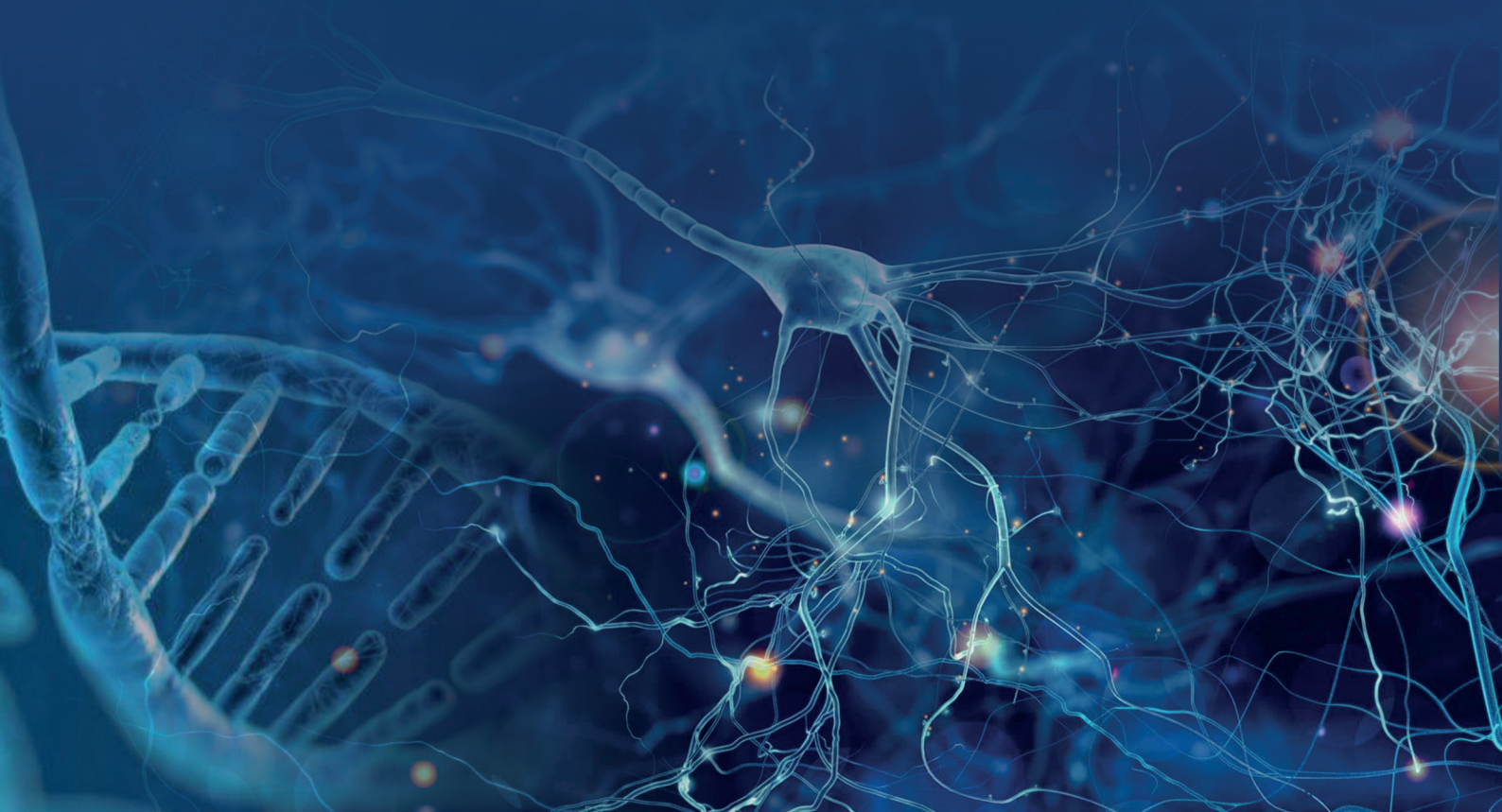


HEALTH, FOOD, & BIOTECHNOLOGY

Volume 2, Issue 3
Year 2020



HFB

Health, Food and Biotechnology

№ 3 – 2020

Периодичность издания – 4 номера в год

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств» (ФГБОУ ВО МГУПП)

Редакция

Заведующий редакцией – Косычева Марина Александровна
Выпускающий редактор – Косычева Марина Александровна
Редактор по этике – Хорохорина Галина Анатольевна
Медийный редактор – Вохминцева Елена Павловна

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ №ФС77-72959 от 25 мая 2018 г.

Адрес:

125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11

Тел. +7 (499) 750-01-11*6585

E-mail: info@spfp-mgupp.ru

Официальный сайт учредителя: mgupp.ru

Официальный сайт редакции: hfb-mgupp.com

© ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 2020.

No 3 – 2020

Periodicity of publication – 4 issues per year

Founder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State University of Food Production» (FSBEI HE MSUFP)

Editorial Team

Head of Editorial Team – Marina A. Kosycheva
Editor of Issue – Marina A. Kosycheva
Ethics Editor – Galina A. Khorokhorina
Social Media and Product Editor – Elena P. Vokhmintseva

The Journal is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communication, Information Technologies and Mass Media. The Mass Media Registration Certificate EL No FS77-72959 dated May 25, 2018.

Address:

11, Volokolamskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 125080

Tel. +7 (499) 750-01-11*6585

E-mail: info@spfp-mgupp.ru

Official web site of Founder: mgupp.ru

Official web site of the Editorial Office: hfb-mgupp.com

© FSBEI HE «Moscow State University of Food Production», 2020.

Редакционный совет

Главный редактор **БАЛЫХИН Михаил Григорьевич** – доктор экономических наук, профессор, ректор

Члены редакционного совета:

Абаева Курманкуль Тулеутаевна	Казахский национальный аграрный университет, Республика Казахстан
Асанова Дания Касимовна	Казахский национальный аграрный университет, Республика Казахстан
Бурлибаев Малик Жолдасович	Казахское агентство прикладной экологии, Республика Казахстан
Есполов Тлектес Исабаевич	Казахский национальный аграрный университет, Республика Казахстан
Игнар Штефан	Варшавский университет естественных наук, Польша
Игнатенко Григорий Анатольевич	Донецкий национальный медицинский университет им М. Горького, Украина
Сагян Ашот Серобович	Научно-производственный центр "Армбиотехнология" НАН РА, Республика Армения
Самбандам Ананадан	Национальный институт технологий, Индия
Сарсекова Дани Нургисаевна	Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина, Республика Казахстан
Северинов Константин Викторович	Институт молекулярной генетики РАН, Институт биологии гена РАН, Россия
Фриас Йезус	Дублинский технологический институт, Ирландия
Хайтович Филипп Ефимович	Институт Вычислительной Биологии в Шанхае, Сколтех, Китай, Россия
Цыганова Татьяна Борисовна	Московский государственный университет пищевых производств, Россия,
Щетинин Михаил Павлович	Московский государственный университет пищевых производств, Россия
Юнусова Гульнара Батырбековна	Костанайский государственный университет имени А.Байтурсынова, Республика Казахстан

Editorial Board

Editor-in-Chief **Mikhail G. Balykhin** – Doctor of Economics, Professor, Rector

Members of the Editorial Board:

Kurmankul T. Abayeva	Kazakh National Agrarian University, Kazakhstan
Daniya K. Asanova	Kazakh National Agrarian University, Kazakhstan
Jesus Frias	Dublin Institute of Technology, Ireland
Malik Burlibayev	Kazakhstan Agency of Applied Ecology, Kazakhstan
Tlektas I. Espolov	Kazakh National Agrarian University, Kazakhstan
Philipp E. Khaitovich	Institute for Computational Biology by the Chinese Academy of Sciences; Skoltech, China, Russia
Ashot S. Saghyan	National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Armenia
Anandan Sambandam	National Institute of Technology Tiruchirappalli, India
Dani N. Sarsekova	S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Kazakhstan
Mikhail P. Schetinin	Moscow State University of Food Production, Russia
Konstantin V. Severinov	Institute of Gene Biology Russian Academy of Sciences, Russia
Ignar Stefan	Warsaw University of Life Sciences, Poland
Tatiana B. Tsyganova	Moscow State University of Food Production, Russia
Gulnara B. Yunusova	A. Baitursynov Kostanay State University, Kazakhstan
Grigory A. Ignatenko	M. Gorky Donetsk National Medical University, Ukraine

Содержание

Редакторская статья

Косычева М.А., Тихонова Е.В.

Препринт как вид научной публикации 7

Здоровье

Блюменкранц Д. А., Ленченко Е. М.

Исследование биопленок энтеробактерий при контроле критических точек технологии животноводства и пищевых производств 12

Викар С.М., Удавлиев Д.И., Канкар А.А., Раван А.Ф.

Исследование микробиологического качества куриной печени, продаваемой в Джалал-Абаде 31

Питание

Тихомирова Н. А., Нгуен Т. Б.

Разработка низколактозного творожного продукта с папайей 33

Благовещенский В.Г., Петряков А.Н., Сумерин В.А.

Определение эффективности процесса сепарирования семян подсолнечника в потоке с использованием компьютерного зрения 40

Благовещенская М.М., Веселов М.В.

Сравнительное исследование частотных преобразователей трехфазных электродвигателей в автоматическом управлении технологическим параметром 48

Биотехнологии

Федоренко Б.Н., Орлов И.А., Каледин И.М., Скоморохов Н.С.

Оценка эффективности современного способа экстракции хмеля в пивоваренной промышленности с применением специализированного оборудования 57

Никитин В.В., Титов Е.И., Литвинова Е.В.

О возможности использования продуктов переработки амаранта в мясных системах 67

Content

Editorial

Marina A. Kosycheva, Elena V. Tikhonova

Preprint as a special type of scientific publication 11

Health

Dmitry A. Blumenkrants, Ekaterina M. Lenchenko

Study of Enterobacteria Biofilms Critical Point Control Technologies of Livestock and Food Production 22

Sayed Mohammad Weqar, Damier I. Udaliyev, Ahmad Farid Rawan, Ahmad Aziz Kankar

Study on Microbiological Quality of Vender Chicken Livers in Jalalabad City 26

Food

Natalia A. Tikhomirova, Chau B. Nguyen

Development of low-lactose curd product with papaya 38

Vladislav G. Blagoveshchenskiy, Alexander N. Petryakov, Vyacheslav A. Sumerin

Determination of the efficiency of the process of separating sunflower seeds in a stream using computer vision 46

Margarita M. Blagoveshchenskaya, Mikhail V. Veselov

Comparative study of frequency converters of three-phase electric motors in automatic control of technological parameter 55

Biotechnology

Boris N. Fedorenko, Ilya A. Orlov, Ivan M. Kaledin, Nikita S. Skomorokhov

Evaluation of the effectiveness of the modern hop extraction method in the brewing industry with the use of specialized equipment 65

Vladimir V. Nikitin, Evgeny I. Titov, Elena V. Litvinova

On the possibility of using amaranth processing products in meat systems 76

Препринт как вид научной публикации

Косычева Марина Александровна¹, Тихонова Елена Викторовна¹

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Косычевой М.А., ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», адрес: 125080, город Москва, Волоколамское шоссе, дом 11, e-mail: kosychevama@mgupr.ru

Раскрывается сущность понятия препринта и описываются основные положения публикационной этики в отношении препринта, исследуется специфика использования препринтов в научной коммуникации. Анализируются возможности платформ для размещения препринтов и изменения, которые с ними происходят в условиях пандемии COVID 19.

Ключевые слова: препринт, научная коммуникация, платформы для публикаций препринтов

В рамках обсуждения устойчивого развития научных изданий и научной коммуникации, все большую популярность набирает такой вид научной коммуникации как препринт. Развитие научного знания во многом зависит от того, насколько быстро ученые смогут делиться результатами своих исследований. И именно (соответствующие всем этическим нормам) препринты позволяют максимально эффективно увеличить темпы научной коммуникации.

Под препринтом изначально понималась «предварительная публикация части научной работы или ее сжатого изложения»¹. Затем это определение было уточнено: «Препринты — это ранние версии научных статей, размещенные в сети до рецензирования»². Комитет по этике публикаций (COPE) определяет препринт как: «научную рукопись, размещенную автором (ами) на открытой платформе, обычно до или параллельно с процессом рецензирования»³.

Длительность процесса рецензирования является основной причиной беспокойства большинства авторов. Средним сроком публикации статьи в журнале считаются 100 дней. Препринты позволяют сократить этот период ожидания, дают возможность авторам публично делиться своими исследованиями, используя идентификатор цифрового

объекта (DOI), что делает препринт доступным для цитирования еще до официальной публикации и позволяет отследить связь между препринтом и окончательной версией опубликованной статьи. Основное отличие препринта от статьи заключается в том, что препринты не рецензируются, а только модерируются, и при этом очень быстро публикуются — в среднем за 24 часа (Powell, 2016).

Возможность размещения своей рукописи в Интернете, пока она проходит рецензирование в журнале, для того чтобы получить обратную связь от коллег, получает все большую востребованность.

Препринты как вид научной публикации рассматривались учеными с точки зрения разных аспектов: история их развития и современное состояние (Зельдина, 2020), специфика публикации препринтов и возможные способы решения спорных ситуаций (Медведева, Котлова, Жук, 2018), сравнение качества препринтов и рецензируемых статей в области биомедицины (Carneiro et al, 2020).

Научное сообщество определило спектр преимуществ и недостатков данного вида публикаций. К очевидным плюсам относится возможность для автора оперативно заявить о проделанной работе, зафиксировав свой вклад в развитии знания в области. Препринты, как правило, размещаются в

¹ Препринт. Толковый онлайн-словарь русского языка Ефремовой Т.Ф. <https://lexicography.online/explanatory/efremova/%D0%BF/%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%82>

² Preprints. PLOS ONE. <https://journals.plos.org/plosone/s/preprints#loc-preparing-preprint-files-for-submission>

³ Preprints. COPE. <https://publicationethics.org/resources/discussion-documents/preprints>

открытом доступе, могут дополнять традиционное рецензирование, позволяя широкому кругу коллег обнаружить работу и связаться с автором с предложениями по потенциальным улучшениям. Наибольшее количество сомнений препринты вызвали у исследователей в области медицинских наук, полагающих, что обмен препринтами приемлем исключительно для физиков и не применим в других областях наук. По их мнению, пациенты не понимают разницы между препринтом и опубликованной статьей, и опубликованные непроверенные данные могут нанести ущерб здоровью людей (Krumholz, Ross, & Otto, 2018).

В научных кругах существует мнение, что те издатели, которые игнорируют препринты или отказываются публиковать их в своих изданиях, на самом деле лишают себя возможности сотрудничать с новым поколением исследователей, для которых препринты станут неотъемлемой частью процесса научной коммуникации (Ной, 2020). Ведущие мировые издательства в настоящее время развивают собственные серверы препринтов (SSRN, Research Square, Under Review, TechRxiv, F1000 Research, ChemRxiv) (Зельдина, 2020). Данный факт свидетельствует о том, что все большее количество издателей перестало видеть в препринтах угрозу и стремится мониторить ту часть контента, которая может оказаться опубликованной в журналах конкурирующих издательств.

Очевидно, что ответственность за качество препринта и последующее распространение содержащейся в нем информации несёт, в первую очередь, автор. В отсутствие рецензирования только строгое следование принципам публикационной этики способно свести к минимуму распространение недостоверной информации. COPE сформулировала основные положения, касающиеся публикационной этики в отношении препринтов⁴. Согласно данному документу, автор препринта обязан, во-первых, быть уверенным, что размещение препринта не противоречит политике аффилированной организации в отношении публикаций; во-вторых, уточнить, есть ли какие-либо ограничения для использования материалов препринта; в-третьих, удостовериться, что публикуемый препринт соответствует принятым этическим нормам, а исследование проведено добросовестно и авторские права не нарушены. Издатель со своей стороны обязан иметь четкую политику относи-

тельно условий распространения препринтов; в его задачи входит размещать предупреждение о том, что препринты не рецензируются и не должны быть использованы в СМИ как сообщения о достоверной информации. Издатель обязуется поддерживать версию препринтов, обеспечивать доступ ко всем существующим версиям препринта, обеспечить премодерацию размещаемых препринтов и их связь с опубликованной статьей. Также в задачи издателя входит детальное описание ответственности автора за качество предоставляемой информации и обеспечение возможности корректного цитирования препринта с присвоением DOI⁵.

Одной из первых платформ для публикации препринтов является arXiv.org⁶, которая представляет собой бесплатный электронный архив научных статей и препринтов по физике, математике, астрономии, информатике, биологии, электротехнике, статистике, финансовой математике и экономике. Пользователи могут добавить препринты в arXiv до, одновременно с или после публикации в научных журналах. Все работы модерированы администраторами, которые оценивают препринты на предмет их соответствия основным требованиям выбранной дисциплины. В отличие от научных журналов, для публикации на arXiv работы не рецензируются, однако все модераторы обладают высокой квалификацией и следуют принятым рекомендациям по приёму материалов. Выбором модераторов занимаются специально созданные консультативные комитеты. Подать работы на размещение в хранилище могут только авторы, имеющие академическую аффилиацию, — таким образом модераторы проверяют насколько публикуемые материалы имеют «рецензируемое качество» и удовлетворяют минимальным критериям для размещения в научном журнале. С января 2004 года было введено дополнительное правило, согласно которому все новые авторы перед публикацией должны быть одобрены уже зарегистрированными пользователями.

Вторая волна интереса к препринтам (2013–2019 гг.) дала старт появлению новых платформ, которые начинают дифференцировать контент по предметным областям. Сейчас в мире насчитывается более 60 платформ, включающих как тематические, так и национальные серверы препринтов. Препринты стали доступны в институциональных

⁴ Preprints. https://publicationethics.org/files/u7140/COPE_Preprints_Mar18.pdf

⁵ Список академических журналов в соответствии с их политикой представления в отношении использования препринтов до публикации. Журналы, посвященные физике и математике, исключаются, поскольку они обычно принимают рукописи, отправленные на серверы препринтов https://360wiki.ru/wiki/List_of_academic_journals_by_preprint_policy#Individual_journals

⁶ arXiv. <https://arxiv.org/>

репозиториях. Крупнейшими архивами препринтов, наряду с arXiv, являются BiorXiv (естественные науки), MedRxiv (медицина и здравоохранение), AgriRxiv (сельскохозяйственные науки), ChemRxiv (химия и смежные области), engRxiv (инженерные науки), SocArXiv (социальные и гуманитарные науки), междисциплинарные Preprints, Preprints.ru и др. В коллаборации с ведущими мировыми издательствами созданы такие платформы, как In Review и Research Square (Springer Nature), SSRN (Elsevier), Wiley и TechRxiv (IEEE)⁷.

Самой популярной платформой для размещения биомедицинских препринтов стала bioRxiv⁸. Это бесплатный онлайн-архив и служба распространения неопубликованных препринтов в области биологических наук (Life Sciences), который контролирует Cold Spring Harbor Laboratory, некоммерческое исследовательское и образовательное учреждение. Публикуя препринты на bioRxiv, авторы могут немедленно сделать результаты своих исследований доступными для научного сообщества и получить отзывы на рукописи до того, как они будут отправлены в журналы. Публикуемый контент также не рецензируется, но проходит первичную модерацию на предмет оскорбительного и / или ненаучного содержания и материалов, которые могут представлять риск для здоровья или биобезопасности. Также представленные материалы проверяются на плагиат. Статья не может быть опубликована, если она уже была принята для публикации журналом, кроме того, публикуемое исследование становится цитируемым и не может быть удалено с платформы.

Сервер медицинских препринтов medRxiv⁹ (2019г.) предназначен для распространения препринтов – полных, но неопубликованных рукописей, которые описывают исследования в области здоровья человека, проведенные, проанализированные и интерпретированные в соответствии с научными принципами. На данной платформе можно публиковать исследовательские статьи, систематические обзоры и метаанализы, протоколы клинических исследований и статьи с данными. MedRxiv не предназначен для препринтов, посвященных клиническим случаям, нарративных обзоров, редакционных статей, писем, статей-мнений, в которых

отсутствуют данные, а также для работ, не связанных с современной биологией / физиологией или аллопатической медициной, лабораторных протоколов / рецептов, диссертаций, курсовых работ, отрывков из учебников или отдельных компонентов научных статей, таких как рисунки, таблицы и наборы данных. Правила размещения исследований не отличаются от платформы bioRxiv.

2020 год в условиях пандемии COVID-19 дал новый толчок в развитии препринтов и привел к огромному росту их числа. В условиях отсутствия информации и всеобщей тревоги за здоровье и будущее близких стремление получить как можно больше новостей о положительном испытании вакцин или открытии новых протоколов лечения приводит к появлению и распространению информации в СМИ со ссылкой на препринты. В течение четырех месяцев после первого подтвержденного случая заболевания COVID-19 было опубликовано 16 тысяч научных статей, связанных с COVID-19. Шесть тысяч из них были размещены на серверах препринтов¹⁰. Основной идеей препринтов становится открытая и быстрая наука. Традиционные платформы для размещения препринтов ежедневно размещают до 100 статей¹¹. Редакторы популярных медицинских журналов стремятся ускорить процесс рецензирования, чтобы оказаться первыми, кто опубликует важнейшие исследования о вирусе SARS-CoV-2. Именно быстрый обмен последними результатами исследований инициирует появление новых проектов, таких как, например, Research Square¹² и PreReview Journal Club¹³.

Стремительный рост числа препринтов в период пандемии привел к тому, что на сайтах популярных ресурсов появилось предупреждение о том, что публикуемые препринты не являются официально прорецензированными, их результаты не должны считаться окончательными и не должны использоваться СМИ для распространения.

Таким образом специализированные платформы для размещения препринтов стали компромиссом для многих ученых, которые стремятся как можно быстрее опубликовать результаты своих исследований, обеспечивая возможность цитирования за счет присвоения DOI.

⁷ Ускоряя науку: что нужно знать исследователю о препринтах. <https://times.bntu.by/news/7565-issledovatelyu-o-preprintah>

⁸ bioRxiv. The preprint server for biology. <https://www.biorxiv.org/about-biorxiv>

⁹ medRxiv. The preprint server for health sciences. <https://www.medrxiv.org/content/about-medrxiv>

¹⁰ Fraser, N., Brierley, L., Dey, G., Polka, J. K., Pálffy, M., & Coates, J. A. Preprinting a pandemic: the role of preprints in the COVID-19 pandemic. bioRxiv. <https://doi.org/10.1101/2020.05.22.111294>

¹¹ О роли препринтов во время пандемии. <https://academy.enago.ru/homepage/i/26134/o-rol-i-preprintov-vo-vremya-pandemii>

¹² Research Square. <https://www.researchsquare.com/researchers/preprints>

¹³ eLife & PREreview Preprint Journal Club Series Launch. <https://content.prereview.org/elife-preprint-journal-club-series/>

Литература

- Зельдина, М.М. (2020). Препринты: история развития и современное состояние. *Наука и научная информация*, 3(4), 287-294. <https://doi.org/10.24108/2658-3143-2020-3-4-287-294>
- Медведева, О. О., Котлова, А. О., & Жук, А. О. (2018). Специфика публикации препринтов и возможные способы разрешения спорных ситуаций. *Научный редактор и издатель*, 3(3-4), 118-128. <https://doi.org/10.24069/2542-0267-2018-3-4-118-128>
- Carneiro, C. F. D., Queiroz, V. G. S., Moulin, T. C., Carvalho, C. A. M., Haas, C. B., Rayêe, D., Henshall, D. E., De-Souza, E. A., Amorim, F. E., Boos, F. Z., Guercio, G. D., Costa, I. R., Hajdu, K. L., Van Egmond, L., Modrák, M., Tan, P. B., Abdill, R. J., Burgess, S. J., Guerra, S. F. S., ... Amaral, O. B. (2020). Comparing quality of reporting between preprints and peer-reviewed articles in the biomedical literature. *Research Integrity and Peer Review*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s41073-020-00101-3>
- Hoy, M. B. (2020). Rise of the Rxivs: How Preprint Servers are Changing the Publishing Process. *Medical Reference Services Quarterly*, 39(1), 84-89. <https://doi.org/10.1080/2763869.2020.1704597>
- Krumholz, H. M., Ross, J. S., & Otto, C. M. (2018). Will research preprints improve healthcare for patients? *BMJ*, (362), k3628. <https://doi.org/10.1136/bmj.k3628>
- Powell, K. (2016). Does it take too long to publish research? *Nature*, 530, 148-151. [https://doi.org/10.1038/530148^a](https://doi.org/10.1038/530148a)

Preprint as a type of scientific publication

Marina A. Kosycheva¹, Elena V. Tikhonova¹

¹ *Moscow State University of Food Production*

Correspondence concerning this article should be addressed to Marina A. Kosycheva, Moscow State University of Food Production, 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation. E-mail: kosychevama@mgupp.ru

The essence of the concept of a preprint is revealed and the main provisions of publication ethics in relation to a preprint are described, the specifics of the use of preprints in scientific communication are investigated. The capabilities of platforms for posting preprints and the changes that occur to them in the context of the COVID 19 pandemic are analyzed.

