семян сельскохозяйственных культур.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Hassan SE. Plant growth-promoting activities for bacterial and fungal endophytes isolated from medicinal plant of *Teucrium polium* L. J. Adv. Res. 2017; 8 (6): 687–695. <https://doi.org/10.1016%2Fj.jare.2017.09.001>
2. Jayakumar A, Kumar VP, Joseph M., Nair IC, Remakanthan A, Radhakrishnan EK. Plant growth-promoting mechanisms of endophytes. Editor(s): Ajay Kumar, Radhakrishnan E.K, Microbial Endophytes, Woodhead Publishing, 2020, Pages 57-74, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819654-0.00003-X>
3. Alikulov B, Shurigin V, Davranov K, Ismailov Z. Plant growth-promoting endophytic bacteria associated with *Halocnemum strobilaceum* (Pall.)M. Bieb and their plant beneficial traits. Plant Science Today. 2022; 8 (sp1): 44-50. <https://doi.org/10.14719/pst.1605>
4. Shurigin V, Alikulov B, Davranov K, Ismailov Z. Bacterial endophytes from halophyte black saxaul (*Haloxylon aphyllum* Minkw.) and their plant growth-promoting properties. J Appl.Biol Biotech 2022; 10(01):45–53. <http://dx.doi.org/10.7324/JABB.2021.100106>
5. Egamberdieva D, Wirth SJ, Shurigin VV, Hashem A, Abd_Allah EF. Endophytic bacteria improve plant growth, symbiotic performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and induce suppression of root rot caused by *Fusarium solani* under salt stress. Front Microbiol. 2017; 8:1887. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01887>

© Аликулов Б.С., Исмаилов З.Ф., 2024

СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИНДИКАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ БАКТЕРИАЛЬНЫХ БИОПЛЕНОК

**Ольга Ивановна Гулий¹, Стелла Сергеевна Евстигнеева¹,
Виктор Дмитриевич Бунин²**

¹Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», 410049 Саратов, Россия

²EloSystem GbR, 13407, Берлин, Германия

Аннотация. Непрерывный мониторинг за образованием бактериальных биопленок имеет решающее значение для борьбы с инфекционными заболеваниями человека и животных. Сенсорные проточные системы могут быть идеальными платформами для индикации образования биопленок, поскольку ограничиваются небольшим объемом образца и обеспечивают точно контролируемые условия, включая однородность исследуемой суспензии. В работе представлена проточная сенсорная система для анализа формирования биопленок, основанная на измерении изменений поляризуемости клеток бактерий под действием переменного электрического поля и анализе оптического сигнала в режиме реального времени.

Ключевые слова: сенсорная система, бактериальные биопленки, индикация

SENSORY SYSTEM FOR BACTERIAL BIOFILM FORMATION INDICATION

Olga I. Guliy¹, Stella S. Evstigneeva¹, Viktor D. Bunin²

¹Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms – Subdivision of the Federal State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scien-

tific Centre of the Russian Academy of Sciences (IBPPM RAS), Saratov 410049, Russia

²EloSystem GbR, Berlin 13407, Germany

Abstract. Continuous monitoring of bacterial biofilm formation is critical for the control of infectious diseases in humans and animals. Sensor flow systems may be ideal platforms for indicating bacterial biofilm formation because they are limited to small sample volumes and provide precisely controlled conditions, including homogeneity of the test suspension. The paper presents a flow sensor system for bacterial biofilm formation indication based on measuring changes in cell polarizability under the influence of an alternating electric field and analyzing the optical signal in real time.

Key words: sensory system, bacterial biofilms, indication

Биопленки представляют собой организованные бактериальные сообщества, погруженные во внеклеточный полимерный матрикс и прикрепленные к биотическим или абиотическим поверхностям. Биопленка является предпочтительной формой существования бактерий в природной среде обитания: более 95% всех микроорганизмов на планете обитает в подобных консорциумах, а не поодиночке. Способность формировать биопленки является основной частью жизненного цикла большинства микроорганизмов и успешной стратегией защиты бактерий от неблагоприятных факторов среды. Образование бактериальных биопленок признано одним из наиболее важных факторов развития стойких внутрибольничных инфекций [1], а также заражения медицинских устройств, включая кардиостимуляторы, электрические диализаторы, суставные протезы, внутривенные и мочевые катетеры. Помимо этого, биопленки могут формироваться на оборудовании при производстве продуктов питания, бумаги, а также на буровых установках и др. [2]. Поэтому усилия исследователей направлены на развитие методов борьбы с бактериальными биопленками. Однако, полное уничтожение биопленок является довольно сложной задачей, поскольку существует возможность повторного заражения, обусловленного способностью клеток в составе биопленок быстро адаптироваться к изменяющимся условиям среды. В связи с этим, необходима разработка методов быстрой индикации первых этапов формирования биопленок в режиме реального времени.

Стандартными методами обнаружить биопленки крайне проблематично из-за сложностей при высеваемости клеток из бактериального сообщества. Биосенсорные системы могут быть идеальными платформами для контроля образования биопленок, поскольку они компактны и не требуют значительных объемов измерительного образца. Несмотря на наличие методов по контролю за формированием биопленок, методы индикации первых стадий их образования на практике отсутствуют. Уникальную возможность для анализа формирования микробных биопленок представляет микрофлюидная система на основе оптического мониторинга [3,4]. При переходе бактерий из планктонной формы в биопленочную происходит изменение их физиологического состояния [5], которое сопровождается перераспределением ионов и зарядов на поверхности микробной клетки, что может быть зафиксировано датчиком.

Непрерывный мониторинг за образованием бактериальных биопленок имеет решающее значение для борьбы с инфекционными заболеваниями человека и животных. Сенсорные проточные системы могут быть идеальными платформами для индикации образования биопленок, поскольку ограничиваются небольшим объемом образца и обеспечивают точно контролируемые условия, включая однородность исследуемой суспензии. В работе представлена проточная сенсорная система для индикации формирования биопленок на примере бактерий *Pseudomonas*. Способ основан на регистрации изменений поляризуемости клеток под действием переменного электрического поля и анализе оптического сигнала в режиме реального времени. Проведены контрольные эксперименты с применением фазово-контрастной микроскопии и стандартного микробиологического посева, доказывающие взаимосвязь изменений регистрируемых параметров сенсорной системы и формирование бактериями биопленок. Установлено увеличение регистрируемого времени релаксации при начале формирования биопленок, а также появление пиково-внутрибольничныхбразного сигнала в процессе измерения. Преимуществом предложенного метода является возможность проведения анализа непосредственно в жидкости без предварительной подготовки образца с возможностью многократного использования датчика.

Результаты этих исследований в дальнейшем могут быть применимы для выявления бактерий, обладающих повышенной способностью к образованию биопленок, а также для мониторинга роста биопленочных сообществ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. M.D. Macià, E. Rojo-Molinero, A. Oliver, Antimicrobial susceptibility testing in biofilm-growing bacteria, *Clin. Microbiol. Infect.* 2014, 20, 981–990, <https://doi.org/10.1111/1469-0691.12651>.
2. A. Bridier, P. Sanchez-Vizuetе, M. Guilbaud, J.-C. Piard, M. Naïtali, R. Briandet, Biofilm-associated persistence of food-borne pathogens, *Food Microbiol.* 2015, 45, 167–178, <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.04.015>.
3. S. Junne, M. Nicolas Cruz-Bournazou, A. Angersbach, P. Götz, Electrooptical monitoring of cell polarizability and cell size in aerobic *Escherichia coli* batch cultivations, *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 2010, 37, 935–942, <https://doi.org/10.1007/s10295-010-0742-5>.
4. O.I. Guliy, V.D. Bunin, Electrooptical analysis as sensing system for detection and diagnostics bacterial cells, in the book, *Biointerface Engineering: Prospects in Medical Diagnostics and Drug Delivery*. Editors: Chandra, P.; Pandey, LM. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2020. Chapter 11. pp. 233–254. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4790-4_11.
5. M. Otto, *Staphylococcal* biofilms, in: T. Romeo (Ed.), *Bacterial Biofilms, Current Topics in Microbiology and Immunology*, vol. 322, Springer, Berlin, Heidelberg, 2008, pp. 207, https://doi.org/10.1007/978-3-540-75418-3_10. –228.

© Гулий О.И., Евстигнеева С.С., Бунин В.Д., 2024

Научная статья

УДК 579.6

БИОМАРКЕРЫ ДЛЯ ОНКОДИАГНОСТИКИ

**Ольга Ивановна Гулий^{1*}, Сергей Александрович Староверов¹,
Роман Дмитриевич Вырщикoв¹ Лев Абрамович Дыкман¹**

¹Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», 410049 Саратов, Россия

*Адрес для переписки: guliy_olga@mail.ru (О.И. Гулий)

Аннотация. Постоянный рост численности онкологических заболеваний привлекает внимание ученых всего мира к развитию новых методов их диагностики. По данным Всемирной организации здравоохранения онкологические заболевания занимают второе место в списке основных причин смерти после заболеваний сердечно-сосудистой системы. В то время как понимание биологии опухоли, а также методы клинического вмешательства значительно улучшились, прогресс в развитии диагностических технологий при онкозаболеваниях все еще нуждается в совершенствовании. Одним из важных направлений является развитие новых методов ранней диагностики рака, основанных на определении онкологических биомаркеров.

Ключевые слова: биомаркеры, диагностика, онкология

BIOMARKERS FOR ONCODIAGNOSTICS

**Olga I. Guliy^{1*}, Sergey A. Staroverov¹, Roman D. Vyrshchikov¹,
Lev A. Dykman¹**

¹Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms – Subdivision of the Federal State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (IBPPM RAS), Saratov 410049, Russia

*Corresponding author. *E-mail address:* guliy_olga@mail.ru (O.I. Guliy)

Abstract. The constant increase in the number of cancer diseases attracts the attention of scientists around the world to the development of new methods for their diagnosis. According to the World Health Organization, cancer ranks second in the list of leading causes of death after diseases of the cardiovascular system. While the understanding of tumor biology as well as clinical intervention methods have improved significantly, progress in the development of diagnostic technologies for cancer still needs to be improved. One of the important directions is the development of new methods for early diagnosis of cancer, based on the determination of cancer biomarkers.

Key words: biomarkers, diagnostics, oncology.

Злокачественная трансформация клеток возникает вследствие длительного накопления генетических и эпигенетических событий. Согласно данным ВОЗ, в 2020 г. было зарегистрировано почти 10 миллионов смертей из-за различных видов рака: рака легких, толстой кишки, прямой кишки, печени, желудка и молочной железы. По данным ВОЗ в 2020 г. онкологические заболевания занимают второе место в списке основных причин смерти после заболеваний сердечнососудистой системы [1, 2]. Диагностика рака зависит от этапа развития заболевания, поэтому на каждом этапе могут применяться разные методы диагностики [3]. Ранняя диагностика опухолеобразования может улучшить прогноз развития болезни. Неуклонный рост численности онкологических заболеваний и связанная с ней смертность населения привлекает внимание ученых всего мира к развитию новых методов ранней диагностики опухолей. Методы скрининга и наблюдения за раком включают ультразвук, маммографию, цифровую маммографию, магнитно-резонансную томографию, компьютерную томографию, позитронно-эмиссионную томографию и магнитно-резонансную спектроскопию и др. Биопсия опухолевой ткани долгое время была золотым стандартом диагностики рака, однако этот метод имеет значительные ограничения для мониторинга лечения, поскольку обеспечивает лишь ограниченную информацию об опухолевой нагрузке пациента, помимо того, что метод инвазивен и иногда трудно применим [4]. В настоящее время для диагностики используются другие методы, такие как иммуногистохимия, гибридизация *in situ*, разновидности метода полимеразной цепной реакции, проточная цитометрия и микрочипы, а также сенсорные технологии [5]. Существует острая потребность в неинвазивных чувствительных, надежных и общедоступных инструментах скрининга для идентификации ранних признаков онкологических патологий.

Биомаркеры рака являются важными индикаторами роста опухоли. Они используются не только для диагностики и мониторинга заболевания, но и для обеспечения прогностического подхода к лечению. Обнаружение опухолеассоциированных и неоантигенов, связанных с опухолью, и аутоантител к ним у больных раком может способствовать диагностике злокачественной опухоли на ранней стадии и определить эффективность иммунотерапии.

Опухолевые клетки обладают мощными цитопротекторными механизмами, основанными на молекулярных шаперонах, уровень которых во многих

типах опухолей значительно повышен [6, 7]. К ним, в частности, относят белки теплового шока (БТШ). Синтез БТШ контролируется транскрипционным фактором HSF1 [8], который отвечает за регуляцию транскрипции генов, функционально связанных с прогрессией опухоли [9]. Так аутоантитела против HSP70 в сыворотках от пациентов с плоскоклеточным раком пищевода обеспечили сильный инструмент для выявления новых сывороточных маркеров, которые могут иметь клиническое использование [10]. Тот факт, что БТШ являются маркером онкологических заболеваний, способствует развитию методов их определения, в том числе с помощью сенсорных технологий [11].

Целенаправленные исследования ученых по диагностике рака и биоинженерии на протяжении десятилетий создавали молекулярные сенсорные зонды, которые позволяли бы диагностировать и прогнозировать раковые заболевания путем их взаимодействия с опухолевыми клетками и/или растворимыми в крови биомаркерами [12]. Одним из таких направлений является развитие сенсорных систем, которые представляют собой интегрированные рецепторно-преобразовательные устройства, включающие рецептор, сопряженный с преобразователем (физическим/химическим) и детектор. Рецепторная часть содержит элементы биологического распознавания (пептиды, нуклеиновые кислоты, антитела, ферменты, белки, целые клетки и срезы тканей) для взаимодействия с аналитом. В зависимости от концентрации аналита (биомаркера) преобразователь выдает сигнал, который количественно определяется детектором. Измеряя уровни определенных белков, экспрессируемых и/или секретируемых опухолевыми клетками, биосенсоры могут определять наличие опухоли, ее доброкачественность или злокачественность, а также оценить эффективность проводимого лечения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного Фонда проект № 24-29-00463.

Список источников

1. Всемирная организация здравоохранения. Рак: официальный сайт. – 2021. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/cancer> (дата обращения 30.01.2024).

2. Ferlay J., Colombet M., Soerjomataram I., Parkin D.M., Piñeros M., Znaor A., BrayInt F. Cancer statistics for the year 2020: An overview // J. Cancer. 2021. 149. 778–789.
3. Crosby D., Bhatia S., Brindle K.M., Coussens L.M., Dive C., Emberton M., Esener S., Fitzgerald R.C., Gambhir S.S., Kuhn P., Rebbeck T.R., Balasubramanian S. Early detection of cancer // Science. 2022. 375. eaay9040.
4. Vaidyanathan R., Soon R.H., Zhang P., et al. Cancer diagnosis: from tumor to liquid biopsy and beyond // Lab Chip. 2019. 19. 11–34.
5. Kumar R., Pawaiya R.V.S. Advances in cancer diagnostics // Braz. J. Vet. Pathol. 2010. 3. 141–152.
6. Wang X., Chen M., Zhou J., Zhang X. HSP27, 70 and 90, anti-apoptotic proteins, in clinical cancer therapy (Review) // Int. J. Oncol. 2014. 45. 18–30.
7. Gunther S., Ostheimer C., Stang S., et al. Correlation of Hsp70 serum levels with gross tumor volume and composition of lymphocyte subpopulations in patients with squamous cell and adeno non-small cell lung cancer // Front. Immunol. 2015. 6. 556.
8. Akerfelt M., Morimoto R. I., Sistonen L. Heat shock factors: integrators of cell stress, development and lifespan // Nat. Rev. Mol. Cell Biol. 2010. 11. 545–555.
9. Mendillo M.L., Santagata S., Koeva M., et al. HSF1 drives a transcriptional program distinct from heat shock to support highly malignant human cancers. // Cell. 2012. 150. 549–562.
10. Fujita Y., Nakanishi T., Miyamoto Y., et al. Proteomics-based identification of autoantibody against heat shock protein 70 as a diagnostic marker in esophageal squamous cell carcinoma // Cancer Lett. 2008. 263. 280–290.
11. Staroverov S.A., Kozlov S.V., Brovko F.A., et al. Phage antibodies against heat shock proteins as tools for *in vitro* cancer diagnosis // Biosens. Bioelectron.: X. 2022. 11. 100211.
12. Thenrajan T., Wilson J. Biosensors for cancer theranostics // Biosens. Bioelectron.: X. 2022. 12. 100232.

© Гулий О.И., Староверов С.А., Вырщикова Р.Д., Дыкман Л.А., 2024

Научная статья

УДК 664.149

ПОДБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЗЕФИРА ИЗ ЯБЛОЧНОГО ЖМЫХА

Мария Валентиновна Дикарева, Юлия Валерьевна Ушакова, Кристина Евгеньевна Белоглазова, Гульсара Есенгильдиевна Рысмухамбетова

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

Аннотация. В работе изучена возможность использования яблочного жмыха в технологии производства зефира. Зефир, полученный в результате протирания яблочного жмыха, варки с сахаро-агарным сиропом и высушиванием при температуре 20-25 °С отличался равномерно пористой структурой, умеренно сладким вкусом.

Ключевые слова: яблочный жмых, зефир, органолептическая оценка, сахаристое кондитерское изделие

SELECTION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS FOR THE PREPARATION OF MARSHMALLOWS FROM APPLE CAKE

Maria V. Dikareva, Yulia V. Ushakova, Kristina E. Beloglazova, Gyulsara E. Rysmukhambetova

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

Abstract. The paper examines the possibility of using apple cake in marshmallow production technology. Marshmallows obtained by rubbing apple cake, cooking with sugar-agar syrup and drying at a temperature of 20-25 °C were characterized by a uniformly porous structure, moderately sweet taste.

Key words: apple cake, marshmallow, organoleptic evaluation, sugary confectionery

Яблочный жмых – это твердый остаток примерно 25 – 30 % от общего количества переработанных фруктов, полученный после извлечения сока из яблок [1].

Во всем мире производится несколько миллионов тонн яблочного жмыха. Все части яблок содержат многочисленные фитохимические вещества, в том числе натуральные антиоксиданты, а также простые сахара, пектин и клетчатку [2].

Яблочные выжимки в основном состоят из кожуры и мякоти – 95 %, семян – 2–4 % и стеблей – 1 %. Кроме этого, они содержат влагу – 9,00 %, жира – 2,27 %, белка – 2,37 %, золы – 1,60 %, углеводы – 84,70 %, крахмала – 5,60 % и общего сахара – 54,20 %. Яблочные выжимки содержат примерно 10 – 15 % пектина в пересчете на сухую массу [3]. Относительно общего выхода клетчатки в промышленной яблочной выжимке, то он составляет 74 % [4].

Актуальность работы заключалась в том, чтобы использовать вторичное сырье – яблочный жмых в технологии производства сахаристых кондитерских изделий.

Целью работы явилось подобрать технологические параметры для приготовления зефира из яблочного жмыха.

Для реализации поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Подобрать технологические параметры для приготовления зефира из яблочного жмыха;
2. Оптимизировать технологические режимы для приготовления зефира из яблочного жмыха.

Объектом исследования являлся зефир из яблочного жмыха.

В работе было использовано следующее сырье:

- яблочный жмых СПССК «Хвалынский сад» (Россия), ассорти из таких яблок как – северный синап, беркутовские, ранет бергамот;
- сахар-белый «Русский сахар» ОАО «Валуйкисахар» (Россия), ГОСТ 33222 – 2015;
- яйцо куриное свежее С1, АО «Симоновская птицефабрика» (Россия), ГОСТ 31654 - 2012;
- агар-агар ИП Хромов Д.М. (Россия), ТУ 10.89.19.-004-0153599359-2020.

Органолептическую оценку проводили согласно ГОСТ 5897-90. Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей.

Для разработки технологии производства зефира из яблочного жмыха были приготовлены 3 опытных образца, которые отличались количеством ингредиентов и технологическими параметрами изготовления.

В качестве контроля была взята технология зефира из яблочного пюре [5].

В таблице 1 представлены рецептуры опытных образцов зефира из яблочного жмыха.

Таблица 1 – Рецептура опытных образцов зефира из яблочного жмыха на 1 кг продукта

Продукты	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Пюре из яблочного жмыха	358	365	328	410
Сахар-белый	756	771	788	547
Яичный белок	70	71	105	123
Агар	14	14	13	16
Вода	200	203	197	328
Выход полуфабриката	1398	1424	1431	1424
Выход готового продукта	1000	1000	1000	1000
Органолептическая оценка, баллы	5,00 ± 0,00	2,56 ± 0,06	3,89 ± 0,03	4,90 ± 0,08

Технология приготовления образца 1 заключалась в следующем, яблочный жмых заливали холодной водой и варили до размягчения, далее протирали, уваривали и охлаждали. Затем полученное пюре взбивали с сахаром (44 %) на скорости 350 об/мин в течении 3-5 мин. Далее вводится яичный белок и взбивается на той же скорости до увеличения в объёме в 2-3 раза, пока масса не посветлеет. Для приготовления сиропа, агар смешивали с водой, довели до кипения, всыпали оставшуюся часть сахара (56 %) и уваривали при температуре 110 °С до «тонкой нити». Готовый сироп вливали в пюре тонкой струёй, затем взбивали 7-10 мин, после чего перекладывали готовую массу в кондитерский мешок и отсаживали. Сушили при температуре 20-23 °С в течение 5 часов, затем посыпали сахарной пудрой.

В ходе проведенного выше эксперимента установлено, что при взбивании масса увеличилась только в 1,5 раза, при отсаживании зефирная масса была

жидкая и растекалась. После высушивания в течение 4-5 ч на поверхности зефира появлялась корочка, а внутри он оставался жидким.

Образец 2 отличался тем, что в готовый теплый перетертый жмых добавляли 1/3 части сахара, после чего охлаждали до температуры 4 °С. Затем пюре смешивали с белком и взбивали на скорости 700 об/мин в течение 3-5 мин. Для приготовления сиропа, агар в сухом виде смешивали с сахаром, затем добавляли воду и варили при температуре 110 °С до пробы «тонкая нить». Горячий готовый сироп, не переставая взбивать, добавляли в пюре тонкой струей и взбивали 5 мин. Затем готовую массу перекладывали в кондитерский мешок и отсаживали. Сушили при температуре 20-23 °С в течение 8 часов, затем посыпали сахарной пудрой

Отмечено, что при использовании данной технологии зефир после высушивания остался пюреобразным и жидким. Кроме этого, изделие в течение одной минуты впитало в себя сахарную пудру.

Для образца 3 пюре из яблочного жмыха и сироп готовили аналогично с образцом 1. Отличие приготовления заключалось в следующем, подготовленное пюре соединили с сиропом и варили 5 мин. Яичный белок взбивали до пышной пены и далее в него ввели смесь сиропа и пюре, затем взбивали 5-7 мин, пока масса не посветлела и не увеличилась в объеме в 3 раза. Массу перекладывали в кондитерский мешок и отсаживали. Сушили при температуре 20-23 °С в течение 5 часов и посыпали кукурузным крахмалом. Установлено, что при использовании данной технологии у готового изделия консистенция была слегка затянутой, без кристаллов сахара. Структура зефира была равномерной и пенообразной.

В результате исследований подобраны технологические параметры зефира из яблочного жмыха. Установлено, что наилучшим был образец 3, который обладал высокими органолептическими показателями по сравнению с другими образцами.

Список источников

1. Продукты переработки яблочного жмыха. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://sushilka22.ru/articles/tag/жмых>. Дата обращения 06.10.2023 г.

2. Емельянов, И. И. Выделение полезных соединений из яблочного жмыха / И. И. Емельянов, С. А. Сухих // Материалы Всероссийской научно-

практической конференции «Неделя студенческой науки», Москва, 25 апреля 2023 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина». – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина», 2023. – С. 541-543.

3. Пути переработки отходов, полученных после отжима сока / И. А. Костеев, М. В. Мишанин, В. Н. Стрижевская, И. В. Симакова // Технологии и продукты здорового питания: Сборник статей XI Международной научно-практической конференции, Саратов, 28–29 ноября 2019 года. – Саратов: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. – С. 50-53.

4. Ресурсосберегающие технологии с использованием вторичного сырья сокового производства / И. А. Сорокопудов, К. А. Мальцева, А. А. Киселев [и др.] // АПК России: образование, наука, производство: Сборник статей V Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 19–20 декабря 2022 года / Под научной редакцией М.К. Садыговой, М.В. Беловой, А.А. Галиуллина. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 160-164.

5. Чизкейк внутри. Книга вторая / В. Мельник. – М.: Экс-мо, 2019. – 128 с.

© Дикарева М.В., Ушакова Ю.В., Белоглазова К.Е., Рысмухамбетова Г.Е., 2024

Научная статья

УДК 579.222.4

ВЛИЯНИЕ ПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ, СОЗДАНЫХ НА ОСНОВЕ ЭКЗОПОЛИСАХАРИДОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ, НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Лидия Владимировна Карпунина¹, Светлана Витальевна Лящева²

Арина Александровна Шьюрова¹, Галина Тимофеевна Урядова³

¹ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», г. Саратов, Россия

²ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока»,
г. Саратов, Россия

³ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского», г. Саратов, Россия

Аннотация. Изучали влияние экзополисахарида (ЭПС) *Streptococcus thermophilus* в виде плёночного покрытия на рост и развитие растений озимой мягкой пшеницы (Жемчужина Поволжья, Калач 60, Анастасия). Показано положительное влияние бактериального ЭПС на высоту растений, кустистость, площадь флагового листа. Наиболее отзывчивым оказался сорт Анастасия.

Ключевые слова: полисахарид, пленочное покрытие, бактерии, *Streptococcus thermophilus*, пшеница

INFLUENCE OF FILM COATINGS CREATED BASED ON EXOPOLYSACCHARIDES OF LACTIC ACID BACTERIA ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF WINTER WHEAT

***Lidia V. Karpunina¹, Svetlana V. Lyashcheva², Arina A. Shyurova¹,
Galina T. Uryadova³***

¹FSBEI HE Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov", Saratov, Russia

²FGBNU "Federal Agrarian Research Center of the South-East",

Saratov, Russia

³FSBEI HE Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky", Saratov, Russia

Summary. We studied the effect of exopolysaccharide (EPS) of *Streptococcus thermophilus* in the form of a film coating on the growth and development of winter soft wheat plants (Pearl of the Volga region, Kalach 60, Anastasia). The positive effect of bacterial EPS on plant height, bushiness, and flag leaf area was shown. The Anastasia variety turned out to be the most responsive.

Key words: polysaccharide, film coating, bacteria, *Streptococcus thermophilus*, wheat.

Введение. Экзополисахариды микроорганизмов в последние годы все шире применяются в промышленном производстве и сельском хозяйстве [1]. В последние годы значительное внимание уделяется биопленкам, созданным на основе ЭПС. Одна из актуальных проблем сельского хозяйства состоит в увеличении урожайности, сохранении плодородия почв, ростостимуляции, улучшении питания растений, увеличении влагоудерживающей способности семян. Показано, что биопрепараты, содержащие в своем составе полисахариды, увеличивают полевую всхожесть и стимулируют рост растений; выполняют роль быстро доступных запасов энергии; продлевают срок действия микробных препаратов и пестицидов. Растения, обработанные такими препаратами, быстро поглощают воду и питательные элементы, тем самым иницируя более раннюю фотосинтетическую активность и ускоряя созревание урожая [2]. При этом гелевые препараты имеют ряд преимуществ и, по данным многих авторов, часто оказываются более эффективными, чем жидкие [2,3]. Имеются сведения, что покрытие семян воздухо- и водорегулирующей пленкой, способствует повышению устойчивости растений к стрессам и фитопатогенам на ранних стадиях онтогенеза, а также защищает интродуцируемые и аборигенные почвенные микроорганизмы от повреждающего действия экстремальных факторов (температуры, высушивания, УФ-радиации).

Цель работы: оценить действие экзополисахаридов *Streptococcus thermophilus* в виде плёночного покрытия семян на морфометрические

показатели озимой мягкой пшеницы.

Объект и методы исследований. Объектом для исследований явились следующие сорта озимой мягкой пшеницы: Жемчужина Поволжья, Калач 60, Анастасия.

Для приготовления плёночного покрытия на основе ЭПС *S.thermophilus* были использованы: бактериальный ЭПС – 1,5 г; карбоксиметилцеллюлоза – 6,85г; глицерин – 12,5 мл; дистиллированная вода – 225 мл [4]. Все составляющие были смешаны и доведены до однородного состояния.

Для обработки семян пшеницы плёночным покрытием, созданным на основе ЭПС *S.thermophilus*, опытные образцы в количестве 1500 штук каждого сорта выдерживали 15 минут в растворе (геле), затем их высушивали при комнатной температуре, предотвращая слипание. Посев на делянки площадью 3м² производился сеялкой ССФК-8: контроль (не обработанные ЭПС семена) и опыт (обработанные ЭПС семена).

В процессе исследования отбирали по 10 растений каждого сорта контроля и опыта для морфометрических замеров в фазы осеннего и весеннего кущения, колошения. Для определения веса сухого вещества растения помещали в сушильный шкаф при температуре 100 °С до получения постоянного веса.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли по стандартным методам [5] с использованием параметрического t-критерия Стьюдента (достоверными считали различия при вероятности ошибки $P < 0,05$), а также с помощью методов параметрического и непараметрического анализа с использованием пакетов прикладных программ «Statistica 8.0 for Windows» (StatSoft – Russia) и Microsoft Office Excel 2007.

Результаты исследований и их обсуждение

Семена 3 сортов озимой мягкой пшеницы (Жемчужина Поволжья, Калач 60, Анастасия), обработанные плёнкой, созданной на основе ЭПС *S.thermophilus*, высевали на делянки сеялкой ССФК-8. Измерение контрольных и опытных растений проводили в фазы осеннего и весеннего кущения, колошения.

В фазу осеннего кущения (30 дней после всходов) выявлено, что опытные растения сортов Калач 60 и Анастасия по высоте значительно отличались от контрольных. Растения сорта Калач 60, полученные из обработанных семян,

снизили высоту на 16,5 % по сравнению с контролем. Реакция сорта Анастасия оказалась обратной – со значимым увеличением высоты растений и тенденцией к повышению количества узловых корней и веса сухого вещества. У растений сорта Жемчужина Поволжья значимое влияние обработки семян на изучавшиеся признаки не проявилось (Таблица 1).

Таблица 1 – Результаты измерений растений озимой мягкой пшеницы в фазу осеннего кущения

Вариант	Высота растения, см	Кустистость, шт.	Количество корней		Вес, г	
			узловые	зародышевые	сырой	сухого вещества
Жемчужина Поволжья						
Контроль	19,70±0,42	3,10±0,23	2,70±0,30	3,30±0,15	7,80	1,80
Опыт	20,10±0,48	3,40±0,16	2,60±0,34	3,20±0,13	8,60	1,90
Калач 60						
Контроль	20,00±0,60	4,70±0,33	2,10±0,31	3,50±0,31	7,70	1,80
Опыт	16,70±0,73*	4,60±0,40	2,80±0,47	3,70±0,40	7,80	1,80
Анастасия						
Контроль	16,50±0,56	3,60±0,34	1,40±0,27	3,80±0,33	5,90	1,40
Опыт	18,60±0,58*	3,70±0,21	2,30±0,37	4,30±0,45	8,10	2,00

Примечание: $P \leq 0,05$ * относительно контроля.

В фазу весеннего кущения при отборе проб обнаружено, что предпосевная обработка семян сорта Калач 60 стимулировали более интенсивное кущение (в 1,7 раз по сравнению с контролем), что привело к увеличению веса растений. При этом отмечена тенденция к снижению площади листьев. В то время как разницы между опытными и контрольными образцами озимой мягкой пшеницы 2 сортов Жемчужина Поволжья и Анастасия по высоте растений, кустистости, вегетативной и сухой массе, площади листа установлено не было (Таблица 2).

Таблица 2 – Результаты измерений растений озимой мягкой пшеницы в фазу весеннего кущения

Вариант	Высота растения, см	Кустистость, шт.	Вес, г		Площадь листьев, $см^2$
			сырой	сухого вещества	
Жемчужина Поволжья					
Контроль	38,25±1,11	4,00±0,41	20,92	3,85	5,92±1,01
Опыт	37,50±1,76	6,00±1,08	16,66	3,86	4,58±0,72
Калач 60					
Контроль	36,50±0,84	3,00±0,58	15,72	2,66	4,72±0,51
Опыт	37,38±1,21	5,00±0,41*	17,78	3,54	3,91±0,33
Анастасия					
Контроль	32,05±2,57	4,00±0,58	14,24	3,91	3,85±0,69
Опыт	30,23±1,86	5,00±0,41	17,30	2,23	3,31±0,97

В фазу колошения последствие предпосевной обработки семян выявлено на сортах Жемчужина Поволжья и Анастасия. Опытные растения превышали по высоте контрольные в 1,1 раз. У сорта Калач 60 также отмечена положительная тенденция по этому признаку. Реакция растений сорта Анастасия на предпосевную обработку выразилась в увеличении количества побегов и площади флагового листа в 1,7 и 1,6 раза соответственно по сравнению с контролем (Таблица 3).

Таблица 3 – Результаты измерения растений озимой мягкой пшеницы в фазу колошения

Вариант	Высота растения, см	Кустистость, шт.	Длина верхнего междоузлия, см	Длина флагового листа, см	Площадь флагового листа, см ²	Длина колоса, см	Кол-во колосков/недоразвитых
Жемчужина Поволжья							
Контроль	91,00±1,68	4,60±0,93	20,30±0,58	23,40±2,25	32,35±2,40	9,40±0,35	17,80/0,20±0,49/0,20
Опыт	96,50±1,55*	5,00±0,71	20,80±0,80	23,80±1,59	37,44±3,46	9,50±0,45	18,00/0,20±0,00/0,20
Калач 60							
Контроль	83,25±1,93	7,40±2,61	20,80±4,11	19,60±1,43	26,73±2,19	7,64±0,19	14,60/0,80±0,40/0,20
Опыт	87,75±0,63	6,00±1,14	14,80±1,35	23,10±2,48	23,26±1,73	6,78±0,32*	13,60/2,00±0,75/0,32
Анастасия							
Контроль	83,20±3,71	3,25±0,48	18,60±0,60	18,80±1,16	17,74±1,44	8,98±0,55	17,20/0,80±0,97/0,37
Опыт	93,80±2,31*	5,40±0,75*	18,30±4,00	19,30±1,22	28,34±3,53*	9,80±0,34	18,00/0,2±0,00/0,20

Заключение

Таким образом, в процессе исследований было показано, что предпосевная обработка семян озимой мягкой пшеницы ЭПС *S.thermophilus* в виде пленки оказывает в разной степени благоприятное влияние на рост и развитие растений в течение вегетации. Наиболее отзывчивым оказался сорт Анастасия.

Список источников

1. Елинов, Н.П. Химия микробных полисахаридов / Н.П. Елинов. – М.: Высшая школа, 1984. – 156 с.
2. Горин, С.Е. Перспективы изучения внеклеточных полисахаридов дрожжей / Горин С.Е. и др. // Микробные метаболиты. – М., 1979. – 347 с.

3. Кочетков, Н.К. Синтез полисахаридов / Н. К. Кочетков. – М.: Наука, 1994. – 217 с.

4. Влияние экзополисахарида *Streptococcus thermophilus* на стрессоустойчивость сорго / Л.В. Карпунина, Н.В. Калмыков, В.В. Бычкова [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 5. – С. 27-30.

5. Воробьев, В.Я. Теория и эксперимент / В.Я. Воробьев, А.И. Елсуков. – Минск: Высшая школа, 1989. – 109 с.

© Карпунина Л.В., Лящева С.В., Шьюрова А.А., Урядова Г.Т., 2024

Научная статья

УДК 579.6

ФАГОВЫЕ АНТИТЕЛА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНТИБИОТИКОВ

Анжелика Викторовна Мартыненко¹, Ольга Александровна Караваева², Александр Сергеевич Фомин², Ольга Ивановна Гулий²

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, Саратов, 410012, Россия.

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, ФИЦ «Саратовский научный центр РАН» (ИБФРМ РАН), Саратов, 410049, Россия

*Адрес для переписки: guliy_olga@mail.ru (О.И. Гулий)

Аннотация. Биосенсорные методы анализа антибиотиков являются неотъемлемой частью экологического мониторинга окружающей среды, при этом необходимым элементом любой сенсорной системы является подбор элемента распознавания. Альтернативным инструментом для подбора элемента распознавания является фаговый дисплей антител, позволяющий получать антитела к низкомолекулярным антигенам. В работе проведены исследования по оптимизации условий наработки фаговых антител, специфичных к гентамицину. Показана возможность применения фаговых антител для определения гентамицина.

Ключевые слова: фаговый дисплей, антитела, антибиотики, определение

PHAGE ANTIBODIES FOR ANTIBIOTICS DETECTION

*Angelika V. Martynenko¹, Olga A. Karavaeva², Alexander S. Fomin²,
Olga I. Guliy²*

¹Saratov State University, Saratov, 410012, Russia.

²Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms – Subdivision of the Federal State Budgetary Research Institution Saratov Federal Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (IBPPM RAS), Saratov 410049, Russia.

*Corresponding author. *E-mail address:* guliy_olga@mail.ru (O.I. Guliy)

Summary. Biosensor methods for the analysis of antibiotics are an integral part of environmental monitoring of the environment, and a necessary element of any sensor system is the selection of a recognition element. An alternative tool for selecting a recognition element is phage antibody display, which makes it possible to obtain antibodies to low-molecular-weight antigens. The work carried out studies of optimization of conditions for the production of phage antibodies specific to gentamicin, as well as the preservation of their activity during storage. The possibility of using phage antibodies for the determination of gentamicin has been demonstrated.

Key words: phage display, antibodies, antibiotics, definition

Одной из востребованных задач современной биотехнологии является развитие методов мониторинга токсичных веществ, в том числе антибактериальных препаратов. Антибактериальные препараты - одни из самых важных лекарств, используемых в здравоохранении и ветеринарии. Ежегодное увеличение потребления антибиотиков приводит к их накоплению в окружающей среде и развитию антибактериальной резистентности. Бактериальная антибиотикорезистентность усиливается из-за неадекватного применения антибактериальных препаратов в медицине и ветеринарии и появления антибактериальных препаратов в окружающей среде, водных ресурсах и продуктах питания. Загрязнение антибактериальными препаратами объединяет проблему загрязнения не только антибиотиками, но и различными биологически активными соединениями в целом (лекарства, метаболиты лекарств или эндокринные разрушители). Чтобы предотвратить экологическую катастрофу, необходим постоянный мониторинг источников воды на содержание антибиотиков. Поэтому важно разрабатывать быстрые и эффективные методы для контроля анти-

биотиков в водных ресурсах. В этом направлении большой потенциал принадлежит сенсорным системам анализа. Необходимым элементом любой сенсорной системы является подбор чувствительного элемента (элемента распознавания). В качестве сенсорного элемента датчика могут быть использованы антитела, микробные клетки, аптомеры, ферменты и др. [1,2]. Антитела являются классическим инструментом распознавания, а специфичное взаимодействие антитело-антиген широко применяется в сенсорных системах определения антибиотиков.

Альтернативным способом получения специфичных антител является фаговый дисплей антител, позволяющий получать антитела к низкомолекулярным антигенам (гаптенам). Суть метода заключается в экспонирование чужеродных пептидов или белков на поверхности фаговых частиц в составе одного из химерных белков оболочки [3-6]. Успех в применении фаговых антител в качестве сенсорного элемента датчика зависит от предварительной отработки метода их наработки. Поэтому в работе проводились исследования по развитию методики получения антител, специфичных к антибиотикам, с использованием технологии фагового дисплея. В качестве антибактериального препарата применяли гентамицин (представитель аминогликозидных антибиотиков). Выбор гентамицина обусловлен тем, что он активно используется в медицине (в соответствии с данными на 2021 г.) и важно разрабатывать методы его контроля в окружающей среде [7].

В 1999 г. в ИБФРМ РАН в ходе выполнения совместного научного проекта с Университетом г. Абердина (Великобритания) был передан фаговый дисплей антител овцы, протоколы и методические рекомендации по применению данной технологии [8]. Основой метода является создание комбинаторной библиотеки, в которой переменные участки легких и тяжелых цепей иммуноглобулинов соединены случайным образом и представлены на поверхности нитевидного бактериофага (M13K07). Каждый бактериофаг экспрессирует антитела единственной специфичности. Фаги, несущие антигенсвязывающие фрагменты антител (scFv, Fab) нужной специфичности, могут быть отобраны на иммобилизованном антигене. В результате проведенных исследований подобраны оптимальные условия для проведения отбора антител, специфичных к гентамицину. Полученные фаговые антитела позволяют определять гентамицин в водных растворах методом дот-иммуноанализа. В дальнейшем будут

проводиться исследования по оценке сохранения активности фаговых антител, специфичных к гентамицину, в процессе хранения.

Таким образом, в работе показана возможность применения технологии фагового дисплея для получения антител, специфичных к гентамицину и установлена возможность их применения для определения гентамицина.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного Фонда проект № 24-24-00309.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

[1] Purohit B., Vernekar P.R., Shetti N.P., Chandra P. Biosensor nanoengineering: design, operation, and implementation for biomolecular analysis, *Sens. Int.* 2020, 1, 100040, <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2020.100040>.

[2] Guliy O.I., Bunin V.D. Electrooptical analysis as sensing system for detection and diagnostics bacterial cells, in the book, *Biointerface Engineering: Prospects in Medical Diagnostics and Drug Delivery*. Editors: Chandra, P.; Pandey, LM. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2020. Chapter 11. pp. 233–254. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4790-4_11.

[3] Тикунова Н.В., Морозова В.В. Тикунова Н.В. Фаговый дисплей на основе нитчатых бактериофагов: применение для отбора рекомбинантных антител // *Acta Naturae* (русскаяязычная версия). - 2009. – Т. 1, № 3. - С. 22-3

[4] Smith G.P. Filamentous fusion phage: novel expression vectors that display cloned antigens on the virion surface // *Science*. 1985. V. 228. P. 1315–1317.

[5] Smith G.P., Scott J.K. Libraries of peptides and proteins displayed on filamentous phage // *Methods in enzymology*. 1993. V.217. P. 228–257.

[6] McCafferty J., Griffiths A.D., Winter G., Chiswell D.J. Phage antibodies: Filamentous phage displaying antibody variable domains // *Nature*. 1990. V. 348. P.552–554.

[7] Sales of veterinary antimicrobial agents in 31 European countries in 2018 Trends from 2010 to 2018. Tenth ESVAC report. https://www.ema.europa.eu/en/documents/report/sales-veterinary-antimicrobial-agents-31-european-countries-2018-trends-2010-2018-tenth-esvac-report_en.pdf.

[8] Charlton K.A., Moyle S., Porter A.J., Harris W.J. // *The Journal of Immunology*. 2000. V. 164. P. 6221–6229. [https://doi.org/10.1016/S0956-5663\(01\)00192-0](https://doi.org/10.1016/S0956-5663(01)00192-0).

© Мартыненко А.В., Караваева О.А., Фомин А.С., Гулий О.И., 2024
Научная статья

УДК 628.385

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА АНАЭРОБНОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ПРИ ИЗБЫТОЧНОМ ДАВЛЕНИИ В РЕАКТОРЕ

Эльза Равилевна Михеева¹, Инна Валентиновна Катраева^{1*},
Дмитрий Леонидович Ворожцов¹, Александра Николаевна Виноградова¹

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского», Нижний Новгород
603022, Россия

*Адрес для переписки: lab4-5@mail.ru (И.В. Катраева)

Аннотация. В работе представлены результаты исследования непрерывного процесса анаэробной ферментации молочной сыворотки в реакторе с иммобилизующей загрузкой (пенополиуретан и угольный войлок) при автогенерируемом избыточном давлении. Процесс проводился в термофильных условиях (55°C). В ходе эксперимента ступенчато увеличивали нагрузку по органическому веществу и снижали гидравлическое время удерживания.

Ключевые слова: анаэробная ферментация, молочная сыворотка, автогенерируемое давление

STUDYING THE PROCESS OF ANAEROBIC FERMENTATION OF CHEESE WHEY AT EXCESSIVE PRESSURE IN THE REACTOR

Elsa R. Mikheeva¹, Inna V. Katraeva^{1}, Dmitry L. Vorozhtsov¹,
Alexandra N. Vinogradova¹*

¹National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN),
Nizhny Novgorod 603022, Russia

*Corresponding author. *E-mail address:* lab4-5@mail.ru (I.V. Katraeva)

Abstract. The paper presents the results of a study of the continuous process of anaerobic fermentation of cheese whey in a reactor with an immobilizing agents (polyurethane foam and carbon felt) at self-generated excess pressure. The process

was carried out under thermophilic conditions (55°C). During the experiment, the load of organic rate was increased stepwise and the hydraulic retention time was reduced.

Key words: anaerobic fermentation, cheese whey, self-generated pressure.

В последнее время большое количество работ посвящено методам совершенствования и интенсификации анаэробных процессов, включая изучение процесса анаэробной ферментации (АФ) при избыточном давлении.

Анаэробное сбраживание под давлением можно проводить в реакторах непрерывного действия, или реакторах периодического действия путем добавления газа извне (N_2 или CO_2), или путем накопления биогаза в свободном пространстве биореактора (автогенерируемое давление) – процесс АНРД. АФ при избыточном давлении позволяет производить биогаз с более высоким содержанием метана за счет большей растворимости CO_2 по сравнению с CH_4 , а также снизить энергетические затраты на удаление CO_2 из биогаза [1, 2].

В ходе проведенного лабораторного эксперимента изучали влияние автогенерируемого избыточного давления на процесс анаэробной ферментации молочной сыворотки в термофильном режиме (55°C). Анаэробное сбраживание проводили в реакторе из полипропилена, имеющим рабочий объем 0,9 л в непрерывном режиме с рециркуляцией. В качестве иммобилизующего материала для реактора были использованы кусочки пенополиуретана и угольного войлока в равных объемах с общей массой 7 г. В реактор изначально был загружен инокулят из биореактора, в котором протекал непрерывный процесс метанового брожения молочной сыворотки. В качестве субстрата была использована сухая молочная сыворотка, предварительно разведенная дистиллированной водой в 200 раз с ХПК 6800 мг/л. В субстрат добавляли соду 2 г/л и аммиак 0,25 мл/л, рН разведенной сыворотки составлял 8,85. В процессе эксперимента ступенчато снижали гидравлическое время удерживания (HRT): 24 ч; 15 ч; 6 ч и, соответственно, увеличивали нагрузку по органическому веществу (OLR): 6,8; 10,9; 27,2 кгХПК/м³ сут.