Keywords: preprint, scientific communication, platforms for publishing preprints

References

- Zeldina, M. M. (2020). Preprints: Background and Current Trends. *Scholarly Research and Information*, 3(4), 287-294. <https://doi.org/10.24108/2658-3143-2020-3-4-287-294>
- Medvedeva, O. O., Kotlova, A. O., & Zhuk, A. O. (2018). Preprint publishing particularities and possible ways to resolve disputes. *Nauchnyi Redaktor i Izdatel'* [Science Editor and Publisher], 3(3-4), 118-128. <https://doi.org/10.24069/2542-0267-2018-3-4-118-128>.
- Carneiro, C. F. D., Queiroz, V. G. S., Moulin, T. C., Carvalho, C. A. M., Haas, C. B., Rayêe, D., Henshall, D. E., De-Souza, E. A., Amorim, F. E., Boos, F. Z., Guercio, G. D., Costa, I. R., Hajdu, K. L., Van Egmond, L., Modrák, M., Tan, P. B., Abdill, R. J., Burgess, S. J., Guerra, S. F. S., ... Amaral, O. B. (2020). Comparing quality of reporting between preprints and peer-reviewed articles in the biomedical literature. *Research Integrity and Peer Review*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s41073-020-00101-3>
- Hoy, M. B. (2020). Rise of the Rxivs: How Preprint Servers are Changing the Publishing Process. *Medical Reference Services Quarterly*, 39(1), 84-89. <https://doi.org/10.1080/2763869.2020.1704597>
- Krumholz, H. M., Ross, J. S., & Otto, C. M. (2018). Will research preprints improve healthcare for patients? *BMJ*, (362), k3628. <https://doi.org/10.1136/bmj.k3628>
- Powell, K. (2016). Does it take too long to publish research? *Nature*, 530, 148-151. [https://doi.org/10.1038/530148^a](https://doi.org/10.1038/530148a)

Исследование биопленок энтеробактерий при контроле критических точек технологии животноводства и пищевых производств

Блюменкранц Дмитрий Алексеевич¹, Ленченко Екатерина Михайловна¹

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Блюменкранц Дмитрию Алексеевичу, адрес : г. Москва, Россия, Волоколамское шоссе, 11, e-mail: mailto:blumenkrants@inbox.ru

Актуальность исследования и наличие пробелов в существующем знании на тему. Мониторинговые исследования биологической безопасности пищевого сырья по микробиологическим показателям – актуальная проблема, в связи с увеличением числа зарегистрированных болезней, передаваемых человеку через сырье и продукты животного происхождения. Во всем мире наблюдается тенденция статистически достоверного возрастания эпидемиологических показателей, доля указанных патологий возрастает и ветеринарной медицины. **Цель работы** – сравнительная оценка и подбор эффективных способов изучения формирования биопленок энтеробактерий, циркулирующих среди восприимчивых видов животных и выделенных из пищевого сырья. **Методы.** Изучение роста и динамики развития биопленок энтеробактерий проводили при культивировании на питательных средах, содержащих ростовые факторы для репарации клеточной стенки и реверсии жизнеспособных некультивируемых микроорганизмов. Для исследования морфофункциональных закономерностей развития популяции микроорганизмов *in vitro* и *in vivo* применяли общепринятые и разработанные нами способы подготовки препаратов для сканирующей, просвечивающей фазово-контрастной, оптической и люминисцентной микроскопии. **Результаты и их обсуждение.** При микробиологическом контроле критических точек технологии животноводства и пищевых производств изучены морфофункциональные признаки биопленок, представляющих собой сообщества микроорганизмов, секретирующих полимерный матрикс и адгезированных к тканям восприимчивых видов животных и абиотическим поверхностям животноводческих помещений и пищевых производств. Разработанные способы культивирования биопленок позволили исследовать биопленки энтеробактерий *in vitro* и *in vivo*, без нарушения естественной архитектоники популяции микроорганизмов, определять компоненты экстрацеллюлярного матрикса. Для исследований динамики морфофункциональных закономерностей развития популяций микроорганизмов перспективными признаны рутинные и технологические достижения современности, так, сканирующая электронная микроскопия позволяет оценить степень образования и морфологический состав биопленок. Фазово-контрастная микроскопия выявлять процессы, в зависимости от состава среды и содержания кислорода в среде культивирования. **Выводы.** Способы культивирования биопленок *in vitro* и *in vivo* без нарушения естественной архитектоники биопленок позволили оптимизировать подготовку образцов к исследованию и исключить рутинные стадии подсчета колоний, значительно увеличить число проводимых анализов. За счет простоты операций и минимализации ручного труда, увеличивается производительность, повышается безопасность работы, снижается затраты рабочего времени персонала, исключаются субъективные факторы. Для разработки комплекса противоэпизоотических и диагностических мероприятий приоритетным направлением является раскрытие научных познаний в области фундаментальных исследований экологической пластичности и адаптации потенциально-патогенных энтеробактерий к паразитированию в теплокровном организме птиц и млекопитающих. Это позволит решать прикладные задачи контроля критических точек технологии животноводства и пищевых производств,

разрабатывать эффективные химиотерапевтические и дезинфицирующие препараты для снижения коагрегации клеток и детекции жизнеспособных некультивируемых микроорганизмов.

Ключевые слова: адгезия, микроколонии, матрикс, биоплёнки, коагрегация, дисперсия, жизнеспособность

Введение

Мониторинговые исследования биологической безопасности пищевого сырья по микробиологическим показателям – актуальная проблема, в связи с увеличением числа зарегистрированных болезней, передаваемых человеку через сырье и продукты животного происхождения. Во всем мире наблюдается тенденция статистически достоверного возрастания эпидемиологических показателей, доля указанных патологий возрастает и ветеринарной медицины¹. В структуре инфекционной патологии значительную долю составляют хронически протекающие заболевания, вызываемые бактериями, составной частью жизненного цикла, которых является формирование биопленок (Lenchenko et al., 2019). Для исследования биопленок используются динамические и статические методы культивирования микроорганизмов *in vitro* и *in vivo*, позволяющих определять компоненты экстрацеллюлярного матрикса, структуру, уровень экспрессии генов при формировании биопленок микроорганизмов (Ленченко, 1996; Ленченко, 2000). Разработаны способы подготовки препаратов для оптической и сканирующей электронной микроскопии, позволяющие оценить степень образования и морфологический состав биопленок, без нарушения естественной архитектоники популяций микроорганизмов (Ленченко, 2000). При фазово-контрастной микроскопии выявлены процессы, в зависимости от состава среды и содержания кислорода в среде культивирования, установлена агрегация подвижных клеток, вместе с тем, клетки мутантов, лишённые полярных жгутиков, не обладали способностью к подобной быстрой агрегации (Crouch, 2020). При конфокальной микроскопии трехмерные изображения биопленок, позволяют выявить структуру биоплёнки, динамику и скорость процесса осаждения клеток. Конфокальные изображения также позволяют определить коэффициент шероховатости поверхности биоплёнки (Xiaofan, Ingmar, 2020).

Цель работы – сравнительная оценка и подбор эффективных способов изучения формирования

биопленок энтеробактерий, циркулирующих среди восприимчивых видов животных и выделенных из пищевого сырья.

Материалы и методы. В опытах использовали референтные штаммы микроорганизмов из коллекции Глобального Биоресурсного центра² (ATCC: *The Global Bioresource Center*).

Оценку жизнеспособности бактерий, проводили путем посева бактерий с в питательный бульон, фенотипические признаки бактерий определяли общепринятыми методами (Сидоров и соавт., 1995).

В опытах использовали препарат: «Цефтриаксон» («ООО БИОХИМИК», Россия). Микроорганизмы культивировали при 37°C, 6–144 – контроль; при воздействии препаратов – опыт.

Для исследования морфометрических показателей биопленок с применением оптической микроскопии препараты фиксировали смесью спирт: эфир (1:1) – 10 мин, окрашивали по Граму, с применением набора для окраски по Граму («БиоВитрум», Россия). Препараты для сканирующей электронной микроскопии фиксировали 4,0%-ным раствором глутарового альдегида, 30–40 мин и парами 1,0% OSO₄, 5–10 мин. Для люминесцентной микроскопии использовали краситель «Live/Dead» («Thermo Fisher Scientific», США), в концентрации 1 мг/мл, наносили на поверхность стекла, покрывали покровным стеклом, окрашивали при 25 °C, 10 мин в темноте. Фазово-контрастную микроскопию проводили с использованием 18-часовых бульонных культур микроорганизмов в концентрации 105 КОЕ/мл.

Показатели коагрегации микроорганизмов устанавливали с применением микропланшетного фотометрического анализатора «Immunochem-2100» («HTI», USA) при длине волны 490 нм. Оптическую плотность (OD) определяли динамически на каждом временном этапе культивирования (0, 60, 120 и 240 мин).

¹ FAO, (2019). *The State of Food and Agriculture: Migration, Agriculture and Rural Development*. Food and Agriculture Organization, Roma, Italy / URL: <http://www.fao.org/about/meetings/conference/c2019/en/>

² ATCC: The Global Bioresource Center (2021). <https://www.lgcstandards-atcc.org>

Изучение биопленок *in vivo* проводили на беспородных лабораторных мышах, массой тела 14–16 г ($n=3$), которым *per rectum* вводили взвесь культур микроорганизмов *E.coli* O26:A20, в дозе 0,5 см³ в концентрации 1 млрд/см³ (Lebeaux et al., 2019).

При проведении морфометрических исследований применяли: оптический микроскоп «*Trinocular Unico H604*» («*Trinocular Unico*», USA); сканирующий электронный микроскоп «*Hitachi TM 4000 Plus*» (*Hitachi High-Technologies Corp.*, Japan), электронный микроскоп «*Hitachi-800*» со сканирующей приставкой «*Hitachi-8010*»; фазово-контрастный микроскоп «*Leica LMD 7000*» (*Leica*, Germany); люминесцентный микроскоп «*Leica DMRB*» (*Leica*, Germany), оборудованный 100-кратным масляным иммерсионным объективом с дихроичным фильтром возбуждения длиной волны 510 нм и фильтром длинных частот 615 нм. Для получения репрезентативной информации исследования проводили методом случайного отбора поля зрения микроскопа.

Результаты экспериментальных данных обрабатывали методом статистического анализа с использованием критерия достоверности по Стьюденту, результаты считали достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты исследований. При формировании биопленок наблюдались этапы: седиментация, фиксация, монослой клеток, коагрегация, микроколонии, кластеры, дисперсия.

На первом этапе исследований через 2–6 ч культивирования микроорганизмов наблюдали седиментацию – адгезию вегетативных форм бактерий, имеющих типичную для вида палочковидную форму и размеры (0,3–0,6 × 0,6–1,0). Окрашенные в синий цвет бактериальные клетки, были объединены в короткие цепочки, на отдельных участках – в длинные нити.

Через 24–48 ч наблюдали формирование монослоя – диффузного слоя бактериальных клеток. На данном этапе выявлялись уплотненные участки биопленки, характеризующиеся наличием палочковидной и округлой формы клеток. Формирование микроколоний на отдельных участках обеспечивалось за счёт процесса коагрегации – образования межклеточных связей, выявлялись различные по величине плотно упакованные клеточные структуры, объединённые межклеточным матриксом.

Межклеточные связи обуславливали популяционную иммобилизацию. Образование вторичных

микроколоний наблюдалось через 48–72 ч. Часть клеток вторичной микроколонии была связана с первичными, выявлялись отделившиеся микроколонии, разделённые матричными пустотами, характеризующиеся наличием клеточных тяжей. Формирование архитектоники биопленки обеспечивается за счёт синтеза внеклеточного матрикса, состоящего из сложных подвижных гелевых структур. Механическую стабильность обеспечивают выявленные на поверхности биоплёнок в виде полимерных сетей экзоцеллюлярные вещества (Рис. 1).

Наиболее полное развитие биоплёнки отмечалось в центральной части микроколоний. Клетки шаровидной формы (0,25–0,30 мкм), располагающиеся на поверхности и внутри анастомозов, образующихся между бактериальными клетками, формировали микроколонии путем колонизации свободных субстратных участков.

Слияние микроколоний с последующей кластеризацией свидетельствует о наличии межклеточных коммуникаций. На линиях формирования кластеров выявлялись поры и каналы округлой формы, характеризующиеся наличием жидкости и окружённые мембранными структурами. Дисперсия колоний наблюдалась через 72–144 ч. На отдельных участках были выявлены деструктивные процессы клеточного матрикса с последующим отделением клеток, сохранивших способность к адгезии и формированию новых колоний.

При воздействии препарата «Цефтриаксон», 18 ч на биопленки энтеробактерий установлена прямая корреляционная связь морфометрических (%) и денситометрических показателей (ODs), отражающих снижение частоты встречаемости кластеров и оптической плотности, соответственно. Частота встречаемости кластеров – агрегации микроорганизмов, объединённых тонким слоем межклеточного матрикса, достоверно снижалась в ряду: *S. enteritidis*, *P. vulgaris* – слабые продуценты биоплёнок; *E. coli*, *K. pneumoniae*, – умеренные продуценты биоплёнок (Рис. 2).

При люминесцентной микроскопии дифференцировали зелёный спектр флуоресценции (495–515 нм) – метаболически активные клетки – жизнеспособные формы; красный спектр флуоресценции (620–650 нм) – нежизнеспособные клетки; оранжевый спектр флуоресценции (516–619 нм) – покоящиеся формы клеток. За счёт формирования различных диссоциативных вариантов, получающих преимущество при фор-

Рисунок 1

Интенсивность формирования биопленок микроорганизмов: а – *K.pneumoniae*, 37°C, 24 ч: бактерии расположены упорядоченно, обособленными разветвленными структурами, выявляются скопления микроорганизмов, объединенные межклеточным матриксом; б – *E.coli*, 37°C, 48 ч: микроколонии, состоящие из коагрегации клеток, окружённых межклеточным полимерным матриксом, различной интенсивности окраски. Генцианвиолет. Ок. 10, об. 100, иммерсия

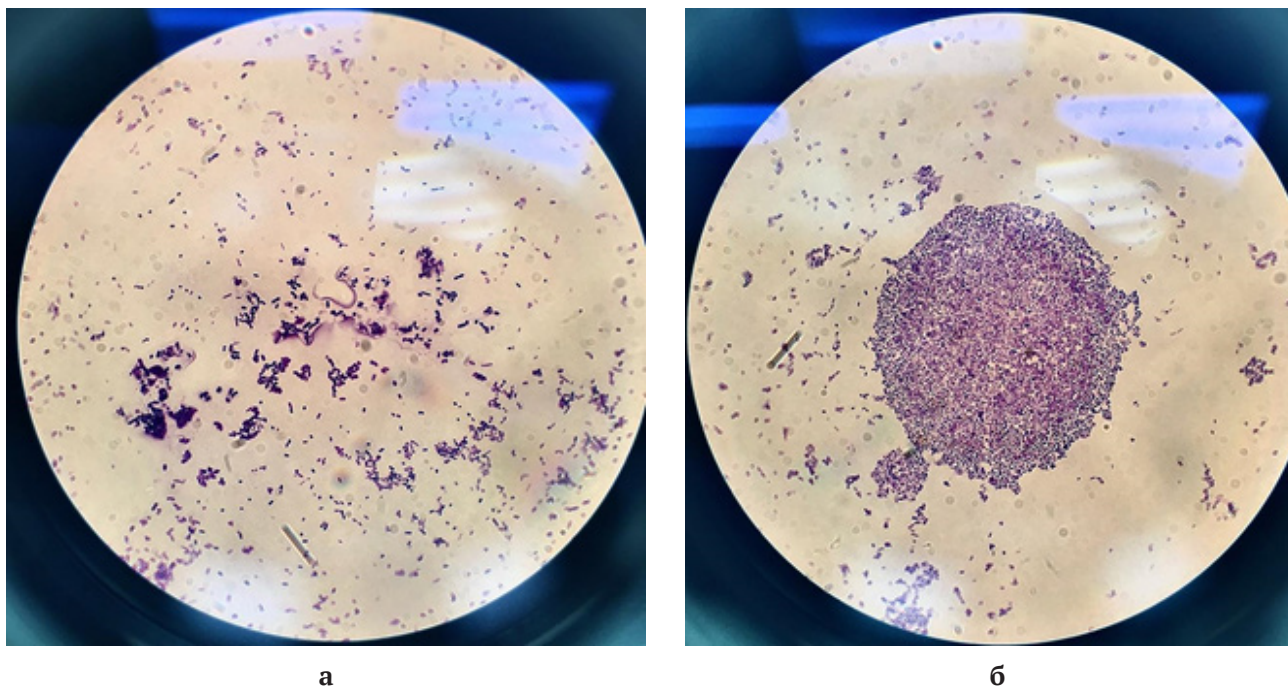
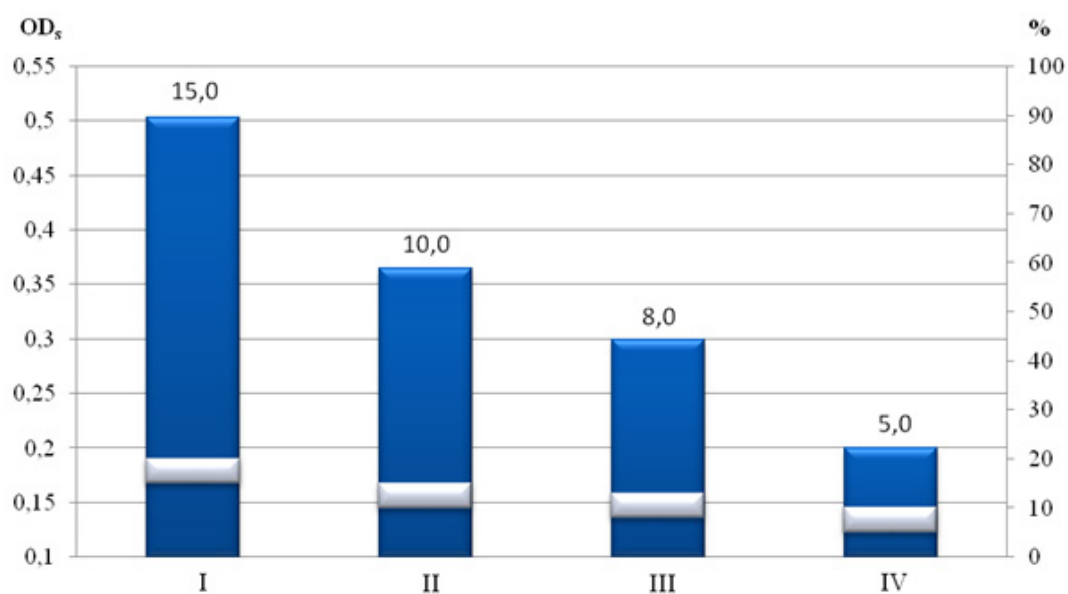


Рисунок 2

Корреляционная связь морфометрических и денситометрических показателей энтеробактерий при воздействии препарата «Цефтриаксон», 100 мкг/мл, 18 ч: I – *E. coli*; II – *K. pneumoniae*; III – *S. enteritidis*; IV – *P. vulgaris*



мировании архитектоники биоплёнок, динамика изменений жизнеспособных структур характеризовалась сменой периодов интенсивности роста микроорганизмов. Использование флуоресцентного красителя «Live/Dead» позволяет дифференцировать физиологическую пластичность популяции микроорганизмов.

В статичных условиях при фазово-контрастной микроскопии 18-часовых жидких культур энтеробактерий выявлены подвижные клетки, сосредоточившиеся в результате аэротаксиса недалеко от границы раздела жидкость/воздух, формирующие небольшие агрегации. Способность бактерий к агрегации в планктонной культуре обуславливает начальные этапы формирования биопленок, но не способствует приросту биомассы зрелых пленок. Подвижность энтеробактерий способствует агрегации в зависимости от состава среды и содержания кислорода в среде культивирования (от степени насыщения среды кислородом). Результаты исследования позволили выявить зависимость степени агрегации клеток в планктонной культуре и формирования ими биопленок от состава среды, продолжительности и условий культивирования, которые, в свою очередь, могут влиять на свойства компонентов клеточной стенки микроорганизмов белковой и полисахаридной природы. Фазово-контрастная микроскопия не требует предварительного окрашивания препаратов, обеспечивает сканирование по вертикали, что позволяет исследовать морфологические изменения различных слоёв биопленок.

При формировании гетерогенной структуры биоплёнок микроорганизмов выявлены процессы диссоциации: S-формы, $d = 2,0 - 5,0$ мм; R-формы, $d \geq 3,0$ мм; M-формы, $d = 1,5 - 3,0$ мм; D-формы, $d = 0,2 - 0,5$ мм, G-формы, $d = 0,1 - 0,3$ мм, интенсивность формирования биоплёнок (*ID*): S-формы – $ID = 0,203 \pm 0,04 - 0,216 \pm 0,12$, R-формы – $ID = 0,107 \pm 0,02 - 0,121 \pm 0,11$.

Изменение формы и снижение метаболизма микроорганизмов приводило к переходу популяции в «некультивируемое состояние», формированию L-форм колоний двух типов: А-колонии, $d \leq 100,0$ мкм, состояли из гранулярных структур, лишённых клеточной стенки; В-колонии, $d \geq 300,0 - 500,0$ мкм, состояли из центральной зоны, врастающей в агар, и прозрачной фестончатой периферической зоны.

Для изучения биопленок *in vivo* моделировали инфекционный процесс, через 18–24 ч после заражения летальность мышей составляла 100,0%, чистые культуры микроорганизмов *E.coli* были реизоли-

рованы из крови, лимфатических узлов, селезенки, сердца, легких, тонкого кишечника, печени, почек.

За счет наличия фимбриальных структур и афимбриальных адгезинов, бактерии, реализующие патогенный потенциал, адгезировались к рецепторам альвеолоцитов мышей. При развитии патологических процессов в лёгких наблюдали, дистрофию и слущивание эпителиального слоя, в междольковой соединительной ткани наблюдалась гиперемия и лейкоцитарная инфильтрация, пролиферация фибробластов в периваскулярной соединительной ткани. В полости парабронхов выявлялась светло-розовая сеточка фибрина с наличием эритроцитов и единичных плазмоцитов, просвет бронхов заполнен большим количеством псевдоэозинофилов, лимфоцитов, эпителиальными клетками.

В тонком кишечнике наблюдали адгезию к рецепторам эритроцитов и энтероцитов ворсинок слизистой оболочки терминального отдела подвздошного кишечника мышей. Многоклеточные гетерогенные биопленки энтеробактерий, объединенные межклеточным матриксом, располагались на апикальных полюсах эпителиоцитов ворсинок и крипт терминального отдела подвздошного кишечника мышей. В просвете органа выявляли множество бактерий, экссудат, содержащий десквамированные эпителиальные клетки, с примесью слизи, полиморфноядерные лейкоциты. Инвазивные бактерии вызывали повреждение эпителиального пласта, большинство ворсинок были разрушены, выявляли нарушение эндотелиального слоя кровеносных сосудов, развитие воспалительной гиперемии собственной пластинки слизистой оболочки.

При развитии патологических процессов в почках большинство ядер были уменьшены в объеме. При внедрении микроорганизмов в просвет канальцев, в паренхиме коркового и мозгового слоев отмечали микроабсцессы – участки, состоящие из скоплений клеточных элементов, интенсивно окрашенных гематоксилином. Между некоторыми клубочковыми капсулами и клубочками наблюдали узкие просветы, заполненные однородным розовым веществом. Как правило, выявляли застойный геморрагический инфаркт и некроз эпителия канальцев, вследствие действия на ткань токсинов, воспалительную гиперемию сосудов, с лейкоцитарной инфильтрацией некротических участков, канальцы и капсулы клубочков были заполнены лейкоцитами, просветы не различались в результате распада эпителиальных клеток. Наблюдала множественную бактериальную эмболию кровеносных сосудов, выражен-

ную нейтрофильную инфильтрацию и застойную гиперемии лимфатических узлов и селезенки, генерализованную инфекцию с абсцессами легких, сердце, печени, почек.

Обсуждение

На основании результатов комплексного изучения биологических свойств энтеробактерий выявлены критерии их дифференциации по фенотипическим свойствам от таксономически родственных видов бактерий. Разработан и осуществлен новый подход в изучении экологии и биологии энтеробактерий – использование комплекса электронно-микроскопических и морфометрических методов в сочетании с бактериологическими и гистологическими исследованиями – для выявления факторов патогенности (адгезивности, инвазивности, цитотоксичности), внутривидовой изменчивости энтеробактерий *in vivo* и *in vitro*, пределов адаптации бактерий к изменяющимся условиям среды обитания (Ленченко, 1996; Ленченко, 2000; Ленченко и соавт., 2014).

В свете современных данных биопленка – многоклеточное сообщество, состоящее из клеток, адгезированных к поверхности и объединенных внеклеточным полисахаридным матриксом, характерным является изменение параметров роста и экспрессии специфических генов по сравнению с одиночными (планктонными) бактериями (Ленченко et al., 2019).

Формирование биопленки происходит линейно, включая ряд различных этапов. В процессе формирования биопленки бактериальные клетки образуют микроколонию. Переход к этапу необратимого прикрепления может вести за собой множество предшествующих стадий прикрепления и открепления клетки от поверхности субстрата (Li et al., 2020).

Показатели абсолютных величин оптической плотности биопленки различные: слабые продуценты биопленок, $D \leq 0,197$ – *Y. enterocolitica* R-форма; умеренные продуценты биопленок, $D = 0,311–0,380$ – *S. enteritidis*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *P. vulgaris*, *Y. pseudotuberculosis*; сильные продуценты биопленок – *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *Mycobacterium* B5, $D=0,699–1,510$ (Ленченко et al., 2020).

При образовании биопленок штаммами *Salmonella enterica* выявлялась положительная корреляция между общим биологическим объемом биопленки и биологическим объемом живых клеток, белков

и β -полисахаридов, которые могут служить маркерами образования биопленки. Положительная корреляция (от 0,630 до 0,941; $P < 0,01$) была обнаружена между биобъемом, охватом поверхности, максимальной толщиной и средней толщиной биопленок (Camino et al., 2020).

Биосинтез экзополисахаридов представляет собой многоэтапный процесс, приводящий к смене бактериями фенотипических признаков, снижению интенсивности процессов метаболизма и переходу популяции в «некультивируемое состояние» (Ostapska et al., 2020).

При некультивируемом состоянии популяций микроорганизмов дифференцировали: кокковидные формы, мембранные пузырьки (везикулы), клетки с дефектной клеточной стенкой, сферопласты, протопласты, L-формы, игольчатые и гигантские структуры, клетки-ревертанты (Ленченко, 1996; Ленченко, 2000).

Созревание биопленки сопровождается кратным увеличением резистентности к антисептикам входящих в состав бактерий, антибактериальное воздействие на одновидовую биопленку, *S. aureus*, было слабее, чем на одновидовую биопленку *P. aeruginosa* ($p=0,003$) или двухвидовую биопленку ($p=0,040$). Тогда как активность антисептиков в отношении одновидовых биопленок *P. aeruginosa* и двухвидовых биопленок не различалась между собой ($p=0,984$) (Li et al., 2020).

При изучении устойчивости к антибактериальным препаратам 51 изолята сальмонелл, выделенных из 379 проб окружающей среды на птицефермах, серовар *Salmonella enterica* 32/51 (62,7%) был устойчив к одному антибактериальному препарату, 10/51 (19,6%) изолятов демонстрировали множественную лекарственную устойчивость. С помощью ПЦР идентифицировано пять плазмид вирулентности, включая IncFIIS 17/51 (33,3%), IncI1 α 12/51 (23,5%), IncP 8/51 (15,7%), IncX1 8/51 (15,7%) и IncX2 1/51 (2,0%) (Ball et al., 2020).