Увеличение давления в реакторе способствовало повышению концентрации метана в биогазе (рис.1.), что было особенно заметно при HRT 15 ч, OLR 10,9 кгХПК/м³ сут.

В процессе эксперимента было установлено, что увеличение давления способствовало повышению рН в эффлюенте на 10% при HRT 10 ч, и на 6,3% при HRT 15 ч, при HRT 6 ч изменения значения рН в эффлюенте не наблюдали.

Также было установлено, что при снижении HRT и росте давления эффективность удаления ХПК снижалась с 90,7% до 79,4% при HRT 15 ч и с 83% до 73,5% при HRT 6 ч.

Содержание водорода в биогазе колебалось от 0,1 до 1,9 % и не зависело от HRT и давления в реакторе.

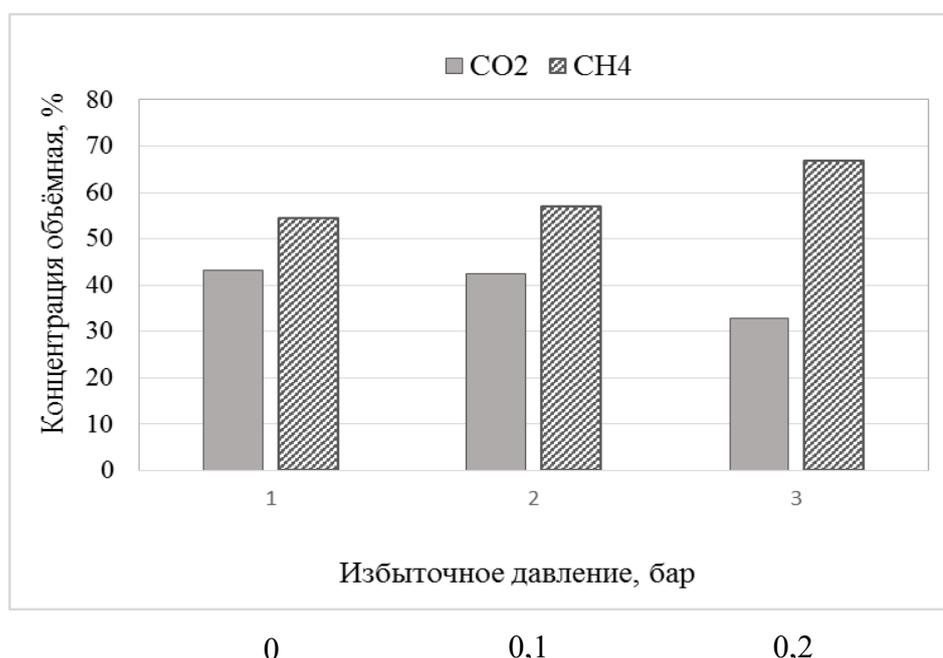


Рисунок 1. Изменение состава биогаза при увеличении давления в реакторе при HRT 15 ч, OLR 10,9 кгХПК/м³ сут.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного Фонда проект № 21-79-10153.

Список источников

1. Lindeboom R. E. F., Feroso F. G., Weijma J., Zagt K. and van Lier J. B. Autogenerative high pressure digestion: anaerobic digestion and biogas upgrading in a single step reactor system // Water Science & Technology. 2011. 64.3. 647-653.

2. Lemmer Andreas, Chen Yuling, Wonneberger Anna-Maria, Graf Frank, Reimert Rainer. Integration of a Water Scrubbing Technique and Two-Stage Pressurized Anaerobic Digestion in One Process // *Energies*. 2015. 8. 2048-2065.

© Михеева Э.Р., Катраева И.В., Ворожцов Д.Л., Виноградова А.Н., 2024

Научная статья

УДК: 579.078.42:556.551.6

ОЦЕНКА МАЦЕРИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВ С ХРОНИЧЕСКИМ НЕФТЯНЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ

**Дарья Дмитриевна Нестеркина, Дмитрий Михайлович Голубев,
Елена Владимировна Глинская**

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского», Саратов, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследования мацерирующей активности углеводородокисляющих бактерий, выделенных из почвенных проб, отобранных на территории с. Новокривовка (Саратовская область, Советский район): *Bacillus circulans*, *B. licheniformis*, *B. muralis*, *B. pumilus*, *Paenibacillus glucanolyticus*, *P. polymyxa*, *Citrobacter freundii*.

Ключевые слова: нефть, биоремедиация, углеводородокисляющие микроорганизмы, мацерация

ASSESSMENT OF MACERATING ACTIVITY OF BACTERIA ISOLATED FROM SOILS WITH CHRONIC OIL POLLUTION

Daria D. Nesterkina, Dmitry M. Golubev, Elena V. Glinskaya

Saratov National Research State University named after N. G. Chernyshevsky, Saratov, Russia

Abstract. The results are presented of an evaluation study of the macerating activity of hydrocarbon-oxidizing bacteria (*Bacillus circulans*, *B. licheniformis*,

B. muralis, *B. pumilus*, *Paenibacillus glucanolyticus*, *P. polymyxa*, *Citrobacter freundii*) isolated from soil samples taken on the territory of the village of Novokrivovka (Saratov region, Sovetsky district).

Keywords: oil, bioremediation, hydrocarbon-oxidizing microorganisms, maceration.

Нефть и нефтепродукты являются наиболее распространенными загрязнителями окружающей среды. Разработка и совершенствование технологий биоремедиации территорий, загрязненных нефтяными углеводородами, в настоящее время находятся в области активных фундаментальных и прикладных исследований. Одним из наиболее эффективных методов очистки почв от нефтяного загрязнения является введение специальных культур микроорганизмов, способных расщеплять различные углеводороды нефти [1]. В подобных препаратах для очистки окружающей среды используются бактерии-нефтедеструкторы. Перед применением их на практике необходимо убедиться в отсутствии у используемых штаммов микроорганизмов факторов патогенности, которые могут представлять опасность для растительных и животных компонентов экосистем [2].

Для оценки факторов фитопатогенности часто используют способность исследуемых микроорганизмов к мацерации растительных тканей. Мацерация – это процесс, который включает разъединение растительных клеток в тканях при растворении или разрушении межклеточного вещества, что позволяет микроорганизмам проникать внутрь тканей и получать доступ к питательным веществам. Для разрушения растительных тканей бактерии должны иметь набор ферментов, способных расщеплять целлюлозу и пектин [3]. Из-за воздействия ферментов растительные ткани мацерируются, что ведет к заболеваниям и гибели растений [4].

Целью работы являлась оценка мацерирующей активности углеводородокисляющих бактерий, выделенных из почв с хроническим нефтяным загрязнением.

Работа проводилась на базе кафедры микробиологии и физиологии растений СГУ имени Н.Г. Чернышевского.

В работе были использованы штаммы углеводородокисляющих бактерий, выделенные из почвенных проб, отобранных с земельных участков сельско-

хозяйственного назначения с хроническим нефтяным загрязнением (с. Новокривовка, Саратовская область, Советский район): *Bacillus circulans*, *B. licheniformis*, *B. muralis*, *B. pumilus*, *Paenibacillus glucanolyticus*, *P. polymyxa*, *Citrobacter freundii*.

Оценку мацерирующей активности проводили по стандартной методике (рисунок 1) [5]. Тест объекты (корнеплоды моркови, свеклы, клубни картофеля, листья капусты, плоды перца) промывали, высушивали. Затем стерилизовали поверхность 96 % этанолом и нарезали диски растительных тканей диаметром 1 см и толщиной 0,5 см, помещали в чашки Петри на фильтры, смоченные физиологическим раствором. На каждый диск наносили суточные культуры исследуемых штаммов бактерий. Чашки с дисками тест-культур культивировали в течение 1-3 суток при температуре 28 °С. Наличие или отсутствие мацерации определяли визуально и при прикосновении к дискам бактериологической петлёй.

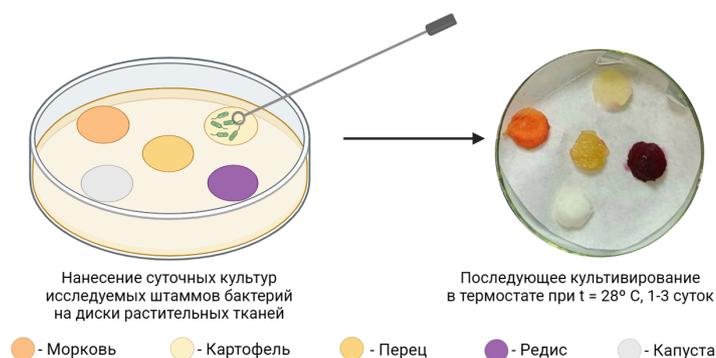


Рисунок 1. Схема определения мацерирующей активности микроорганизмов

Результаты экспериментов показали, что из всех исследуемых тест-объектов чаще всего размягчению подвергались ткани плодов перца, что было вызвано штаммами микроорганизмов: *B. circulans*, *B. muralis*, *P. polymyxa*, *C. freundii* (рисунок 2, 3).

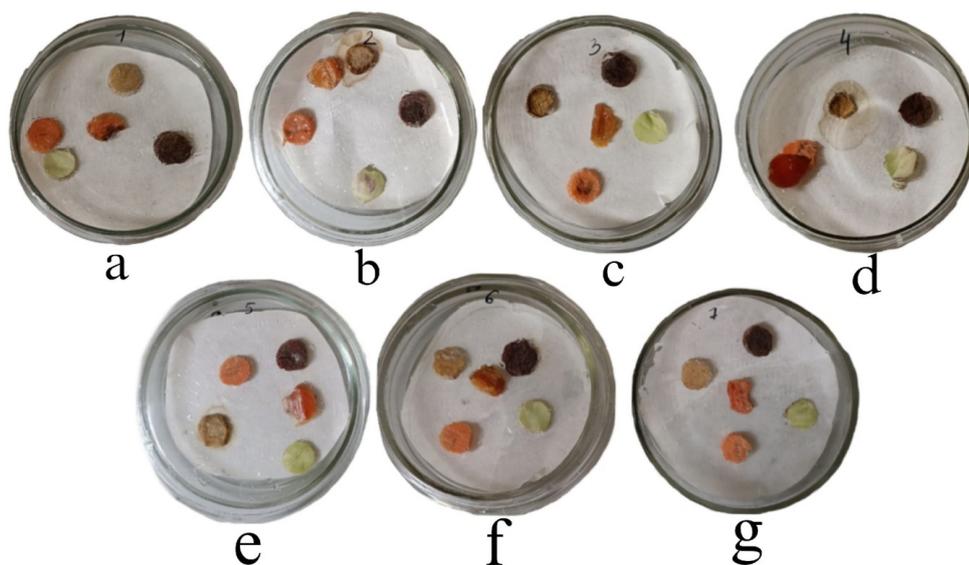


Рисунок 2. Мацерирующая активность углеводородокисляющих бактерий

a – *Bacillus circulans*, b – *B. licheniformis*, c – *B. muralis*, d – *B. pumilus*, e – *Paenibacillus glucanolyticus*, f – *P. polymyxa*, g – *Citrobacter freundii*

Поражения тканей клубней картофеля были отмечены только для штамма *B. circulans*. На остальных тест-объектах мацерация не была выявлена (см. рисунок 3).

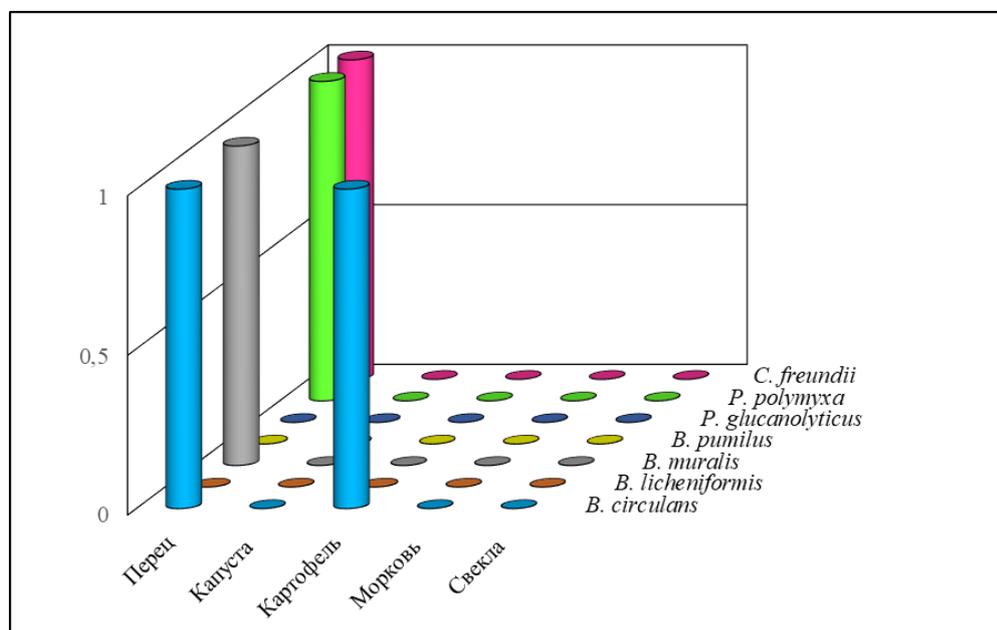


Рисунок 3. Результаты исследования мацерирующей активности углеводородокисляющих бактерий

1 – наличие мацерирующей активности, 0 – отсутствие мацерирующей активности

Бактерии *B. circulans* мацерировали 40 % исследуемых тест-культур, *B. muralis*, *P. polymyxa*, *C. freundii* – 20 % растительных объектов (рисунок 4).

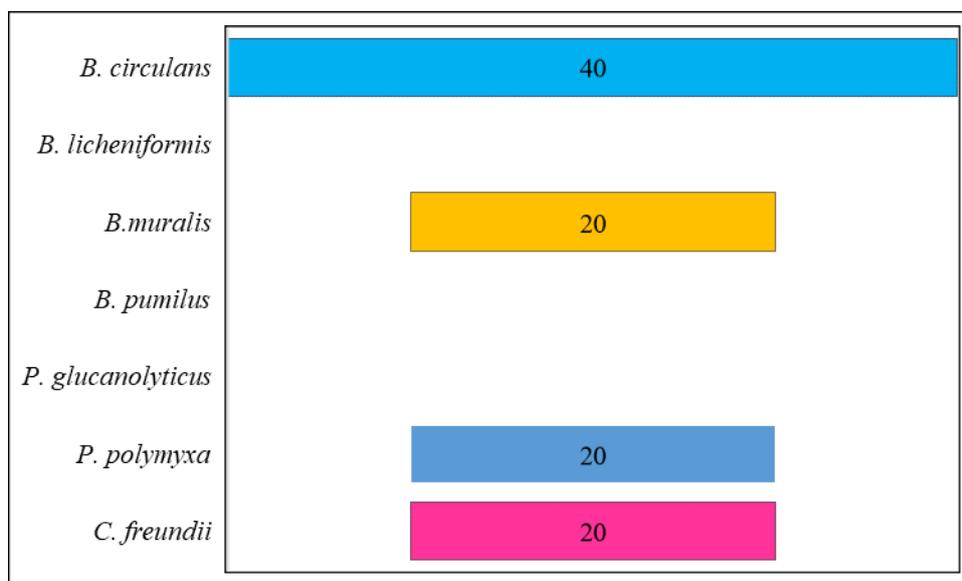


Рисунок 4. Результаты исследования мацерирующей активности углеводородокисляющих бактерий (% от общего числа тест-культур)

Анализ полученных результатов показал, что большинство исследуемых штаммов углеводородокисляющих бактерий не способно к мацерации тканей растительных тест-объектов. Это свидетельствует о том, что выделенные из почв с хроническим нефтяным загрязнением углеводородокисляющие бактерии являются безопасными для растений. В перспективе, данные микроорганизмы могут быть использованы для создания биопрепарата с целью очистки почвенного покрова от нефти.

Список источников

1. Funtikova T. V. et al. Bioremediation of Oil-Contaminated Soil of the Republic of Kazakhstan Using a New Biopreparation //Microorganisms. – 2023. – Т. 11. – №. 2. – С. 522.
2. Shimp J. F. et al. Beneficial effects of plants in the remediation of soil and groundwater contaminated with organic materials //Critical reviews in environmental science and technology. – 1993. – Т. 23. – №. 1. – С. 41-77.
3. Pédrón J., Van Gijsegem F. Diversity in the bacterial genus Dickeya grouping plant pathogens and waterways isolates //OBM Genetics. – 2019. – Т. 3. – №.

4. – С. 1-22.

4. Effantin G. et al. Massive production of butanediol during plant infection by phytopathogenic bacteria of the genera *Dickeya* and *Pectobacterium* // *Molecular microbiology*. – 2011. – Т. 82. – №. 4. – С. 988-997.

5. Филиппова А.С., Акимова А.С. Загрязнение почвы и биологические методы ее очистки // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2022. № 11. С. 1-2.

© Нестеркина Д. Д., Голубев Д. М., Глинская Е. В., 2024

Научная статья

УДК 606:579.61:591.393

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНТИМИКРОБНЫХ ПЕПТИДОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ *ZOPHOBAS MORIO* НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ОНТОГЕНЕЗА

**Вадим Николаевич Нечаев^{1,2}, Ангелина Юрьевна Сиваева¹,
Ольга Сергеевна Ларионова¹, Ксения Юрьевна Нечаева^{1,2}**

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

²ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока», г. Саратов, Россия

Аннотация. В работе использованы современные методы выделения и очистки пептидов, а также определения их антимикробной активности. В данном исследовании нами были получены фракции пептидов из *Zophobas morio* на разных стадиях онтогенеза и изучена антимикробная активность выделенных пептидов по отношению к различным микроорганизмам. Наиболее высокой антимикробной активностью обладали пептиды выделенные от личинок *Zophobas morio* с молекулярной массой 3,5-7кДа в концентрациях 10 мг/мл и 5 мг/мл. Данные пептиды оказывают ингибирующее действие против всех представленных микроорганизмов. Результаты исследования могут быть

использованы для разработки новых антимикробных препаратов на основе пептидов, полученных из *Zophobas morio*.

Ключевые слова: антимикробная активность, фракции пептидов, *Zophobas morio*

PROSPECTS FOR THE USE OF ANTIMICROBIAL PEPTIDES DERIVED FROM *ZOPHOBAS MORIO* AT DIFFERENT STAGES OF ONTOGENESIS

Vadim N. Nechaev^{1,2}, Angelina Y. Sivaeva¹, Olga S. Larionova¹, Xenia Yu. Nechaeva^{1,2}

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov

²FGBNU "Federal Agrarian Research Center of the South-East", Saratov, Russia

Abstract. The work uses modern methods of isolation and purification of peptides, as well as determination of their antimicrobial activity. In this study, we obtained fractions of peptides from *Zophobas morio* at different stages of ontogenesis and studied the antimicrobial activity of the isolated peptides in relation to various microorganisms. Peptides isolated from *Zophobas morio* larvae with a molecular weight of 3.5-7 kDa at concentrations of 10 mg/ml and 5 mg/ml had the highest antimicrobial activity. These peptides have an inhibitory effect against all the presented microorganisms. The results of the study can be used to develop new antimicrobial drugs based on peptides derived from *Zophobas morio*.

Keywords: antimicrobial activity, peptide fractions, *Zophobas morio*

1. Введение.

В настоящее время все большее внимание уделяется поиску новых антимикробных средств, способных ингибировать рост микроорганизмов, являющихся возбудителями различных инфекций [3, 4]. Кроме этого, неконтролируемое использование и необоснованная антибиотикотерапия способствуют селекции антибиотикорезистентных штаммов. В связи с этим возникает необходимость разработки новых противомикробных средств, которые были бы эффективны в борьбе с различными инфекционными заболеваниями. Одним из перспективных источников таких средств являются пептиды, облада-

ющие антимикробной активностью [1]. В данной магистерской диссертации исследуется возможность выделения антимикробных пептидов из зофобаса на разных стадиях онтогенеза и изучение их свойств. Данная тема является актуальной, так как зофобас является перспективным объектом для получения биологически активных веществ, в том числе и антимикробных пептидов [5]. В работе использованы современные методы выделения и очистки пептидов, а также определения их антимикробной активности. Результаты исследования могут быть использованы для разработки новых антимикробных препаратов на основе пептидов, полученных из *Zophobas morio*. Анализ литературных данных свидетельствует о перспективности данного объекта исследования, что делает данную работу актуальной.

2. Материалы и методы

Исследования в данной работе были выполнены на базе кафедры «Микробиология и биотехнология» ФГБОУ ВО Вавиловский университет.

Объектом исследования является жук-чернотелка *Zophobas morio* на разных стадиях онтогенеза: имаго, личинка, куколка.

Извлечение водорастворимых пептидов из биомассы объектов *Zophobas morio* осуществляется с использованием метода холодной экстракции.

Определение антимикробной активности веществ выполняли согласно методическим указаниям (ОФС.1.2.4.0010.15 «Определение антимикробной активности антибиотиков методом диффузии в агар»).

При измерении концентрации бактериальной суспензии в методе диффузии в агар используется стандартизация микробной взвеси. Рекомендуемая концентрация составляет $1,5 \cdot 10^8$ КОЕ/мл. Определение концентрации производится путем измерения оптической плотности бактериальной суспензии. Визуально контролируется, чтобы оптическая плотность бактериальной суспензии с концентрацией $1,5 \cdot 10^8$ КОЕ/мл соответствовала стандартной мутности 0,5 по шкале МакФарланда.

3. Результаты исследований

Извлечение водорастворимых пептидов из биомассы объектов *Zophobas morio* осуществляется с использованием метода холодной экстракции. Процедура включает следующие этапы:

1. Пробоподготовка:

1.1. Лиофилизация и измельчение биомассы личинок навеской 100 г.

- 1.2. Растворение измельченной биомассы в дистиллированной воде.
- 1.3. Распределение образца по центрифужным пробиркам и их балансировка.
- 1.4. Центрифугирование образцов при 5 °С, 20 минут, и 5400 об/мин.
- 1.5. Фильтрация надосадка от крупных примесей с использованием фильтровальной бумаги.
- 1.6. Замораживание и лиофилизация надосадка.

2. Диализ:

2.1. Для проведения диализа пропущенного через фильтр надосадка использовали диализные мембраны с различными диаметрами пор. В данном случае применялись мембраны с порами диаметром 3,5 kDa, 7 kDa и 14 kDa (MEMBRA-CEL, Франция).

2.2. Жидкость, полученная с использованием разных мембранных мешков, собирается в отдельные контейнеры и подписывается.

2.3. Полученные фракции после диализа подвергались лиофилизации для получения сухого вещества.

В ходе исследования были получены следующие пептиды:

Пептиды из имаго *Zophobas morio* (1):

- 1.1. < 3,5 kDa, m = 110 мг.
- 1.2. 3,5 - 7 kDa, m = 101 мг.
- 1.3. 7 - 14 kDa, m = 414 мг.
- 1.4. > 14 kDa, m = 653 мг.

Пептиды из куколок *Zophobas morio* (2):

- 2.1. < 3,5 kDa, m = 34 мг.
- 2.2. 3,5 - 7 kDa, m = 39 мг.
- 2.3. 7 - 14 kDa, m = 86 мг.
- 2.4. > 14 kDa, m = 98 мг.