Доминирующая часть эпизоотических энтеробактерий, выделенных от молодняка сельскохозяйственных животных (64 из 86 изолятов), идентифицировали как *Escherichia coli*, из которых 42 не серотипировались по O-антигену, 35,0% являлись патогенными и 65,0% – непатогенными. Токсигенность выявлена у 53,9% изолятов: умеренно токсигенными и слаботоксигенными свойствами характеризовались 15,4 и 38,5% изолятов, соответственно; нетоксигенными – 46,1% (Ленченко и соавт., 2014).

Микроорганизмы *S. enteritidis*, изолированные из проб свиных отходов свиномкомплексов, проявляли устойчивость к сульфаметоксазолу: в сырых отходах было обнаружено 46,0% устойчивых изолятов, в пробах сточных вод – 85,0%. Микроорганизмы обладали устойчивостью к сульфаметоксазолу – 6,0%, хлорамфениколу – 33,0%; ампициллину – 20,0% (Casanova et al., 2020).

Изоляты *S. Kentucky* (n = 11), *S. Enteritidis* (n = 4), *S. Typhimurium* (n = 3), *S. Breanderp* (n = 1), и *S. Newport* (n = 1) идентифицированы при исследовании проб от павших птиц на птицефермах. Исследование противомикробной чувствительности показало, что 95,0% изолятов были устойчивы к пенициллину, 85,0% – норфлоксацину и колистину, 75,0% – гентамицину, 70,0% – налидиксовой кислоте и 60,0% – к флумехину (Magdy et al., 2020).

Изоляты *S. Enteritidis* (n = 15), *S. Typhimurium* (n = 12) и *S. Weltevreden* (n = 8) из проб мяса птицы обладали устойчивостью (100,0%) к хлорамфениколу и офлоксацину (Qamar et al., 2020).

Из 720 проб мяса 57,64% контаминированы антибиотикорезистентными штаммами *Salmonella spp.*, наиболее часто идентифицируемыми сероварами из проб мяса крупного рогатого скота и свиней являлись *S. Anatum* и *S. Saintpaul*; птиц – *S. Anatum*, *S. Kentucky* (Santos et al., 2020).

Установлена эффективность введения в рацион птицы препарата Заслон 2+, содержащего в составе бактерии *Bacillus spp.*, за счёт коррекции дисбиотических нарушений. В кишечнике птиц увеличивалась численность бактерий семейства *Bacillaceae* ($3,59 \pm 0,15$ – $12,50 \pm 0,58\%$), целлюлозолитических бактерий семейства *Clostridiaceae* ($0,31 \pm 0,02$ – $0,97 \pm 0,04\%$) и бактерий рода *Bifidobacterium* ($0,82 \pm 0,03$ – $0,56 \pm 0,03\%$), содержания бактерий рода *Campylobacter* достоверно снижалось ($1,04 \pm 0,06$ – $0,26 \pm 0,01\%$) (Егоров и соавт., 2019).

При исследовании вакцины против сальмонеллёза на основе белков внешней мембраны *Salmonella enterica* (OMP) и белков флагеллина продукция макрофагов через 11 дней после заражения была выше ($P < 0,05$) в группе вакцинированной птицы. На 14-й день вакцинированные птицы (1000 мкг) имели более высокие уровни ($P < 0,05$) сывороточных антител (IgG, IgA), в лимфоузлах слепой кишки (Acevedo-Villanueva et al., 2020).

Основная масса (70,0 – 90,0%) иммуноглобулинов птиц – G (IgG). Циркулирующие лимфоциты несут

на своей поверхности 5,4% IgG, обладающие способностью фиксироваться на клетках ресничного эпителия дыхательных путей и на эпителиальных клетках пищеварительного тракта, что обуславливает защиту от генетически чужеродных веществ через эпителиальные барьеры (Джавадов и соавт., 2017).

Установлена эффективность инактивированной трехвалентной вакцины против *Salmonella enterica*, содержащей серовары *Salmonella Enteritidis* (O: 9, серогруппа D) и *Salmonella Typhimurium* (O: 4, серогруппа B), серовар *Salmonella Infantis* (O: 7, серогруппа C1) и адъювант (гидроксид алюминия) – при заражении птиц *S. Hadar* (O: 8, серогруппа C2) 1×10^6 КОЕ/г выявлено увеличение серовар-специфических антител (34,4%), обнаруживающихся до 56-недельного возраста (Crouch et al., 2020).

Изоляты *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium*, *S. Kentucky*, *S. Heidelberg*, *S. Livingstone*, *S. Mbandaka*, выделенные из проб мяса птицы, демонстрировали вариabельность устойчивости к кислотам и NaCl, высокую термолабильность, устойчивость к окислению и УФ-излучению, по сравнению с *S. Enteritidis* ($r > 0,85$; $p < 0,01$). Значительная взаимосвязь была обнаружена для устойчивости к кислоте и термолабильности ($p < 0,10$) (Guillén et al., 2020).

Бактериофаги *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium*, *S. Paratyphi A*, *S. San Diego* и *S. Typhi* проявили широкую литическую активность, устойчивость к нагреванию и pH. Частицы фага адсорбировались в 100,0% в течение 18–40 мин. Количество жизнеспособных клеток бактерий снижалось в пробах от мяса куриц ($P < 0,05$) при совместном воздействии бактериофагами при 4 °C в течение 7 дней (Kim et al., 2020).

Штаммы *Lactobacillus spp.* проявляли антагонистическую активность по к 96,0% изолятам *Salmonella spp.*, выделенным из проб объектов окружающей среды птицеперерабатывающих предприятий (Kowalska et al., 2020).

Иммунизация цыплят субъединичной вакциной на основе рекомбинантного белка внешней мембраны (rOmpF) и экстрагированных везикул внешней мембраны (OMV) *S. Enteritidis* вызывает экспрессию антител, высокий уровень клеточно-опосредованного иммунного ответа, снижение колонизации кишечника цыплят *S. Enteritidis* (Li et al., 2020).

При ферментативном воздействии (ДНКаза, 100 мкг/мл) биомасса биопленок изолятов

Salmonella spp., выделенных на мясоперерабатывающих предприятиях убывала на 29,0–40,0%; после инкубации с раствором периодата натрия, окисляющего полисахариды, биомасса зрелых биопленок, сформированных на стекле убывала на 40,0 – 75,0% (Collineau et al., 2020).

Для оптимизации подготовки образцов к исследованию при микробиологическом контроле критических точек технологии животноводства и пищевых производств, перспективным является исключение рутинных стадий подсчета с помощью микробиологических анализаторов «БакТрак 4300» («SY-LAB Gerate GmbH», Австрия); «Trek Diagnostic System Sensititre» («Thermo Fisher Scientific», США), значительно увеличивающих число проводимых анализов, позволяющих экономить время исследований и материальные затраты.

Заключение. При исследовании биопленок с помощью оптической, сканирующей электронной, фазово-контрастной, люминесцентной микроскопии выявлены общие закономерности морфофункционального развития гетерогенной популяции микроорганизмов различных систематических групп. Биосинтез экзополисахаридов представляет собой многоэтапный процесс, приводящий к смене бактериями фенотипических признаков по сравнению с их планктонными формами, созревание биопленки сопровождается кратным увеличением резистентности, что обуславливает длительность и ретроспективность бактериологических исследований. Маркерами образования биопленки могут служить биологический объемом живых клеток, белков и β -полисахаридов.

Литература

- Джавадов, Э. Д., Кононина, М. Д., Терлецкий, В. П., Щепеткина, С. В., & Новикова, О. Б. (2017). Мониторинг генов антибиотикорезистентности патогенных микроорганизмов, выделенных от сельскохозяйственной птицы. *Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии*, 4(6), 24–29.
- Егоров, И. А., Ленкова, Т. Н., Манукян, В. А., Егорова, Т. А., Никонов, И. Н., Ильина, Л. А., & Лаптев, Г. Ю. (2019). Замещение кормовых антибиотиков в рационах. Микробиота кишечника и продуктивность мясных кур (*Gallus gallus* L.) На фоне энтеросорбента с фито- и пробиотическими свойствами. *Сельскохозяйственная биология*, 2, 280–290.
- Ленченко, Е. М. (2000). *Биология и экология иерсиний – возбудителей пищевых токсикоинфекций* [Диссертация доктора наук, Московский государственный университет пищевых производств], Москва, Россия.
- Ленченко, Е. М. (1996). Морфофункциональные свойства и популяционная изменчивость иерсиний, поражающих сельскохозяйственных животных, в зависимости от температурного фактора. *Сельскохозяйственная биология*, 6, 88–95.
- Ленченко, Е. М., Мансурова, Е. А., & Моторыгин, А. В. (2014). Характеристика токсигенности энтеробактерий, выделенных при желудочно-кишечных болезнях сельскохозяйственных животных. *Сельскохозяйственная биология*, 2, 94–104.
- Acevedo-Villanueva, K. Y., Lester, B., Renu, S., Han, Y., Shanmugasundaram, R., Gourapura, R., & Selvaraj, R. (2020). Efficacy of chitosan-based nanoparticle vaccine administered to broiler birds challenged with *Salmonella*. *PLoS One*, 15(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231998>
- Aung, K. T., Khor, W. C., Octavia, S., Ye, A., Leo, J., Chan, P. P., Lim, G., Wong, W. K., Tan, B. Z. Y., Schlundt, J., Dalsgaard, A., Ng L. C., & Lin, Y. N. (2020). Distribution of *Salmonella* serovars in humans, foods, farm animals and environment, companion and wildlife animals in Singapore. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(16). <https://doi.org/10.3390/ijerph17165774>
- Ball, T., Monte, D., Aidara-Kane, A., Matheu, J., Ru, H., Thakur, S., Ejobi, F., & Fedorka-Cray, P. (2020). International lineages of *Salmonella enterica* serovars isolated from chicken farms, Wakiso District, Uganda. *PLoS One*, 15(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220484>
- Casanova, L. M., Hill, V. R., & Sobsey, M. D. (2020). Antibiotic-resistant *Salmonella* in swine wastes and farm surface waters. *Letters of Applied Microbiology*, 71(1), 117–123. <https://doi.org/10.1111/lam.13242>
- Chang, R., Pandey, P., Li, Y., Venkitasamy, C., Chen, Z., Gallardo, R., Weimer, B., Jay-Russell, M., & Weimer, B. (2020). Assessment of gaseous ozone treatment on *Salmonella* Typhimurium and *Escherichia coli* O157:H7 reductions in poultry litter. *Waste Management*, 117, 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.039>
- Collineau, L. Phillips, C., Chapman, B., Agunos, A., Carson, C., Fazil, A., Reid-Smith, R. J., & Smith, B. A. (2020). A within-flock model of *Salmonella* Heidelberg transmission in broiler chickens. *Preventive Veterinary Medicine*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104823>
- Crouch, C. F., Nell, T., Reijnders, M., Donkers, T., Pugh, C., Patel, A., Davis, P., Hulten, M. C. W., & Vries, S. P. W. (2020). Safety and efficacy of a novel

- inactivated trivalent *Salmonella enterica* vaccine in chickens. *Vaccine*, 38(43), 6741–6750. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2020.08.033>
- Godínez-Oviedo, A., Tamplin, M. L., Bowma, J. P., & Hernández-Iturriaga, M. (2019). *Salmonella enterica* in Mexico 2000-2017: Epidemiology, Antimicrobial Resistance, and Prevalence in Food. *Foodborne Pathogens and Disease*, 17(2), 98–118. <https://doi.org/10.1089/fpd.2019.2627>
- Guillén, S., Marcén, M., Álvarez, I., Mañas, P., & Cebrián, G. (2020). Stress resistance of emerging poultry-associated *Salmonella* serovars. *International Journal of Food Microbiology*, 15. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108884>
- Hwang, D., Rothrock, M. J., Pang, H., Guo, M., & Mishra, A. (2020). Predicting *Salmonella* prevalence associated with meteorological factors in pastured poultry farms in southeastern United States. *Science of the Total Environment*, 713. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136359>
- Jibril, A. H., Okeke, I. N., Dalsgaard, A., Kudirkiene, E., Akinlabi, O. C., Bello, M. B., & Olsen, J. E. (2020). Prevalence and risk factors of *Salmonella* in commercial poultry farms in Nigeria. *PLoS One*, 15(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238190>
- Kim, J. H., Jung, S. J., Mizan, M. F. R., Park, S. H., & Ha, S. D. (2020). Characterization of *Salmonella* spp.-specific bacteriophages and their biocontrol application in chicken breast meat. *Journal of Food Science*, 85(3), 526–534.
- Kowalska, J. D., Nowak, A., Śliżewska, K., Stańczyk, M., Łukasiak, M., & Dastyh, J. (2020). Anti-salmonella potential of new *Lactobacillus* strains with the application in the poultry industry. *Polish Journal of Microbiology*, 69(1), 5–18. <https://doi.org/10.33073/pjm-2020-001>
- Lebeaux, D., Chauhan, A., Rendueles, O., & Beloin, C. (2013). From in vitro to in vivo Models of Bacterial Biofilm-Related Infections. *Pathogens*, 2(2), 288–356. <https://doi.org/10.3390/pathogens2020288>
- Lenchenko, E., Blumenkrants, D., Sachivkina, N., Shadrova, N., & Ibragimova, A. (2020). Morphological and adhesive properties of *Klebsiella pneumoniae* biofilms. *Veterinary World*, 13(1), 197–200. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.197-200>
- Lenchenko, E., Blumenkrants, D., Vatnikov, Y., Kulikov, E., Khi, V., Sachivkina, N., Gnezdilova, L., Sturov, N., Sakhno, N., Kuznetsov, V., Strizhakov, A., & Mansur T. (2020). Poultry *Salmonella* sensitivity to antibiotics. *Systematic review pharmacy*, 11(2), 170–175. <https://doi.org/10.5530/srp.2020.2.26>
- Lenchenko, E., Lozovoy, D., Strizhakov, A., Vatnikov, Yu, Byakhova, V., Kulikov, E., Sturov, N., Kuznetsov, V., Avdotin, V., & Grishin, V. (2019). Features of formation of *Yersinia enterocolitica* biofilms. *Veterinary World*, 12(1), 136–140. <http://dx.doi.org/10.14202/vetworld.2019.136-140>
- Lenchenko, E. M., Vatnikov, Y. A., Kulikov, E. V., Lozovoy, D. A., Gavrilov, V. A., Gnezdilova, L. A., Zimina, V. N., Kuznetsov, V., L., Annikov, V. V., Medvedev, I. N., Petryaeva, A. V., & Glagaleva, T. I. (2019). Aspects of *Salmonellosis* pathogenesis using chicken models. *Bali Medical Journal*, 8(1), 206–210. <https://doi.org/10.15562/bmj.v8i1.92010>
- Lenchenko, E. M., Vatnikov, Y. A., Sotnikova, E. D., Kulikov, E. V. Gnezdilova, L. A., Seleznev, S. B., Strizhakov, A. A., & Kuznetsov, V. I. (2017). Experimental toxemia of chickens contaminated with *Yersinia enterocolitica* Bacteria. *Asian Journal of Pharmaceutics*, 11(1), 91–96. <http://dx.doi.org/10.22377/ajp.v11i01.1094>
- Li, Q., Ren, J., Xian, H., Yin, C., Yuan, Y., Li, Y., Ji, R., Chu, C., Qiao, Z., & Jiao, X. (2020). rOmpF and OMVs as efficient subunit vaccines against *Salmonella enterica* serovar Enteritidis infections in poultry farms. *Vaccine*, 38(45), 7094–7099. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2020.08.074>
- Li, Y., Yang, X., Zhang, H., Jia, H., Liu, X., Yu, B., Zeng, Y., Zhang, Y., Pei, X., & Yang, D. (2020). Prevalence and antimicrobial susceptibility of *Salmonella* in the commercial eggs in China. *International Journal of Food Microbiology*, 325. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108623>
- Luvsansharav, U. O., Vieira, A., Bennett, S., Huang, J., Healy, J. M., Hoekstra, R. M., Bruce, B. B., & Cole, D. (2020). *Salmonella* Serotypes: A Novel Measure of Association with Foodborne Transmission. *Foodborne Pathogens and Disease*, 17(2), 151–155. <https://doi.org/10.1089/fpd.2019.2641>
- Magdy, O. S., Moussa, M. I., Hussein, H. A., El-Hariri, M. D., Ghareeb, A., Hemeg, H. A., Al-Maary, K. S., Mubarak, A. S., Alwarhi, W. K., Eljakee, J. K., & Kabli, S. A. (2020). Genetic diversity of *Salmonella enterica* recovered from chickens farms and its potential transmission to humans. *Journal of Infection and Public Health*, 13(4), 571–576. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2019.09.007>
- Mendonça, B. S., de Oliveira, W. R., Pereira, R. S., Santos, L. R., Rodrigues, L. B., Dickel, E. L., Daroit, L., & Pilotto, F. (2021). Research Note: The use of ammonia gas for *Salmonella* control in poultry litters. *Poultry Science*, 100(1), 314–318. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.008>
- Parisi, A. A., Phuong, T. L. T., Mather, A. E., Jombart, T., Tuyen, H. T., Lan, N. P. H., Trang, N. H. T., Carrique-Mas, J., Campbell, J. I., Trung, N. V., Glass, K., Kirk, M. D., & Baker, S. (2020). The role of animals as a source of antimicrobial resistant nontyphoidal *Salmonella* causing invasive and non-invasive human disease in Vietnam. *Infection*,

- Genetics and Evolution*, 85. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2020.104534>
- Qamar, A., Ismail, T., & Akhtar, S. (2020). Prevalence and antibiotic resistance of *Salmonella* spp. in South Punjab-Pakistan. *PLoS One*, 15(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232382>
- Sánchez-Salazar, E., Gudiño, M. E., Sevillano, G., Zurita, J., Guerrero-López, R., Jaramillo, K., & Calero-Cáceres, W. (2020). Antibiotic resistance of *Salmonella* strains from layer poultry farms in central Ecuador. *Journal of Applied Microbiology*, 128(5), 1347–1354. <https://doi.org/10.1111/jam.14562>
- Santos, P. D. M., Widmer, K. W., & Rivera, W. L. (2020). PCR-based detection and serovar identification of *Salmonella* in retail meat collected from wet markets in Metro Manila, Philippines. *PLoS One*, 15(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239457>
- Shimajima, Y., Nishino, Y., Fukui, R., Kuroda, S., Suzuki, J., & Sadamasu, K. (2020). *Salmonella* Serovars Isolated from Retail Meats in Tokyo, Japan and Their Antimicrobial Susceptibility. *Shokuhin Eiseigaku Zasshi*, 61(6), 211–217. <https://doi.org/10.3358/shokueishi.61.211>
- Yang, J., Zhang, Z., Zhou, X., Cui, Y., Shi, C., & Shi, X. (2020). Prevalence and Characterization of Antimicrobial Resistance in *Salmonella enterica* Isolates from Retail Foods in Shanghai, China. *Foodborne Pathogens and Disease*, 17(1), 35–43. <https://doi.org/10.1089/fpd.2019.2671>
- Xiaofan, J., & Ingmar, H. R. (2020). Biofilm Lithography enables high-resolution cell patterning via optogenetic adhesin expression. *National Academy of Sciences*, 14(115), 3698–3703. <https://doi.org/10.1073/pnas.1720676115>

Study of Enterobacteria Biofilms Critical Point Control Technologies of Livestock and Food Production

Dmitry A. Blumenkrants¹, Ekaterina M. Lenchenko¹

¹ *Moscow State University of Food Production*

Correspondence concerning this article should be addressed to Dmitry A. Blumenkrants, Moscow State University of Food Production, address: 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation, e-mail: mailto:blumenkrants@inbox.ru

The relevance of the study and the presence of gaps in the existing knowledge on the topic. Monitoring studies of the biological safety of food raw materials for microbiological indicators is an urgent problem, due to the increase in the number registered diseases transmitted to humans through raw materials and products of animal origin. All over the world, the share of these pathologies is increasing, there is a tendency for a statistically significant increase in epidemiological indicators. The aim of the work is a comparative assessment and selection of effective methods for studying the formation of biofilms enterobacteriaceae circulating among susceptible animal species and isolated from food raw materials. Methods. Study of growth and dynamics development biofilms of Enterobacteriaceae was carried out during cultivation on nutrient media containing growth factors for the repair the cell wall and reversal of viable uncultured microorganisms. To study morphological and functional patterns development a population of microorganisms in vitro and in vivo, we used the generally accepted and developed methods for preparing preparations for scanning, phase contrast, optical and luminescence microscopy, which make it possible to study biofilms without violating the natural architectonics and to detect viable prokaryotic cells. Results and its discussion. During microbiological control of critical points in the technology of animal husbandry and food production, the morphological and functional characteristics of biofilms, which are communities of microorganisms secreting a polymer matrix and adhered to the tissues of susceptible animal species and abiotic surfaces of livestock buildings and food industries, were studied. Microbiological research was carried out using the method of serial dilutions in 0,7 % MPA for accelerated counting of the number mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microorganisms isolated from the contents the intestines of animals, as well as food raw materials. The morphometric parameters of biofilms and uncultivated microorganisms were studied under various cultivation conditions. To study the growth and development of populations microorganisms, we used media containing growth factors for cell wall repair and reversal of L-forms of microorganisms. To study the morphometric parameters biofilms using optical microscopy, the preparations were stained according to Gram. Preparations for scanning electron microscopy were fixed with a 4,0 % solution of glutaraldehyde and vapors of 1,0 % osmium oxide. For luminescence microscopy, a «Live/Dead» dye (Thermo Fisher Scientific, United States) was used. Phase contrast microscopy was performed using 18-hour broth cultures of microorganisms. Coaggregation indices of microorganisms were established dynamically, optical density (OD) was determined at each time stage of cultivation (0, 60, 120 and 240 min). The developed methods of biofilm cultivation made it possible to study enterobacteriaceae biofilms in vitro and in vivo, without disturbing the natural architectonics of the population of microorganisms. The use of dynamic and static methods of biofilm cultivation made it possible to determine the components of the extracellular matrix, structure, and the level of gene expression during the formation of biofilms of microorganisms. A direct correlation was established between morphometric (%) and densitometric indicators (ODs), reflecting a decrease in the frequency of occurrence of clusters - aggregations of microorganisms united by a thin layer of the extracellular matrix and optical density, respectively. The ability to form biofilms, the variability of phenotypic traits, the multiplicity of virulence factors, the emergence of resistant forms of bacteria due to the synthesis of exopolysaccharides, significantly reduce the effectiveness of antiepidemiological and diagnostic measures. For the study of the dynamics of morphological and functional patterns of the development of populations of microorganisms, routine and technological advances of

the present are recognized as promising, for example, scanning electron microscopy makes it possible to assess the degree of formation and morphological composition of biofilms. Phase contrast microscopy to reveal processes depending on the composition of the medium and the oxygen content in the culture medium. Confocal microscopy reveals three-dimensional images of the dynamics, rates of the cell deposition process and the roughness coefficient of the biofilm surface. Conclusions. Methods for cultivating biofilms in vitro and in vivo without disturbing the natural architectonics of biofilms made it possible to optimize the preparation of samples for research and eliminate the routine stages of colony counting, and significantly increase the number of analyzes. Due to the simplicity of operations and the minimization of manual labor, productivity increases, the safety of work is increased, the cost of personnel working time is reduced, and subjective factors are excluded. For the development of a complex of antiepidemic and diagnostic measures, a priority direction is the disclosure of scientific knowledge in the field of fundamental studies of ecological plasticity and adaptation of potentially pathogenic enterobacteria to parasitism in the warm-blooded organism of birds and mammals. This will allow solving applied problems of controlling the critical points of livestock and food production technology, developing effective chemotherapeutic and disinfecting drugs to reduce cell coaggregation and detect viable uncultured microorganisms.

Keywords: adhesion, microcolonies, matrix, biofilms, coaggregation, dispersion, viability

References

- Javadov, E. D., Kononina, M. D., Terletskiy, V. P., Shchepetkina, S. V., & Novikova, O. B. (2017). Monitoring of antibiotic resistance genes of pathogenic microorganisms isolated from poultry. *Aktual'nye voprosy sel'skohozyajstvennoj biologii* [Topical issues of agricultural biology], 4(6), 24-29.
- Egorov, I. A., Lenkova, T. N., Manukyan, V. A., Egorova, T. A., Nikonov, I. N., Ilyina, L. A., & Laptev, G. Yu. (2019). Substitution of feed antibiotics in diets. Intestinal microbiota and productivity of meat chickens (*Gallus gallus* L.) Against the background of enterosorbent with phyto- and probiotic properties. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2, 280-290.
- Lenchenko, E. M. (2000). *Biologiya i ekologiya iersinij – vzbuditelej pishchevyh toksikoinfekcij* [Biology and ecology of Yersinia - causative agents of food toxicoinfections] [Doctoral Dissertation, Moscow State University of Food Production], Moscow, Russia.
- Lenchenko, E. M. (1996). Morphofunctional properties and population variability of Yersinia affecting farm animals, depending on the temperature factor. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 6, 88-95.
- Lenchenko, E. M., Mansurova, E. A., & Motorygin, A. V. (2014). Characteristics of the toxigenicity of enterobacteria isolated from gastrointestinal diseases of farm animals. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2, 94-104.
- Acevedo-Villanueva, K. Y., Lester, B., Renu, S., Han, Y., Shanmugasundaram, R., Gourapura, R., & Selvaraj, R. (2020). Efficacy of chitosan-based nanoparticle vaccine administered to broiler birds challenged with Salmonella. *PLoS One*, 15 (4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231998>
- Aung, K. T., Khor, W. C., Octavia, S., Ye, A., Leo, J., Chan, P. P., Lim, G., Wong, W. K., Tan, B. Z. Y., Schlundt, J., Dalsgaard, A., Ng L. C., & Lin, Y. N. (2020). Distribution of Salmonella serovars in humans, foods, farm animals and environment, companion and wildlife animals in Singapore. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(16). <https://doi.org/10.3390/ijerph17165774>
- Ball, T., Monte, D., Aidara-Kane, A., Matheu, J., Ru, H., Thakur, S., Ejobi, F., & Fedorka-Cray, P. (2020). International lineages of Salmonella enterica serovars isolated from chicken farms, Wakiso District, Uganda. *PLoS One*, 15(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220484>
- Casanova, L. M., Hill, V. R., & Sobsey, M. D. (2020). Antibiotic-resistant Salmonella in swine wastes and farm surface waters. *Letters of Applied Microbiology*, 71(1), 117-123. <https://doi.org/10.1111/lam.13242>
- Chang, R., Pandey, P., Li, Y., Venkitasamy, C., Chen, Z., Gallardo, R., Weimer, B., Jay-Russell, M., & Weimer, B. (2020). Assessment of gaseous ozone treatment on Salmonella Typhimurium and Escherichia coli O157:H7 reductions in poultry litter. *Waste Management*, 117, 42-47. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.039>
- Collineau, L. Phillips, C., Chapman, B., Agunos, A., Carson, C., Fazil, A., Reid-Smith, R. J., & Smith, A. (2020). A within-flock model of Salmonella Heidelberg transmission in broiler chickens. *Preventive Veterinary Medicine*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104823>
- Crouch, C. F., Nell, T., Reijnders, M., Donkers, T., Pugh, C., Patel, A., Davis, P., Hulten, M. C. W., &

- Vries, S. P. W. (2020). Safety and efficacy of a novel inactivated trivalent *Salmonella enterica* vaccine in chickens. *Vaccine*, 38(43), 6741–6750. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2020.08.033>
- Godínez-Oviedo, A., Tamplin, M. L., Bowma, J. P., & Hernández-Iturriaga, M. (2019). *Salmonella enterica* in Mexico 2000-2017: Epidemiology, Antimicrobial Resistance, and Prevalence in Food. *Foodborne Pathogens and Disease*, 17(2), 98–118. <https://doi.org/10.1089/fpd.2019.2627>
- Guillén, S., Marcén, M., Álvarez, I., Mañas, P., & Cebrián, G. (2020). Stress resistance of emerging poultry-associated *Salmonella* serovars. *International Journal of Food Microbiology*, 15. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108884>
- Hwang, D., Rothrock, M. J., Pang, H., Guo, M., & Mishra, A. (2020). Predicting *Salmonella* prevalence associated with meteorological factors in pastured poultry farms in southeastern United States. *Science of the Total Environment*, 713. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136359>
- Jibril, A. H., Okeke, I. N., Dalsgaard, A., Kudirkiene, E., Akinlabi, O. C., Bello, M. B., & Olsen, J. E. (2020). Prevalence and risk factors of *Salmonella* in commercial poultry farms in Nigeria. *PLoS One*, 15(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238190>
- Kim, J. H., Jung, S. J., Mizan, M. F. R., Park, S. H., & Ha, S. D. (2020). Characterization of *Salmonella* spp.-specific bacteriophages and their biocontrol application in chicken breast meat. *Journal of Food Science*, 85(3), 526–534.
- Kowalska, J. D., Nowak, A., Śliżewska, K., Stańczyk, M., Łukasiak, M., & Dastyk, J. (2020). Anti-salmonella potential of new *Lactobacillus* strains with the application in the poultry industry. *Polish Journal of Microbiology*, 69(1), 5–18. <https://doi.org/10.33073/pjm-2020-001>
- Lebeaux, D., Chauhan, A., Rendueles, O., & Beloin, C. (2013). From in vitro to in vivo Models of Bacterial Biofilm-Related Infections. *Pathogens*, 2(2), 288–356. <https://doi.org/10.3390/pathogens2020288>
- Lenchenko, E., Blumenkrants, D., Sachivkina, N., Shadrova, N., & Ibragimova, A. (2020). Morphological and adhesive properties of *Klebsiella pneumoniae* biofilms. *Veterinary World*, 13(1), 197–200. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.197-200>
- Lenchenko, E., Blumenkrants, D., Vatnikov, Y., Kulikov, E., Khi, V., Sachivkina, N., Gnezdilova, L., Sturov, N., Sakhno, N., Kuznetsov, V., Strizhakov, A., & Mansur T. (2020). Poultry *Salmonella* sensitivity to antibiotics. *Systematic review pharmacy*, 11(2), 170–175. <https://doi.org/10.5530/srp.2020.2.26>
- Lenchenko, E., Lozovoy, D., Strizhakov, A., Vatnikov, Yu., Byakhova, V., Kulikov, E., Sturov, N., Kuznetsov, V., Avdotin, V., & Grishin, V. (2019). Features of formation of *Yersinia enterocolitica* biofilms. *Veterinary World*, 12(1), 136–140. <http://dx.doi.org/10.14202/vetworld.2019.136-140>
- Lenchenko, E. M., Vatnikov, Y. A., Kulikov, E. V., Lozovoy, D. A., Gavrilov, V. A., Gnezdilova, L. A., Zimina, V. N., Kuznetsov, V., L., Annikov, V. V., Medvedev, I. N., Petryaeva, A. V., & Glagaleva, T. I. (2019). Aspects of *Salmonellosis* pathogenesis using chicken models. *Bali Medical Journal*, 8(1), 206–210. <https://doi.org/10.15562/bmj.v8i1.92010>
- Lenchenko, E. M., Vatnikov, Y. A., Sotnikova, E. D., Kulikov, E. V., Gnezdilova, L. A., Seleznev, S. B., Strizhakov, A. A., & Kuznetsov, V. I. (2017). Experimental toxemia of chickens contaminated with *Yersinia enterocolitica* Bacteria. *Asian Journal of Pharmaceutics*, 11(1), 91–96. <http://dx.doi.org/10.22377/ajp.v11i01.1094>
- Li, Q., Ren, J., Xian, H., Yin, C., Yuan, Y., Li, Y., Ji, R., Chu, C., Qiao, Z., & Jiao, X. (2020). rOmpF and OMVs as efficient subunit vaccines against *Salmonella enterica* serovar Enteritidis infections in poultry farms. *Vaccine*, 38(45), 7094–7099. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2020.08.074>
- Li, Y., Yang, X., Zhang, H., Jia, H., Liu, X., Yu, B., Zeng, Y., Zhang, Y., Pei, X., & Yang, D. (2020). Prevalence and antimicrobial susceptibility of *Salmonella* in the commercial eggs in China. *International Journal of Food Microbiology*, 325. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108623>
- Luvsansharav, U. O., Vieira, A., Bennett, S., Huang, J., Healy, J. M., Hoekstra, R. M., Bruce, B. B., & Cole, D. (2020). *Salmonella* Serotypes: A Novel Measure of Association with Foodborne Transmission. *Foodborne Pathogens and Disease*, 17(2), 151–155. <https://doi.org/10.1089/fpd.2019.2641>
- Magdy, O. S., Moussa, M. I., Hussein, H. A., El-Hariri, M. D., Ghareeb, A., Hemeg, H. A., Al-Maary, K. S., Mubarak, A. S., Alwarhi, W. K., Eljakee, J. K., & Kabli, S. A. (2020). Genetic diversity of *Salmonella enterica* recovered from chickens farms and its potential transmission to humans. *Journal of Infection and Public Health*, 13(4), 571–576. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2019.09.007>
- Mendonça, B. S., de Oliveira, W. R., Pereira, R. S., Santos, L. R., Rodrigues, L. B., Dickel, E. L., Daroit, L., & Pilotto, F. (2021). Research Note: The use of ammonia gas for *Salmonella* control in poultry litters. *Poultry Science*, 100(1), 314–318. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.008>
- Parisi, A. A., Phuong, T. L. T., Mather, A. E., Jombart, T., Tuyen, H. T., Lan, N. P. H., Trang, N. H. T., Carrique-Mas, J., Campbell, J. I., Trung, N. V., Glass K., Kirk, M. D., & Baker, S. (2020). The role of animals as a source of antimicrobial resistant nontyphoidal *Salmonella* causing invasive and non-invasive human

- disease in Vietnam. *Infection, Genetics and Evolution*, 85. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2020.104534>
- Qamar, A., Ismail, T., & Akhtar, S. (2020). Prevalence and antibiotic resistance of *Salmonella* spp. in South Punjab-Pakistan. *PLoS One*, 15(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232382>
- Sánchez-Salazar, E., Gudiño, M. E., Sevillano, G., Zurita, J., Guerrero-López, R., Jaramillo, K., & Calero-Cáceres, W. (2020). Antibiotic resistance of *Salmonella* strains from layer poultry farms in central Ecuador. *Journal of Applied Microbiology*, 128(5), 1347–1354. <https://doi.org/10.1111/jam.14562>
- Santos, P. D. M., Widmer, K. W., & Rivera, W. L. (2020). PCR-based detection and serovar identification of *Salmonella* in retail meat collected from wet markets in Metro Manila, Philippines. *PLoS One*, 15(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239457>
- Shimojima, Y., Nishino, Y., Fukui, R., Kuroda, S., Suzuki, J., & Sadamasu, K. (2020). *Salmonella* Serovars Isolated from Retail Meats in Tokyo, Japan and Their Antimicrobial Susceptibility. *Shokuhin Eiseigaku Zasshi*, 61(6), 211–217. <https://doi.org/10.3358/shokueishi.61.211>
- Yang, J., Zhang, Z., Zhou, X., Cui, Y., Shi, C., & Shi, X. (2020). Prevalence and Characterization of Antimicrobial Resistance in *Salmonella enterica* Isolates from Retail Foods in Shanghai, China. *Foodborne Pathogens and Disease*, 17(1), 35–43. <https://doi.org/10.1089/fpd.2019.2671>
- Xiaofan, J., & Ingmar, H. R. (2020). Biofilm Lithography enables high-resolution cell patterning via optogenetic adhesin expression. *National Academy of Sciences*, 14(115), 3698–3703. <https://doi.org/10.1073/pnas.1720676115>

Study on Microbiological Quality of Vender Chicken Livers in Jalalabad City

Sayed Mohammad Weqar¹, Damier I. Udaliyev², Ahmad Farid Rawan¹, Ahmad Aziz Kankar¹

¹ *Veterinary Science Faculty of Nangarhar University, Jalalabad, Afghanistan*

² *Moscow State University of Food Production*

Correspondence concerning this article should be addressed to Udaliyev Damier I., Moscow State University of Food Production,, e-mail: udaliyevDI@mgupp.ru

Liver is chemically complex matrixes contain sufficient nutrients that support microbial growth. Microbial contamination of vending chicken livers could occur due to different possible reasons such as storing foods in cheap utensils, holding foods at a temperature that would permit bacterial growth, utilization of water of questionable hygienic quality, using packing materials that were not of food-grade quality, vending site that has no facilities for waste disposal and utilization of unclean utensils. In addition, street chicken livers vendors are unaware of the basic importance of personal cleanliness, thus their products are usually vulnerable to gross contamination by flies, insects, rodents, dust and other dirt. Vending chicken livers are often poor and uneducated and lack appreciation for safe food handling. Aim of the study is to determine microbiological quality of chicken livers in Jalalabad city. A total of 24 samples of vender chicken livers from 4 different shops had purchased from Jalalabad city Afghanistan. This step occurred earlier than the chilling period then Transfer Directly to the Microbiological laboratory of Veterinary Science faculty of Nangarhar University for Microbial culture and microscopic examination. According to our study we have seen 6 (25%) samples positive for Salmonella and 24(100%) samples positive for Shigella. Studies made in Nangarhar pointed out that the important aspect of vending chicken livers is their safety and understanding the possible ways of contamination. The sanitary condition need to be improved. The government must develop microbiological standards of fast food and urgently put them in practice.

Key words: contamination, Salmonella, Shigella, food borne illness, hygiene

Introduction

The liver is the most important organ involved in metabolic processes and is considered to be one of the most eloquent witnesses of any disturbance in the body (Doneley, 2004). Liver is chemically complex matrixes contain sufficient nutrients that support microbial growth. Water availability, pH, and temperature in meat may encourage, prevent, or limit the growth of microorganisms (Easa, 2010). The liver is a vital organ which had a high percentage of unsaturated fatty acids, proteins, vitamins and minerals could be used for human consumption as food; this organ is eaten partially or wholly cooked (Adams and Moss, 1999; Wiesenfeld et al., 2005). Edible by-products constitute about 20-30% of live weight of the animal (Umaraw et al., 2015). Edible offal such as lungs, liver, kidneys and heart, contain various nutritional components as high in vitamin content, high quality protein and energy to human beings. For example, livers are high in vitamin A, iron, zinc, vitamin B, vitamin C, vitamin D, copper and fatty acids. Hearts contain large amounts of iron,

selenium, zinc, phosphorous, niacin and riboflavin, but they are very low in sodium. So offal particularly, liver is consumed in large number of dishes or as common ingredients in many foods in many countries (Little et al., 2008). Meat and edible offal have long been considered as highly desirable, nutritious and protein-rich food, but at the same time unfortunately, they are also highly perishable because they provide the nutrients needed to support the growth of many types of microorganisms. Due to their unique biological and chemical nature, their quality attributes deteriorate from the time of slaughter until consumption (Kalalou et al., 2004). Liver is highly spoilage dietary material contains many non-pathogenic or pathogenic pollution if it stored in bad circumstance (Molla and Mesfin, 2003; Molla et al., 2003). There is combination between the incidence of food-borne outbreaks and consumption of the poultry meat (Lunden et al., 2003; Prakash et al., 2005). Food-borne diseases are primary public health problem conduct to increase morbidity and mortality worldwide (Thanigaivel and Anandhan, 2015). Liver could be contaminated during the slaughter of animals

with many microorganisms like *shigella*, *staphylococcus* and *E.coli* (Thanigaivel and Anandhan, 2015). The wide occurring outbreaks of *Staphylococcal* and *Bacillus cereus* food poisoning may be due to inclusive handled and insalubrious cooked meat products (Zakki et al., 2017). In most of the countries, poultry and poultry products are better foods to be correlated with the diseases (Zakki et al., 2017).

Contamination of food is one of the most serious issues that the food industries of Afghanistan are facing today, which not only causes major economic losses for the processing industry, but also a major health risk for the consumers. Chicken liver is a good media for microbial growth due to high nutrient value. The microbiological quality of food during retail marking mainly depends upon the post production handling of the product, in addition to the efficiency and sanitary condition during preparing, handling, processing and storage. Contamination of food by pathogenic micro-organisms at some processing steps resulted in several disease outbreaks in numerous countries of Asia, Europe and America.

The eastern zone of Afghanistan has a long border with Pakistan. Due to the long border, liver of the various poultry imported here in various legal and illegal ways is oft low quality. Imports low quality livers and vending chicken livers are the causing Agents of food borne illness. According to these, our people have health problems and lose their money, which is the major factor of bad economic situation. For this purpose, we have to examine the quality of those vending chicken livers, which are purchased here in Jalalabad city. Vending chicken livers are not safe from insects, dirt, sewages, handling and pollutions, because storage and sales facilities do not meet hygienic standards. The aim of the study is to determine microbiological quality of chicken livers in Nangarhar.

Material and Methods

Participants of this work are Mai Aslam plaza, Angoor bagh, Talashi chaok and Pukhtunistan vender liver shopkeepers.

Study area and sample collection

A total of 24 samples of vender chicken livers from 4 different shops have been purchased from my work place Jalalabad city. Shops were mainly on the same street, one lower mid-level, one higher mid-level and one higher level. The samples were taken and kept in sterile plastic bags until the analysis.

Media

Different types of media (MacConkey agar and SS agar) were used in this study.

MacConkey agar

MacConkey agar is used as a selective and differential culture medium for bacteria. It is designed to selectively isolate Gram-negative and enteric (normally found in the intestinal tract) bacilli and differentiate their base on lactose fermentation. It contains crystal violet and bile salts, those inhibit the growth of gram-positive organisms and allowed for the selection and isolation of gram-negative bacteria.

SS agar

SS agar is selective Media for Salmonella and Shigella.

Sample collection

Samples were collected from four places of Jalalabad city and immediately put into sterile tip bag to avoid any type of outer contamination. If it had not been done immediately, samples should have been kept in the refrigerator until laboratory examination.

Sampling

The samples were serially diluting up to six times in saline solution and each of the test tubes was labeled properly. All the agar plates were also labelled properly and only the dilution from 10⁻³-10⁻⁶ are spread in all of the media, which were MacConkey agar and SS Agar for salmonella and Shigella. Then we presented these carriers and a sample of dilution on the plates for the microbial culture. After plating, all the plates were kept in incubator for 24-48 hours for growth.

Result

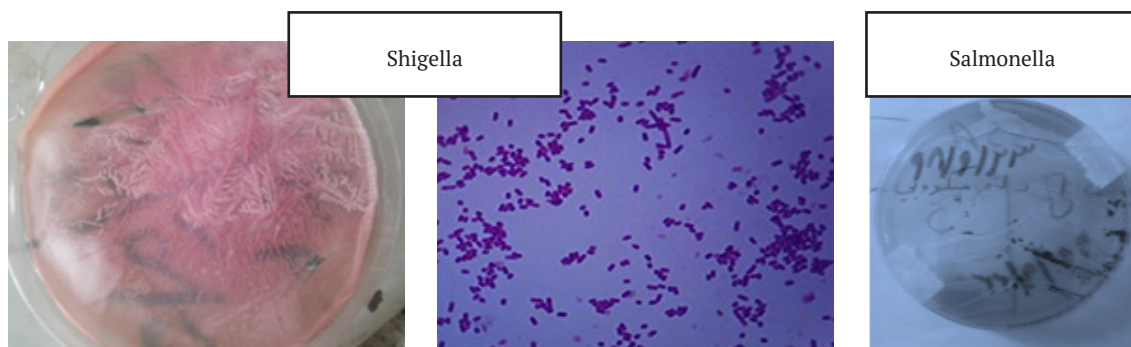
Many Vender chicken livers are perishable by nature and require protection from spoilage during their preparation, storage and distribution in order to provide them with the desired shelf life. According to our study we have seen Salmonella in 6 (25%) samples and shigella in 24(100%) samples.

Discussion

Microorganisms cause nutritional and sensory deterioration of meat products, leading to loss of

Table 1
Shows the Salmonella and Shigella detection percentages

Result of chicken gizzards samples of Angoorbagh for the diagnosis of Salmonella and shegilla			
Samples	salmonella +	shigella +	Negative
6 samples	1	6	5 for salmonella
Percentages %	16,6%	100%	83.4%
Result of chicken gizzards samples of paktoonistan wat for the diagnosis of Salmonella and shegilla			
Samples	salmonella	shegilla	Negative
6 samples	1	6	5 for salmonella
Percentages %	16,6%	100%	0
Result of chicken gizzards sample of khewa hada for the diagnosis of Salmonella and shegilla			
Samples	salmonella	shegilla	Negative
6 samples	3	6	3 for salmonella
Percentage	50%	100%	0
Result of chicken gizzards sample of mia aslam plaza for the diagnosis of Salmonella and shegilla			
Samples	Salmonella	Shegilla	Negative
6 samples	1	6	5 for salmonella
Percentages	16,6%	100%	0
Total result for gizzard contamination			
Samples	Salmonella	Shegilla	Negative
24 samples	6	24	18for salmonella
	25%	100%	75%for salmonella



quality and shelf life limiting. Microorganisms can also be responsible for human illness. Food-borne pathogens are the leading cause of illness and death in developing countries costing billions of dollars in medical care and medical and social costs (Fratamico et al., 2005). Poultry and poultry products are frequently contaminated with Salmonellae and Shigella that can be transmitted to humans through the handling of raw poultry carcasses and products, or through consumption of undercooked poultry meat (Bailey and Cosby, 2003; Kimura et al, 2004). A study done by Bonyadian et al. in 2006 (Bonyadian et al., 2006), the percentage of Salmonellae-positive

chickens was 34.45% and percentage of the Shigella positive was 55% at the end of the slaughtering process, but the present result of Salmonella is lower and the Shigella is higher than the previous ones. A study in poultry slaughterhouse of Shiraz showed that contamination of external and internal surfaces and liver of carcasses with Salmonellae were 0.4% respectively. Also, this study showed that 8.4% of carcasses were contaminated on one or more sites with Shigella (Nazer et al, 1998) but the present study result is much higher from them. However, some studies on chicken carcasses from retail shops have been shown that 19% of chickens were contaminated

with *Salmonellae* in Ahvaz (Saidii *asl*, 1994) but the present study result is less high than the one from the Saidii's study. Nonetheless, a lower (8.5%) incidence of the *Shigella* organism was reported in Shahrekord (Kuhian, 1999) but the present study result is much higher than the one from the Kuhian's study. Contamination of raw chicken has also been reported from the other countries. It depends on the regional variations. For example, the salmonella rate contamination was 60% and shigilla was 33% in Portugal (Antunes *et al.*, 2003), 13.8% of salmonella and 23% of shigella in Switzerland (Baumgartner *et al.*, 1992) and 23.7% of salmonella and 12.5% of shigilla in Poland (Mikolajczyk and Radkowski, 2002). But according to our study we have seen salmonella in 25% and shigella in 100% samples.

Conclusion

We are resulting that salmonella and shigella infect chicken livers in vender. Finally, people should become more aware of having livers from outside. People selling and preparing the chicken meat and livers should also become more alert. Food safety rules and implementation of food regulatory laws in food preparation, serving and preservation should be strongly maintained to avoid contamination problems and food-borne diseases.

References

- Adams, M. R., Moss, M. O. (1999). *Food microbiology*. Thomas Graham house.
- Antunes, P., Reu, C., Sousa, J. C., Peixe, L. & Pestana, N. (2003). Incidence of *Salmonellae* from poultry and their susceptibility to antimicrobial agents. *International Journal of Food Microbiology*, 82, 97-103.
- Baumgartner, A., Heimann, P., & Schmid, H. (1992). *Salmonellae* contamination of poultry carcasses and human salmonellosis. *Archiv für Lebensmittelhygiene*, 43, 123-124.
- Bonyadian, M., Ale Agha, S., & Motahari fard, A. (2006). Isolation and identification of *Salmonellae* from chicken carcasses in processing plants in Yazd province, central Iran. *Journal of Veterinary Research*, 8(3), 20.
- Doneley, B. (2004). Treating liver disease in the avian patient. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 13, 8-15.
- Easa, S. M. H. (2010). The microbial quality of fast food and traditional fast food. *Nature and Science*, 8(10), 117-133.
- Fratamico, P.M., Bhunia, A.K., & Smith, J.L. (2005). *Foodborne pathogens in microbiology and molecular biology*. Caister Academic Press.
- Kalalou, I., Faid, M., & Ahami, A. T. (2004). Extending the shelf life of fresh minced camel meat at ambient temperature by *Lactobacillus delbruekii* subsp. *delbruekii*. *Electronic Journal of Biotechnology*, 7, 246-251.
- Kuhian, K. (1999). *Salmonellae on chicken carcasses in Shahrekord slaughterhouse* [Doctoral Thesis, Islamic Azad University of Shahrekord]. Shahrekord, Iran.
- Little, C. L., Richardson, J. F., Owen, R. J., de Pinna, E., & Threlfall, E. J. (2008). *Campylobacter* and *Salmonella* in raw red meats in the United Kingdom: prevalence, characterization and antimicrobial resistance pattern, 2003-2005. *International Journal of Food Microbiology*, 25(3), 538-543.
- Lunden, J. M., Autio, T.J., Sjoberg, A.M., & Korkeala, H. J. (2003). Persistent and non-persistent *Listeria monocytogenes* contamination in meat and poultry processing plants. *Journal of Food Protection*, 66, 2062-2069. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-66.11.2062>
- Molla, B., & Mesfin, A. (2003). A survey of *Salmonella* contamination in chicken carcass and giblets in Central Ethiopia. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 154(4), 267-270.
- Mikolajczyk, A. & Radkowski, M. (2002). *Salmonellae* on chicken carcasses in processing plants in Poland. *Journal of Food Protection*, 65, 1475-1479.
- Nazer, A. H. K., Firuzy, R. & Ebrahimi Motlagh, K. (1998). Isolation and identification of *Salmonellae* serotypes from broilers slaughter in Shiraz slaughterhouses. *Pajouhesh-vaSazandegi*, 39, 98-100.
- Prakash, B., Krishnappa, G., Muniyappa, L., & Kumar B. S. (2005). Epidemiological characterization of avian *Salmonella enterica* serovar infections in India. *International Journal of Poultry Science*, 4(6), 388-395. <https://doi.org/10.3923/ijps.2005.388.395>
- Saidii *asl*, M. R. (1994). *Prevalence of Salmonellae on chicken carcasses in Ahvaz slaughterhouse*. [Doctoral Thesis, University of Ahvaz]. Ahvaz, Iran.
- Thanigaivel, G., & Anandhan, A. S. (2015). Isolation and characterization of microorganisms from raw meat obtained from different market places in and around Chennai. *Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences*, 3(2), 295-301.
- Umaraw, P., Pathak, V., Rajkumar, V., Verma, A. K., Singh, V. P., & Verma, A. K. (2015). Microbial quality, instrumental texture and colour profile evaluation of edible byproducts obtained from Barbari goats. *Veterinary World*, 8(1), 97-102. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2015.97-102>

- Wiesenfeld, P. L., Babu, U. S., Raybourn, R. B., Gaines, D., Donnell, M. O., & Myers, M. J. (2005). Effect of dietary fish-meal on chicken serum, liver and spleen fatty acid metabolism. *International Journal of Poultry Science*, 4(10), 728-733. <https://doi.org/10.3923/ijps.2005.728.733>
- Zakki, S. A., Qureshi, R., Hussain, A., Ghias, W., Sharif, M., & Ansari, F. (2017). Microbial quality evaluation and prevalence of bacteria and fungus in different varieties of chicken meat in Lahore. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 5(1), 30-37.