Пептиды из личинок *Zophobas morio* (3):

- 3.1. < 3,5 kDa, m = 127 мг.
- 3.2. 3,5 - 7 kDa, m = 328 мг.
- 3.3. 7 - 14 kDa, m = 432 мг.
- 3.4. > 14 kDa, m = 672 мг.

В итоге, было получено по 4 образца каждого исследуемого объекта.

Для определения антимикробной активности применяли следующие культуры микроорганизмов: *S. aureus* ATCC 6538 (209-P); *S. typhimurium* 1626, которые были получены из государственной коллекции патогенных бактерий ФКУЗ РосНИПЧИ «Микроб» Роспотребнадзора; *B. cereus* 8035 предоставлена Ульяновской ГСХА; *C. albicans* РКПГУ-401/НСТС-885-65, *E. coli* 1027, полученные из лаборатории «Российская коллекция патогенных грибов» ГБОУ ВПО Северо-западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова Минздрава России.

По результатам исследований выраженной антимикробной активностью обладала белковая фракция 3,5-7 кДа, полученная на стадии личинки *Zophobas morio*. Было установлено, что наиболее эффективно пептид действовал по отношению к грамположительным микроорганизмам в концентрациях 10 мг/мл и 5 мг/мл для *S. aureus* ATCC 6538(209-P) и *B. cereus* 8035 (Рисунок 1, 2), где наблюдалась максимальная задержка роста бактерий (Таблица 1).

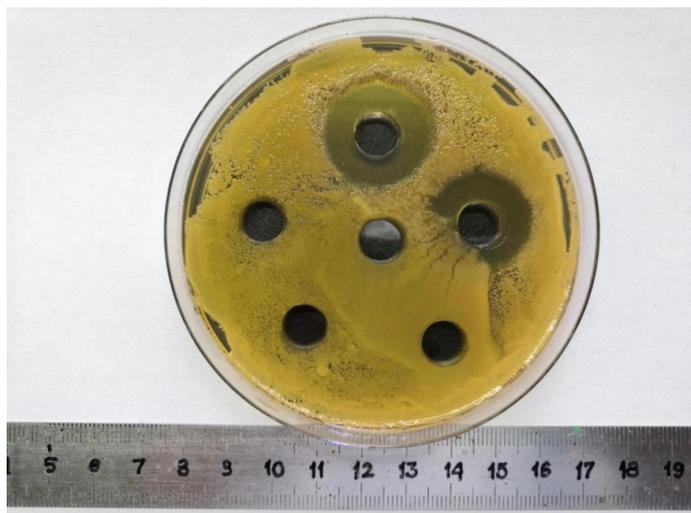


Рисунок 1. Антимикробная активность белковой фракции 3,5-7 кДа по отношению к *S. aureus* ATCC 6538(209-P)

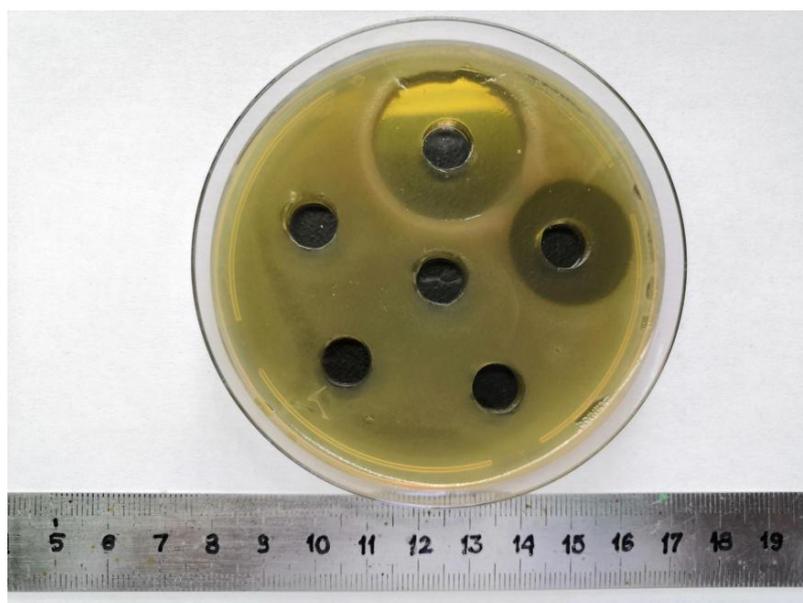


Рисунок 2. Антимикробная активность белковой фракции 3,5-7 кДа по отношению к *B. cereus* 8035

По отношению к грамотрицательным микроорганизмам *S. typhimurium* 1626 (Рисунок 3) антимикробная активность проявлялась незначительно хуже. Зоны задержки отмечали в концентрациях 10 мг/мл и 5 мг/мл. Наиболее эффективной концентрацией по отношению к *E. coli* 1027 была 10 мг/мл, при этом зону задержки роста бактерий равнялась 16 ± 1 мм (Рисунок 4).

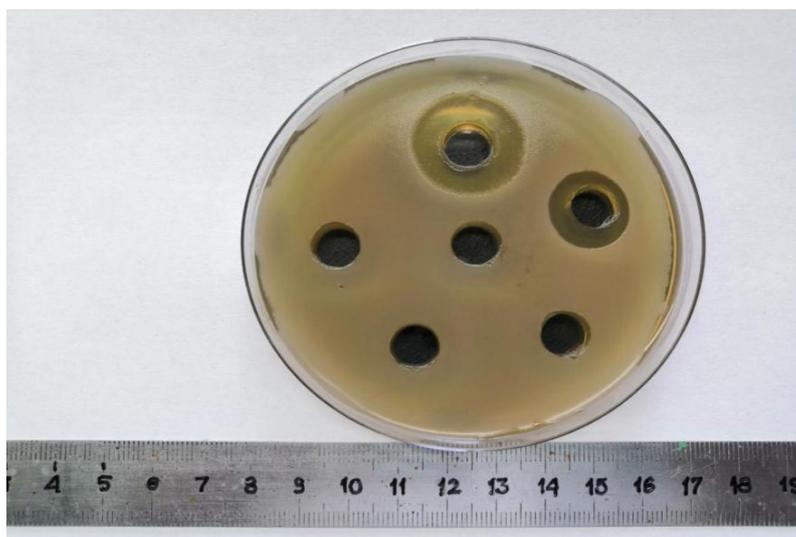


Рисунок 3. Антимикробная активность белковой фракции 3,5-7 кДа по отношению к *S. typhimurium* 1626

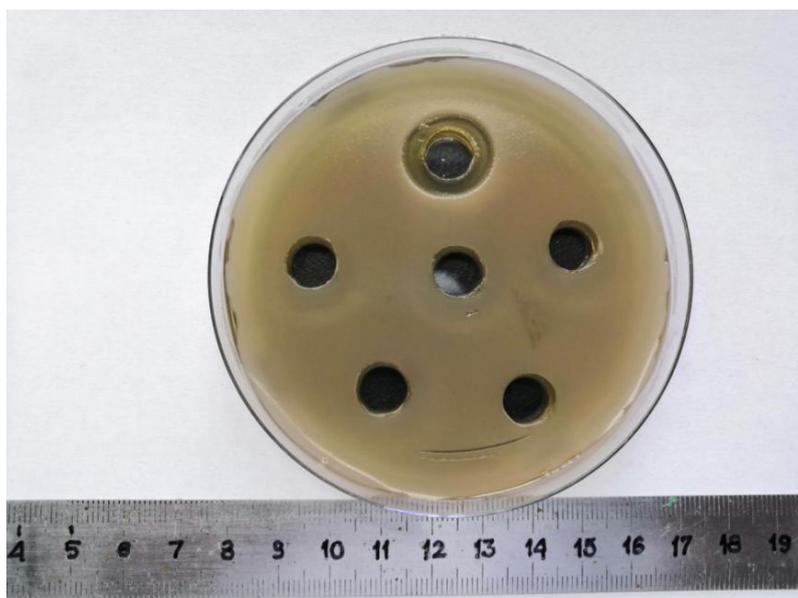


Рисунок 4. Антимикробная активность белковой фракции 3,5-7 кДа по отношению к *E. coli* 1027

Обнаружена незначительная антимикробная активность по отношению к *S. albicans* РКПГУ-401/NCTC-885-65, также присутствовал вторичный рост (Рисунок 5).

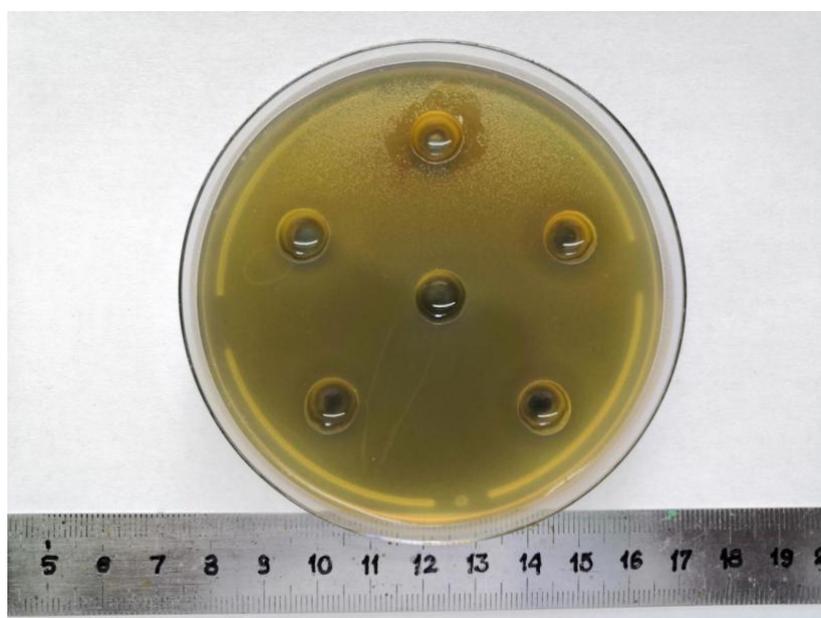


Рисунок 5. Антимикробная активность белковой фракции 3,5-7 кДа по отношению к *S. albicans* РКПГУ-401/NCTC-885-65

Таблица 1 – Зоны задержки роста микроорганизмов по отношению к белковой фракции, полученной от личиночной стадии *Zophobas morio*, мм

Концентрация	<i>B. cereus</i> 8035	<i>S. aureus</i> ATCC-6538 (209-P)	<i>E. coli</i> 1027	<i>C. albicans</i> РКПГУ- 401/NCTC-885-65	<i>S. typhimurium</i> 1626
Фракция белка менее 3,5 kDa					
10 мг/мл	-	12±2*	-	-	-
5 мг/мл	-	-	-	-	-
2.5 мг/мл	-	-	-	-	-
1.25 мг/мл	-	-	-	-	-
0.625 мг/мл	-	-	-	-	-
Фракция белка 3,5-7 kDa					
10 мг/мл	29±2	24±3	16±1*	13±2*	22±2
5 мг/мл	23±2	20±3*	-	-	15±2*
2.5 мг/мл	-	-	-	-	-
1.25 мг/мл	-	-	-	-	-
0.625 мг/мл	-	-	-	-	-
Фракция белка 7- 14 kDa					
10 мг/мл	23±2	18±2*	16±1	-	17±1*
5 мг/мл	19±3*	-	-	-	-
2.5 мг/мл	-	-	-	-	-
1.25 мг/мл	-	-	-	-	-
0.625 мг/мл	-	-	-	-	-
Фракция белка более 14 kDa					
10 мг/мл	-	-	-	-	-
5 мг/мл	-	-	-	-	-
2.5 мг/мл	-	-	-	-	-
1.25 мг/мл	-	-	-	-	-
0.625 мг/мл	-	-	-	-	-

*- Вторичный рост

При изучении антимикробной активности белковой фракции, полученной от стадии куколки *Zophobas morio* наилучшие результаты отмечались у пептидных фракций в диапазоне 3,5-7 кДа (Таблица 2).

Максимальная антимикробная активность проявлялась только в концентрации 10 мг/мл, как против грамположительных, так и против грамотрицательных микроорганизмов. Наибольшие зоны задержки роста бактерий отмечались по отношению к *S. aureus* ATCC 6538(209-P) и *S. typhimurium* 1626 и соответствовали 22±2 мм и 24±1 мм.

Белковые фракции, полученные от *Zophobas morio* на стадии имаго, не обладали антимикробной активностью. Мы предполагаем, что данное обстоятельство связано с количеством гемолимфы в организме *Zophobas morio* на разных стадиях развития, поскольку синтез АМП происходит в клетках ге-

молимфы и, возможно, имеют место особенности, происходящие в организме насекомых на отдельных стадиях онтогенеза

Таблица 2 – Зоны задержки роста микроорганизмов по отношению к белковой фракции, полученной от стадии куколки *Zophobas morio*, мм

Концентрация	<i>B. cereus</i> 8035	<i>S. aureus</i> ATCC-6538 (209-P)	<i>E. coli</i> 1027	<i>C. albicans</i> РКИПГУ- 401/NCTC- 885-65	<i>S. typhimurium</i> 1626
Фракция белка менее 3,5 kDa					
10 мг/мл	-	-	-	-	-
5 мг/мл	-	-	-	-	-
2.5 мг/мл	-	-	-	-	-
1.25 мг/мл	-	-	-	-	-
0.625 мг/мл	-	-	-	-	-
Фракция белка 3,5-7 kDa					
10 мг/мл	-	22±2	-	-	24±1
5 мг/мл	-	-	-	-	-
2.5 мг/мл	-	-	-	-	-
1.25 мг/мл	-	-	-	-	-
0.625 мг/мл	-	-	-	-	-
Фракция белка 7- 14 kDa					
10 мг/мл	-	16±3*	-	-	17±2
5 мг/мл	-	-	-	-	-
2.5 мг/мл	-	-	-	-	-
1.25 мг/мл	-	-	-	-	-
0.625 мг/мл	-	-	-	-	-
Фракция белка более 14 kDa					
10 мг/мл	-	-	-	-	-
5 мг/мл	-	-	-	-	-
2.5 мг/мл	-	-	-	-	-
1.25 мг/мл	-	-	-	-	-
0.625 мг/мл	-	-	-	-	-

*- Вторичный рост

4. Выводы

1. Были получены фракции пептидов из *Zophobas morio* на разных стадиях онтогенеза методом холодной экстракции. Всего получено по 4 образца с молекулярной массой (менее 3,5 кДа.; 3,5-7кДа.; 7-14кДа.; более 14кДа.) от каждого объекта с общей массой: Имаго - 1278 мг.; Куколки - 357 мг.; Личинки - 1559 мг.

2. Исследование антимикробной активности показало, что антимикробные пептиды из личинок *Zophobas morio* оказывают ингибирующее

действие на *S. aureus* ATCC 6538 (209-P), *S. typhimurium* 1626, *B. cereus* 8035 и *E. coli* 1027. Наиболее высокой антимикробной активностью обладали пептиды с молекулярной массой 3,5-7кДа. в концентрациях 10 мг/мл и 5 мг/мл.

Список источников

1. Ларионова О.С. Антимикробные пептиды насекомых: выделение и изучение свойств. / Древки Я.Б., Смирнова К.Ю., Исайчева Л.А., Дмитриева Е.К., Шалыгина Е.В.// Фундаментальные аспекты и практические вопросы современной микробиологии и биотехнологии. Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 70-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора, Почетного работника высшего профессионального образования РФ, Заслуженного деятеля науки и техники Ульяновской области Дмитрия Аркадьевича Васильева. Редколегия: И.И. Богданов [и др.]. Ульяновск. - 2022. - С. 625-634.

2. ОФС.1.2.4.0010.15. Определение антимикробной активности антибиотиков методом диффузии в агар. Методические указания. – Введ. - Министерство здравоохранения Российской Федерации

3. Bahar, A.A. Antimicrobial Peptides. In Biomedical Applications of Peptide-, Glyco- and Glycopeptide Dendrimers, and Analogous Dendrimeric Structures. / A.A. Bahar, D. Ren // Springer. – 2013. – Vol. 6 (12). – P. 63-93.

4. Ganz T. Defensins: antimicrobial peptides of innate immunity. Nat Rev Immunol. 2003;3(9):710-720.

5. Jones, A.B. Ontogeny of digestive enzyme activity and gene expression in larvae of a carnivorous beetle, *Zophobas morio*. / A.B. Jones, C.D. Smith, E.F. Johnson // Journal of Insect Physiology. – 2017. – Vol. 97. – P. 95 – 101.

© Нечаев В.Н., Сиваева А.Ю., Ларионова О.С., Нечаева К. Ю., 2024

Научная статья
УДК 606:661.74:591.393

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ
ЖИРНЫХ КИСЛОТ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ БИОМАССЫ ЛИЧИНОК
*HERMETIA ILLUCENS***

**Ксения Юрьевна Нечаева, Юлия Сергеевна Кармеева,
Татьяна Владиславовна Спиряхина**

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

Аннотация. В данном исследовании нами был проведен физико-химический анализ сложных эфиров жирных кислот (СЭЖК), полученных из биомассы личинок *Hermetia illucens*. Был изучен их жирно-кислотный состав. Выявлено отсутствие токсичных элементов, таких как свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, железо, либо они не превышали установленные показатели. Следовательно, СЭЖК могут быть рекомендованы для использования в качестве ингредиентов в различных отраслях промышленности.

Ключевые слова: жирно-кислотный состав, сложные эфиры жирных кислот, личинки *Hermetia illucens*

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF FATTY ACID ESTERS OBTAINED FROM THE BIOMASS OF *HERMETIA ILLUCENS* LARVAE

Xenia Yu. Nechaeva, Yulia. S. Karmeeva, Tatyana V. Spiriakhina
Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering
named after N.I. Vavilov, Saratov

Abstract. In this study, we conducted a physico-chemical analysis of fatty acid esters obtained from the biomass of *Hermetia illucens* larvae. Their fatty acid composition was studied. Cadmium, arsenic, mercury, iron were detected, or they did not exceed the established indicators. Consequently, fatty acid esters can be recommended for use as ingredients in various industries.

Keywords: fatty acid composition, fatty acid esters, *Hermetia illucens* larvae

1. Введение

В последнее десятилетие во всем мире наблюдается повышенный интерес к насекомым, как к источнику высокоусвояемого кормового белка, жира с уникальными свойствами, антиоксидантов, иммуномодуляторов, сырья для получения новых лекарственных средств [1, 2]. Немаловажным фактором является возможность культивирования некоторых видов в искусственных условиях, что позволяет использовать их в качестве новых промышленных продуцентов, получать физиолого-биохимические и генетические характеристики конкретной культуры, контролировать процессы биоконверсии субстратов, на которых развиваются насекомые, а также оценивать качественные и количественные показатели продуктов переработки биомассы насекомых для последующего применения в кормах, ветеринарии, фармакологии [3, 4].

Муха черная львинка (*Hermetia illucens*) – это крупная американская муха из семейства львинок (*Stratiomyidae*), естественный ареал распространения которой считается Северная и Южная Америка [5]. Эти насекомые способны круглогодично развиваться в чистой культуре в искусственных условиях, что позволяет использовать их в биотехнологических целях. Муха получила большую популярность в последнее десятилетие за счет внедрения в качестве кормового объекта для рептилий, птиц и других животных. Личинки содержат протеины ($\approx 40\%$) и жиры ($\approx 40\%$), а также полезные органические соединения, которые имеют коммерческую и промышленную ценность.

Современные тенденции пищевой промышленности связаны с поиском инновационных решений и экологичных технологий при производстве пищевых продуктов. Проведенные исследования [6] выявили потенциал липидов, полученных из биомассы насекомых *Hermetia illucens* для применения в качестве альтернативы растительным и животным липидам в таких продуктах, как маргарин или сливочное масло. Технологические испытания показали успешную замену твердых исходных жиров жирами насекомых из *H. illucens* (с коэффициентом замещения до 60 % от общего содержания жира).

Следовательно, изучение физико-химического состава личинок мухи черная львинка, актуальная тема, значение которой существенно повысилось в

настоящее время в связи с необходимостью импортозамещения компонентов кормов и поиска новых эффективных биологических ингредиентов. Прежде всего это связано с высокой питательностью личинок, отличающихся высоким содержанием протеина и жиров, а кроме того возможностью культивирования на органических отходах, тем самым способствуя снижению нагрузки на окружающую среду.

Настоящая работа связана с получением и изучением жиров из личинок чёрной львинки. Липидная фракция личинок *Hermetia illucens* является сложным комплексом веществ. Однако основной компонент липидов этого насекомого – лауриновая кислота и ее эфиры. Входящий в состав жировой фракции личинок моноглицерид лауриновой кислоты по данным литературы, обладает значительной биологической активностью. В организме животных и человека лауриновая кислота преобразуется в монолаурин, который является противовирусным, антибактериальным и антипротозойным глицеридом. В липидах личинок чёрной львинки присутствуют также диглицериды и триглицерид лауриновой кислоты. По своим химическим свойствам диглицериды лауриновой кислоты и других жирных кислот являются эмульгаторами и стабилизаторами дисперсных систем.

Обнаруженные свойства липидной фракции личинок *Hermetia illucens* важны для понимания биологии насекомого, а также для оценки перспектив использования биомассы личинок чёрной львинки при искусственном разведении [7, 8, 9].

Имеется большое количество примеров использования липидов чёрной львинки в качестве компонентов корма или пищевых продуктов. Антибактериальные и стабилизирующие систему свойства предполагают потенциальную возможность использования сложных эфиров жирных кислот в составе препаратов наружного применения для восстановления функций кожи, заживления ран, с целью устранения раздражения, прыщей или фурункулов.

Лечение ран по-прежнему остаётся важнейшей проблемой современной медицины и ветеринарии. За последние годы под влиянием различных факторов, в первую очередь мощного селективного действия антибиотиков, произошли значительные изменения этиологии раневых инфекций. В этой связи для успешной терапии раневых поверхностей необходимо комплексное действие многокомпонентных препаратов на основе натурального сырья.

Важной задачей является создание эффективного нетоксического ранозаживляющего средства, одним из главных действующих компонентов которого будут фракции сложных эфиров жирных кислот, полученные из биомассы личинок *Hermetia illucens*.

В рамках общего проекта кафедры Микробиологии и биотехнологии Вавиловского университета Смирновой К. Ю. и соавторами был разработан прототип ранозаживляющего препарата на основе сложных эфиров жирных кислот (СЭЖК) из *Hermetia illucens* [10]. Прежде чем включать СЭЖК в состав препарата, необходимо было изучить жирно-кислотный состав липидной фракции и определить содержание токсичных элементов.

2. Материалы и методы

Исследования на наличие токсичных элементов и жирно-кислотный состав образцов проводили на базе научной лаборатории кафедры «Микробиология и биотехнология» и в учебно-научно-исследовательской лаборатории по определению качества пищевой и с/х продукции ФГБОУ ВО Вавиловский университет.

Жирно-кислотный состав образцов проводили "Аппаратно-программным комплексом для медицинских исследований на базе газового хроматографа «ХроматэкКристалл».

Жировую фракцию из личинок получали двумя способами, используя экстракционный аппарат Сокслет и ручную (перемешивание измельченной высушенной биомассы перемолотых личинок на аппарате). Экстрагирование происходило в обоих случаях с помощью этилового эфира. Исследование токсичных элементов проводили при изучении жировой фракции. Исследование проводили на наличие в образцах свинца, кадмия, мышьяка, ртути, железа. Эксперимент проводили на атомно-абсорбционном спектрометре А-2 с пламенной и электротермической атомизацией. Пробоподготовку проводили при помощи микроволновой установки МС-6 (растворение пробы в азотной кислоте).