Исследование микробиологического качества куриной печени, продаваемой в Джалал-Абаде

Викар Саид Мохаммад¹, Удавлиев Дамир Исмаилович²,
Раван Ахмад Фарид¹, Канкар Ахмад Азиз¹

¹ *Veterinary Science Faculty of Nangarhar University, Jalalabad, Afghanistan*

² *Московский государственный университет пищевых производств*

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Удавлиеву Дамиру Исмаиловичу, Московский государственный университет пищевых производств, e-mail: UdaliyevDI@mgupp.ru

Печень представляет собой химически сложные матрицы, содержащие достаточно питательных веществ, поддерживающих рост микробов. Микробное заражение куриной печени в торговых автоматах могло произойти из-за различных возможных причин, таких как хранение продуктов в дешевой посуде, хранение продуктов при температуре, допускающей рост бактерий, использование воды сомнительного гигиенического качества, использование упаковочных материалов, не предназначенных для пищевых продуктов. Качественный торговый центр, на котором нет оборудования для вывоза мусора и использования нечистой посуды. Кроме того, уличные торговцы куриной печенью не осознают первостепенной важности личной гигиены, поэтому их продукция обычно уязвима для серьезного заражения мухами, насекомыми, грызунами, пылью и другой грязью. Цель исследования - определить микробиологическое качество куриной печени в Нангархаре. Всего в Джалал-Абаде было закуплено 24 образца куриной печени от продавца из 4 различных магазинов. Этот этап произошел до периода охлаждения, а затем был передан непосредственно в микробиологическую лабораторию ветеринарного факультета Университета Нангархара для микроскопических исследований. Также указано, что куриная печень, продаваемая по продаже, часто бывает бедной и необразованной, а также не ценят безопасное обращение с пищевыми продуктами. Согласно нашему исследованию, мы видели сальмонеллу в 6 (25%) положительных пробах и шигеллу в 24 (100%) положительных пробах. Исследования, проведенные в Нангархаре, показали, что важным аспектом при продаже куриной печени является ее безопасность и понимание возможных путей заражения. Санитарное состояние требует улучшения. Государство должно разработать микробиологические стандарты фастфуда и срочно внедрить их на практике.

Ключевые слова: заражение, сальмонелла, шигелла, пищевые заболевания, гигиена

Список литературы

- Adams, M. R., Moss, M. O. (1999). *Food microbiology*. Thomas Graham house.
- Antunes, P., Reu, C., Sousa, J. C., Peixe, L. & Pestana, N. (2003). Incidence of Salmonellae from poultry and their susceptibility to antimicrobial agents. *International Journal of Food Microbiology*, 82, 97-103.
- Baumgartner, A., Heimann, P., & Schmid, H. (1992). Salmonellae contamination of poultry carcasses and human salmonellosis. *Archiv für Lebensmittelhygiene*, 43, 123-124.
- Bonyadian, M., Ale Agha, S., & Motahari fard, A. (2006). Isolation and identification of Salmonellae from chicken carcasses in processing plants in Yazd province, central Iran. *Journal of Veterinary Research*, 8(3), 20.
- Doneley, B. (2004). Treating liver disease in the avian patient. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 13, 8-15.
- Easa, S. M. H. (2010). The microbial quality of fast food and traditional fast food. *Nature and Science*, 8(10), 117-133.
- Fratamico, P.M., Bhunia, A.K., & Smith, J.L. (2005). *Foodborne pathogens in microbiology and molecular biology*. Caister Academic Press.
- Kalalou, I., Faïd, M., & Ahami, A. T. (2004). Extending the shelf life of fresh minced camel meat at ambient temperature by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *delbrueckii*. *Electronic Journal of Biotechnology*, 7, 246-251.

- Kuhian, K. (1999). *Salmonellae on chicken carcasses in Shahrekord slaughterhouse* [Doctoral Thesis, Islamic Azad University of Shahrekord]. Shahrekord, Iran.
- Little, C. L., Richardson, J. F., Owen, R. J., de Pinna, E., & Threlfall, E. J. (2008). Campylobacter and Salmonella in raw red meats in the United Kingdom: prevalence, characterization and antimicrobial resistance pattern, 2003-2005. *International Journal of Food Microbiology*, 25(3), 538-543.
- Lunden, J. M., Autio, T. J., Sjöberg, A. M., & Korkeala, H. J. (2003). Persistent and non-persistent *Listeria monocytogenes* contamination in meat and poultry processing plants. *Journal of Food Protection*, 66, 2062-2069. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-66.11.2062>
- Molla, B., & Mesfin, A. (2003). A survey of *Salmonella* contamination in chicken carcass and giblets in Central Ethiopia. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 154(4), 267-270.
- Mikolajczyk, A. & Radkowski, M. (2002). Salmonellae on chicken carcasses in processing plants in Poland. *Journal of Food Protection*, 65, 1475-1479.
- Nazer, A. H. K., Firuzy, R. & Ebrahimi Motlagh, K. (1998). Isolation and identification of Salmonellae serotypes from broilers slaughter in Shiraz slaughterhouses. *Pajouhesh-vaSazandegi*, 39, 98-100.
- Prakash, B., Krishnappa, G., Muniyappa, L., & Kumar B. S. (2005). Epidemiological characterization of avian *Salmonella enterica* serovar infections in India. *International Journal of Poultry Science*, 4(6), 388-395. <https://doi.org/10.3923/ijps.2005.388.395>
- Saidi asl, M. R. (1994). *Prevalence of Salmonellae on chicken carcasses in Ahvaz slaughterhouse*. [Doctoral Thesis, University of Ahvaz]. Ahvaz, Iran.
- Thanigaivel, G., & Anandhan, A. S. (2015). Isolation and characterization of microorganisms from raw meat obtained from different market places in and around Chennai. *Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences*, 3(2), 295-301.
- Umaraw, P., Pathak, V., Rajkumar, V., Verma, A. K., Singh, V. P., & Verma, A. K. (2015). Microbial quality, instrumental texture and colour profile evaluation of edible byproducts obtained from Barbari goats. *Veterinary World*, 8(1), 97-102. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2015.97-102>
- Wiesenfeld, P. L., Babu, U. S., Raybourn, R. B., Gaines, D., Donnell, M. O., & Myers, M. J. (2005). Effect of dietary fish-meal on chicken serum, liver and spleen fatty acid metabolism. *International Journal of Poultry Science*, 4(10), 728-733. <https://doi.org/10.3923/ijps.2005.728.733>
- Zakki, S. A., Qureshi, R., Hussain, A., Ghias, W., Sharif, M., & Ansari, F. (2017). Microbial quality evaluation and prevalence of bacteria and fungus in different varieties of chicken meat in Lahore. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 5(1), 30-37.

Разработка низколактозного творожного продукта с папайей

Тихомирова Наталья Александровна¹, Нгуен Тьау Бао¹

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Нгуен Бао Тьау, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», Институт прикладной биотехнологии имени академика РАН И.А. Рогова, адрес: 109029, Москва, Талалихина, дом 33, e-mail: baochau249@gmail.com

В наши дни низколактозные (НЛ) и безлактозные (БЛ) молочные продукты имеют широкую привлекательность для здоровья населения во всем мире. Для получения НЛ и БЛ творожных продуктов изучен современный рынок НЛ и БЛ продуктов, на основе анализа которого обоснован состав сырья и методы получения НЛ творожного продукта на примере НЛ творожной пасты с пюре из папайи. Изучен процесс гидролиза лактозы и определены оптимальные режимы ее гидролиза. Разработка НЛ творожных продуктов с папайей поможет снизить дефицит витамина А, белково-энергетическую недостаточность (БЭН) у населения во Вьетнаме. Новый продукт расширит ассортимент функциональных продуктов, увеличит потребление кисломолочных продуктов среди населения всех возрастов, обеспечит организм многими важными нутриентами, и укрепит иммунную систему.

Ключевые слова: непереносимость лактозы, лактаза, низколактозные молочные продукты, папайя.

Введение

В настоящее время особый интерес вызывают продукты лечебного и функционального назначения, к числу которых относятся низколактозные (НЛ) и безлактозные (БЛ) продукты. Эти продукты показаны людям, которые по генетическим причинам или в результате перенесенных заболеваний не переваривают молочный сахар, а поэтому не могут употреблять молоко.

Цель работы – с учетом культурных, этнических и пищевых традиций Вьетнама обосновать состав и разработать технологию производства НЛ продукта из вьетнамского сырья для восполнения БЭН, а также недостатка витамина А.

С непереносимостью лактозы встречаются как дети, так и взрослое население. При этом отмечается с возрастом снижение пищеварительных ферментов, в том числе и фермента лактазы (β -галактозидазы). Непереносимость лактозы встречается у разных этнических групп населения, но неодинаково. Чаше непереносимость лактозы встречается у населения Юго-Восточной Азии и

Африки, а у европейских народов – это редкое заболевание (Карасева, 2017). Современный рынок функциональных продуктов питания, в том числе НЛ и БЛ расширяется в ассортименте и увеличивается в сегменте продаж. Для уменьшения количества лактозы в молоке обычно применяют различные промышленные способы и биотехнологические приемы: ферментативный гидролиз лактозы; баромембранные методы; биоконверсия лактозы молочнокислыми бактериями (ферментация); получение НЛ и БЛ молочных составных продуктов путем смешивания различных микро- и макрокомпонентов с молочным белком, выделенным ультрафильтрацией и/или диалфильтрацией молока (Калинина, 2015). Наиболее распространенный метод снижения количества лактозы в промышленности – это гидролиз лактозы ферментом лактазой (β -галактозидазой). В промышленности наиболее часто применяются ферменты лактазы, получены из плесеней рода *Aspergillus* или дрожжей рода *Kluyveromyces*. Выбор источника β -галактозидазы обычно зависит от условий процесса гидролиза. Связи с этим, актуальной задачей молочной промышленности является изучение и исследование процесса гидролиза лактозы.

Мировой рынок НЛ и БЛ молочных продуктов к 2027 г. согласно отчету Valley Cottage, Future Market Insights достигнет 17,8 млрд долл. США. Азиатско-Тихоокеанский регион, вероятно, будет самым быстрорастущим рынком НЛ и БЛ продуктов в течение прогнозируемого периода. Это связано со значительным экономическим ростом в региональных странах, быстрой урбанизацией, повышенным спросом на качественные и здоровые продукты, растущей вестернизацией рациона потребителей (Тихомирова, 2020). В связи с этим на кафедре «Технологии и биотехнологии продуктов питания животного происхождения» ФГБОУ ВО «МГУПП» проводится исследование по получению НЛ творожной пасты с пюре из папайей для вьетнамцев.

Во Вьетнаме исторически сложилось низкое потребление молока сельскохозяйственных животных, что привело к непереносимости лактозы у населения по всей стране. При нехватке полноценного животного белка в рационе людей большое значение имеют молоко и молочные продукты (Тихомирова, 2020). Поэтому актуальной социально-экономической задачей для промышленности Вьетнама является разработка НЛ творожной пасты с распространенной сельскохозяйственной культурой - с папайей.

В качестве растительного наполнителя в НЛ творожном продукте обосновано использование папайи (лат. *Carica papaya*) - широко распространенный фрукт во всех регионах Вьетнама. Пищевая ценность папайи очень высока. Плоды папайи богаты витамином А, витамином С, содержат тиамин, рибофлавин, холин, пантотеновую кислоту, токоферол. Благодаря высокому количеству витамина А и витамина С папайя обладает антиоксидантным действием, за счет чего повышает сопротивляемость организма (Rajasekhar, 2017).

В последние полвека вьетнамская молочная промышленность активно развивалась и производила питьевое молоко, йогурт, плавленые сыры, и стуженное молоко (Тихомирова, 2020). В настоящее время молочная промышленность Вьетнама активно развивается и готова к выпуску низколактозных молочных продуктов.

Методика исследования

Исследования проводились на кафедре технологии и биотехнологии продуктов питания животного происхождения ФГБОУ ВО Московского государственного университета пищевых производств. Объектами исследования служили

коммерческие препараты фермента лактозы и заквасочных культур для творога; пюре папайи; образцы полуфабрикатов и готовой творожной пасты. Количество лактозы определяли рефрактометрическим методом с помощью рефрактометра RL-1, степень гидролиза – расчетным путем (Короткова, 2017). Результаты экспериментальных исследований статистически обработаны.

Пищевую ценность НЛ творожной пасты с пюре папайи определяли по интегральному скору.

Для ферментативного гидролиза лактозы в творожной пасте проведен скрининг коммерческих препаратов β -галактозидазы. Отобран фермент «Maxilact-2000» дрожжей происхождения (*K. lactis*). Для определения оптимальных режимов процесса гидролиза лактозы, в молоко вносили от 0,04 до 0,20% от массы сырья ферментного препарата с шагом 0,04%.

Исследования проводили в два этапа. На первом этапе исследована зависимость концентрации ферментов (%) и температуры гидролиза (°C) на степень гидролиза лактозы при интервале варьирования температур от 10 до 50°C, и продолжительности процесса 4 ч. На втором этапе изучена зависимость концентрации ферментов (%) и продолжительности гидролиза (ч) на степень гидролиза лактозы при интервале варьирования продолжительности процесса гидролиза от 2 до 10 ч, при температуре 40°C.

Результаты и их обсуждение

В результате исследования определены оптимальные режимы процесса гидролиза лактозы для получения НЛ творожной пасты: температура 37 ± 2 °C, время процесса гидролиза – $4 \pm 0,5$ ч, рациональные количества препарата – $0,16 \pm 0,02$ % (Рис. 1, 2).

Анализируя результаты исследований констатируем, что с возрастанием температуры с 10°C до 40°C, степень гидролиза лактозы повышает, и при достижении 50°C начинается снижение, что может быть объяснено термолабильностью фермента. Увеличение концентрации вносимых ферментов приводит к ускорению гидролиза лактозы (Бессонова и соавт., 2011; Калинина и соавт., 2014; Гаврилова и соавт., 2011).

В соответствии с представленным графиком наблюдается повышение степени гидролиза лактозы

Рисунок 1

Влияние температуры гидролиза и количества фермента на степень гидролиза лактозы

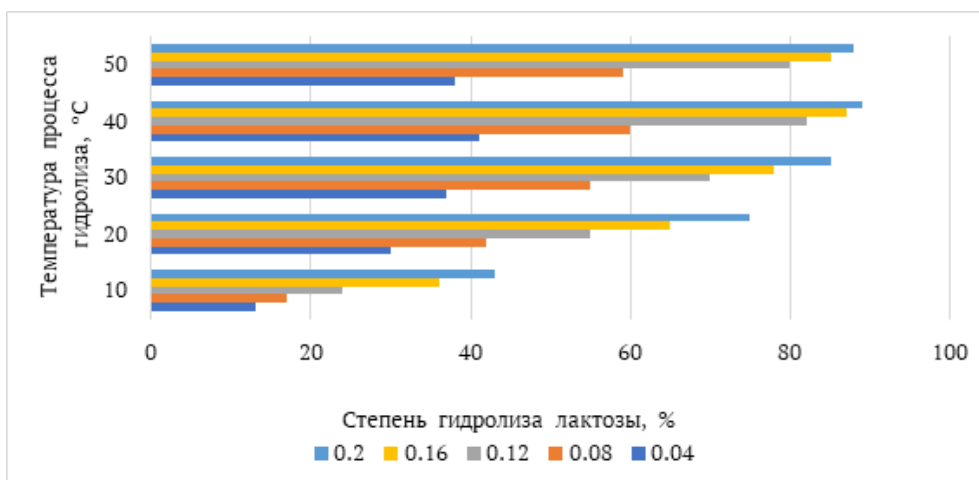
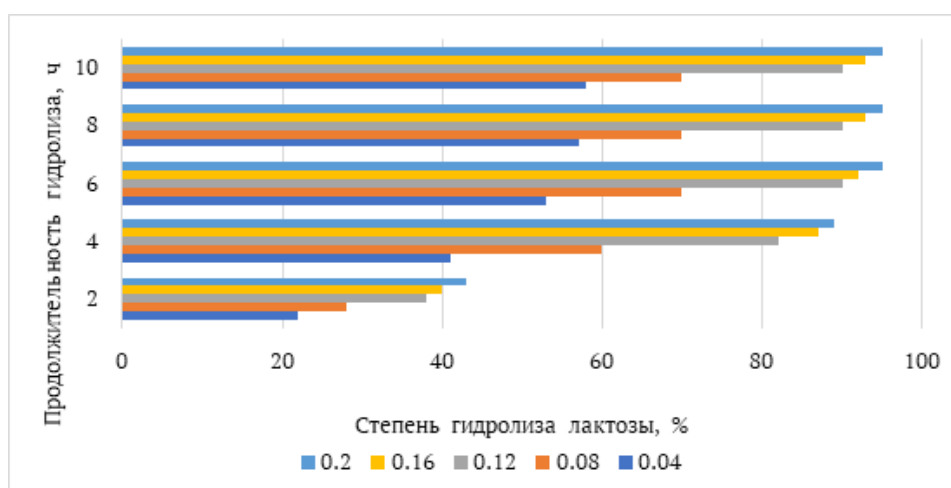


Рисунок 2

Влияние времени гидролиза и количества фермента на степень гидролиза лактозы



пропорционально количеству вносимых ферментных препаратов (Короткова и соавт., 2017).

Разработана рецептура НЛ творожного продукта с добавлением 9% пюре из папайи. В соответствии с разработанной технологической схемой НЛ творожная паста получается из творога, полученного традиционным методом с введением пастеризованного пюре папайи, охлаждением и упаковкой в потребительскую тару.

Питательный состав НЛ творожной пасты с пюре папайи представлена на рис. 3.

Анализ фактического рациона питания людей разных возрастов во Вьетнаме позволил определить интегральный показатель суточной нормы в НЛ

творожной пасты с пюре папайи для удовлетворения 30 % суточной нормы основных питательных веществ. Рекомендуемая суточная потребность НЛ творожной пасты с пюре папайи для детей составила 225 ± 25 г; подростков – 375 ± 25 г; пожилых людей – 375 ± 25 г (Рис. 4).

Сравнивая степень удовлетворения ежедневной нормы употребления рекомендуемых ВОЗ основных нутриентов, т. е. интегральные скоры, можно сделать вывод о том, что разработанная НЛ творожная паста с пюре папайи богата белками, витаминами и минеральными веществами. Она удовлетворяет 33 % суточной нормы белков, 15 % – жиров, 29 % – витамина С, более 23 % – витамина В2, около 18 % – витамина РР, более 40 % ежедневной нормы кальция, что очень актуально для населения во Вьетнаме.

Рисунок 3

Пищевая ценность НЛ творожной пасты с пюре папайи

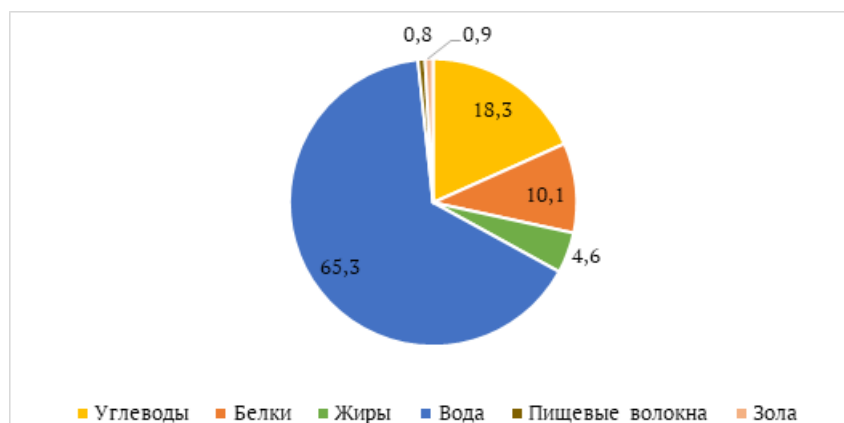
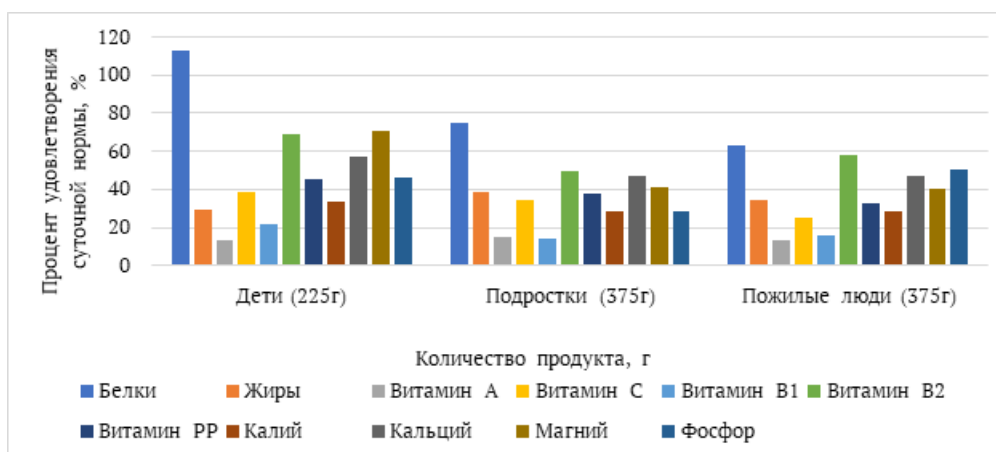


Рисунок 4

Степень удовлетворения суточной нормы основных питательных веществ при употреблении НЛ творожной пасты с пюре папайи детерминированными группами потребителей Вьетнама (детьми; подростками; пожилыми людьми)



Выводы

Разработанная рецептура и способ получения НЛ творожной пасты с пюре папайи позволят обеспечить вьетнамское население, страдающего от непереносимости лактозы, необходимыми нутриентами, присутствующими в молочных продуктах, нивелировать проблему БЭН, дефицита витамина А, а также увеличить количества и качества существующей линейки продуктов питания животного происхождения и расширить промышленные объемы молочных продуктов во Вьетнаме.

Список литературы

Альхамова, Г. К. (2011). Перспективы развития рынка творожных продуктов с функциональ-

ными свойствами. *Современные проблемы науки и образования*, 5, 60.

Бессонова, О. В., & Рябкова, Д. С. (2011). Исследование гидролиза лактозы в молоке с использованием фермента «Maxilact». *Технические науки*, 1, 90-93.

Гаврилова, Н. Б., & Рябкова, Д. С. (2011). Исследование процесса гидролиза лактозы обезжиренного молока-сырья для производства сырного продукта. *Техника и технология пищевых производств*, 4, 11-13.

Кадиева, Т. А., Маргиева, Ф. Т., Ваниева, Б. Б., & Кокоева, Ал. Т. (2017). Подбор растительного компонента для кисломолочной пасты с пробиотическими свойствами. В *Достижения науки - Сельскому хозяйству*, 1, (с. 226-229).

Какимов, А. К., Какимова, Ж. Х., Байбалинова, Г. М., Миращева, Г. О., & Аманжолов, С. А. (2014). Изучение и подбор растительного компонента

- для кисломолочной пасты с пробиотическими свойствами. В *Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В.М. Горбатова*, (с. 114-116).
- Калинина, Е. Д., Гаврилов, А. В., & Филонов, Р. А. (2015). Исследование влияния массовой доли β -галактозидазы и продолжительности процесса на гидролиз лактозы молока. *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*, 2 (165), 98-103.
- Калинина, Е. Д., & Коваленко, А. В. (2014). Исследование и установление технологических параметров проведения гидролиза лактозы молока. *Технологии и оборудование пищевых производств*, 67, 26-31.
- Карасева, А. В., Куликова, И. К., Анисимов, Г. С., & Слюсарев, Г. В. (2017). Сравнение свойств промышленных β -галактозидаз для гидролиза лактозы в молочном сырье. *Вестник Северо-Кавказского федерального университета*, 3(60), 17-23.
- Короткова, А. А., Горлов, И. Ф., Анцыперова, М. А., & Сложенкина, М. И. (2017). Возможности использования *Aspergillus oryzae* для получения низколактозного молока. *Синергия наук*, 16, 548-554.
- Сысоева, М. Г., Глотова, И. А., Калашникова, С. В., & Борзунова, Н. В. (2013). Разработка творожных продуктов на основе козьего молока с растительными компонентами. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*, 2(3), 19-21.
- Тихомирова, Н. А., & Нгуен, Б. Т. (2020). Низколактозные кисломолочные продукты. *Переработка молока*, 10, 10-12.
- Тихомирова, Н. А., Волокитина, З. В., & Нгуен, Б. Т. (2020). Низколактозный кисломолочный продукт с растительными компонентами. *Молочная промышленность*, 6, 35-37.
- Тихомирова, Н. А. (2016). Производство низколактозных и безлактозных молочных продуктов для детского и лечебного питания. *Переработка молока*, 3, 7-12.
- Тихомирова, Н. А. (2012). *Технология продуктов детского питания*. ДеЛи плюс.
- Тихомирова, Н. А., & Нгуен, Б. Т. (2020). Характеристика ферментных препаратов для низколактозных продуктов. В *Перспективные направления развития пищевой промышленности и сельского хозяйства*, (с. 159-160).
- Фефилова, Г. А., & Харина, М. В. (2019). Исследование ферментативного гидролиза лактозы молока. *Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании*, 144-147.
- Щетинин, М. П., Кольтюгина, О. В., & Лоскутова, Г. А. (2010). Творожные продукты с облепихой. *Молочная промышленность*, 10, 68.
- Щетинин, М. П., Кольтюгина, О. В., & Косынкина, А. А. (2011). Творожный продукт с ягодными компонентами. *Молочная промышленность*, 10, 59.
- Bosso, A., Morioka, L. R. I., Santos, L. F., & Suguimoto, H. H. (2016). Lactose hydrolysis potential and thermal stability of commercial β -galactosidase in UHT and skimmed milk. *Food Science and Technology*, 36(1), 159-165. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.0085>
- Chandrapala J., Wijayasinghe R., & Vasiljevic T. (2016). Lactose crystallization as affected by presence of lactic acid and calcium in model lactose systems. *Journal of Food Engineering*, 178, 181-189.
- Dekker, P. J. T., Koenders, D., Bruins, M. J. (2019). Lactose-Free Dairy Products: Market Developments, Production, Nutrition and Health Benefits. *Nutrients*, 11(3), 551. <https://doi.org/10.3390/nu11030551>
- Dutra Rosolen, M., Gennari, A., Volpato, G., Volken, & De Souza C. F. (2015). Lactose hydrolysis in milk and dairy whey using microbial β -galactosidases. *Enzyme Research*, 1-7.
- Harju M., Kallioinen H., & Tossavainen O. (2012). Lactose hydrolysis and other conversions in dairy products : Technological aspects. *International Dairy Journal*, 22, 104-109.
- Mlichova, Z., & Rosenberg, M. (2006). Current trends of β -galactosidase application in food technology. *Journal of Food and Nutrition Research*, 45, 47-54.
- Nivetha, A., & Mohanasrinivasan, V. (2017). Mini review on role of β -galactosidase in lactose intolerance. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 263(2), 022046.
- Rajasekhar, P. (2017). Nutritional and medicinal value of papaya (*carica papaya* linn.). *World journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*, 6, 2559-2578.
- Saqib, S., Akram, A., Halim, S. A., & Tassaduq, R. (2017). Sources of β -galactosidase and its applications in food industry. *3 Biotech*, 7(1), 79.
- Silanikove, N., Leitner, G., & Merin, U. (2015). The Interrelationships between lactose intolerance and the modern dairy industry: global perspectives in evolutionary and historical backgrounds. *Nutrients*, 7(9), 7312-7331.
- Teshome, G., Keba, A., & Assefa, Z. (2017). Development of fruit flavored yoghurt with mango (*Mangifera indica* L.) and papaya (*Carica papaya* L.) fruits juices. *Food Science and Quality Management*, 67, 40-45.
- Titov, E. I., Tikhomirova, N. A., Nguyen, B. C., Slozhenkina, M. I., & Mosolova, N. I. (2020). Research of lactose hydrolysis depending on the type of the enzyme. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 548, 082040.
- Zolnere, K., & Ciprovica, I. (2017). The comparison of commercially available β -galactosidases for dairy industry: review. *Research for Rural Development*, 1, 215-222.