3. Результаты исследований

Жирно-кислотный состав жировых фракций из биомассы личинок *Hermetia illucens*, полученных на экстракционном аппарате Сокслет и ручным способом находился в пределах допустимых значений (Таблица 1, 2). Преобладающей жирной кислотой была лауриновая, что согласуется с лите-

ратурными данными (9). Насыщенные жирные кислоты составили 69 - 79 %, мононенасыщенные – 14 - 19 %, полиненасыщенные – 7 - 12 %. В составе полиненасыщенных жирных кислот присутствуют ω -3 (линоленовая) и ω -6 (линолевая) кислоты.

Таблица 1 - Жирно-кислотный состав жировых фракций из биомассы личинок *Hermetia illucens*, полученных на экстракционном аппарате Сокслет

Компонент	Площадь	Высота	Концентрация
C10:0 Каприновая кислота	43.747	6.400	1.362
C12:0 Лауриновая	1577.598	162.169	49.100
C14:0 Миристиновая	357.664	32.761	11.132
C14:1 Миристолеиновая	18.887	2.003	0.588
C15:0 Пентадекановая	8.743	0.674	0.272
C16:0 Пальмитиновая	441.984	28.227	13.756
C16:1 Пальмитолеиновая	102.338	8.704	3.185
C17:1 Маргаринолеиновая	10.629	0.404	0.331
C18:0 Стеариновая	86.906	3.774	2.705
C18:1n9c Олеиновая	295.557	15.394	9.199
C18:2n6c Линолевая	180.420	12.897	5.615
C20:0 Арахидиновая	3.558	0.269	0.111
C18:3n6 гамма-линолевая	3.397	0.324	0.106
C20:1 Эйкозеновая	13.763	1.169	0.428
C18:3n3 Линоленовая	36.983	1.642	1.151
C22:1n9 Эруковая	0.978	0.276	0.030
C20:5n3cis5,8,11,14,17 Эйкозапентаеновая	1.180	0.214	0.037

Таблица 2 – Жирно-кислотный состав жировых фракций из биомассы личинок *Hermetia illucens*, полученных ручным способом

Компонент	Площадь	Высота	Концентрация
C10:0 Каприновая	12.874	1.883	0.893
C12:0 Лауриновая	557.720	63.111	38.678
C14:0 Миристиновая	132.653	12.950	9.200
C14:1 Миристолеиновая	5.520	0.712	0.383
C15:0 Пентадекановая	2.728	0.233	0.189
C16:0 Пальмитиновая	217.837	14.110	15.107
C16:1 Пальмитолеиновая	53.897	4.701	3.738
C17:1 Маргаринолеиновая	3.619	0.209	0.251
C18:0 Стеариновая	66.458	2.858	4.609
C18:1n9c Олеиновая	204.475	11.538	14.180
C18:2n6c Линолевая	141.070	10.535	9.783
C20:0 Арахидиновая	2.673	0.246	0.185
C20:1 Эйкозеновая	9.314	0.831	0.646
C18:3n3 Линоленовая	19.145	1.197	1.328
C20:5n3cis5,8,11,14,17 Эйкозапентаеновая	1.253	0.264	0.087

При исследовании жировых фракций, полученных из биомассы личинок *Hermetia illucens*, токсичных элементов, таких как свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, железо в образце обнаружено не было, либо они не превышали установленные показатели (Таблица 3).

Таблица 3 – Результаты исследования жировых фракций на наличие токсичных элементов

Наименование показателей	Результат испытаний	Погрешность результатов испытаний	НД на методы испытаний (измерений)*
Токсичных элементов, мг/кг			
Свинец	Менее 0,1 Не обнаружено	-	ГОСТ 30692-2000
Кадмий	Менее 0,1 Не обнаружено	-	ГОСТ 30692-2000
Мышьяк	Менее 0,01 Не обнаружено	-	ГОСТ Р 51766-2001
Ртуть	Менее 0,002 Не обнаружено	-	ГОСТ Р 53183-2008
Железо	Менее 250 г/г Не обнаружено	-	ГОСТ 26573.2-2014
Цинк	Менее 1,0 Не обнаружено	-	ГОСТ 30692-2000

4. Выводы

Таким образом, в результате проведенных нами исследований было выявлено, что жирно-кислотный состав СЭЖК представлен преимущественно лауриновой, миристиновой и пальмитиновой и линолевой кислотами. Превалирует лауриновая кислота (38 - 49 %).

Выявлено, что при определении жирно-кислотного состава образцов на хроматографе «ХроматэкКристалл», полученных из биомассы личинок *Hermetia illucens* на экстракционном аппарате Сокслет и ручным способом, различия в показателях были незначительные и также были в пределах допустимых значений.

Токсичные элементы, такие как свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, железо обнаружены не были, либо они не превышали установленные показатели. Следовательно, анализируемые нами вещества, сложные эфиры жирных кислот, обладают высоким потенциалом дальнейшего использования в различных областях промышленности.

Список источников

1. Krylova L S, Remizov E K, Smirnova K Yu, Larionova O S 2019 Indication of peptides from biomass larva of insects and study of their antimicrobial activity Topical issues of veterinary biology 4 (44) 3-6
2. Krylova L S, Drevko B I, Faust E A, Remizov E K, Smirnova K Yu, Drevko Ya B, Borodina M A, Osina T S, Larionova O S 2020 Composition of antimicrobial peptides obtained from *Musca domestica* larvae and method of its preparation Patent for an invention RU 2714128 C1, 12.02.2020.
3. Kovtunova A, Drevko Y, Faust E, Larionova O, Bannikova A 2018 Dynamics of amino acid profile of *Musca domestica* larva during cultivation on substrate enriched with microelements Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B - Biological Sciences. 88 (3) 1257-1264
4. Larionova O S, Faust E A, Drevko Ya B, Sadovskaya A S, Krylova L S, Korolev S V, Konkin E A Method for obtaining the biomass of *Musca domestica* larvae for the production of feed flour. Patent for an invention RU 2671165 C1, 29.10.2018.

5. Józefiak D, Józefiak A, Kierończyk B, Rawski M, Świątkiewicz S, Długosz J, Engberg RM 2016 Insects – a natural nutrient source for poultry – a review. *Annals of Animal Science*. 36.
6. Smetana S, Leonhardt L, Kauppi S M, Pajic A, Heinz V H 2020 Insect margarine: Processing, sustainability and design. *Journal of Cleaner Production* 264, 121670.
7. Гончаров А. Т., Хамидуллин Т. Н. Использование монолаурина в кормлении цыплят-бройлеров // Отраслевой научно-производственный журнал «Птица и птицепродукты». 2012. № 3. С. 30–33
8. Elwert C., Knips J., Katz P. A novel protein source: maggot meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) in broiler feed // Gierus M., Kluth H., Bulang M. and Kluge H. (Eds.) 11. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, November 23–25, 2010, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Universität Halle-Wittenberg, Lutherstadt Wittenberg, Germany, 2010. P. 140–142
9. M D Alifian^{1*}, M M Sholikin¹, Dwierra Evvyernie² and Nahrowi² Potential Fatty Acid Composition of *Hermetia illucens* Oil Reared on Different Substrates Научный электронный журнал ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ <http://ecopri.ru> Т. 5. № 3 (24). Сентябрь, 2019
10. К.Ю. Смирнова, О.С. Ларионова, Я.Б.Древко, С.В. Козлов Разработка и доклиническое исследование прототипа ранозаживляющего препарата. Зыкинские чтения: материалы национальной научно-практической конференции посвященной памяти докт. мед. наук, профессора Л. Ф. Зыкина [Электронный ресурс]. Саратовский ГАУ – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2021. С. 225-229

© Нечаева К. Ю., Кармеева Ю. С., Спиряхина Т. В., 2024

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНСОРЦИУМА МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОУДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА (ОБЗОР)

**Валерий Васильевич Семенкин, Ярослава Борисовна Лазарчук-
Андрейченко, Алексей Александрович Безверхов, Анжелика Алексан-
дровна Шапуленкова**

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и
инженерии имени Н.И. Вавилова

Аннотация: в статье приведен перечень отечественных препаратов для обработки помета сельскохозяйственной птицы. Описан принцип подбора микроорганизмов при создании консорциума, приведены примеры видов и штаммов микроорганизмов, обладающих высокой ферментативной и антагонистической активностью. Выявлено, что наиболее часто в состав микробных ассоциаций включают разнообразные штаммы родов *Bacillus*, *Streptococcus thermophilus*, *Streptococcus bovis*, *Lactobacillus*, *Rhizobium*, *Candida*, *Rhodospseudomonas palustris*, *Cellulomonas spp.*. Описаны преимущества использования биоудобрения, полученного путем биодеструкции помета консорциумом микроорганизмов.

Ключевые слова: помет, биоудобрение, консорциум микроорганизмов

USING A CONSORTIUM OF MICROORGANISMS TO PRODUCE BIO- FERTILIZERS FROM POULTRY MANURE (REVIEW)

**Valery .V. Semenkin, Yaroslava B. Lazarchuk-Andreychenko, Alexey A. Bez-
verkhov, Angelica A. Shapulenkova**

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov

Abstract. The article provides a list of domestic preparations for treating poultry manure. The principle of selection of microorganisms when creating a consortium

is described, examples of species and strains of microorganisms with high enzymatic and antagonistic activity are given. It was revealed that most often the composition of microbial associations includes various strains of the genera *Bacillus*, *Streptococcus thermophilus*, *Streptococcus bovis*, *Lactobacillus*, *Rhizobium*, *Candida*, *Rhodopseudomonas palustris*, *Cellulomonas* spp.. The advantages of using biofertilizer obtained by biodestruction of droppings by a consortium of microorganisms are described.

Keywords: litter, biofertilizer, consortium of microorganisms

Введение

Птичий помет - это концентрированное эффективное органическое быстродействующее удобрение, обеспечивающее сельскохозяйственные растения азотом, фосфором, калием в легкодоступной форме, повышающее плодородие почв [1, 8, 9]. Птичий помет способен повышать урожайность сельскохозяйственных культур на 15-35% [11]. Внесение помета без предварительной обработки в почву недопустимо вследствие высокого содержания экотоксикантов. К ним относятся, в первую очередь, патогенные микроорганизмы (*E. coli*, *Salmonella* spp.), а также тяжелые металлы, микотоксины, остатки ветеринарных препаратов. С пометом в почву может попадать значительное количество семян сорняков [3]. Кроме того, при использовании побочных продуктов птицеводства в окружающей среде распространяются гены резистентности к антибиотикам (ARGS – antibiotic resistance genes). Это происходит благодаря использованию при выращивании птицы антибиотических препаратов и стимуляторов роста [21, 22].

Используемые в настоящее время методы переработки птичьего помета в основном направлены на обеззараживание, а не на максимальное использование его потенциала, как высокоэффективного удобрения [6]. И в нашей стране, и за рубежом, между тем, существуют разработанные технологии производства биоудобрений из отходов птицеводства с использованием микроорганизмов.

Отечественный рынок микробных препаратов для переработки отходов животноводства

Для переработки отходов животноводства и птицеводства на российском рынке представлены биопрепараты преимущественно отечественного про-

изводства. Так ООО «ЭМ-Кооперация» предлагает к использованию несколько биопрепаратов: «ТаМир-Эм», «Байкал-ЭМ1», «Экобактер» и «Экобактер-Терра». Их основу составляют азотфиксирующие, фотосинтезирующие, молочнокислые бактерии, дрожжи, актиномицеты, ферментирующие грибы и их метаболиты, культуральная жидкость, ферменты. Так в состав препарата «ТаМир-Эм» входит консорциум микроорганизмов: *Lactobacillus casei*, *Streptococcus lactis*, *Rhodopseudomonas palustris*, *Saccaromyces cerevisiae*, сапрофитные микроорганизмы и др. Препарат имеет широкое предназначение – для разложения органических отходов животноводческих и птицеводческих объектов, а также сточных и хозяйственно-бытовых вод. Препарат «Байкал -ЭМ1» содержит более 80 видов микроорганизмов, выделенных из естественной природной среды, которые при внесении в органические отходы, компосты, почву, подавляют развитие патогенной микрофлоры и способствуют быстрому разложению органических остатков, снижая естественные потери азота [12]. Схожие микробиологические составы имеют препараты «Экобактер» и «Экобактер-Терра», которые также используются для быстрого разложения органических отходов в сельском хозяйстве, на полигонах твердых бытовых отходов. Препарат Bionex Animal WT от ООО «Зеленая планета» (ТМ Bionex) включает 8 штаммов факультативных анаэробных микроорганизмов, обеспечивающих быструю биодеструкцию навоза и помета с высокой противопатогенной активностью [20].

В 2014 году на рынке появился препарат «Новобакт» от ООО «Трансагро-партнер-Центр», включающий *Bacillus subtilis* – 15%, *Bacillus licheniformis* – 15%, *Bacillus fastidiosus* – 10%, *Paenibacillus polimyxa* – 5%, *Pseudomonas sp.* – 5%, *Nocardia sp.* ВКМАс-1052 – 20%, *Chlorella vulgaris* 711-54 – 30% [16]. Препарат используется для деструкции различных видов органических отходов, подавляя деятельность патогенной микрофлоры и обеспечивая сохранение полезных питательных веществ.

ООО «Кинз» разработало сухую закваску «Термофильных молочнокислых бактерий», используемых для компостирования. Биопрепарат используется для обработки подстилочного и бесподстилочного помета птицы. Себестоимость использования препарата составляет около 40 рублей/т помета. Ферментация помета осуществляется за 21 день [17]. ООО НПП «Geo Synthesis» представляет природный биорегулятор «Bioxumin», который может исполь-

зоваться для переработки навоза КРС, свиней, а также птичьего помета. ЗАО «КК» производит биопрепарат «Санэкс+Экокомпост» на основе природных биодекструкторов, близок к нему препарат «Компостин» (ускоритель созревания компоста) от ООО НВП «БашИнком», препарат ДРОП-У от ООО «Экос» [4]. ПО «Сиббиофарм» производит микробиологический препарат «Феркон®Д» на основе бактерий рода *Bacillus* и *Trichoderma viride* для переработки сухой и жидкой фракции навоза и птичьего помета [19]. На рынке присутствуют и другие отечественные разработки. В целях сохранения уникальности препаратов компании не всегда стремятся указывать перечень микроорганизмов-деструкторов в составе своей продукции, ограничиваясь общей характеристикой.

Микроорганизмы, используемые для переработки птичьего помета

Анализ предлагаемых технологий переработки птичьего помета с участием микроорганизмов выявил два основных направления: обработка птичьего помета непосредственно в птичниках и переработка помета в буртах с внесением или без внесения дополнительного компонента. При внесении микробных культур непосредственно на пометную массу в птичнике улучшается микроклимат помещения, снижается концентрация в воздухе аммиака, сероводорода, окиси углерода, что положительно сказывается на состоянии птицы.

В качестве дополнительного водопоглощающего материала используется торф или твердофазный помет, солома, опилки [20]. Также может вводиться минеральный компонент, например, термоактивированная природная кремнистая цеолитсодержащая порода (10-30%) [14].

В консорциум микроорганизмов подбирается сочетание бактерий, грибов, актиномицетов, которые обладают способностью к целлюлолизу, кератинолизу, окислению аммиака, окислению нитритов и солюбилизации фосфора, характеризуются возможностью продуцировать биологически активные вещества с высокой антагонистической активностью, подавлять развитие патогенных грибов и бактерий, обогащать биоудобрение витаминами, иммуномодуляторами, ферментами, фитогормонами [13]. Штаммы микроорганизмов выращиваются изолированно на питательных средах в соответствии с потребностями.

Таблица 1 – Микроорганизмы, используемые для эффективной биодеградации пометной массы

Вид	Использование
<i>Agrobacterium radiobacter</i>	Антагонист патогенной микрофлоры
<i>Arthrobacter flavescens</i> AC-1537	Снижение концентрации шестивалентного хрома и 4-хлорамфеникола
<i>Azotobacter chroococcum</i> 31/8 R	Фиксация азота, стимуляция роста растений (продукция индолилуксусной кислоты), фунгицидная активность
<i>Bacillus fastidiosus</i> B-5651	Деструкция мочевой кислоты, аллантаина и мочевины, повышает pH до 8-9
<i>Bacillus licheniformis</i> B-2985	Лизис клеточных стенок дрожжей и бактерий, продукция витаминов группы B, протеолитических ферментов
<i>Bacillus megaterium</i> var. <i>phosphaticum</i>	Мобилизация фосфора и кремния из почвенного комплекса
<i>Bacillus mycoides</i> B-691	Антагонистическая активность против патогенных микроорганизмов, азотфиксация
<i>Bacillus mycoides</i> B-46	Антагонистическая активность против патогенных микроорганизмов, азотфиксация
<i>Bacillus subtilis</i> B-4190	Деструкция мочевины
<i>Bacillus subtilis</i> B-4419	Деструкция углеводов
<i>Bacillus pumilus</i> B-3160	Деструкция диэтиленгликоля
<i>Bacillus</i> sp. B-5467	Деструкция фенола, гексана, фенола, нефти и нефтепродуктов
<i>Bifidobacterium bifidum</i> ВМСН-ІВ-М	Антагонистическая активность против патогенных микроорганизмов
<i>Candida tropicalis</i> Y-1520	Продукция уреазы
<i>Candida utilis</i> Y-2441	Продукция липазы
<i>Candida krusei</i> -96	Проявляет каталазную, уреазную, амилолитическую, целлюлозолитическую, протеолитическую, липазную активность
<i>Cellulomonas persica</i>	Продукция целлюлолитических ферментов
<i>Cellulomonas</i> sp. B- 4465	Деструкция целлюлозы
<i>Cellulomonas</i> sp. B- 4199	Деструкция целлюлозы
<i>Delftia lacustris</i>	Деструкция толуола, бензола, нафталина, полициклических ароматических углеводов
<i>Enterobacter cloaceae</i> B- 4988	Деструкция 2-этилгексилфталата, очистка промышленных сточных вод
<i>Erwinia caritovora</i> B-1121	Деструкция целлюлозы
<i>Lactobacillus salivarius</i> var. <i>salicinius</i>	Продукция молочной кислоты, антагонизм гнилостных бактерий
<i>Lactobacillus salivarius</i> var. <i>salivarius</i>	Продукция молочной кислоты, антагонизм гнилостных бактерий
<i>Lactobacillus acophilus</i>	Продукция молочной кислоты, антагонизм гнилостных бактерий
<i>Lactobacillus</i> sp. ВМСН-ІВ-М	Продукция молочной кислоты
<i>Lactobacillus casei</i>	Продукция молочной кислоты
<i>Mukor psychrophilus</i> F-1441	Продукция протеолитических ферментов
<i>Paenibacillus endophyticus</i> ВМСН-ІВ-ОНF 7	Деструкция полисахаридов и протеаз, стимулятор ризобактерий, антагонизм патогенов
<i>Pseudomonas putida</i> 90 биовар А (171)	Антагонист патогенной микрофлоры, деструкция нефтепродуктов

<i>Pseudomonas sp.</i> В-3908	Продукция антибиотиков, подавление роста бактерий рода <i>Staphylococcus</i>
<i>Rhizobium nepotum</i> ВМСН-ІВ-ОНF 5	Фиксация азота, продукция витаминов группы В
<i>Rhizobium japonicum</i>	Фиксация азота
<i>Rhodococcus qingshengii</i> ВМСН-ІВ-ОНF 10	Деструкция нефти и нефтепродуктов
<i>Rhodopseudomonas palustris</i>	Фотоферментация водорода, деструкция целлюлозы, очистка сточных вод, биодетоксикация хлоридов, ароматических соединений, лигнина
<i>Saccaromyces cerevisiae</i>	Подавление патогенной микрофлоры
<i>Streptococcus thermophilus</i>	Продукция молочной кислоты
<i>Streptococcus bovis</i>	Ферментация углеводов, продукция молочной кислоты
<i>Streptococcus lactis</i>	Продукция молочной кислоты, подавление активности сальмонелл
<i>Streptococcus salivarius thermophilus</i> В-2454	Продукция молочной кислоты, антагонизм гнилостных бактерий
<i>Propionibacterium acnes</i> В-5592	Продукция биологически активных веществ
<i>Trichoderma reesei</i> RUT-C30	Продукция целлюлолитических ферментов, альфа-галактозидазы, геицеллюлаз

Изучение микроорганизмов, которые можно использовать как деструкторы птичьего помета, показало, что очень высокую протеолитическую активность проявляют *Pseudomonas putida* 90 биовар А (171), *Pseudomonas putida* АТСС 12633, *Bacillus licheniformis* Л-34 и *Bacillus mesentericus* В-2466 [7]. В состав микробных консорциумов наиболее часто включают разнообразные штаммы родов *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Rhizobium*, *Candida*, *Streptococcus thermophilus*, *Streptococcus bovis*, *Rhodopseudomonas palustris*, *Cellulomonas spp.* Довольно часто в качестве микробной основы используют ЭМ-препараты, дополняемые ферментами, витаминами, фитогормонами. Существуют комбинированные способы переработки птичьего помета. Так Кощаев А.Г. (2006) описывает способ вермикомпостирования помета с использованием гибрида красного калифорнийского червя и дождевых червей кубанской природной популяции (10^4 шт/м²) с дополнительным внесением консорциума микроорганизмов *Bacillus megaterium var. phosphaticum*, *Rhizobium japonicum*, *Agrobacterium radiobacter*.

Переработка помета в биоудобрения с использованием микроорганизмов позволяет практически без энергетических затрат и дорогостоящего специального оборудования получать высококачественный продукт. Используемые микроорганизмы не антогонистичны природным экосистемам, они

включаются в трофические цепи и не токсичны [5, 18].

В биоудобрении, получаемом деструкцией микробной массы, не обнаруживается патогенная микрофлора, в частности кишечная палочка, энтерококки, патогенные стафилококки и сальмонеллы, яйца и личинки гельминтов, личинки мух, содержание тяжелых металлов находится в пределах нормы [2]. Ризосферная микрофлора получает необходимые для нее гуминовые и фульвокислоты и их соли, аминокислоты, витамины В1, В2, В6 и В12. Входящие в состав биоудобрений ризосферные микроорганизмы способствуют солюбилизации фосфатов. Активизация микробиологических процессов в почве приводит к появлению микроорганизмов, продуцирующих антибиотики. Это позволяет снизить использование химических пестицидов [10].

Заключение

Переработка птичьего помета в эффективное биоудобрение – перспективное направление переработки отходов птицеводческих предприятий. Для эффективной и быстрой деструкции в консорциум микроорганизмов необходимо подбирать сочетание бактерий, грибов, актиномицетов, которые обладают способностью к целлюлолизу, кератинолизу, окислению аммиака, окислению нитритов и солюбилизации фосфора, характеризуются возможностью продуцировать биологически активные вещества с высокой антагонистической активностью, подавлять развитие патогенных грибов и бактерий, обогащать биоудобрение витаминами, иммуномодуляторами, ферментами, фитогормонами.

Список источников

1. Агафонов, Е.В. Использование птичьего помета в земледелии Ростовской области / Е.В. Агафонов, Р.А. Каменев, В.А. Ефремов, Д.А. Манашов и др. – Персиановский: Изд-во Донского ГАУ, 2016. – 86 с.
2. Архипченко, И.А. Микробиологические особенности переработки отходов животноводства в биоудобрения / И.А. Архипченко // Экологические проблемы использования органических удобрений в земледелии. Сборник науч. трудов. – 2015. – С. 123-132.
3. Воробьев, А.Л. Утилизация биологических отходов в птицеводстве / А.Л. Воробьев, Р.И. Шарипов // Эффективное животноводство. – 2018. – №3. – С. 61-63.

4. Воробьева, А.А. Производство органо-минерального удобрения путем биоконверсии отходов производства / А.А. Воробьева // Инновационная техника и технология. – 2021. – Т.8. - №2. – С. 39-42.
5. Галина, Ч.Р. Использование ЭМ-технологий при переработке птичьего помета / Ч.Р. Галина, Г.Н. Гарипова, Н.А. Чукбар, Р.Р. Гадиев // Научное обеспечение безопасности и качества продукции животноводства. – 2018. – С. 23-27.
6. Запевалов, В.М. Технология приготовления органоминерального удобрения на основе птичьего помета / В.М. Запевалов, С.М. Запевалов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 5 (79). – С. 84-90.
7. Лунева, А.В. Скрининг микроорганизмов, способных ускорять процесс микробной трансформации птичьего помета / А.В. Лунева // Аграрный вестник Урала. – 2021. - № 12 (215). – С. 50-58.
8. Лысенко, В.П. Птицефабрика – курс на безотходность / В.П. Лысенко // АПК Эксперт. – 2013. – № 1-2. – С. 24.
9. Минеев, В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. – М.: Колос, 2004. – 720 с.
10. Переработка отходов животноводческих и птицеводческих комплексов и ферм в эффективные биологические удобрения и энергию. Рекомендации. – Уфа: Башгипроагропром, 2010. – 19 с.
11. Помазанова, Ю.Н. Влияние куриного помета и фосфогипса на развитие и продуктивность озимой пшеницы / Ю.Н. Помазанова, Л.Б. Попок // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2012. – Т.8. – №2. – С. 36-39.
12. Сухемара, С.А. Сборник материалов по практическому применению препарата «Байкал-ЭМ1» / С.А. Сухемара. – Алматы: ИПК «Чувашия», 2006. – 70 с.
13. Афанасьев, Е.Н. Биопрепарат из эффективных микроорганизмов для деградации органических отходов. Патент / Е.Н. Афанасьев. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU2347808C1_20090227. (дата обращения: 28.01.2024).
14. Багаутдинов, Ф.Ф. Органоминеральное гранулированное удобрение / Ф.Ф. Багаутдинов, Ю.Г. Галяметдинов, Е.Ю. Громова, Е.М. Кулагина. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43903787>. (дата обращения: 26.01.2024).

15. Кошаев, А.Г. Способ приготовления комбинированного микробиологического удобрения на основе биогуруса. Патент / А.Г. Кошаев. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU2286977C2_20061110. (дата обращения: 25.01.2024).

16. Новобакт обеспечит индивидуальный подход к каждой лагуне. 2023. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://navobakt.ru/articles/navobakt-obespechit-individualnyj-podход-k-kazhdoj-lagune>. (дата обращения: 23.01.2024).

17. Термофильные молочнокислые бактерии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studylib.ru/doc/2287725/termofil_nyh-molochnokislyh-bakterii. (дата обращения: 25.01.2024).

18. Фауст Е.А. Оценка возможности использования биотрансформированного птичьего помета для повышения посевных качеств семян овса/ Фауст Е.А., Амелькина А.А., Ларионова О.С., Шпуль С.В. // Плодородие. – 2017. – № 2 (95). – С. 53-55.

19. Феркон®Д. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sibbio.ru/catalog/zhivotnovodstvo/ferkon-d/>.

20. Чекакина, Е.В. Способ биологической переработки птичьего помета. Патент / Е.В. Чекакина, М.А. Лежнев, В.И. Слынько, А.И. Черемухина и др. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU2055823C1_19960310?ysclid=lrw2kzexbq776245529. (дата обращения: 25.01.2024).

21. Эффективная переработка отходов животноводства (навоза, помета) в удобрение. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bionex.pro/production/industrial/bionex-animal-wt>. (дата обращения: 28.01.2024).

22. Heuer, H. Accumulation of sulfonamide resistance genes in arable soils due to repeated application of manure containing sulfadiazine // Applied and Environmental / H. Heuer et al. // Microbiology. – 2011. – Vol. 77. – №7. – P. 2527-2530. DOI: [10.1128/AEM.02577-10](https://doi.org/10.1128/AEM.02577-10).

23. Merchant, L.E. Characterization of antibiotic-resistant and potentially pathogenic *Escherichia coli* from soil fertilized with litter of broiler chickens fed antimicrobial-supplemented diets / L.E. Merchant et al. // Canadian Journal of Microbi-

ology. – 2012. – Vol. 58. – №9. – P. 1084-1098. DOI: [10.1139/w2012-082](https://doi.org/10.1139/w2012-082).

© Семенкин В.В., Лазарчук-Андрейченко Я.Б., Безверхов А.А., Шапуленкова А.А., 2024

Научная статья

УДК 637.524.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРОКОПЧЕННЫХ КОЛБАС

**Петр Владимирович Смутнев, Никита Андреевич Кузьмин,
Юлия Сергеевна Логвиненко**

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

Аннотация. Установлено, что при производстве сырокопчёных колбас наиболее универсальной может быть доля мускатного ореха 5-8%. При массовой доле мускатного ореха более 8% вкус становился неприятным, острым, горьковатым и очень приторным, вкусовые качества других приправ были «забиты»; снижался уровень pH, влажность продукта. Таким образом, оптимальной дозой мускатного ореха (сухого) следует считать 5%.

Ключевые слова: колбаса, мускатный орех, приправа

USE OF NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS OF PLANT ORIGIN IN THE PRODUCTION OF RAW SMOKED SAUSAGES

Petr V. Smutnev, Nikita A. Kuzmin, Yulia S. Logvinenko

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after. N.I. Vavilova, Saratov, Russia

Abstract. It has been established that in the production of raw smoked sausages the most universal proportion of nutmeg can be 5-8%. When the mass fraction of

nutmeg was more than 8%, the taste became unpleasant, pungent, bitter and very cloying, the taste qualities of other seasonings were “clogged”; the pH level and humidity of the product decreased. Thus, the optimal dose of nutmeg (dry) should be considered 5%.

Key words: sausage, nutmeg, seasoning

Потребление количества колбасных изделий в России с каждым годом увеличивается. Сырокопченые колбасы являются одной из разновидностей деликатесов, при этом современные технологии позволяют снизить стоимость данного продукта для населения, и он становится широкодоступным. Сегодня активно развиваются новые технологии, совершенствуются рецептуры производства сырокопченых колбас за счет снижения жирности продукта и повышения функциональных качеств. Актуальным направлением исследований является использование нетрадиционного растительного сырья, способного заменить массовую долю мясного сырья, без потери вкусовых качеств готового продукта. Более того, применение многих растительных компонентов оказывают позитивное влияние на повышение органолептических и физико-химических показателей сырокопченых колбас.

Одной из разновидностей приправ, которые сегодня активно используются производителями сырокопченых колбас является мускатный орех. По традиционной рецептуре его массовая доля не должна превышать 0,3%.

Проведенный нами эксперимент заключался в увеличении массовой доли мускатного ореха до 5-15% от массовой доли мясного сырья. Замена массовой доли мясного сырья в рецептуре растительным компонентом (мускатным орехом) с добавлением стартовой культуры «Бессастар» позволила сократить время производства колбасы до 13-15 дней; себестоимость готовой колбасы снижается на 12% (при выборе оптимальной дозировки растительного сырья 5%).

Установлены изменения органолептических качеств сырокопченной колбасы (на примере рецептуры «Московская») в зависимости от концентрации нетрадиционного сырья растительного происхождения (мускатного ореха). С увеличением концентрации наполнителя усиливался ореховый вкус, при этом он становился более горьковатым. Цвет готового продукта изменялся от розово-красного (доля мускатного ореха 3-5%) до коричневого (доля мускатно-

го ореха 10, 15%).

Результаты органолептической оценки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты органолептической оценки контрольного и опытных образцов

Показатель	Контрольный образец	Опытный образец 1 (5% мускатного ореха)	Опытный образец 2 (8% мускатного ореха)	Опытный образец 3 (10% мускатного ореха)	Опытный образец 4 (15% мускатного ореха)
Цвет	Однородный, темно-розовый оттенок	Однородный, розовые оттенки стали более бордовыми	Однородны, оттенок становится более коричневым, нежели розовым	Однородный, оттенок светло-коричневый (необходимо добавлять больше красителя розового)	Неоднородный, выраженный коричневый цвет, по краям более коричневого от копчения, встречаются некоторые более темные пятна, возможно гранулы сухого мускатного ореха
Аромат	Очень приятный, запах ореха не ощущается	Приятный запах как у контрольного образца, дополненный ореховым мягким ароматом	Приятный запах, с более выраженным ореховым ароматом, довольно гармонично дополняет запах контрольного образца	Выраженный запах мускатного ореха, но запах приятный, ореховый, другие запахи «забиты» и практически не ощущаются	Скорее неприятный, сильно выраженный запах мускатного ореха, существенно отличается от контрольного показателя
Вкус	Очень вкусно	Очень вкусно, орех добавляет определенную нежность и приятное послевкусие	Вкусно, более выраженный вкус ореха, но гармонично дополняет контрольный образец	Вкус приемлемый, но с очень выраженным присутствием мускатного ореха (на любителя)	Неприятный, очень ощущается вкус мускатного ореха, сильно горчит и дополнительная острота
Нежность (жесткость)	Нежная, волокна легко отделяются	Нежное, орех добавляет определенное вкусовое ощущение нежности	Менее нежная за счет более выраженной сухости батончиков	Средняя (удовлетворительно)	Жестковатое
Сочность	Сочная	Менее сочная, но это не очень выражено	Ощущение сочности менее выражено	Суховатое (приемлемо)	Сухое (неприемлемо)
Общая оценка	Отлично	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Плохо

По результатам проведенной органолептической оценки качества опытных образцов, были сделаны конкретные выводы, систематизированные в таблице 2.

Таблица 2 – Органолептические показатели готовых образцов в баллах

Показатель	Контрольный образец	Опытный образец 1 (5% мускатного ореха)	Опытный образец 2 (8% мускатного ореха)	Опытный образец 3 (10% мускатного ореха)	Опытный образец 4 (15% мускатного ореха)
Вкус	4,9	4,8	4,5	3,0	2
Запах	4,5	4,7	4,5	3,5	1
Цвет	4,4	4,3	4,0	3,5	1
Консистенция	4,8	4,5	4,5	3,2	2,5
Оценка в баллах	5	5	4	3	1

По результатам данных, систематизированных в таблицах 1 и 2 видно, что органолептические показатели опытных образцов наиболее высокие у колбасных продуктов образца №1 и №2. Именно эти рецептуры уместны для массового производства.

При определении физико-химических опытов, направленных на определение качества готовой колбасной продукции (опытных образцов 1-4), были установлены некоторые различия по химическому составу.

Установлены изменения некоторых физико-химических показателей сырокопченой колбасы при добавлении нетрадиционного сырья растительного происхождения (5%, 8%, 10%, 15%). Изменялся показатель рН (кислоты) мясного сырья до 5,4-4,9 за более короткий срок – 8-14 часов, что является позитивным аспектом. При этом следует отметить, что ниже допустимого уровня ГОСТ показатель снизился при массовой доле растительного компонента 10-15%. Также за счет увеличения доли сухого сырья (мускатного ореха) изменялась влажность готового продукта – становился более сухим. Учитывая, что мы исследовали процесс производства сырокопченой колбасы, сухость продукта имеет важное значение в органолептике. Вместе с тем, следует подчеркнуть, что при более высоких дозировках растительного сырья продукт становится очень сухим, крошливым, появляются комочки, поэтому такая колбаса неприятна к употреблению. Массовая доля сухих веществ в колбасе с увеличением концентрации растительного сырья (мускатного ореха) повышалась. В более высоких концентрациях вкус продукта ухудшался, становился довольно искусственным и горчил. В силу того, что избранное растительное сырье (мускатный орех) обладает противомикробными свойствами, увеличение его доли в рецептуре способствует снижению доли нитрита

натрия на 20-30% в рецептуре и готовой продукции. Это связано с тем, что нитрит натрия добавляют для целей недопущения развития бактерий ботулизма в фарше/колбасе. В нашем случае мускатный орех также выполняет роль противомикробного компонента. По факту, снижение доли нитрита натрия оказывает позитивное влияние на организм здорового человека.

Результаты химических исследований готовых сырокопченых колбас представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты физико-химической оценки контрольного и опытных образцов

Показатель	ГОСТ	Контрольный образец	Опытный образец 1 (5% мускатного ореха)	Опытный образец 2 (8% мускатного ореха)	Опытный образец 3 (10% мускатного ореха)	Опытный образец 4 (15% мускатного ореха)
Влага, %	30,00±0,02	30,14±0,06	29,32±0,05	28,95±0,05	27,34±0,05	23,48±0,04
Жир, г	Не более 50,0	45,25±0,01	46,32±0,03	45,78±0,02	44,68±0,01	40,83±0,01
Белок, г	Не менее 21,0	22,28±0,03	22,19±0,03	23,12±0,03	21,90±0,03	20,2±0,03
Зола, %	-	2,32±0,03	2,28±0,08	3,01±0,06	3,50±0,05	4,5±0,10
Уровень кислотности, рН	Не ниже 4,8	4,9	5,4	5,0	4,7	4,3

По результатам бактериологического анализа удалось установить, что в готовом продукте образцов №1 и №2 в 1 г колбасы выявлено количество бактерий – 1×10^3 , что соответствует норме колбас высшего и первого сорта ГОСТ.

Таким образом, рекомендуемая нами концентрация мускатного ореха при производстве сырокопченных колбас составляет 5%.

Список источников

- 1.Акопян, К.В. Формирование аромата и вкуса сырокопченных колбас / К.В. Акопян, А.А. Нестеренко // Молодой ученый. 2014. №7. С. 93-95.
- 2.Валишина, Г.Л. Разработки безглютеновых колбасных изделий с добавлением растительного сырья / Г. Л. Валишина, Э. Т. Сагиндигов. // Молодой ученый. 2017. № 50 (184). С. 30-32.
- 3.Кенийз, Н.В., Нестеренко А.А., Нагарокова Д.К. Технология производ-

ства сырокопченых колбас с применением ускорителей. // Научный журнал КубГАУ. 2015. №105(01). С.1-28.

4. Корнеева, О.С. Сырокопченые колбасы с комплексными добавками / О.С. Корнеева, Н. М. Ильина, Е. А. Мотина // Мясная индустрия. 2010. №6. С. 19-21.

5. Нестеренко, А.А. Инновационные технологии в производстве колбасной продукции / А. А. Нестеренко, А. М. Патиева, Н. М. Ильина. Саарбрюккен: Palmarium Academic Publishing, 2014.

6. Нестеренко А.А. Функциональные мясные продукты, получаемые при помощи биомодификации / А. А. Нестеренко, Д. С. Шхалахов // Молодой ученый. 2014. №13. С. 76-79.

7. Пенькова, Ю.А. Технология производства сырокопченых колбас и пути её совершенствования / Ю.А. Пенькова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. С.88-94.

8. Полтавская, Ю.А. и др. Применение стартовых культур при производстве сырокопченых колбас // Молодой ученый. 2014. №9. С.193-196.

9. Сарбатова, Н.Ю. Особенности производства сырокопченых колбас / Н.Ю. Сарбатова, К.Ю. Шебела. // Молодой ученый. 2015. № 5.1 (85.1). С. 43-46.

10. Тюрина, Л.Е. Технология производства функциональных мясных продуктов / Л.Е. Тюрина, Н.А. Табаков; Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2011.

© Смутнев П.В., Кузьмин Н.А., Логвиненко Ю.С., 2024

Научная статья

УДК 606:631.53.01:633.491

ПРИМЕНЕНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗВИРУСНОГО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ

**Татьяна Владиславовна Спирихина, Заур Юрьевич Хапцев,
Сергей Владимирович Иващенко**

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова,
г. Саратов

Аннотация. Работа посвящена изучению влияния штаммов ризосферных бактерий *Paenibacillus polymyxa B-1445* и *Azospirillum brasilense Sp Cd* на приживаемость пробирочных растений картофеля. Показано благоприятное действие жидких биопрепаратов на основе *P. polymyxa B-1445* и *A. brasilense Sp Cd* на развитие микро растений в грунте.

Ключевые слова: *Paenibacillus polymyxa*, *Azospirillum brasilense*, биопрепараты, микроклональное размножение, безвирусный посадочный материал, приживаемость

THE USE OF BIOLOGICAL PRODUCTS IN THE TECHNOLOGY OF OBTAINING VIRUS-FREE POTATO PLANTING MATERIAL

Tatyana V. Spiriakhina, Zaur Yu. Khaptsev, Sergey V. Ivaschenko

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia

Abstract. The work is devoted to the study of the influence of strains of rhizospheric bacteria *Paenibacillus polymyxa B-1445* and *Azospirillum brasilense Sp Cd* on the survival of test tube potato plants. The beneficial effect of liquid biologics based on *P. polymyxa B-1445* and *A. brasilense Sp Cd* on the development of micro-plants in the soil is shown.

Keywords: *Paenibacillus polymyxa*, *Azospirillum brasilense*, biopreparations, microclonal reproduction, virus-free planting material, survival rate

Введение. Производство безвирусного семенного картофеля методом микроклонального размножения в настоящее время является актуальной технологией, так как именно зараженный посадочный материал - основной источник вирусной инфекции и потери урожая.

В производстве семенного картофеля начальным этапом служит получение здоровых, свободных от патогенов растений, которые обладают физиологическим статусом, обеспечивающим достаточную энергию роста и высокую урожайность [1].

Пробирочные растения картофеля – безвирусный посадочный материал - после высаживания в грунт плохо приживаются, частично погибают. Поэтому такие растения требуют тщательного ухода, каждую неделю их необходимо обрабатывать фунгицидами и препаратами от тли. Кроме того, необходимы подкормки, чтобы растения не слабели, не вытягивались. Улучшить приживаемость пробирочных растений в грунте – важная задача.

Учитывая преимущества биологических препаратов, мы исследовали возможность применения почвенных ризосферных бактерий *Paenibacillus polymyxa* и *Azospirillum brasilense* с целью поддержки пересаженных в грунт пробирочных растений.

P. polymyxa обладает азотфиксирующей способностью, антимикробной активностью, а также действует как стимулятор роста растений за счет синтеза фитогормонов, играет роль в поглощении фосфора растениями, увеличивает пористость почвы, поддерживает функционирование экосистемы [2, 3]. Это грамположительная палочковидная спорообразующая бактерия, подвижная.

A. brasilense благоприятно влияют на устойчивость растений к заболеваниям и продуктивность сельскохозяйственных культур разнообразными механизмами. Это свободноживущие азотфиксирующие высокоподвижные бактерии, колонизирующие, преимущественно, поверхность растительных корней. [5].

Материалы и методы исследований.

В настоящей работе использовали культуры штаммов *Paenibacillus polymyxa* В-1445 и *Azospirillum brasilense* Sp Cd, полученные из коллекции

микроорганизмов ИБФРМ РАН (<http://collection.ibppm.ru>).

Бактерии выращивали на жидких питательных средах в шейкере-инкубаторе. Для роста бактерий были установлены следующие условия: скорости вращения 100 об/мин, температура 30 °С, длительность 20 часов.

Для учета численности бактерий в выращенной культуре делали последовательные разведения с высевом на плотную среду. Количество микроорганизмов, содержащихся в 1 мл культуры, переводили в десятичные логарифмы. Статистическую обработку результатов проводили при помощи t-критерия Стьюдента при уровне достоверности 95 % ($P = 0,95$). В выращенной жидкой культуре концентрация *P.polymyxa* составила $8,63 \pm 0,2 \lg$ КОЕ/мл, а *A. brasilense* $9,7 \pm 0,2 \lg$ КОЕ/мл

Исходные растения картофеля сортов Red Scarlett и Жуковский ранний были получены из Саратовского филиала ФГБУ Россельхозцентр. Размножение картофеля осуществляли микрочеренкованием и выращиванием на среде Мурасиге-Скуга (рисунок 1) в стандартных условиях (при освещенности 2,0-3,0 тыс. люксов, фотопериоде – 16 часов, температуре 23-25 °С и влажности воздуха 70-75 %) [6, 7, 8, 9].



Рисунок 1. Микрочеренкование картофеля

Из полученных растений были сформированы и высажены в грунт две группы по 10 растений: опытная - с внесением в грунт жидкого биопрепарата и контрольная - без добавок.



Рисунок 2. Высаживание пробирочных растений в грунт

Результаты исследований и их обсуждение

Для изучения влияния азоспирилл были взяты микрорастения картофеля сорта Жуковский ранний. Уже на десятые сутки наблюдения стало заметно, что *Azospirillum brasilense Sp Cd* оказывает стимулирующее влияние на пробирочные растения картофеля (таблица 1). Растения из опытной группы были крупнее и лучше развиты.

Таблица 1 – Влияние жидкого биоудобрения на основе *A. brasilense Sp Cd* на микрорастения картофеля Жуковский ранний (10 суток)

Вариант опыта	Состояние растений
<i>Azospirillum brasilense Sp Cd</i>	Внешне растения имеют прямостоячий стебель, листья темно-зеленого цвета. Средняя высота растений $9,6 \pm 0,9$ см. Количество листьев было выше, чем при поливе водой.
Контроль	Внешне растения имеют прямостоячий стебель, листья темно-зеленого цвета. Средняя высота растений $6,8 \pm 0,4$ см. Количество листьев ниже, чем при внесении биопрепаратов.

Аналогичные результаты получены при внесении жидкого биоудобрения на основе *P. polymyxa*. Данный опыт проводился с картофелем сорта Red Scarlett. В нашем исследовании высота микрорастений-регенерантов в опыт-

ной группе через 14 дней после высаживания в грунт была заметно больше (таблица 2).

Таблица 2 – Высота микрорастений картофеля на 14 сутки

Вариант опыта	Максимальная высота, мм	Минимальная высота, мм
<i>P. полутуха</i>	129	92
Контроль	91	24

Через 21 день после высаживания в грунт было видно, что в контрольной группе самые слабые растения: не развивались, были бледно-зеленые, не росли – 4-5 см высотой, т.е. такие, как их высадили (рисунок 3);



Рисунок 3. Неразвивающееся растение из контрольной группы

Либо растения очень слабые, вытянутые, с тонкими стеблями, мелкими листочками, т.е. росли, но очень медленно (рисунок 4);



Рисунок 4. Слабые растения из контрольной группы

Только в контрольной группе встретилось растение, которое было поражено заболеванием (рисунок 5).



Рисунок 5. Растение с пораженными листьями

Встречались в контрольной группе и хорошо развитые здоровые растения ($\approx 25\%$), но и они были слабее, чем в опытной группе. Результаты сведены в таблицу 3

Таблица 3 – Высота растений картофеля на 21 сутки

Вариант опыта	Максимальная высота, мм	Минимальная высота, мм
<i>P. полутуха</i>	185	135
Контроль	162	43

Наиболее высокие растения встречаются в опытной группе с добавлением полученного биопрепарата (рисунок 6 и 7).



Рисунок 6. Максимальная высота растения 185 мм в группе с добавлением жидкой культуры *P.polyuxa*



Рисунок 7. Максимальная высота растения 162 мм в контрольной группе

Заключение. Из полученных результатов можно сделать вывод, что применение биопрепаратов на основе *P.polyuxa* и *A. brasilense* благоприятно влияет на адаптацию и развитие пробирочных растений картофеля.