Development of low-lactose curd product with papaya

Natalia A. Tikhomirova¹, Chau B. Nguyen¹

¹ *Moscow State University of Food Production*

Correspondence concerning this article should be addressed to Chau B. Nguyen, Moscow State University of Food Productions, Institute of applied biotechnology named after academician I. A. Rogov, address: 109029, Moscow, st. Talalikhina, 33, e-mail: baochau249@gmail.com

Today, low-lactose (LL) and lactose-free (LF) dairy products have widespread health benefits throughout the world. To obtain LL and LF of curd products, the modern market of LL and LF products was studied, based on the analysis of which the composition of raw materials and methods for obtaining LL of a curd product were substantiated using the example of LL curd paste with papaya puree. The process of lactose hydrolysis was studied and the optimal modes of its hydrolysis were determined. The development of LL curd products with papaya will help reduce vitamin A deficiency and protein-energy malnutrition (PEM) in the population in Vietnam. The new product will expand the range of functional foods, increase the consumption of fermented milk products among the population of all ages, provide the body with many important nutrients, and strengthen the immune system.

Keywords: lactose intolerance, lactase, low-lactose dairy products, papaya

References

- Alkhamova, G. K. (2011). Prospects for the development of the market for curd products with functional properties. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 5, 60.
- Bessonova, O. V., & Ryabkova, D. S. (2011). Research of hydrolysis of lactose in milk with use enzyme «Maxilact». *Tekhnicheskie nauki* [Engineering Sciences], 1, 90-93.
- Gavrilova, N. B., & Ryabkova, D. S. (2011). Investigation of the process of lactose hydrolysis of skim milk-raw material for the production of a cheese product. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv* [Technique and technology of food production], 4, 11-13.
- Kadieva, T. A., Margieva, F.T., Vanieva, B. B., & Kokoeva, Al. T. (2017). Selection of the herbal component for fermented milk paste with probiotic properties. In *Dostizheniya nauki - Sel'skomu hozyajstvu* [Achievements of Science for Agriculture needs], 1, (pp. 226-229).
- Kakimov, A. K., Kakimova, Zh. Kh., Baibalinova, G. M., Mirasheva, G. O., & Amanzholov, S. A. (2014). Study and selection of the herbal component for fermented milk paste with probiotic properties. In *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, posvyashchennaya pamyati V.M. Gorbatova* [International scientific and practical conference dedicated to the memory of V.M. Gorbatov], 114-116.
- Kalinina, E. D., Gavrilov, A. V., & Filonov, R. A. (2015). Study of influence of β -galactosidase mass fraction and impact duration at milk lactose hydrolysis. *Izvestiya sel'skohozyajstvennoj nauki Tavridy* [Bulletin of Agricultural Science of Taurida], 2(165), 98-103.
- Kalinina, E. D., & Kovalenko, A. V. (2014). Research and establishment of technological parameters for the hydrolysis of milk lactose. *Tekhnologii i oborudovanie pishchevyh proizvodstv* [Technologies and equipment for food production], 67, 26-31.
- Karaseva, A. V., Kulikova, I. K., Anisimov, G. S., & Slyusarev, G. V. (2017). Comparison of the properties of industrial β -galactosidases for hydrolysis of lactose in milk raw materials. *Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta* [Bulletin of the North Caucasus Federal University], 3 (60), 17-23.
- Korotkova, A. A., Gorlov, I. F., Antsyperova, M. A., & Slozhenkina, M. I. (2017). Possibilities of using *Aspergillus oryzae* for obtaining low-lactose milk. *Sinerhiya nauk* [Synergy of Sciences], 16, 548-554.
- Sysoeva, M. G., Glotova, I. A., Kalashnikova, S. V., & Borzunova, N. V. (2013). Development of curd

- products based on goat milk with herbal ingredients. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya* [News of Universities. Food Technology], 2(3), 19-21.
- Tikhomirova, N. A., & Nguyen, B. C. (2020). Low-lactose fermented milk products. *Pererabotka moloka* [Milk processing], 10, 10-12.
- Tikhomirova, N. A., Volokitina, Z. V., & Nguyen, B. C. (2020). Low-lactose fermented milk product with herbal ingredients. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 6, 35-37.
- Tikhomirova, N. A. (2016). Production of low-lactose and lactose-free dairy products for baby and medical nutrition. *Pererabotka moloka* [Milk processing], 3, 7-12.
- Tikhomirova, N. A. (2012). *Tekhnologiya produktov detskogo pitaniya* [Baby food technology]. DeLi plus.
- Tikhomirova, N. A., & Nguyen, B. C. (2020). Characteristics of enzyme preparations for low-lactose products. In *Perspektivnye napravleniya razvitiya pishchevoj promyshlennosti i sel'skogo hozyajstva* [Prospective directions of development of the food industry and agriculture], 159-160.
- Fefilova, G. A., & Kharina, M. V. (2019). Study of enzymatic hydrolysis of milk lactose. *Innovacionnye tekhnologii v pishchevoj promyshlennosti i obshchestvennom pitanii* [Innovative technologies in the food industry and public catering], 144-147.
- Shchetinin, M. P., Koltyugina, O. V., & Loskutova, G. A. (2010). Curd products with sea buckthorn. *Dairy industry*, 10, 68.
- Shchetinin, M. P., Koltyugina, O. V., Kosynkina, A. A. (2011). Curd product with berry components. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 10, 59.
- Bosso, A., Morioka, L. R. I., Santos, L. F., & Suguimoto, H. H. (2016). Lactose hydrolysis potential and thermal stability of commercial β -galactosidase in UHT and skimmed milk. *Food Science and Technology*, 36(1), 159-165. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.0085>
- Chandrapala J., Wijayasinghe R., & Vasiljevic T. (2016). Lactose crystallization as affected by presence of lactic acid and calcium in model lactose systems. *Journal of Food Engineering*, 178, 181-189.
- Dekker, P. J. T., Koenders, D., Bruins, M. J. (2019). Lactose-Free Dairy Products: Market Developments, Production, Nutrition and Health Benefits. *Nutrients*, 11(3), 551. <https://doi.org/10.3390/nu11030551>
- Dutra Rosolen, M., Gennari, A., Volpato, G., Volken, & De Souza C. F. (2015). Lactose hydrolysis in milk and dairy whey using microbial β -galactosidases. *Enzyme Research*, 1-7.
- Harju M., Kallioinen H., & Tossavainen O. (2012). Lactose hydrolysis and other conversions in dairy products : Technological aspects. *International Dairy Journal*, 22, 104-109.
- Mlichova, Z., & Rosenberg, M. (2006). Current trends of β -galactosidase application in food technology. *Journal of Food and Nutrition Research*, 45, 47-54.
- Nivetha, A., & Mohanasrinivasan, V. (2017). Mini review on role of β -galactosidase in lactose intolerance. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 263(2), 022046.
- Rajasekhar, P. (2017). Nutritional and medicinal value of papaya (carica papaya linn.). *World journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*, 6, 2559-2578.
- Saqib, S., Akram, A., Halim, S. A., & Tassaduq, R. (2017). Sources of β -galactosidase and its applications in food industry. *3 Biotech*, 7(1), 79.
- Silanikove, N., Leitner, G., & Merin, U. (2015). The Interrelationships between lactose intolerance and the modern dairy industry: global perspectives in evolutionary and historical backgrounds. *Nutrients*, 7(9), 7312-7331.
- Teshome, G., Keba, A., & Assefa, Z. (2017). Development of fruit flavored yoghurt with mango (*Mangifera indica* L.) and papaya (*Carica papaya* L.) fruits juices. *Food Science and Quality Management*, 67, 40-45.
- Titov, E. I., Tikhomirova, N. A., Nguyen, B. C., Slozhenkina, M. I., & Mosolova, N. I. (2020). Research of lactose hydrolysis depending on the type of the enzyme. In *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 548, 082040.
- Zolnere, K., & Ciprovica, I. (2017). The comparison of commercially available β -galactosidases for dairy industry: review. *Research for rural development*, 1, 215-222.

Определение эффективности процесса сепарирования семян подсолнечника в потоке с использованием компьютерного зрения

Благовещенский Владислав Германович¹,
Петряков Александр Николаевич¹, Сумерин Вячеслав Андреевич¹

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Благовещенскому Владиславу Германовичу, ФГБОУ «Московский государственный университет пищевых производств», Волоколамское шоссе, д. 11, Сокол район, г. Москва, Российская Федерация, 125080, e-mail: bvg1996@mail.ru

Представленная работа рассматривает решение задачи контроля содержания лузги семян подсолнечника в потоке после сепарирования, при помощи системы компьютерного зрения. Данная задача обуславливается нестабильностью свойств поступающего на переработку сырья. Поскольку при подготовке семян подсолнечника к производству кондитерских изделий используют семена разного сорта из различных регионов России, каждая партии семян будет разного размера, с различными свойствами и с различной степенью содержания лузги. Все это приводит к нестабильности процесса производства кондитерских изделий и влияет на качество готового продукта, поскольку для каждой партии сырья необходимо подбирать свои оптимальные режимы работы оборудования. Одним из основных показателей качества процесса сепарирования является коэффициент содержания примесей в исследуемом сырье, который необходимо определять в потоке. В статье представлен метод определения в потоке содержания лузги.

Ключевые слова: процесс сепарирования, семена подсолнечника, автоматизация контроля качества, компьютерное зрение.

Введение

В ходе исследования технологического процесса подготовки семян подсолнечника к производству пищевых изделий, обнаружили участки, на которых необходимо производить непрерывно контроль качества сырья на промежуточных технологических операциях. Одним из таких участков является процесс сепарирования семян подсолнечника и степень их очистка от примесей. Стоит отметить, что от влажности, сорта и геометрических размеров семян зависят режимы работы оборудования для сепарирования семян подсолнечника. Следовательно, эффективность процесса очистки семян подсолнечника (коэффициент извлечения примесей) может варьироваться в ходе технологического процесса, что влияет на качество готовых кондитерских изделий, например, подсолнечной халвы. Согласно стандарту, при производстве халвы допускается наличие не более 0,8 % лузги.

Задачи:

- разработать метод автоматического определения наличия лузги в семенах подсолнечника после процесса сепарирования с использованием системы компьютерного зрения;
- создать компьютерную программу, способную распознать наличие примесей в кадре и рассчитать коэффициент извлечения примесей при сепарировании этого сырья;
- провести проверку работоспособности созданной компьютерной программы.

В научной литературе известно значительное количество работ, авторы которых ставили и решали задачи контроля качества пищевого сырья в потоке. В иностранной статье (Bader & Rahimifard, 2020) предлагается улучшение лабораторного анализа сырья, что даст высокую вероятность выявления примесей, но у данного метода очень большое время на проверку проб. Также решением данной задачи рассматривалось в статье (Благовещенский,

2015) в ней предлагается применение компьютерного зрения для анализа качества сырья с применением алгоритмов компьютерного зрения, которые анализируют органолептические показания сырья. Стоит отметить, что данные алгоритмы показывают высокую эффективность для идентификации позиции объекта в условиях, когда в кадре присутствует некоторое количество объектов, удаленных друг от друга на определенном расстоянии. Другими словами, исследуемые объекты в кадре не должны соприкасаться. В случае соприкосновения объектов данные алгоритмы могут выдавать результаты с недостаточной точностью, так как для определения позиции используется операция выделения границ объекта относительно заднего фона. Поэтому при соприкосновении двух или более объектов исследования в кадре данные алгоритмы могут принять все соприкасающиеся объекты за один. Такой результат в рамках большого потока исследуемых объектов в кадре, например на конвейерной линии, будет давать неправильный результат оператору или исполнительному устройству, такому как робот-манипулятор или дельта-робот.

Однако, несмотря на большое число опубликованных работ, в указанной области все еще остаются нерешенные проблемы, касающиеся вопросов процесса сепарирования сыпучих масс и повышения эффективности управления этими процессами на базе применения современных интеллектуальных технологий.

Поэтому актуальной задачей повышения эффективности таких многостадийных, многомерных, нелинейных процессов как сепарирование сыпучих материалов является разработка методов автоматического распознавания в потоке лузги семян подсолнечника с использованием системы компьютерного зрения и разработка специализированного информационного обеспечения для определения коэффициента извлечения примесей после проведения исследуемого процесса.

Цель исследования: разработка метода автоматического определения наличия лузги в семенах подсолнечника после процесса сепарирования с использованием системы компьютерного зрения и создание компьютерной программы для автоматического расчета коэффициента извлечения примесей при сепарировании этого сырья.

Материал и методика исследования

В настоящее время качество проведения процесса сепарирования определяется органолептическими методами в лабораториях предпри-

ятий (Крылова et al., 2017; Донник et al., 2018). Лабораторный анализ позволяет точно определить все химико-физические свойства пробы, такие как влажность сырья, засоренность (сорная, минеральная и масличная примеси), коэффициент содержания примесей, зараженность, размер, цвет, запах и вкус с помощью взятия проб (Miranda et al., 2019; Yu et al., 2020).

Органолептический анализ представляет собой исследование качества продукции с помощью органов чувств – зрения, обоняния, вкуса, осязания. При соблюдении научно-обоснованных правил результаты органолептической оценки качества продукции по точности и воспроизводимой равноценны результатам, полученным при использовании инструментальных методов контроля. Благодаря данному методу анализа можно достаточно точно оценить качество сырья, полуфабрикатов и кулинарной продукции, обнаружить нарушения рецептуры, технологии приготовления. Недостатком такого метода является длительность, субъективность. Органолептическая оценка показателей качества сырья не может быть использована в системах автоматического контроля и управления (Nayak et al., 2020).

В данной работе исследована возможность применения методов и шаблонов проектирования объектно-ориентированных языков программирования в системе технического зрения в качестве инструмента автоматического определения органолептических показателей качества семян подсолнечника в потоке.

На сегодняшний день системы компьютерного зрения часто используются в связке с промышленными роботами, и роботами-манипуляторами, что существенно облегчает нагрузку на производство, в частности они широко применяются для транспортировки, перемещения, захвата движущихся объектов.

Таким образом, на текущий момент компьютерное зрение является неотъемлемой частью любой современной технологической линии производства пищевой продукции.

Для решения задачи определения наличия лузги в семенах подсолнечника в потоке предлагается разработка системы мониторинга процесса сепарирования с использованием системы компьютерного зрения.

Тестирование работы алгоритмов системы компьютерного зрения проводилось при помощи специ-

ального программного обеспечения, написанного на языке программирования Java в среде разработки IntelliJ Idea с использованием фреймворка JavaFX. Помимо этого, была использована библиотека OpenCV для языка программирования Java.

В библиотеке OpenCV (Open Computer Vision) ключевым используемым классом является класс *Mat*, который является трехмерной матрицей с большим количеством дополнительных параметров. Класс *Mat* используется для хранения изображений. При каждой итерации алгоритма для нового изображения создается новый экземпляр класса *Mat*, в котором содержится информация о новом изображении. Программа содержит три основных метода: *doBinarization*, который используется для бинаризации изображения, и два метода *erode* и *dilate*, который относятся к так называемым морфологическим преобразованиям цифрового изображения. В качестве конечного результата необходимо получить такое цифровое изображение, на котором можно однозначно выявить местонахождение неочищенных семян. В данном исследовании принимается за конечный результат – бинаризованное цифровое изображение, на котором имеются группы черных пикселей, которые характеризуют положение неочищенной семечки.

Для более подробного описания необходимо обратить внимание на ход алгоритма:

1) Операция конвертации цифрового изображения. Данная операция происходит после загрузки изображения из файловой системы в оперативную память программы. Так как исходный файл имеет формат цветного изображения (RGB), а применяемые в исследовании алгоритмы используют изображение в градациях серого (*greyscale*), то необходимо совершить конвертацию цветного изображения в градации серого. Одной из особенностей данной операции является то, каким методом будет производиться конвертация, так как это очень влияет на конечный результат.

В пространстве RGB каждый пиксель имеет значение в каждом из цветовых каналов (красном, зеленом, синем), и при преобразовании в градации серого стандартные алгоритмы учитывают значения каждого канала. Такой алгоритм даст одинаковое значение градаций серого для пикселей, у которых одинаковый цветовой тон. В качестве примера можно рассмотреть два пикселя, в каждом из которых значения каждого из трех цветовых каналов совпадают со значениями каналов другого пикселя в случайном порядке. В таком случае результат стандартного алгоритма преобразования цветного изображения

в градации серого составит одинаковые значения для каждого пикселя. Поэтому при преобразовании цифрового изображения в градации серого нужно производить предварительный визуальный анализ результатов преобразования алгоритма, и в случае недостаточного результата производить ручное изменение каждого из цветовых каналов всех пикселей изображения (Гончаров et al., 2019).

В настоящее время не решена задача автоматизированного подбора коэффициентов функции преобразования RGB-изображения в цветовой режим *greyscale*. Решение этой задачи позволит выделять границы в случае, когда результат функции преобразования возвращает одинаковую яркость цвета для пикселей разного цветового тона.

2) Операция бинаризации. Преобразует цифровое изображение в градациях серого в бинаризованное изображение с определенными пороговыми значениями. Данные входные параметры алгоритма бинаризации подбираются визуально для разных степеней освещенности исследуемого объекта.

3) Морфологические операции размывания и растягивания, которые в программе называются *erode* и *dilate*. Метод *erode* позволяет производить размывание цифрового изображения для того, чтобы более явно выделить темные участки пикселей, которые характеризуют неочищенную лузгу. Метод *dilate* позволяет производить увеличение светлых областей полученного изображения, он необходим для более точного определения позиции лузги.

Фрагмент разработанной программы для обработки изображения семян подсолнечника представлен на Рисунке 1.

Помимо всего прочего, интерфейс программы, показанный на рисунке 1 справа, реализован при помощи библиотеки JavaFX, где каждый элемент также представляет собой экземпляр определенного класса интерфейса. Например, класс *Button* реализует экземпляры кнопок. В окне программы может находиться множество кнопок, каждая из которых является экземпляром класса *Button*, но с разными параметрами, такими как высота, ширина, цвет, градиент, текст на кнопке и пр. Аналогично можно сказать про ползунки-слайдеры, при перемещении которых можно изменять параметры методов бинаризации. При каждом передвижении ползунка вызывается метод *moveSliderErode*, либо метод *moveSliderDilate*, которые изменяют локальные значения переменных для алгоритмов *Erode* и *Dilate*. Таким образом предлагаемая программа Java работает с объектами.

Рисунок 1

Фрагмент программы для обработки изображения

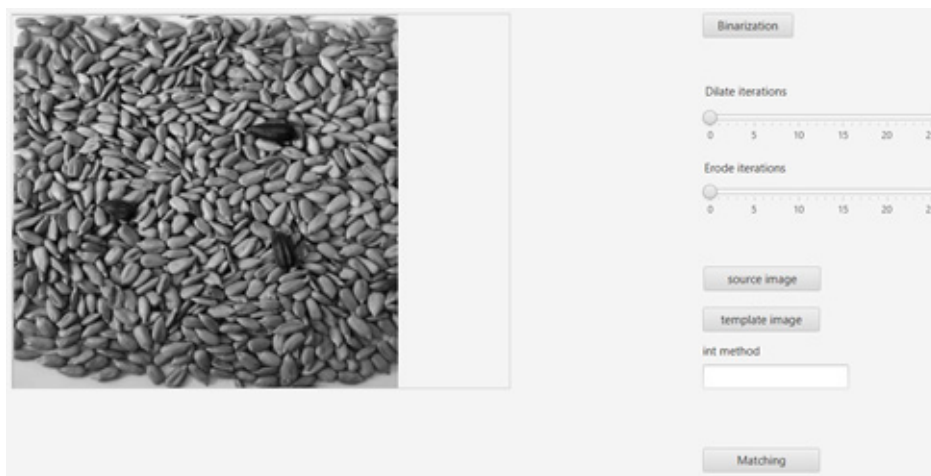


Схема автоматического определения в потоке содержания лузги семян подсолнечника в процессе сепарирования работает следующим образом. В первую очередь поступившее изображение заносится в оперативную память, затем клонируется, т.к. дальнейшие действия будут связаны с изменением клона изображения. Это необходимо для возможности возврата к исходным данным, в случае некорректно полученного результата работы промежуточных вычислений.

Затем производится бинаризация изображения – операция, которая преобразует исходное изображение: градации серого в изображение, состоящее только из белых (#FFFFFF) либо из черных (#000000) пикселей. Суть операции бинаризации заключается в том, чтобы отсеять ненужную для работы информацию в изображении. Это позво-

ляет упростить последующие операции. Важно отметить, что алгоритм бинаризации на примере алгоритма Брэдли имеет ряд входных параметров, которые необходимо правильно подбирать под конкретную задачу. В противном случае результат может привести к искажениям изображения. На Рисунке 2 представлен результат разработанного алгоритма бинаризации, позволяющего провести операцию по отделению символов от фона на изображении 1, где необходимо дополнительно отсечь изображение от шума, теней, полутонов, бликов и прочего информационного мусора.

После оптимального подбора пороговых значений бинаризации выполнялись операции размывания (erode) и растягивания (dilate) с применением методов Erode и Dilate.

Рисунок 2

Бинаризация изображения



Результаты и выводы исследования

Результат работы данных алгоритмов представлен на Рисунке 3. Как видно на рисунке 3 – на месте расположения лузги появились черные прямоугольники, совпадающие с их эталонным изображением. Далее полученная информация используется для автоматического подсчета в программно-аппаратном комплексе количества неочищенной продукции в кадре.

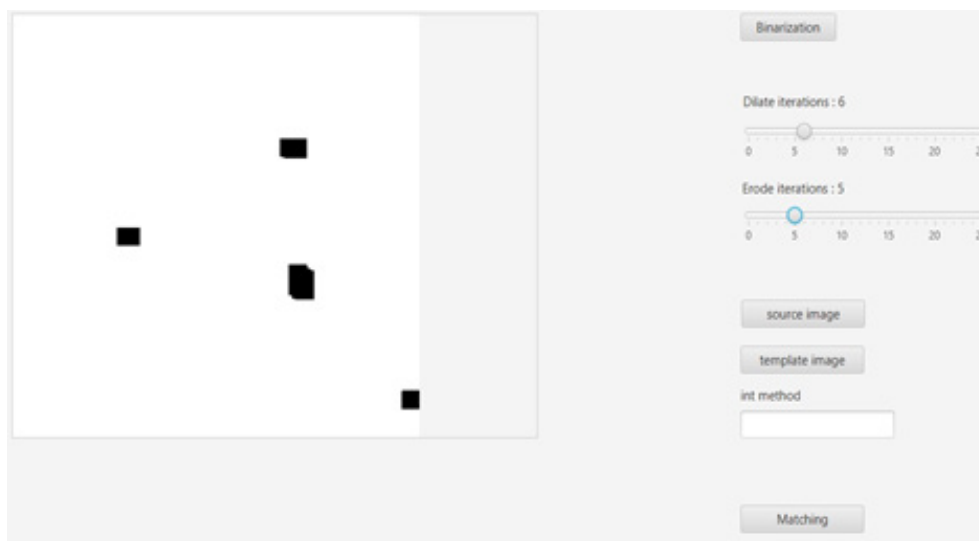
Таким образом, было разработано программное и алгоритмическое обеспечение, которое позволяет производить более быстрый расчет позиции лузги в кадре, по сравнению с алгоритмами на основе выделения границ объекта, таких как оператор Кэнни или преобразования Хафа. В дальнейшем планируется дополнить данное исследование алгоритмом автоматизированного расчета коэффициентов функции преобразования цветного изображения в бинаризованный вид, поскольку на сегодняшний день эта операция производится при помощи оператора.

Использование разработанного метода контроля эффективности процесса сепарирования и создание компьютерной программы для определения содержания лузги семян подсолнечника позволит решить одну из важнейших и актуальных проблем современных предприятий пищевой промышленности – автоматизация контроля качества сырья (семян подсолнечника) с использованием компьютерного зрения. Полученные исследования позволяют автоматизировать определение дефектов исследуемого сырья и готовых пищевых изделий.

Также стоит отметить, что автоматическое определение содержания лузги в семенах подсолнечника позволит снизить количество ручного труда при проверке его качества, снизить издержки производства, осуществлять непрерывный мониторинг качества выпускаемой готовой продукции и повысить долю продукции надлежащего качества, а также разработать интеллектуальную автоматизированную систему управления качеством процесса сепарирования семян подсолнечника.

Рисунок 3

Результат применения методов *Erode* и *Dilate*



Список литературы

- Балыхин, М. Г., Борзов, А. Б., & Благовещенский, И. Г. (2017). *Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий*. Франтера.
- Балыхин, М. Г., Борзов, А. Б., & Благовещенский, И. Г. (2017). Архитектура и основная концепция создания интеллектуальной экспертной системы контроля качества пищевой продукции. *Пищевая промышленность*, 11, 60 - 63.
- Благовещенская, М. М., Костин, А. М., Благовещенский, И. Г., & Татаринов, А. В. (2017). Распределенные автоматизированные системы интеллектуального мониторинга оборудования зерноперерабатывающих предприятий. В *Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука*, (с. 171-175).
- Благовещенская, М. М., Благовещенский, И. Г., Назойкин, Е. А., Бабин, Ю. В. (2018). Адаптивный подход к идентификации нестационарных технологических процессов в отраслях пище-

- вой промышленности. В *Передовые пищевые технологии: состояние, тренды, точки роста*, (с.651-654).
- Благовещенский, И. Г. (2015). Использование системы компьютерного зрения для контроля в режиме онлайн качества сырья и готовой продукции пищевой промышленности. *Пищевая промышленность*, 6, 18 – 20.
- Благовещенский, И. Г., Карелина, Е. Б., Петряков, А. Н., Фомушкин, В. И., & Благовещенский, В. Г. (2016). Обзор используемых на пищевых предприятиях в АСУТП рабочих станций, операторских пультов и перспективы их применения. В *Автоматизация и управление технологическими и бизнес- процессами в пищевой промышленности*, (с. 16 – 20).
- Гончаров, К. А., Благовещенский, И. Г., Назойкин, Е. А., Благовещенский, В. Г., & Макаровская, З. В. (2019). Использование библиотеки OPENCV для работы с техническим зрением. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности*, (с. 53-60).
- Донник, И. М., Балыхин, М. Г., Благовещенский, И. Г., & Благовещенская, М. М. (2018). Разработка баз данных интеллектуальных экспертных систем автоматического контроля показателей качества пищевой продукции. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 4, 126-138.
- Крылова, Л. А., Благовещенский, В. Г., & Татарinov, А. В. (2017). Разработка интеллектуальных аппаратно- программных комплексов мониторинга процессов сепарирования дисперсных пищевых масс на основе интеллектуальных технологий. В *Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука*, (с. 199-201).
- Петряков, А. Н., Благовещенская, М. М., Благовещенский, В. Г., Митин, В. В., & Благовещенский, И. Г. (2019). Повышение качества идентификации и позиционирования объекта на цифровых стерео изображениях при помощи алгоритмов построения карты глубины. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности*, (с. 133-138).
- Bader, F., & Rahimifard, S. (2020). A methodology for the selection of industrial robots in food handling. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 64, 102379. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102379>
- Miranda, J., Ponce, P., Molina, A., & Wright, P. (2019). Sensing, smart and sustainable technologies for Agri-Food 4.0. *Computers in Industry*, 108, 21–36. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.02.002>
- Singh, G., Singh, P. J., Tyagi, V. V., & Pandey, A. K. (2019). Thermal and exergoeconomic analysis of a dairy food processing plant. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 136(3), 1365–1382. <https://doi.org/10.1007/s10973-018-7781-y>
- Yu, B., Zhan, P., Lei, M., Zhou, F., & Wang, P. (2020). Food Quality Monitoring System Based on Smart Contracts and Evaluation Models. *IEEE Access*, 8, 8957120, 12479-12490. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2966020>

Determination of the efficiency of the process of separating sunflower seeds in a stream using computer vision

Vladislav G. Blagoveshchenskiy¹, Alexander N. Petryakov¹, Vyacheslav A. Sumerin¹

¹ *Moscow State University of Food Production, 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation*

Correspondence relating to this article should be addressed to Blagoveshchenskiy Vladislav Germanovich, no degree, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State University of Food Production", 11 Volokolamsk Highway, Sokol district, Moscow, Russian Federation, 125080, email: bvg1996@mail.ru

The presented work considers the solution of the problem of controlling the content of sunflower seed husk in the stream after separation, using a computer vision system. This problem is caused by the instability of the properties of the raw materials received for processing. Since the preparation of sunflower seeds for the production of confectionery products uses seeds of different varieties from different regions of Russia, each batch of seeds will be of different sizes, with different properties and with different degrees of husk content. All this leads to instability of the confectionery production process and affects the quality of the finished product, since for each batch of raw materials it is necessary to select their optimal operating modes of the equipment. One of the main indicators of the quality of the separation process is the impurity content coefficient in the raw material under study, which must be determined in the flow. The article presents a method for determining the content of husk in the flow.

Keywords: separation process, sunflower seeds, quality control automation, computer vision.

References

- Balykhin, M. G., Borzov, A.B., & Blagoveshchensky, I.G. (2017). *Metodologicheskie osnovy sozdaniya ekspertnyh sistem kontrolya i prognozirovaniya kachestva pishchevoj produkcii s ispol'zovaniem intellektual'nyh tekhnologij* [Methodological foundations for the creation of expert systems for monitoring and predicting the quality of food products using intelligent technologies]. Frantera.
- Balykhin, M. G., Borzov, A. B., & Blagoveshchensky, I. G. (2017). Architecture and basic concept of creating an intelligent expert system for food quality control. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 11, 60 - 63.
- Blagoveshchenskaya, M. M., Kostin, A. M., Blagoveshchenskiy, I. G., & Tatarinov, A. V. (2017) Distributed automated systems for intelligent monitoring of equipment of grain processing enterprises. In *Razvitie pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti Rossii: kadry i nauka* [Development of the food and processing industry in Russia: personnel and science], (p. 171-175).
- Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchensky, I. G., Nazoikin, E. A., Babin, Yu. V. (2018). An adaptive approach to the identification of non-stationary technological processes in the food industry. In *Peredovye pishchevye tekhnologii: sostoyanie, trendy, tochki rosta* [Advanced food technologies: state, trends, points of growth], (p. 651-654).
- Blagoveshchensky, I. G. (2015). The use of a computer vision system for online control of the quality of raw materials and finished products of the food industry. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], (6), 18 - 20.
- Blagoveshchensky, I. G., Karelina, E. B., Petryakov, A. N., Fomushkin, V. I., & Blagoveshchensky, V. G. (2016). An overview of workstations, operator consoles used in food enterprises in the process control system and the prospects for their application. In *Avtomatizatsiya i upravlenie tekhnologicheskimi i biznes-processami v pishchevoj promyshlennosti* [Automation and management of technological and business processes in the food industry], (p. 16 - 20).
- Goncharov, K. A., Blagoveshchensky, I. G., Nazoikin, E. A., Blagoveshchensky, V. G., & Makarovskaya, Z. V.

How to Cite

Blagoveshchenskiy, V. G., Petryakov, A. N., & Sumerin, V. A. (2020). Determination of the efficiency of the process of separating sunflower seeds in a stream using computer vision. *Health, Food & Biotechnology*, 2(3). <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i3.s70>

- (2019). Using the OPENCV library for working with technical vision. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyah pishchevoj promyshlennosti* [Intelligent systems and technologies in the food industry], (p. 53-60).
- Donnik, I. M., Balykhin, M. G., Blagoveshchensky, I. G., & Blagoveshchenskaya, M. M. (2018). Development of databases of intelligent expert systems for automatic control of food quality indicators. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya* [Storage and processing of agricultural raw materials], 4, 126-138.
- Krylova, L. A., Blagoveshchensky, V. G., & Tatarinov, A. V. (2017). Development of intelligent hardware and software systems for monitoring processes of separation of dispersed food masses based on intelligent technologies. In *Razvitie pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti Rossii: kadry i nauka* [Development of the food and processing industry in Russia: personnel and science], (p. 199-201).
- Petryakov, A. N., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchensky, V. G., Mitin, V. V., & Blagoveshchensky, I. G. (2019). Improving the quality of object identification and positioning on digital stereo images using depth mapping algorithms. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyah pishchevoj promyshlennosti* [Intelligent systems and technologies in the food industry], (p. 133-138).
- Bader, F., & Rahimifard, S. (2020). A methodology for the selection of industrial robots in food handling. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 64, 102379. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102379>
- Miranda, J., Ponce, P., Molina, A., & Wright, P. (2019). Sensing, smart and sustainable technologies for Agri-Food 4.0. *Computers in Industry*, 108, 21-36. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.02.002>
- Singh, G., Singh, P. J., Tyagi, V. V., & Pandey, A. K. (2019). Thermal and exergoeconomic analysis of a dairy food processing plant. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 136(3), 1365-1382. <https://doi.org/10.1007/s10973-018-7781-y>
- Yu, B., Zhan, P., Lei, M., Zhou, F., & Wang, P. (2020). Food Quality Monitoring System Based on Smart Contracts and Evaluation Models. *IEEE Access*, 8, 8957120, 12479-12490. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2966020>

Сравнительное исследование частотных преобразователей трехфазных электродвигателей в автоматическом управлении технологическим параметром

Благовещенская Маргарита Михайловна¹, Веселов Михаил Викторович¹

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Благовещенской Маргарите Михайловне, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11, e-mail: mmb@mgupr.ru

Частотные преобразователи асинхронных трехфазных электродвигателей переменного тока получили широкое распространение в промышленности, в том числе и в производстве пищевой продукции. Полное понимание технических возможностей частотных преобразователей способствует их эффективному использованию. В данной статье рассматривается техническое сравнение двух частотных преобразователей трехфазных электродвигателей российской компании «ОБЕН» и датской компании «DANFOSS» по критерию качества регулирования технологического параметра. Для сравнения был создан испытательный стенд, в котором поочередно, в одинаковых условиях проводили тестирование устройств. В ходе подготовки и выполнения тестирования выяснилось, что аппаратные возможности частотных преобразователей для применения их в регулировании технологических параметров одинаковые, а параметрические возможности – различны. Частотный преобразователь компании «ОБЕН» оснащен ПИ-регулятором, а частотный преобразователь от компании «DANFOSS» – ПИД-регулятором. Как показывают результаты тестирования устройств, несмотря на такое различие, при соответствующей настройке частотный преобразователь компании «ОБЕН» не уступает частотному преобразователю компании «DANFOSS» по качеству регулирования технологического параметра.

Ключевые слова: частотный преобразователь трехфазного электродвигателя, автоматическая система регулирования, технологический параметр производственного процесса.

Введение

Регулирование технологических параметров в производственных процессах – наиважнейшая техническая задача, от качества решения которой зависит множество показателей эффективности производства, таких как: качество и безопасность выпускаемой продукции, экономические показатели производства – производительность технологического оборудования, снижения количества брака, себестоимость продукции, комфортные условия труда производственного персонала (Алейников, 2018; Решетняк, 2010; Благовещенская, 2005). В производственных процессах для решения задач, связанных с регулированием технологических параметров широкое применение получили непрерывные регуляторы различных типов – П, ПИ, ПД, ПИД, с различными видами выходных сигналов управления – аналоговый, дискретный, ШИМ (Astrom, 2002). В последние годы в ряде случаев,

находят применение регуляторы на базе нечетной логики – Fuzzy-PID Control. Они применяются как самостоятельные системы, так и в составе гибридных систем управления, в которых обычный регулятор задействован в прямом контуре, а нечеткий регулятор используется в дополнительном контуре для подстройки коэффициентов управления прямого регулятора (Xiwen, 2018; Baroud, 2016; Балыхин, 2019; Балыхин, 2017). Однако, существенным недостатком, сдерживающим широкое внедрение регуляторов на базе нечеткой логики, является сложность их разработки и настройки (Грибанов, 2018; Балыхин, 2017).

Системы автоматического регулирования создаются на базе различных технических средств, в том числе и с использованием частотных преобразователей трехфазных электродвигателей. Большинство частотных преобразователей, выпускаемых современными фирмами-производителями таки-

ми как: SIEMENS, SCHNEIDER ELECTRIC, DANFOSS, ОВЕН, ВЕСПЕР, и другие обладают всеми необходимыми аппаратными и параметрическими возможностями для применения их в одноконтурных системах регулирования с использованием в них встроенных различных типов регуляторов. Так, например, управляя скоростью вращения вала электродвигателя насоса с помощью частотного преобразователя с подключенным к нему датчиком давления, можно поддерживать необходимое значение давления в трубопроводной магистрали продукта. Максимально используя технические возможности частотных преобразователей, можно заметно сократить материальные затраты на оборудование автоматизации. Таким образом, понимание технических особенностей частотных преобразователей от различных фирм-производителей является актуальным.

Первые промышленные преобразователи частоты для регулирования скорости трехфазных электродвигателей компания “DANFOSS” выпустила в 1968 году (World Pumps, 2014)⁴.

Год основания компании «ОВЕН» - 1991. В ее ассортименте преобразователи частоты появились в 2010 году⁵.

Область применения этих частотных преобразователей очень широка, практически везде, где используется асинхронные трехфазные электродвигатели: насосы, вентиляторы, транспортеры, грузоподъемные механизмы, механизмы силовых манипуляторов, приводы мешалок, мельниц, дробилок, прессов, экструдеров, центрифуг (Karovsky, 2020; Calderon-Cordova, 2018; Благовещенская, 2009).

Проведенный анализ различных публикаций показал, что различные компании, применяющие в составе своего оборудования частотные преобразователи, получают значительную экономию эксплуатационных расходов и электроэнергии (Process Engineering, 2005; Carter, 2007; Schreitmüller, 2003; Martin, 2008; Петряков, 2018).

Совершенствование частотных преобразователей, их использование с целью управления скоростью вращения вала электродвигателя, как с использованием встроенного ПИД-регулятора, так и без его использования, актуально для промышленности. По этой проблематике имеются работы разных авторов и публикации в научно-технических журналах и в материалах конференций.

Maheswari K., в работе “Design of SVPWM based Closed-Loop Control of Voltage Source Inverter Fed Induction Motor Drive with PID Controller” 2020-го года исследует крутящий момент вала электродвигателя при изменении скорости его вращения с использованием широко-импульсной модуляции.

Sudjoko R., в работе “Speed Control of Permanent Magnet Synchronous Motor Using Universal Bridge and PID Controller” 2019-года с помощью программы MATLAB моделирует управление скоростью вала электродвигателя с использованием ПИД-регулятора.

Ramirez S. (Ramirez et al. 2018), в среде программирования “Lab View” на персональном компьютере исследовал работу различных типов регуляторов частотного преобразователя компании “DANFOSS” и представил свои результаты на конференции “World Congress on Engineering and Computer Science” в 2018 году в San Francisco - “A PID controller comparative study of tuning methods for a three-phase induction motor speed control”.

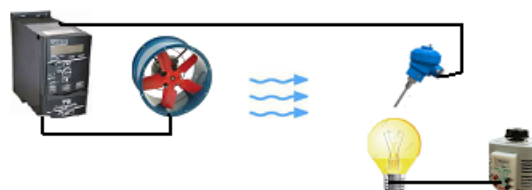
В данной статье рассматривается техническое сравнение двух частотных преобразователей трехфазных электродвигателей российской компании «ОВЕН» и датской компании “DANFOSS” по критерию качества регулирования технологического параметра.

Цель данной работы состоит в том, чтобы исследовать и сравнить технические возможности качества регулирования технологического параметра частотными преобразователями компании «ОВЕН» и “DANFOSS”.

Методика исследования

Исследование проводилось в неспециализированной лаборатории пищевого предприятия отдела автоматизации. Для исследования технических возможностей частотных преобразователей был разработан и собран исследовательский стенд. Принципиально стенд устроен следующим образом (Рис. 1): темпе-

Рисунок 1
Схема исследовательского стенда



⁴ World Pumps, journal. Volume 2014, Issue 3, March 2014, Pages 12, 14, 16

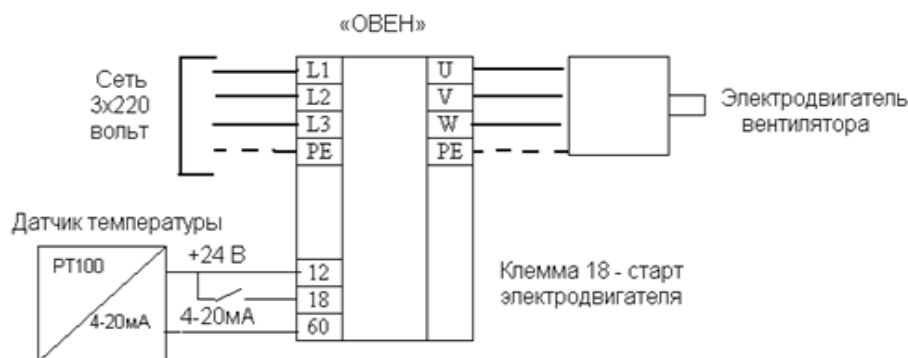
⁵ <https://owen.ru/istoriya>.

ратурный датчик РТ 100 с токовым преобразователем в стандартный сигнал 4 – 20 мА, с диапазоном измерения 0 -200 градусов Цельсия подключен к частотному преобразователю как сигнал обратной связи; лампа накаливания мощностью 40 Вт подключена к лабораторному автотрансформатору (ЛАТР); электродвигатель, с закрепленными на его валу лопастями вентилятора, подключен к частотному преобразователю. Датчик температуры расположили над лампой на расстоянии 20 мм. При свечении лампа выделяет тепловую энергию, от которой нагревается температурный датчик, а воздушный поток, создаваемый вентилятором, направили на датчик с лампой для их охлаждения. Вентилятор с диаметром лопастей 200мм расположили на расстоянии 600 мм от лампы с датчиком температуры. Яркость свечения лампы, следовательно, интенсивность выделения тепловой энергии и степень нагрева датчика температуры можно изменять автотрансформатором. Интенсивность воздушного потока, создаваемого вентилятором для охлаждения лампы и датчика меняется при изменении скорости вращения его электродвигателя с помощью частотного преобразователя.

Таким образом, вращая рукоятку автотрансформатора, мы будем имитировать температурные возмущения в объекте управления (лампа накаливания), а автоматическая система управления (на базе частотного преобразователя) будет их компенсировать, изменяя скорость воздушного потока, создаваемого вентилятором, посредством изменения частоты вращения вала электродвигателя с помощью исследуемого частотного преобразователя. Температуру на поверхности датчика будем контролировать бесконтактным инфракрасным термометром AR872D.

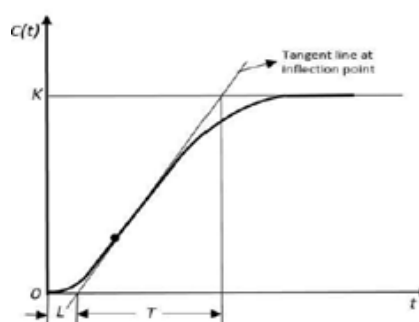
Рисунок 2

Электрическое подключение частотного преобразователя «ОВЕН»



Сначала в такой схеме был задействован частотный преобразователь компании «ОВЕН». Изучив Руководство по эксплуатации КУВФ.421212,004 РЭ⁶ частотного преобразователя, выполнили его необходимые электрические подключения, представленные на Рисунке 2, а также изменили его некоторые параметрические настройки, которые показаны в Таблице 1.

Настройки ПИ-регулятора приближенно рассчитали по первому методу Ziegler-Nichols (Patel, 2020), а затем в ходе эксперимента были незначительно скорректированы для достижения наилучшего результата.



$$K_p = 0,9T / L$$

$$T_i = L / 0,3$$

Затем в испытательный стенд был установлен частотный преобразователь компании “DANFOSS”⁷. Его электрическое подключение в большей степени совпадает с подключением преобразователя «ОВЕН», Рисунок 3, а параметрические настройки показаны в Таблице 2.

⁶ <https://owen.ru/manuals>

⁷ <https://files.danfoss.com/download/Drives/MG200B50.pdf>, <https://files.danfoss.com/download/Drives/MG200B02.pdf>

Таблица 1

Параметрические значения частотного преобразователя «ОВЕН»

Номер параметра	Значение параметра	Пояснения
1-00	3	Режим работы- замкнутый контур управления
3-02	50	Минимальное задание (значение) регулируемого параметра, градус Цельсия
3-03	51	Максимальное задание (значение) регулируемого параметра, градус Цельсия
4-12	0	Нижний предел скорости вращения электродвигателя, Гц.
4-14	50	Верхний предел скорости вращения электродвигателя, Гц.
6-22	4	Клемма 60, низкий ток входа, мА. Значение тока, которое соответствует минимальному значению задания
6-23	20	Клемма 60, высокий ток входа, мА. Значение тока, которое соответствует максимальному значению задания
6-24	0	Клемма 60, низкое значение обратной связи. Масштабирование аналогового входа. Градус Цельсия
6-25	200	Клемма 60, высокое значение обратной связи. Масштабирование аналогового входа. Градус Цельсия
6-26	0,01	Клемма 60, постоянная времени фильтра, секунды.
7-20	2	Обратная связь, клемма 60, управление процессом
7-30	0	Нормальный режим работы ПИ-регулятора (не инверсный)
7-31	1	Разрешен режим антираскрутки ПИ-регулятора.
7-32	0	Запуск ПИ регулятора при скорости двигателя, Гц
7-33	6 Расчетное (подбираемое) значение	Пропорциональный коэффициент усиления ПИ-регулятора процесса.
7-34	30 Расчетное (подбираемое) значение	Постоянная времени интегрирования ПИ-регулятора процесса.

Рисунок 3

Электрическое подключение частотного преобразователя «DANFOSS»

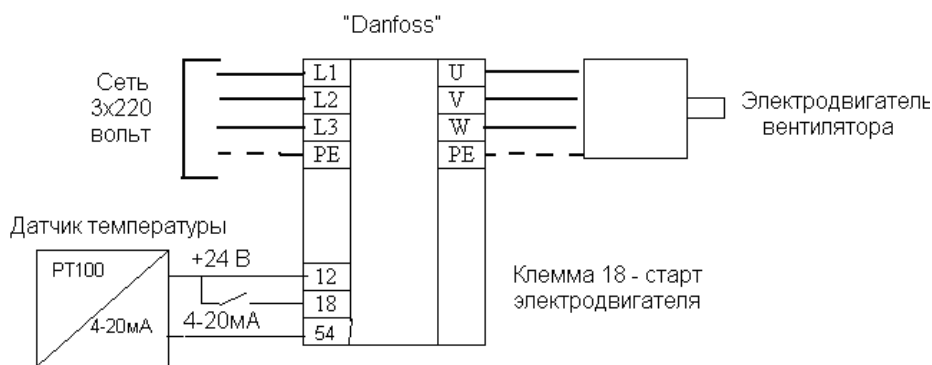


Таблица 2

Параметрические значения частотного преобразователя «DANFOSS»

Номер параметра	Значение параметра	Пояснения
1-00	3	Режим работы- замкнутый контур управления
3-02	50	Минимальное задание (значение) регулируемого параметра, градус Цельсия
3-03	51	Максимальное задание (значение) регулируемого параметра, градус Цельсия
4-12	0	Нижний предел скорости вращения электродвигателя, Гц.

Таблица 2

Номер параметра	Значение параметра	Пояснения
4-14	50	Верхний предел скорости вращения электродвигателя, Гц.
6-22	4	Клемма 54, низкий ток входа, мА. Значение тока, которое соответствует минимальному значению задания
6-23	20	Клемма 54, высокий ток входа, мА. Значение тока, которое соответствует максимальному значению задания
6-24	0	Клемма 54, низкое значение обратной связи. Масштабирование аналогового входа. Градус Цельсия
6-25	200	Клемма 54, высокое значение обратной связи. Масштабирование аналогового входа. Градус Цельсия
6-26	0,01	Клемма 54, постоянная времени фильтра, секунды.
20-00	2	Источник обратной связи, клемма 54
20-02	60	Единица измерения источника обратной связи, градус Цельсия
20-12	60	Единица измерения задания обратной связи, градус Цельсия
20-81	0	Нормальный режим работы ПИД-регулятора (не инверсный)
20-93	7 Расчетное (подбираемое) значение	Пропорциональный коэффициент ПИД-регулятора.
20-94	20 Расчетное (подбираемое) значение	Интегральный коэффициент ПИД-регулятора
20-95	2 Расчетное (подбираемое) значение	Дифференциальный коэффициент ПИД-регулятора

Настройки ПИД- регулятора также как и в случае с «ОВЕН» приближенно рассчитывались по первому методу Ziegler-Nichols и корректировались в ходе эксперимента.

$K_p = 1,2T / L$

$T_i = 2L$

$T_d = 0,5L$

Результаты исследования

Результаты эксперимента с частотными преобразователями «ОВЕН» и «DANFOSS» представлены в таблице 3 и 4 соответственно.

Таблица 3

Результаты эксперимента с «ОВЕН»

Изменение напряжения на лампе, в	Установившаяся частота, Гц	Время стабилизации частоты вращ., с.
150 - 180	40 +/- 2	12
180 - 220	45 +/- 3	9
220 - 190	41 +/- 2	9
190 - 150	37 +/- 1	6
150 - 220	46 +/- 4	10
220 - 150	35 +/- 3	9

Таблица 4

Результаты эксперимента с «DANFOSS»

Изменение напряжения на лампе, в	Установившаяся частота, Гц	Время стабилизации частоты вращ., с.
150 - 180	40 +/- 2	8
180 - 220	46 +/- 3	8
220 - 190	41 +/- 2	7
190 - 150	37 +/- 3	8
150 - 220	43 +/- 6	9
220 - 150	35 +/- 5	10

Обсуждение

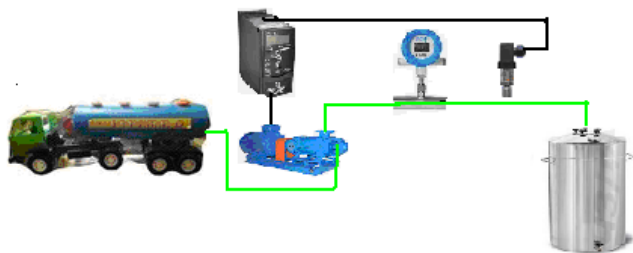
В перечисленных ранее работах (Maheswari, 2020; Sudjoko, 2020; Ramirez, 2018) отсутствуют сведения об использовании частотного преобразователя компании «ОВЕН». Результаты сравнительного исследования показывают, что частотный преобразователь компании «ОВЕН», имеющий в своей структуре ПИД-регулятор, успешно выполнил задачу по автоматическому регулированию температуры, также как и частотный преобразователь компании «DANFOSS», имеющий в своей структуре ПИД-регулятор. Таким образом, частотный преобразователь для трехфазных электродвигателей компании «ОВЕН» можно использовать как альтернативу частотному преобразователю компании «DANFOSS» в качестве регулирующего устройства (Pangestu, 2019). Достоинствами технического ре-

шения, показанного в лабораторном стенде данной работы, можно считать простота реализации схемы управления, экономии материальных ресурсов на закупку средств автоматизации. К недостаткам можно отнести неудобства изменения значения регулируемого параметра. Однако, в некоторых производственных процессах значение регулируемого параметра остается неизменным длительное время (Кормаков, 1974)⁸. Также, например, заданное значение давления перекачиваемой патоки при ее учете или дозировании с помощью расходомера постоянно.