Выводы:

1. Показано положительное влияние биопрепарата на основе *A. brasilense* на адаптацию и развитие в грунте пробирочных растений картофеля сорта Жуковский ранний.

2. Показано положительное влияние биопрепарата на основе *P. polymyxa* на адаптацию и развитие в грунте пробирочных растений картофеля сорта Red Scarlett.

3. Показана возможность применения препаратов на основе ризосферных бактерий в технологии получения безвирусного посадочного материала картофеля.

Список источников

1. Усков, А.И. Воспроизводство оздоровленного исходного материала для семеноводства картофеля: обоснование стратегии. //Достижения науки и техники АПК, 2009. - № 6, с.30-33.

2. Timmusk, S. P. van West, N. A. R. Gow, and E. G. H. Wagner. 2003. Antagonistic effects of *Paenibacillus polymyxa* towards the oomycete plant pathogens *Phytophthora palmivora* and *Pythium aphanidermatum*, p. 1–28. In Mechanism of action of the plant growth promoting bacterium *Paenibacillus polymyxa*. Uppsala University, Uppsala, Sweden.

3. Truper H.G. The type species of the genus *Paenibacillus* Ash et al. 1994 is *Paenibacillus polymyxa*. Opinion 77. Int J Syst Evol Microbiol. 2005;55:513.

4. Бухарова, Е.Н. Экзополисахарид *Paenibacillus polymyxa* 88А: получение, характеристика и перспективы использования в хлебопекарной промышленности: Автореф. дис. канд. биол.наук. Саратов, 2004. - 22 с

5. Farrar, K.; Bryant, D.; Cope-Selby, N. Understanding and Engineering Beneficial Plant-Microbe Interactions / K. Farrar, D. Bryant, N. Cope-Selby// Plant Growth Promotion in Energy Crops. Plant Biotechnol. J. –2014.–12. –P.1193–1206.

6. Концевая, И. И. Оптимизация питательной среды для масс-клонального размножения березы / И. И. Концевая // Рациональное использование и воспроизводство лесных ресурсов в системе устойчивого развития: материалы Междунар. Науч.-практ. Конф., Гомель, 5–7 окт. 2007 г. / Ин-т леса НАН Беларуси; редкол.: А. И. Ковалевич [и др.]. –Гомель, 2007 – С. 269–272.

7. Кулагин, Д. В. Влияние различных условий культивирования на индукцию каллусообразования на листовых эксплантах дуба черешчатого / Д. В. Кулагин, Е. Н. Химченко // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. – 2010 – Вып. XVIII. – С. 247–250.

8. Павловская, Н.Е. Способ микроклонального размножения картофеля. Патент RU 2702765 С2

9. Милехин, А.В. Перспективы использования биотехнологических установок в безвирусном семеноводстве картофеля в Среднем Поволжье/ А.В. Милехин, С.Л. Рубцов, А.Л. Бакунов, Н.Н. Дмитриева, О.А. Вовчук // Известия Самарского научного центра РАН, 2014. Том 16. № 5(3). С. 1184-1191.

© Спирихина Т. В., Хапцев З. Ю., Иващенко С. В., 2024

Научная статья

УДК 636.084.1: 57.084.1: 639.3.05

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЭКЗОПОЛИСАХАРИДОВ В КОРМЛЕНИИ ЖИВОТНЫХ

**Галина Тимофеевна Урядова, Надежда Александровна Фокина,
Лидия Владимировна Карпунина**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», г. Саратов, Россия

Аннотация. Было исследовано влияние экзополисахаридов (ЭПС) молочнокислых бактерий на рост и развитие, а также кишечную микрофлору сельскохозяйственных животных – кур и осетров при их кормлении. Было обнаружено, что применение бактериальных экзополисахаридов у сельскохозяйственных животных имеет положительный эффект – приводит к увеличению живой массы. Результаты исследования в перспективе могут найти применение в зоотехнии и аквакультуре в процессе выращивания сельскохозяйственных птиц и рыб.

Ключевые слова: сельскохозяйственные птицы, осетр, рост, развитие, ихтиомасса

EXPERIENCE OF USING BACTERIAL EXOPOLYSACCHARIDES IN ANIMAL FEEDING

Galina T. Uryadova, Nadezda A. Fokina, Lidia V. Karpunina

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

Abstract. The influence of exopolysaccharides of lactic acid bacteria on the growth and development, as well as the intestinal microflora of farm animals - chickens and sturgeons during their feeding, was studied. It was found that the use of bacterial exopolysaccharides in sturgeon leads to. The results of the study may in the future be used in animal husbandry and aquaculture in the process of growing poultry and fish.

Keywords: agricultural birds, sturgeon, growth, development, ichthyomass

В последние годы в сельском хозяйстве активно ведется поиск способов повышения продуктивности животных, в том числе и сельскохозяйственной птицы, крупного и мелкого рогатого скота, рыб, основанный не только на применении биологически активных кормовых добавок с добавлением микроэлементов, аминокислот и витаминов [1, 2, 3], но и с возможным применением веществ бактериального синтеза, но этот вопрос еще требует изучения [4, 5]. Целью работы явилось изучение влияния экзополисахаридов молочнокислых бактерий на жизнедеятельность сельскохозяйственных животных при кормлении.

В качестве объектов исследования были выбраны животные, относящиеся к разным таксономическим классам: сельскохозяйственная птица – куры, рыбы – осетры. Был использован ЭПС *Streptococcus thermophilus*, полученный нами ранее [6].

Исследуемые цыплята кросса Хаббард ИЗА Ф-15 яичного направления были распределены на контрольную и опытную группы (n=10). Содержание цыплят было напольным, на глубокой подстилке из древесной стружки. Цыплята получали общепринятый в хозяйстве рацион кормления. Контрольная группа получала полнорационный комбикорма № ПК-ИЗА-15-8, Россия,

а опытная группа – тот же комбикорм с добавлением 10 мл раствора ЭПС (из расчета 0,06 г/кг массы птицы) дважды в неделю в течение первого месяца жизни.

Сеголетки ленского осетра со средней массой примерно 630 г. содержались в аквариумах вместимостью 250 л и были распределены на контрольную и опытную группы (n=6). Для обеспечения наилучших условий для жизнедеятельности рыб и потребления кормов поддерживали соответствующий оптимальной физиологической норме температурный режим (18-19°C), уровень растворенного в воде кислорода (7 мг/л) и рН (6,5-7). Кормление рыб в период опыта производили 3 раза в день, в светлое время суток, через равные промежутки времени. Особи контрольной группы получали полнорационный гранулированный продукционный комбикорм для осетров Supreme-10, «Сорrens», Нидерланды, а особи опытной группы получали тот же комбикорм с ЭПС из расчета 0,04 г/кг массы рыбы в течении 15 недель. Состав и питательность соответствовали данному периоду выращивания рыбы. Определение живой массы цыплят и ихтиомассы рыб осуществляли путем индивидуального взвешивания в одно и то же время, до утреннего кормления.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли по стандартным методам [7] с использованием параметрического t-критерия Стьюдента (достоверными считали различия при вероятности ошибки $p < 0,05$).

В ходе изучения влияния изучаемого ЭПС на живую массу птиц к концу 2 месяца жизни у цыплят опытной группы масса тела была равна $1041 \pm 30,12$ г, что было выше контроля на 8,2%.

При исследовании влияния бактериального ЭПС на рост и развитие рыб было определено, что использование ЭПС *S. thermophilus* в рационе опытной группы сопровождалось увеличением интенсивности роста рыбы: прирост ихтиомассы был выше на 8,2 % по отношению к контрольной группе и составил на конец эксперимента $5240,0 \pm 30,00$ г. Опытная группа опережала контроль по относительному приросту на 3,9 %, который составил $52,4 \pm 1,00$ %, а также по среднесуточному на 8,1 %, который составил $4,0 \pm 0,08$ г.

Таким образом, использование в кормлении цыплят и осетров ЭПС молочнокислых бактерий *S. thermophilus* влияет на увеличение массы животных по сравнению с контрольными группами без применения бактериальной до-

бавки. Полученные результаты в перспективе могут найти применение в зоотехнии и рыбоводстве.

Список источников

1. Андреев В.В. Органолептическая и дегустационная оценка мяса цыплят-бройлеров, получавших в рационе комплекс органических микроэлементов // Молодой ученый. – 2013. – №3 (50). – С. 534 – 536.

2. Поддубная И.В., Васильев А.А. Теоретическое и практическое обоснование использования органического йода в кормлении осетровых рыб: монография // ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. – Саратов, 2017. – 252 с.

3. Терентьева Е.Ю., Салаутин В.В., Салаутина С.Е. Органолептические показатели и дегустационная оценка мяса цыплят-бройлеров, при использовании жидкой кормовой добавки Версал ликвид // Актуальные вопросы ветеринарной науки: Материалы Международной научно-практической конференции. – Ульяновск, 2015. – С. 233 –235.

4. Буряков Н.П., Косолапов А.В., Малков М.А. и др. Полисахариды в кормлении молочного скота // Сыроделие и маслоделие. – 2017. – №6. – С. 51 – 54.

5. Феоктистова Н.В., Марданова А.М., Лутфуллин М.Т. и др. Биопрепараты микробного происхождения в птицеводстве // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. – Т. 160, кн. 3. – 2018. – С. 395 – 418.

6. Фокина Н.А., Урядова Г.Т., Карпунина Л.В. Влияние условий культивирования на продукцию экзополисахарида *Streptococcus thermophilus* // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. – 2018. – Т. 18, вып. 2. – С. 179 – 181.

7. Воробьев В.Я., Елсуков А.И. Теория и эксперимент // Минск: Высшая школа. – 1989. – 109 с.

© Урядова Г.Т., Фокина Н.А., Карпунина Л.В., 2024

Научная статья
УДК 579.66:631.461.5.

РАЗРАБОТКА НОВОЙ ПРЕПАРАТИВНОЙ ФОРМЫ БИОУДОБРЕ- НИЯ НА ОСНОВЕ РИЗОСФЕРНЫХ БАКТЕРИЙ

Юлия Васильевна Честнова

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова

Аннотация. Представлен процесс и результат создания биоудобрения на основе глауконитовой муки и *Azotobacter vinelandii*.

Ключевые слова: *Azotobacter vinelandii*, глауконитовая мука, биоудобрение

DEVELOPMENT OF A NEW PREPARATIVE FORM OF BIOFERTI- LIZER BASED ON RHIZOSPHERIC BACTERIA

Julia V. Chestnova

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilova

Abstract. The process and result of creating a biofertilizer based on glauconite flour and *Azotobacter vinelandii* is presented.

Key words: *Azotobacter vinelandii*, glauconite flour, biofertilizer

В настоящее время немало сил направлено на улучшение производительности сельского хозяйства.

Добиться высоких показателей урожайности без вреда для окружающей среды можно при помощи использования биоудобрений, которые отличаются экологичностью и эффективностью действия.

Существует ряд жидких форм биоудобрений на основе азотфиксирующих микроорганизмов, которые увеличивают урожайность, улучшают свойства

почвы, ее плодородие, но имеют существенный недостаток - короткий срок хранения.

Таким образом, целью настоящей работы явилось создание новой препаративной формы биоудобрения на основе ризосферных бактерий *Azotobacter vinelandii* с иммобилизацией их на носитель – глауконит, что увеличивает срок хранения удобрения.

Штамм *Azotobacter vinelandii* Д-08 был взят из коллекции микроорганизмов кафедры микробиологии и биотехнологии Вавиловского университета.

В составе препарата обнаружено 2 вида колоний *A.vinelandii* Д-08, несколько отличающихся по внешним признакам. Одни колонии выделяли больше слизи, имели зеленоватый флуоресцентный цвет, были более крупными, выпуклыми и обособленными друг от друга. Другие же оказались более мелкими, не имели зеленоватого цвета, представляли собой сплошную линию роста на плотной питательной среде. Описание обеих колоний подходит для вида *A.vinelandii* Д-08.

Выращивали *A.vinelandii* Д-08 на жидкой и плотной питательной среде Эшби. В лабораторном боксе выполнили пересев азотобактера с МПА в пробирки с жидкой питательной средой. Отправили в термостат на выращивание при температуре 30°C на 2 дня.

Двухсуточную культуру микроорганизмов из пробирок вылили в колбы с жидкой средой Эшби. Ставили на качалку на сутки. Хранили приготовленную жидкую препаративную форму в холодильнике.

Для того, чтобы определить концентрацию микроорганизмов в жидкой форме удобрения, мы из колбы с приготовленной жидкой формой удобрения отмеривали автоматическим дозатором по 0,1 мл, выполняли серию разведений и вносили в чашки Петри с плотной средой Эшби. Затем стеклянным шпателем равномерно распределяли по поверхности чашки. Отправляли в термостат на 30°C на 2 дня. После учитывали результаты, выполняя подсчет колоний и проводя статистическую обработку.

Концентрация микроорганизмов в жидкой препаративной форме удобрения была равна $2,8 \times 10^9$ на 1 мл, что в пересчёте в десятичные логарифмы составило $9,55 \pm 0,10$.

Чтобы получить гранулированное биоудобрение, мы отмерили 600 г глауконитовой муки, 200 г жидкой формы удобрения, тщательно перемешали

компоненты между собой. Затем выложили пластом на ровную поверхность и оставили при комнатной температуре до полного высыхания. Через несколько дней измельчили вручную полученное удобрение, получили гранулы. Хранили их при комнатной температуре. Содержание микроорганизмов составило $0,93 \times 10^9$ КОЕ на 1 г биопрепарата.

Для изучения выживаемости *A.vinelandii* Д-08 были приготовлены препараты микроорганизмов, иммобилизованных на стерильной глауконитовой муке. Для этого мы отмерили по 4 г глауконитовой муки, внесли ее в пенициллиновые флаконы, простерилизовали в сухожаровом шкафу. После внесли по 1 мл приготовленной жидкой формы удобрения на основе *A.vinelandii* Д-08 при помощи автоматического дозатора в каждый флакон с стерильным глауконитом, тщательно перемешали стеклянной стерильной палочкой.

Данная процедура нам была необходима для того, чтобы проверить возможность хранения новой препаративной формы биоудобрения длительное время при комнатной температуре.

Через 3 месяца мы сделали первый высев микроорганизмов из флакона для подтверждения сохранности микроорганизмов в модели удобрения. Для этого 20 мл стерильной дистиллированной воды мы вымывали из флакона удобрение в колбу, т.е. развели удобрение в 20 раз, затем отправляли на качалку для выхода микроорганизмов с иммобилизованного состояния. Через 8 часов сделали серию разведений. Посеяли на чашки Петри и поставили в термостат на 2 дня при 30°C . Концентрация микроорганизмов в препарате была равна $2,1 \times 10^9$ на 1 мл, что в переводе в десятичные логарифмы равно $9,32 \pm 0,06$.

Через 6 месяцев от момента получения модели удобрения повторили высеив, проведя аналогичные процедуры. Концентрация микроорганизмов в препарате была равна $2,6 \times 10^9$ на 1 мл, что в переводе в десятичные логарифмы равно $9,41 \pm 0,27$.

Для изучения эффективности действия нашего биоудобрения мы провели опыт с овсом посевным (*Avena sativa*). Для этого мы подготовили 4 плашки с грунтом. 1 плашку оставили с грунтом, ничего в нее не добавляя, во 2 добавили глауконитовую муку (50 г на 13 растений), в 3 - культуру *A.vinelandii* Д-08 (15 мл на 13 растений), в 4 – гранулы с удобрением (50 г на 13 растений).

Все хорошо перемешали, посадили по 13 семян в каждую плашку, полили водой.

На 15 день роста лучшие результаты были в иммобилизированной и жидкой формах. В категории 18,1-20 см, т.е. среди самых высоких растений, зафиксировано 2 растения, которые удобряли культурой азотобактера, и 1 растение, которое удобряли гранулами нашего удобрения. Растений из других экспериментальных групп на 15 день роста не обнаружено. В категории 16,1-18 см зафиксировано 5 растений из плашек с культурой азотобактера и 5 растений из плашек с гранулами удобрения. Растения в плашках с контролем и мукой показали результат хуже. Замечено, что среди низких растений, т.е. ростом ниже 12 см, нет растений, которые удобряли гранулами нашего удобрения и культурой азотобактера.

На 36 день роста мы срезали овес и провели визуальный сравнительный анализ побегов.

По фотографиям, сделанным на 36 день роста, установлено, что самые длинные и крупные побеги овса на фото с культурой азотобактера. Далее идут побеги, которые росли в грунте с внесением в него нашей новой препаративной формы в виде гранул.

Наше удобрение обоснованно уступает жидкой культуре *A.vinelandii* Д-08. Т.к. гранулы действовали медленнее из-за постепенного выхода бактерий с прикрепленного состояния и из своих цист, то им нужно было время для того, чтобы подействовать на овес. В добавленной к растениям жидкой культуры азотобактера не было таких проблем, бактерии находились в свободном состоянии, активно делились и размножались в почве, начали благоприятно действовать на овес с момента удобрения.

Глауконитовая мука оказывала склеивающее действие при поливе, проявляла свойства глины, тем самым замедляла рост растений, хотя и благоприятно влияла на их развитие благодаря своим минеральным свойствам.

Растения, оставленные для контроля, мы ничем не удобряли, а только поливали, в результате чего получили невысокие ростки.

Можем сделать вывод, что наше гранулированное удобрение на основе азотобактера благоприятно влияет на рост и развитие овса посевного.

В рамках данной работы была отработана технология получения биоудобрения на основе *A.vinelandii* Д-08.

Гранулированное удобрение состоит из носителя-глауконита и иммобилизованных на нем бактерий *A. vinelandii* Д-08.

В удобрении соединены минеральная составляющая, а также живые микроорганизмы, которые при вымывании их водой с прикрепленного состояния благоприятно влияют на рост и развитие растений, а также предотвращают возникновение заболеваний.

Кроме того, еще одно достоинство нового биоудобрения в том, что оно имеет долгие сроки хранения при комнатной температуре (6 месяцев), что немаловажно для аграриев.

Список источников

1. Создание биопрепаратов, перспективных для сельского хозяйства / Н.Г. Захарова и др. // ученые записки казанского государственного университета. – 2006. - т.148, кн.2.

2. Сытников, Д.М. Биотехнология микроорганизмов-азотфиксаторов и перспективы применения препаратов на их основе. научная электронная библиотека КиберЛенинка / Д.М. Сытников. Институт ботаники им. Н.Г.Холодного НАН Украины, Киев; Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова. 2011 г.

3. Пат. 2073712 Российская Федерация, МПК C12N 1/20 C12P 19/04 C12R 1/065. Штамм бактерий *Azotobacter vinelandii* (Lipman) – продуцент экзополисахарида / Н.В. Краснопевцева, А.В. Чернягин, С.В. Яроцкий; Москва. ТОО «ИТИН» заявл. 1993.01.05; опубл. 1997.01.20.

4. Петров, В. Б. Микробиологические препараты - базовый элемент современных интенсивных агротехнологий растениеводства / В.Б. Петров, В.К. Чеботарь //Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 11-15. Писарев О.А., Сорбционные и хроматографические процессы, О.А Писарев, Н.М. Ежова // 2008. 8, 4, 535-552 С.

5. Современные проблемы и методы биотехнологии [Электронный ресурс]: электронное учебное пособие / Н.А. Войнов, Т.Г. Волова, Н. В. Зобова и др.; под науч. ред. Т.Г. Воловой. – Электрон.дан. (12 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009.

© Честнова Ю.В., 2024

Научная статья
УДК 606:631:862

ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СПОСОБА ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПТИЦЕВОДСТВА (ОБЗОР)

Алексей Александрович Шокин, Ярослава Борисовна Лазарчук-Андрейченко, Алексей Александрович Безверхов, Анжелика Александровна Шапуленкова

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова

Аннотация. В статье описаны некоторые из биотехнологических методов переработки помета сельскохозяйственной птицы, преимущества и недостатки данных способов, приведены примеры штаммов микроорганизмов, используемых в переработке органических отходов.

Ключевые слова: консорциум микроорганизмов, переработка, помет, органические отходы птицеводства

FEATURES AND ADVANTAGES OF THE BIOTECHNOLOGICAL METHOD OF PROCESSING POULTRY WASTE (REVIEW)

Alexey A. Shokin, Yaroslava B. Lazarchuk-Andreychenko, Alexey A. Bezverkhov, Angelica A. Shapulenkova

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov

Summary. The article describes some of the biotechnological methods for processing poultry droppings, the advantages and disadvantages of these methods, examples of strains of microorganisms used in processing organic waste are given.

Keywords: consortium of microorganisms, processing, droppings, organic wastes of poultry industry.

Введение

Высокая стоимость и дефицит традиционных кормов для рациона птицы вынуждают производителей искать альтернативное сырье или новые способы переработки отходов. Одним из решений является использование отходов для обогащения их белком с помощью микроорганизмов. Безотходное производство позволяет не только экономить средства, но и способствует снижению нагрузки на окружающую среду. Кроме того, использование обогащенных белком отходов может сократить сроки выращивания птицы на 1-2 дня, что в свою очередь снижает затраты на производство. Таким образом, применение данного метода может значительно повысить рентабельность производства на птицефабриках.

Отходы животноводства представляют серьезную проблему для окружающей среды. Они не только загрязняют атмосферу, но и могут содержать возбудителей различных заболеваний животных и людей [4]. Одним из способов решения этой проблемы является переработка отходов с помощью биотехнологических методов или термохимических процессов [6]. Немаловажным является проведение новых исследований в этой области для поиска наиболее эффективных методов утилизации и переработки отходов животноводства.

Ежегодно отходы животноводства наносят огромный ущерб экологии. В связи с этим возникает необходимость в разработке новых методов утилизации этих отходов. В настоящее время используются различные методы, такие как внесение навоза и помета на поля, компостирование, переработка в корм и биоэнергетические методы. Однако многие из них имеют свои недостатки, такие как высокая стоимость транспортировки, загрязнение почвы и воды, накопление вредных веществ в растениях и водоемах. Поэтому необходимы дальнейшие исследования для поиска более эффективных методов утилизации отходов животноводства.

Методы микробиологической переработки органических отходов

Отходы животноводства могут быть использованы для получения ценных пищевых продуктов с помощью микробиологического синтеза [10]. Например, птичий помет может быть использован в качестве корма для птиц после сушки или обработки в автоклаве. Это позволяет повысить усвояемость корма и массу тела цыплят [3]. Биотехнологические методы переработки отхо-

дов животноводства имеют ряд преимуществ перед компостированием. Они позволяют уменьшить потери питательных веществ, повысить уровень экологической безопасности продуктов и сократить время переработки. С точки зрения экономических показателей и заботы об окружающей среде, биотехнологические методы, включая микробную деструкцию органических веществ и антагонистическое воздействие на патогенную микрофлору, предпочтительнее.

Одним из наиболее перспективных направлений является переработка отходов в корм для животных. Этот метод позволяет быстро переработать большое количество отходов и получить ценный продукт. К примеру, существует большое количество микроорганизмов, способных перерабатывать отходы сельского хозяйства и образовывать микробную биомассу. Перспективными являются быстрорастущие микроорганизмы, такие как *M. thermophila*, *T. lanuginosus*, *H. grisea* и *G. humicola* и дрожжи (представители рода *Rhodotorula*) [2].

Считается, что одним из актуальных направлений биотехнологии во всем мире, является разработка и усовершенствование технологий производства биопрепаратов на основе бактерий рода *Bacillus* [5]. Практика применения пробиотиков на основе *B. subtilis* и *B. licheniformis*, объемы их закупок за рубежом и реализация показывают, что спрос на данные препараты значительно превышает предложение.

Так, известно о способе биологической обработки птичьего помета, включающего смешивание помета с гигроскопичным материалом и последующую аэробную ферментацию смеси в присутствии микроорганизмов. В качестве микроорганизмов используются *Bacillus subtilis* А-168 и *Bacillus mycoides* В-691 в равных пропорциях. Также вносятся *Streptococcus thermophilus* В-907 и *Candida tropicalis* У-1520 в равных пропорциях, а также *Candida utilis* У-2441. Процесс ферментации проводится до естественного снижения температуры смеси до 25–30 °С [7].

Известен также способ утилизации свежего куриного помета для получения органического удобрения. Для этого используется раствор биопрепарата “Байкал-ЭМ1”, состоящий из молочнокислых, фотосинтезирующих, азотфиксирующих бактерий, в хлорированной воде в пропорции 1:100. Утилизация помета происходит на конвейерной ленте в птичнике. Перед началом

процесса лента обрабатывается биопрепаратом. Помет выдерживается на ленте в течение трех дней при температуре +18 градусов Цельсия, а затем удаляется. При удалении помет снова обрабатывается биопрепаратом и выдерживается. Недостатками этого способа являются повышение уровня газов в птичнике из-за задержки помета на ленте.

Существует способ микробиологической переработки птичьего помета, включающий поэтапное (с интервалом 5 суток) внесение микробных культур *Pseudomonas* sp.114 и *Azotobacter chroococcum* с перемешиванием субстрата. Культуры вносят в субстрат в соотношении 2:1, титром 10^8 кл/мл, в количестве 45 мл/кг при переработке бесподстилочного помета и 15 мл/кг подстилочного. Преимуществом данного способа является ускорение процесса биоконверсии с одновременным увеличением биологической активности продукта переработки и экологической безопасности.

Недостатками данного способа переработки птичьего помета являются: во-первых, двухэтапное внесение микробных культур с интервалом 5 суток, требующее дополнительных расходов на привлечение техники, топлива, рабочих; во-вторых, данный способ предусматривает внесение большого объема микробной биомассы [9].

Известен способ получения компоста, описанный в патенте РФ №2437864. В этом способе в качестве стимулятора процесса компостирования используется консорциум бактерий и грибов. Консорциум включает штаммы бактерий *Bacillus subtilis*, *Clostridium butyricum*, *Micrococcus urea* и штамм гриба *Sporotrichum pruinosum*. Стимулятор в виде водной суспензии или сухого порошка добавляется в компостируемую смесь в концентрации 0,05-0,1% от массы смеси. Компостирование происходит при температуре 20-70°C и влажности 50-60% в течение 5-7 суток.[8]

Все подобранные микроорганизмы обладают широким спектром амилолитических и целлюлолитических ферментов. Они способны адаптироваться к высоким температурам и высокому содержанию азота в процессе компостирования. Микроорганизмы не являются патогенными и способны осуществлять процесс компостирования за 4-7 дней, в зависимости от состава смеси и концентрации микроорганизмов в смеси. В процессе отработки технологии, время компостирования сократилось с 10 суток до 7, а затем и до 4-х [7].

Достижения в технологии использования микробных ферментов открывают значительные возможности для разработки методов низкоэнергетических процессов биоконверсии отходов птицеводства. Ферментативная обработка может быть полезна для переработки богатых белком отходов птицеводства в ценные продукты. Ценными ферментами для биоконверсии отходов птицеводства обычно являются протеазы, способные действовать на компактные субстраты.

Метод биоконверсии основан на использовании специализированных микробных препаратов с определенными группами микроорганизмов. Подбираются штаммы с высокой способностью к разрушению липидов, белков, углеводов. Микробиологическая обработка птичьего помета включает использование микроорганизмов, таких как *Endomycopsis fibuligera*, *Erwinia sp.*, *Pseudomonas sp.*, и *Alcaligenes sp.* Они обладают обеззараживающей и антигельминтной активностью.

Анаэробное брожение птичьего помета в метантенках позволяет получить биогаз. Биогазовые установки представляют собой герметичные камеры с теплообменниками, устройствами для ввода и вывода сырья и отвода газа. В основе работы таких установок лежат процессы сбраживания органических веществ под действием анаэробных бактерий. Образующийся биогаз состоит преимущественно из метана и углекислого газа [12]. Анаэробное брожение птичьего помета с получением биогаза является эффективным способом переработки отходов птицеводства. Эта технология имеет ряд преимуществ, таких как уменьшение выбросов парниковых газов, использование отходов в качестве удобрений и получение возобновляемого источника энергии [1].

Заключение

На данный момент сельскохозяйственная отрасль нуждается в экологичной и экономически выгодной технологии переработки отходов. Некоторые ученые считают, что будущие методы утилизации отходов должны быть основаны на применении микроорганизмов-деструкторов. Наиболее часто и успешно используются бактерии рода *Bacillus*, *Streptococcus*, *Pseudomonas*. Использование биотехнологических методов позволяет преобразовывать органические отходы в ценный материал для создания кормов, удобрений и экологически чистого топлива. Технологии выработки биогаза и органического удобрения способствуют улучшению экологической обстановки вбли-

зи животноводческих и птичьих ферм. Активное применение этих способов в различных предприятиях агропромышленного сектора страны может повысить общую эффективность и устойчивость сельского хозяйства[11].

Список источников

1. Dong X., Tollner E. W. Evaluation of Anammox and denitrification during anaerobic digestion of poultry manure // *Bioresource Technology*. 2003. V. 86. № 2. P. 139-145.
2. Балабанова Л.А., Скрининг мицелиальных грибов как потенциальных продуцентов кормового белка / Балабанова Л.А., Пивкин М.В., Худякова Ю.В., Подволоцкая А.Б., Сон О.М., Текутьева Л.А., Киричук Н.Н. // *Современные проблемы науки и образования*. – 2017. – № 6.
3. Дерканосова А.А. Анализ перспективы производства отечественных кормовых препаратов // *Вестник ВГУИТ*. 2012. №2. С. 194-196. doi: 10.20914/2310-1202-2012-2-194-196.
4. Дубровин А.В., Свентицкий И.И. Комплекс безотходного птицеводства и свиноводства с собственным производством кормов и энергии. Патент (RU 2423826 С2), 2009.
5. Кулабухова Н.В., Козупова О.Н., Ясинская Д.С.. Переработка отходов сельскохозяйственного производства биотехнологическими методами // *В мире научных открытий: материалы III Международной студенческой научной конференции*. Ульяновск, 2019. С. 3-5.
6. Ламихова М. Отходы животноводства: отход, сырье или продукт? // *Справочник эколога*. 2018. № 6. С.12-34.
7. Патент №2322427 Российская Федерация, МПК COSF^{11/08}, C12N^{1/20}, 2006 г.
8. Патент №2437864 Российская Федерация, МПК COSF^{3/00}, A01C^{3/00}, COSF^{11/08}, 2011 г.
9. Патент №2197453 *Российская Федерация*, МПК C05F 11/08, опубл. 27.01.2003 г.;
10. Степанова А.М., Кормовая добавка, полученная путем микробиологического синтеза из отходов птицеводства / Степанова А.М., Тарабукина Н.П., Неустроев М.П., Неустроев Д.Д., Парникова С.И., Скрыбина М.П. // *Труды ВИЭВ*. 2016. Т. 79. С. 289—296.

11. Фауст Е.А. Оценка возможности использования биотрансформированного птичьего помета для повышения посевных качеств семян овса/ Фауст Е.А., Амелькина А.А., Ларионова О.С., Шпуль С.В. // Плодородие. – 2017. – № 2 (95). – С. 53-55.

12. Шерьязов С. К., Васенев В. В., Телюбаев Ж. Б. Методы повышения эффективности переработки биомассы в биогазовой установке // Достижения науки – агропромышленному производству: материалы LV междунар. науч.-техн. конф. Челябинск: ЮУрГАУ, 2016. С. 230–235.

© Шокин А.А., Лазарчук-Андрейченко Я.Б., Безверхов А.А., Шапуленкова А.А., 2024

Научная статья

УДК 66:664.681.1:663.918.48

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО МАСЛЯНОГО БИСКВИТА С КЭРОБОМ

Маргарита Дмитриевна Щелкова, Софья Сергеевна Зюзина, Юлия Валерьевна Ушакова, Гультара Есенгильдиевна Рысмухамбетова
ФГБОУ ВО Вавиловский университет, Саратов, Россия

Аннотация. В данной работе был изучен аминокислотный состав масляных бисквитов. Исследовано, что разработанный безглютеновый бисквит содержит значительное количество треонина, а именно, 11,38 г на 100 г белка. В результате расчетов определили, что первой лимитирующей аминокислотой является триптофан, второй соединение «фенилаланин + тирозин», доли которых в аминокислотном скоре составили 0,12 и 0,90 соответственно. Оценка комплексной сбалансированности безглютенового бисквитного изделия показала недостаточный уровень сбалансированности в питании человека, но показатели отдельных аминокислот по сравнению с контролем из пшеничной муки больше, например таких как, валин в 1,8 раз, изолейцин, лейцин и лизин в 1,1 раза, метеонин + цистеин в 2,7 раза и треонина в 2,8 раза.

Ключевые слова: целиакия, диетическое питание, кокосовая мука, кукурузная мука, бисквит, глютеновая энтеропатия, аминокислотный состав, кэроб, мука рожкового дерева

AMINO ACID COMPOSITION OF GLUTEN-FREE BUTTER SPONGE CAKE WITH CAROB

**Margarita D. Shchelkova; Sofia S. Zyuzina; Yulia V. Ushakova;
Gulsara E. Rysmukhambetova**

Vavilov University, Saratov, Russia

Summary. In this paper, the amino acid composition of butter biscuits was studied. It was investigated that the developed gluten-free biscuit contains a significant amount of threonine, namely, 11.38 g per 100 g of protein. As a result of calculations, it was determined that the first limiting amino acid is tryptophan, the second is the compound "phenylalanine + tyrosine", whose shares in the amino acid score were 0.12 and 0.90, respectively. The assessment of the complex balance of gluten-free biscuit products showed an insufficient level of balance in human nutrition, but the indicators of individual amino acids compared to the control from wheat flour are higher, for example, such as valine by 1.8 times, isoleucine, leucine and lysine by 1.1 times, methionine + cysteine by 2.7 times and threonine by 2.8 times.

Keywords: celiac disease, dietary nutrition, coconut flour, corn flour, biscuit, gluten enteropathy, amino acid composition, carob, carob flour

Мучные кондитерские изделия пользуются у населения большим спросом и популярностью. Чаще всего эти изделия производят из таких традиционно выращиваемых зерновых культур как пшеница, рожь, ячмень. Изделия на основе этих злаковых культур запрещены в рационе питания людей, с воспалительной, иммунологической или аутоиммунной реакцией на глютен, а также из-за своего химического состава соотношение основных нутриентов не соответствует рекомендациям ФАО ВОЗ [1]. Поэтому для составления рецептуры безглютеновых изделий особенно важным является изучение состава сырья, в частности, аминокислотного состава.

Цель работы: изучить аминокислотный состав безглютеновых бисквитных полуфабрикатов.

Объекты, материалы и методы исследования. В качестве контроля была взята технология бисквита «Прага» №7 [2]. Для определения количественного содержания аминокислот были использованы справочные данные химического состава пищевых продуктов [3]. Биологическую ценность белков определяли с помощью расчета аминокислотного сора [4-6]. Качественную оценку белка определяли на основании расчетов коэффициента утилитарности, показателей «избыточности содержания» и «сопоставимой избыточности» [5-7].

Результаты исследований.

Ранее были изучены органолептические показатели бисквитного полуфабриката из смеси кукурузной, кокосовой муки и порошка рожкового дерева [7]. Для обоснования использования данной композитной смеси в питании людей, страдающих целиакией был исследован его аминокислотный состав и рассчитан аминокислотный скор.

Аминокислотный скор – это показатель отношения определенной незаменимой аминокислоты (НАК) в белке к такой же аминокислоте в идеальном белке. Эталонный (идеальный) белок – это гипотетический продукт, состав которого идеально удовлетворяет физиологическую потребность организма в незаменимых аминокислотах.

Из данных таблицы 1 видно, что безглютеновый бисквит больше всего содержит треонина 11,38 г в 100 г белка по сравнению с эталонным 4,00.

Как видно из таблицы 2, разработанный безглютеновый бисквит имеет две лимитирующие кислоты, которые содержатся в наименьшем количестве, т.е. < 1 . Наличие в продукте лимитирующей незаменимой аминокислоты (НЗАК) означает то, что такой продукт нельзя употреблять в пищу без комбинирования его с другими продуктами, имеющими достаточное количество данной проблемной аминокислоты.

В результате расчетов определили, что первой лимитирующей аминокислотой является триптофан, второй соединение «фенилаланин + тирозин», доли которых в аминокислотном соре составили 0,12 и 0,90 соответственно.

Известно также, что для образования в организме человека необходимых белковых элементов, потребляемые в составе пищи, белки должны обеспечи-

вать его взаимосбалансированными количествами незаменимых аминокислот. Для характеристики этого показателя использовали коэффициент утилитарности аминокислотного состава, который характеризует сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме (эталонному значению). Чем выше значение коэффициента утилитарности, тем лучше сбалансированы аминокислоты в белке и тем рациональней они могут быть использованы организмом. Известно, что меньшая возможность утилизации незаменимых аминокислот в составе белка пищевого продукта организмами наблюдается, когда их скоры максимальны или наиболее близки к максимуму [8]. Следовательно, как видно из таблицы 2 коэффициент утилитарности равен 1, что говорит о высокой степени усвояемости белков исследуемого продукта.

Таблица 2 – Аминокислотный состав многокомпонентного безглютенового бисквита с добавлением кэроба

Ингредиенты	Масса, г	Массовая доля белка, %	Содержание незаменимых аминокислот, г							
			Вал	Изо	Лей	Лиз	Мет + Цист	Тре	Трип	Фен + тирозин
Мука кукурузная	8,90	0,64	0,03	0,03	0,11	0,02	0,01	0,02	0,01	0,04
Мука кокосовая	3,33	0,03	0,36	-	-	-	0,36	0,60	-	-
Масло кокосовое	1,85	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Кэроб	2,59	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00
Сахар	22,22	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Яйцо	61,11	7,76	0,52	0,41	0,66	0,56	0,23	0,34	0,00	0,42
Итого	100,0	8,55	0,92	0,44	0,78	0,58	0,60	0,97	0,01	0,46
Итого в 100г белка			10,79	5,15	9,12	6,78	7,02	11,38	0,12	5,38
Эталонный белок, г/100 г белка			5,00	4,00	7,00	5,50	3,50	4,00	1,00	6,00
Аминокислотный скор, доли			2,16	1,29	1,30	1,23	2,00	2,85	0,12	0,90
Суммарное содержание эталонных АК			36,00							

продолжение таблицы 2

Суммарное содержание расчетных АК	55,74
-----------------------------------	-------

Коэффициент утилитарности аминокислоты (триптофан)	1,00
Коэффициент сбалансированности аминокислотного состава (КСАС)	0,08
Коэффициент разбалансированности аминокислотного состава (КРАС)	0,92
коэффициент различий аминокислотного сора	1,36

Оценка комплексной сбалансированности безглютенового бисквитного изделия для питания человека показала недостаточный уровень сбалансированности, но повышенные показатели отдельных аминокислот по сравнению с контрольным образцом (таблица 3), таких как валин в 1,8 раз, изолейцин, лейцин и лизин - 1,1 раз, метеонин + цистеин - 2,7 раз и треонин - 2,8 раз.

Таблица 3 – Аминокислотный состав бисквита «Прага» из пшеничной муки (контроль)

Ингредиенты	Масса, г	Массовая доля белка, %	Содержание незаменимых аминокислот, г							
			Вал	Изо	Лей	Лиз	Мет	Тре	Трип	Фен
Мука пшеничная высшего сорта	17,47	1,80	0,07	0,06	0,12	0,04	0,03	0,05	0,02	0,09
Масло сливочное	5,76	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Сахар-песок	22,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Какао-порошок	3,53	0,69	0,04	0,03	0,04	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03
Яйца	50,47	6,41	0,43	0,34	0,55	0,45	0,19	0,28	0,00	0,34
Итого:	100,00	8,92	0,55	0,43	0,72	0,53	0,23	0,36	0,03	0,47
Итого в 100г белка			6,17	4,82	8,07	5,94	2,58	4,04	0,34	5,27
Эталонный белок, г/100 г белка			5,00	4,00	7,00	5,50	3,50	4,00	1,00	6,00
Аминокислотный скор, доли			1,23	1,20	1,15	1,08	0,74	1,01	0,34	0,88
Суммарное содержание эталонных АК			36,00							

Суммарное содержание расчетных АК	37,23
Коэффициент утилитарности аминокислоты	1,00
Коэффициент сбалансированности аминокислотного состава (КСАС)	0,33
Коэффициент разбалансированности аминокислотного состава (КРАС)	0,67
коэффициент различий аминокислотного скора	0,61

Таким образом, в результате расчетов видно, что использование кокосовой и кукурузной муки позволяет повысить показатели отдельных аминокислот, таких как валин, изолейцин, лейцин, лизин, метеонин + цистеин и треонин. В свою очередь добавление кэроба улучшает органолептические показатели безглютенового бисквита. На основании проведенной работы разработанный безглютеновый бисквит необходимо рассматривать в качестве одного из продуктов суточного рациона питания человека или как основа для тор-та/пирожного.

Список источников

1. Целиакия. - Режим доступа: <https://www.worldgastroenterology.org>
2. Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий: [для предприятий обществ. питания] / сост. А. В. Павлов – СПб.: ПРОФИ-ИНФОРМ, 2004. – 293 с.
3. Скурихин И. М. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микро- элементов, органических кислот и углеводов / Под ред. проф., д-ра техн. наук И. М. Скурихина и проф., д-ра мед. наук М. Н. Волгарева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1987. - 360 с.
4. Лисин П.А. Методология оценки сбалансированности аминокислотного состава многокомпонентных пищевых продуктов / П.А. Лисин [и др.] // Вестник омского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3 (11). – С. 53-58.

5. Лисин П.А. Оценка аминокислотного состава рецептурной смеси пищевых продуктов / П.А. Лисин [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2012. - № 3(95). – С. 26-28.

6. Величко, Н.А. Пищевая химия: метод. указания к практ. занятиям / Н.А. Величко, Е.В. Шанина; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2011. – 36 с.

7. Оптимизация бисквитного полуфабриката с добавлением растительного жира для аглютеновой диеты / М. Д. Домахина, С. С. Зюзина, Ю. В. Ушакова, Г. Е. Рысмухамбетова // АПК России: образование, наука, производство : Сборник статей V Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 19–20 декабря 2022 года / Под научной редакцией М.К. Садыговой, М.В. Беловой, А.А. Галиуллина. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 7-11.

8. Никитина, М. А. Контроль за качеством белка с помощью компьютерных технологий / М. А. Никитина, Е. Б. Сусь // Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции : материалы Международной научно-практической конференции, Краснодар, 06–26 апреля 2015 года / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий". – Краснодар: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий Российской академии сельскохозяйственных наук, 2015. – С. 381-384.

© Щелкова М.Д., Зюзина С.С., Ушакова Ю.В., Рысмухамбетова Г.Е.,
2024

СОДЕРЖАНИЕ

Аленькина С.А. Анализ биотехнологического потенциала лектина <i>Azospirillum brasilense</i> – природного симбионта пшеницы.....	3
Аликулов Б.С., Исмаилов З.Ф. Способность эндофитных бактерий, выделенных из галофитов, стимулировать прорастание семян сельскохозяйственных культур.....	8
Гулий О.И., Евстигнеева С.С., Бунин В.Д. Сенсорная система для индикации формирования бактериальных биопленок.....	13
Гулий О.И., Староверов С.А., Дыкман Л.А. Биомаркеры для онкодиагностики.....	16
Дикарева М.В., Ушакова Ю.В., Белоглазова К.Е., Рысмухамбетова Г.Е. Подбор технологических параметров для приготовления зефира из яблочного жмыха.....	21
Карпунина Л.В., Лящева С.В., Шьюрова А.А., Урядова Г.Т. Влияние пленочных покрытий, созданных на основе экзополисахаридов молочнокислых бактерий, на рост и развитие озимой пшеницы.....	26
Мартыненко А.В., Караваева О.А., Фомин А.С., Гулий О.И. Фаговые антитела для определения антибиотиков.....	31
Михеева Э.Р., Катраева И.В., Ворожцов Д.Л., Виноградова А.Н. Изучение процесса анаэробной ферментации молочной сыворотки при избыточном давлении в реакторе.....	35
Нестеркина Д. Д., Голубев Д. М., Глинская Е. В. Оценка мацерирующей активности бактерий, выделенных из почв с хроническим нефтяным загрязнением.....	38
Нечаев В.Н., Сиваева А.Ю., Ларионова О.С., Нечаева К.Ю. Перспективы использования антимикробных пептидов, полученных из <i>Zophobas morio</i> на разных стадиях онтогенеза.....	43
Нечаева К.Ю., Кармеева Ю.С., Спирихина Т.В. Физико-химические свойства сложных эфиров жирных кислот, полученных из биомассы личинок <i>Hermetia illucens</i>	53
Семенкин В.В., Лазарчук-Андрейченко Я.Б., Безверхов А.А., Шапуленкова А.А. Использование консорциума микроорганизмов для производства биоудобрения на основе птичьего помета (обзор).....	61
Смутнев П.В., Кузьмин Н.А., Логвиненко Ю.С. Использование нетрадиционного сырья растительного происхождения в производстве сырокопченых колбас.....	70
Спирихина Т.В., Хапцев З.Ю., Иващенко С.В. Применение биопрепаратов в технологии получения безвирусного посадочного материала картофеля.....	76
Урядова Г.Т., Фокина Н.А., Карпунина Л.В. Опыт использования бактериальных экзополисахаридов в кормлении животных.....	84

Честнова Ю.В. Разработка новой препаративной формы биоудобрения на основе ризосферных бактерий.....	88
Шокин А.А., Лазарчук-Андрейченко Я.Б., Безверхов А.А., Шапуленкова А.А. Особенности и преимущества биотехнологического способа переработки отходов птицеводства (обзор).....	93
Щелкова М. Д., Зюзина С.С., Ушакова Ю.В., Рысмухамбетова Г.Е. Аминокислотный состав безглютенового масляного бисквита с кэробом.....	99

Научное издание

Материалы

I Международной научно-практической конференции
«Прикладные биотехнологии для развития сельского хозяйства и
промышленности»

Дата проведения конференции: 20.10.2023 г.

Электронное издание

Адрес размещения: <https://www.vavilovsar.ru/nauka/konferencii-saratovskogo-gau/2023-g>

ISBN 978-5-7011-0859-0



Размещено 3.07.2024 г .

Объем данных: 2,9 Мбайт. Аналог печ. л. 6,68

Формат 60×84 1/16. Заказ №859/2024

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотех-
нологии и инженерии им. Н.И. Вавилова»

Тел.: 8(8452)26-27-83, email: nir@vavilovsar.ru
410012, г . Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3.