На рисунке 4 показана схема перекачки патоки через расходомер для ее учета. Так как температура разных партий продукта различна (соответственно и плотность), то для обеспечения точности измеряемого объема (или массы) продукта, пройденного через расходомер, требуется автоматическое регулирование скорости вращения вала электродвигателя насоса, чтобы обеспечить стабильное давление в учетном расходомере. Принципиальная схема лабораторного исследовательского стенда на рисунке 1 аналогична схеме перекачки патоки при ее учете или дозировании на рисунке 4. Такое построение системы управления соответствует требованиям ГОСТ 24.104-85 Автоматизированные системы управления. Общие требования.

Рисунок 4

Схема перекачки патоки, автоматическое регулирование давления в трубопроводе



Так как, частотные преобразователи компании «ОВЕН» дешевле аналогичных преобразователей компании «DANFOSS», то их использование является экономически оправданно и рекомендуется нами к расширенному использованию.

Список литературы

Алейников, А. К. (2018). *Основы автоматизации технологических процессов*. Саратовский ГАУ.

Балыхин, М. Г., Благовещенский, И. Г., Назойкин, Е. А., & Благовещенский, В. Г. (2019). Адаптивная система управления с идентификатором нестационарными технологическими процессами в отраслях пищевой промышленности. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности*, (с. 32-39).

Балыхин, М. Г., Борзов, А. Б., & Благовещенский, И. Г. (2017). Архитектура и основная концепция создания интеллектуальной экспертной системы контроля качества пищевой продукции. *Пищевая промышленность*, (11), 60 - 63.

Балыхин, М. Г., Борзов, А. Б., & Благовещенский, И. Г. (2017). *Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий*. Издательство Франтера.

Благовещенская, М. М., Благовещенский, И. Г., & Назойкин, Е. А. (2015). Методика автоматической оценки качества пищевых изделий на основе теории искусственных нейронных сетей. *Пищевая промышленность*, (2), 42 - 45.

Благовещенская, М. М. (2009). *Основы стабилизации процесса приготовления многокомпонентных масс*. Издательство Франтера.

Благовещенская, М. М., Злобин, Л. А. (2005). *Информационные технологии систем управления технологическими процессами*. Высшая школа.

Грибанов, А. А., & Василенко, А. С. (2018). Нечеткое регулирование в автоматизации производственных процессов. *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика*, 4(40), 297-300.

Крылова, Л. А., Благовещенский, В. Г., & Татарinov, А. В. (2017). Разработка интеллектуальных аппаратно- программных комплексов мониторинга процессов сепарирования дисперсных пищевых масс на основе интеллектуальных технологий. В *Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука*, (1), (с. 199-201).

Петряков, А. Н., Благовещенская, М. М., Благовещенский, В. Г., & Крылова, Л. А. (2018). Применение методов объектно- ориентированного программирования для контроля показателей качества кондитерской продукции. *Кондитерское и хлебопекарное производство*, 5-6(176), 21-23.

Решетняк, Е. П. (2010). *Функциональные схемы автоматизации оборудования по переработке молока*. Часть 1. Саратовский ГАУ.

Astrom, K. J. (2002). *Control System Design Lecture notes for ME 155A*. Department of Mechanical & Environmental Engineering University of

⁸ Кормаков, С. И., & Серебряков, М. Н. (1974). Справочник для рабочих шоколадного производства. Пищевая промышленность.

- California Santa Barbara. University of California Santa Barbara, (pp. 216–252).
- Calderon-Cordova, C., Chuquimarca-Carrillo, E., Salinas-Lliviganay, D., Salinas-Bravo, D., Rivera-Lituma, J., & Betancourth, C. R. (2018). Automation of a medicinal herb crusher machine applied to the small food industry. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1–7. <https://doi.org/10.23919/CISTI.2018.8399306>
- Carter, C. (2007). A turn of speed. *Engineer*, 293(7721), 39–42.
- Celebrating the VLT: the first frequency converter. (2014). *World Pumps*, 2014(3), 12–16. [https://doi.org/10.1016/s0262-1762\(14\)70045-8](https://doi.org/10.1016/s0262-1762(14)70045-8)
- Guo, X., Wu, Y., Li, G., Li, Sh., & Wen, Y. (2018). Motor-pump system based on optimized coordinated control. *Electrotehnica, Electronica, Automatica (EEA)*, 66 (3), 7.
- Kapovsky, B., Zakharov, A., & Nikitina, M. (2020). Intelligent control system for minced meat production. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 14, 750–758. <https://doi.org/10.5219/1342>
- Maheswari, K. T., Bharani Kumar, R., Lavanya, D., & Boopathimanikandan, S. (2020). Design of SVPWM based closed-loop control of voltage source inverter fed induction motor drive with PID controller. *Proceedings of the 4th International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)*, 487–492. <https://doi.org/10.1109/ICISC47916.2020.9171181>
- Martin, J. (2008). Energy savings from inverter drives in the efficient building. *World Pumps*, (498), 32–34. [https://doi.org/10.1016/S0262-1762\(08\)70102-0](https://doi.org/10.1016/S0262-1762(08)70102-0)
- Pangestu, R., Harini, B., & Yusivar, F. (2019). Temperature control of air conditioning compressor system on electric vehicles, *4th IEEE Conference on Energy Conversion (CENCON)*, 165–170.
- Patel, V. V. (2020). Ziegler-Nichols tuning method: Understanding the PID controller. *Resonance*, 25(10), 1385–1397. <https://doi.org/10.1007/s12045-020-1058-z>
- Ramirez, S., Zepeda, D. A., Cerda, J., & Torres, V. (2018). A PID controller comparative study of tuning methods for a three-phase induction motor speed control. *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 2238, 655–659.
- Schreitmüller, A., & Verdier, D. (2003). Dedicated frequency inverters for optimising the drinking water supply and the treatment of waste water. *Eau, l'INDUSTRIE, Les Nuisances*, 261, 55–57.
- Sindhuja, S., Abirami, P., Pushpavalli, M., & Sivagami, P. (2019). Implementation of multilevel inverter for controlling induction motor. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(1), 1164–1169.
- Sudjoko, R. I., Hartono, & Iswahyudi, P. (2020). Speed control of permanent magnet synchronous motor using universal bridge and PID controller. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 405–416. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4481-1_39
- Wang, S., Liang, H., & Wang, J. (2019). GA PID control research in inverter motor speed governing system. *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering*, 19(2), 299–306. <https://doi.org/10.3233/JCM-180869>

Comparative study of frequency converters of three-phase electric motors in automatic control of technological parameter

Margarita M. Blagoveshchenskaya¹, Mikhail V. Veselov¹

¹ Moscow State University of Food Production, 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation

Correspondence concerning this article should be addressed to Margarita M. Blagoveshchenskaya, Moscow State University of Food Production, address: 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation, e-mail: mmb@mgupp.ru

Frequency converters of asynchronous three-phase AC motors are widely used in industry, including food production. A thorough understanding of the technical capabilities of frequency converters contributes to their efficient use. This article discusses a technical comparison of two frequency converters of three-phase electric motors of the Russian company "OWEN" and the Danish company "DANFOSS" according to the criterion of the quality of regulation of the technological parameter. For comparison, a test bench was created, in which the devices were tested in turn, under the same conditions. During the preparation and implementation of testing, it turned out that the hardware capabilities of frequency converters for their use in regulating technological parameters are the same, and the parametric capabilities are different. The frequency converter of the "OWEN" company is equipped with a PI controller, and the frequency converter from "DANFOSS" is equipped with a PID controller. As the results of testing the devices show, despite such a difference, with an appropriate setting, the frequency converter of the "OWEN" company is not inferior to the frequency converter of the "DANFOSS" company in terms of the quality of regulation of the technological parameter.

Key words: frequency converter of a three-phase electric motor, automatic control system, technological parameter of the production process.

References

- Aleinikov, A. K. (2018). *Osnovy avtomatizatsii tekhnologicheskikh processov* [Fundamentals of automated technological processes]. Saratov State Agrarian University.
- Balykhin, M. G., Blagoveshchensky, I. G., Nazoikin, E. A., & Blagoveshchensky, V. G. (2019). An adaptive control system with an identifier for non-stationary technological processes in the food industry. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyah pishchevoj promyshlennosti* [Intelligent systems and technologies in the food industry], (pp. 32-39).
- Balykhin, M. G., Borzov, A. B., & Blagoveshchensky, I. G. (2017). Architecture and basic concept of creating an intelligent expert system for food quality control. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 11, 60 - 63.
- Balykhin, M. G., Borzov, A. B., & Blagoveshchensky I. G. (2017). *Metodologicheskie osnovy sozdaniya ekspertnykh sistem kontrolya i prognozirovaniya kachestva pishchevoj produkcii s ispol'zovaniem intellektual'nykh tekhnologij* [Methodological foundations for the creation of expert systems for monitoring and predicting the quality of food products using intelligent technologies]. Frantera.
- Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchensky, I. G., & Nazoikin, E. A. (2015). A technique for automatic assessment of the quality of food products based on the theory of artificial neural networks. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 2, 42 - 45.
- Blagoveshchenskaya, M. M. (2009). *Osnovy stabilizatsii processa prigotovleniya mnogokomponentnykh mass* [Basics of stabilizing the process of preparing multicomponent masses]. Frantera.
- Blagoveshchenskaya, M. M., & Zlobin, L. A. (2005). *Informacionnye tekhnologii sistem upravleniya tekhnologicheskimi processami* [Information technology of technological process control systems]. Vysshaya shkola
- Gribanov, A. A., & Vasilenko, A. S. (2018). Fuzzy regulation in the automation of production processes.

How to Cite

Blagoveshchenskaya, M. M., Veselov, M. V. (2020). Comparative study of frequency converters of three-phase electric motors in automatic control of technological parameter. *Health, Food & Biotechnology*, 2(3). <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i3.s71>

- Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice], 4(40), 297-300.
- Krylova, L. A., Blagoveshchensky V. G., & Tatarinov, A. V. (2017). Development of intelligent hardware and software systems for monitoring processes of separation of dispersed food masses based on intelligent technologies. In *Razvitie pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti Rossii: kadry i nauka* [Development of the food and processing industry in Russia: personnel and science], (pp. 199-201).
- Petryakov, A. N., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchensky, V. G., & Krylova, L. A. (2018). Application of object-oriented programming methods to control the quality indicators of confectionery products. *Konditerskoe i hlebopekarnoe proizvodstvo* [Confectionery and bakery production], 5-6(176), 21-23.
- Reshetnyak, E. P. (2010). *Funkcional'nye skhemy avtomatizatsii oborudovaniya po pererabotke moloka* [Functional diagrams of automation of milk processing equipment], Part 1. Saratov State Agrarian University.
- Astrom, K. J. (2002). *Control System Design Lecture notes for ME 155A*. Department of Mechanical & Environmental Engineering University of California Santa Barbara. University of California Santa Barbara, (pp. 216 – 252).
- Calderon-Cordova, C., Chuquimarca-Carrillo, E., Salinas-Lliviganay, D., Salinas-Bravo, D., Rivera-Lituma, J., & Betancourth, C. R. (2018). Automation of a medicinal herb crusher machine applied to the small food industry. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1–7. <https://doi.org/10.23919/CISTI.2018.8399306>
- Carter, C. (2007). A turn of speed. *Engineer*, 293(7721), 39–42.
- Celebrating the VLT: the first frequency converter. (2014). *World Pumps*, 2014(3), 12–16. [https://doi.org/10.1016/s0262-1762\(14\)70045-8](https://doi.org/10.1016/s0262-1762(14)70045-8)
- Guo, X., Wu, Y., Li, G., Li, Sh., & Wen, Y. (2018). Motor-pump system based on optimized coordinated control. *Electrotehnica, Electronica, Automatica (EEA)*, 66 (3), 7.
- Kapovsky, B., Zakharov, A., & Nikitina, M. (2020). Intelligent control system for minced meat production. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 14, 750–758. <https://doi.org/10.5219/1342>
- Maheswari, K. T., Bharani Kumar, R., Lavanya, D., & Boopathimanikandan, S. (2020). Design of SVPWM based closed-loop control of voltage source inverter fed induction motor drive with PID controller. *Proceedings of the 4th International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)*, 487–492. <https://doi.org/10.1109/ICISC47916.2020.9171181>
- Martin, J. (2008). Energy savings from inverter drives in the efficient building. *World Pumps*, (498), 32–34. [https://doi.org/10.1016/S0262-1762\(08\)70102-0](https://doi.org/10.1016/S0262-1762(08)70102-0)
- Pangestu, R., Harini, B., & Yusivar, F. (2019). Temperature control of air conditioning compressor system on electric vehicles, *4th IEEE Conference on Energy Conversion (CENCON)*, 165-170.
- Patel, V. V. (2020). Ziegler-Nichols tuning method: Understanding the PID controller. *Resonance*, 25(10), 1385–1397. <https://doi.org/10.1007/s12045-020-1058-z>
- Ramirez, S., Zepeda, D. A., Cerda, J., & Torres, V. (2018). A PID controller comparative study of tuning methods for a three-phase induction motor speed control. *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 2238, 655–659.
- Schreitmüller, A., & Verdier, D. (2003). Dedicated frequency inverters for optimising the drinking water supply and the treatment of waste water. *Eau, l'INDUSTRIE, Les Nuisances*, 261, 55–57.
- Sindhuja, S., Abirami, P., Pushpavalli, M., & Sivagami, P. (2019). Implementation of multilevel inverter for controlling induction motor. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(1), 1164–1169.
- Sudjoko, R. I., Hartono, & Iswahyudi, P. (2020). Speed control of permanent magnet synchronous motor using universal bridge and PID controller. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 405–416. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4481-1_39
- Wang, S., Liang, H., & Wang, J. (2019). GA PID control research in inverter motor speed governing system. *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering*, 19(2), 299–306. <https://doi.org/10.3233/JCM-180869>

Оценка эффективности современного способа экстракции хмеля в пивоваренной промышленности с применением специализированного оборудования

Федоренко Борис Николаевич¹,
Орлов Илья Андреевич¹, Каледин Иван Михайлович¹,
Скоморохов Никита Сергеевич¹

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Федоренко Борису Николаевичу, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, 11, e-mail: FedorenkoBN@mgupr.ru

В данной статье представлены результаты сравнительного анализа эффективности двух методов дозировки хмеля на стадии созревания в производстве пива. В ходе эксперимента для сравнения выбран способ внесения ароматического хмеля «Galaxy» в пиво на стадии холодного созревания при помощи специального оборудования, в качестве которого был использован хмелеотделитель, произведенный компанией ООО «УралСпецТранс», а также способ дозировки хмеля напрямую в емкость дображивания. В рамках работы определяли основные физико-химические показатели молодого пива до и после процесса охмеления, также для контроля процесса экстракции растворимых веществ хмеля определяли концентрацию полифенолов и α -кислот. Исследовали молодое пиво до и после процесса сухого охмеления. Результаты сравнительного анализа показали эффективность метода дозировки хмеля, реализуемого на специализированном оборудовании.

Ключевые слова: пивоваренная промышленность, хмель, экстракция

Введение

Современные тенденции рынка пивоваренной индустрии в связи с увеличивающимся ассортиментом выпускаемой продукции требуют внедрения инновационных технологических решений в устоявшиеся производственные процессы индустрии напитков.

В производстве пива сегодня все большее применение находит технология сухого охмеления. Она подразумевает внесение хмеля в пиво на технологической стадии созревания с целью экстракции растворимых веществ и перехода в напиток ароматических компонентов. Существуют различные методы реализации технологии сухого охмеления. Целью данной работы является сравнение и выявление наиболее эффективного из двух распространенных способов – внесения хмеля напрямую в емкость с напитком и ре-

циркуляции пива через специальный аппарат, в который предварительно дозируются хмелевые гранулы.

В данной работе проведен сравнительный анализ эффективности методов дозировки хмеля на стадии созревания с применением специализированного оборудования и классической задачи напрямую в емкость с продуктом. Для сравнения эффективности экстрагирования ароматических веществ из хмелевых гранул были использованы такие показатели, как концентрация полифенолов и α -кислот в полученном пиве.

Термин «сухое охмеление» определяется как добавление хмеля или хмелепродуктов на холодной стадии процесса пивоварения. Существует множество различных методов сухого охмеления, экспериментируя с которыми можно оценить качество и интенсивность аромата

в готовом пиве (Рукавицын, 2017; Maue, 2016; Матвеева, 2014; Mitter, 2013). В настоящее время разработаны специальные технологии внесения хмеля и специализированное оборудование. Добавление хмеля непосредственно в емкость с молодым пивом является одним из наиболее доступных способов сухого охмеления, такой метод используется пивоваренными предприятиями малой и средней мощности. Все чаще сухое охмеление используется и крупными пивоваренными заводами для производства сортов пива с ярко выраженным хмелевым ароматическим профилем, однако сохранение стабильности аромата является предметом дискуссий (Cibaka, 2018; Vollmer, 2018; Haley, 1983).

Чтобы получить данные сорта пива - внедряют специально разработанное оборудование для дозирования хмеля, предназначенного для сухого охмеления. Принцип работы данного оборудования заключается в том, что молодое пиво рециркулирует из резервуара для созревания через аппарат, заполненный шишковым хмелем или гранулами, позволяя при этом экстрагировать растворимые компоненты хмеля, сохраняя хмелевые гранулы в устройстве (Матвеева, Титов, 2015).

На ароматический профиль пива после процесса сухого охмеления влияют такие факторы, как норма дозирования, урожай, состояния лупулиновых желез, технология задачи и размер частиц хмеля, продолжительность контакта, количество дрожжевых клеток, штамм дрожжей (Хмелевская, 2017; Hough, 1982; Bailey, 2009; Barry, 2018).

Наиболее простым и доступным способом сухого охмеления является добавление хмеля непосредственно в емкость с созревающим пивом, но в настоящее время разработаны специальные технологии внесения хмеля и сопутствующее оборудование (Бородулин, 2017; Рукавицын, 2016; Rouck, 2011).

Распространенные методы внесения хмеля с применением специализированного оборудования основываются на рециркуляции пива из резервуара для созревания через аппарат, заполненный шишковым хмелем или гранулами. При этом извлекаются экстрагируемые вещества, а сам хмель остается в аппарате.

Открытым остается вопрос выбора оптимальной технологии экстрагирования растворимых веществ хмеля. Для восполнения пробела данных

по указанной проблематике в представленной работе проведен сравнительный анализ данных, полученных опытным путем, по содержанию α -кислот и полифенолов в пиве, полученном с применением различных технологий внесения хмеля.

Оборудование

В ходе эксперимента выбран способ внесения ароматического хмеля «Galaxy» в пиво на стадии холодного созревания при помощи специального оборудования, в качестве которого был использован хмелеотделитель, произведенный компанией ООО «УралСпецТранс». Данный хмелеотделитель представляет собой емкость вместимостью 60 литров, снабженную фильтрующим элементом – сеткой с ячейкой 0,63 мм, распылителями, люком кольцевым, коллектором, трубопроводом СІР со штуцером резьбовым, тангенциальными патрубками подачи продукта, патрубком слива продукта, смотровыми диоптрами, манометром с разделителем сред, шланговой надставкой для подачи углекислого газа, клапаном ограничительным и патрубком для подачи продукта внутрь фильтрующего элемента³. Конструктивное устройство хмелеотделителя изображено на Рис. 1.

Для оптимальной экстракции растворимых веществ хмеля процесс сухого охмеления был проведен при температурном режиме 6°C. Цилиндрикоконический танк (ЦКТ), в котором находится охмеляемое пиво, соединен с хмелеотделителем, предварительно заполненным хмелем, в один циркуляционный контур при помощи насоса и съемных шлангов, как изображено на Рис. 2.

Процесс циркуляции осуществляется при открытых кранах, как это указано на Рис. 2, и включенном насосе. Продолжительность сухого охмеления в ходе эксперимента составила 4 часа до наблюдения максимальной степени растворения хмелевых гранул в смотровом стекле хмелеотделителя.

При опыте с дозировкой хмеля без применения специализированного оборудования температурный режим в ЦКТ также составлял 6°C.

На каждый опыт в хмелеотделитель вносили одинаковое количество хмеля – 25 г/дал пива.

³ «НОМАС» - завод емкостного оборудования <https://nomas.ru>

Рисунок 1
Хмелеотделитель (Электронный ресурс: <https://nomas.ru>)

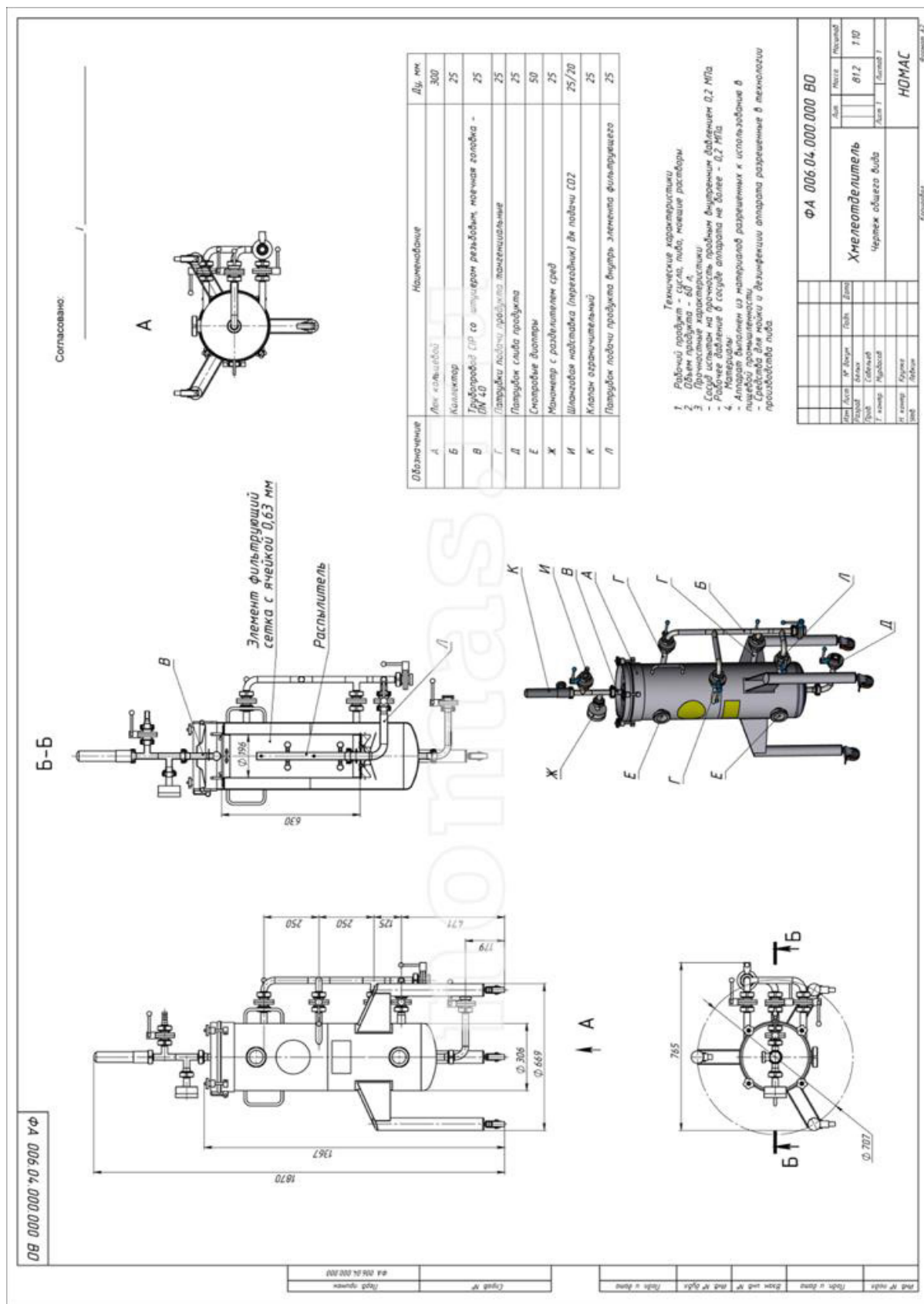
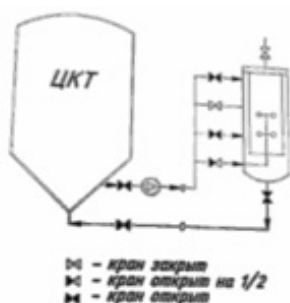


Рисунок 2

Схема соединения ЦКТ и хмелеотделителя в единый циркуляционный контур



Материалы исследования

Образцы пива готовили настойным способом из солода Pale Ale DINGEMANS (Бельгия), количество которого в засыпи составляло 95%, и 5% солода Chateau Melano (Бельгия). Качественные показатели использованного зернового сырья представлены производителями и указаны в Таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1

Физико-химические показатели солода Pale Ale DINGEMANS (Бельгия)

Параметр, ед. изм.	Результаты испытаний
Массовая доля влаги, %	4,5
Экстрактивность, % СВ	80
Цвет сусла, ЕВС	8-10
Цвет после кипячения, ЕВС	12-14
pH	6
Общий белок, % СВ	12
Растворимый белок, % СВ	5

Таблица 2

Физико-химические показатели солода Chateau Melano (Бельгия)

Параметр, ед. изм.	Результаты испытаний
Массовая доля влаги, %	4,5
Экстрактивность, % СВ	78
Цвет сусла, ЕВС	80
pH	6

Для придания пиву горечи на стадии варки сусла в начале кипячения добавляли гранулированный хмель сорта «Columbus», его показатели представлены производителем «Yakima Chief» (Табл. 3).

Таблица 3

Физико-химические показатели гранулированного хмеля «Columbus»

Параметр, ед. изм.	Результаты испытаний
Содержание α -кислот, %	13,9
Содержание β -кислот, %	4-5
Когумулон, % от α -кислот	34-37
Содержание масел хмеля, мл/100	1,2-2

Для сухого охмеления использовали гранулированный хмель сорта «Galaxy», показатели которого представлены производителем «Joh.Barth&Sohn GmbH&Co. KG» и указаны в Таблице 4.

Таблица 4

Физико-химические показатели гранулированного хмеля «Galaxy»

Параметр, ед. изм.	Результаты испытаний
Содержание α -кислот, %	13,1
Содержание масел хмеля, мл/100 г	2,0

Для сбраживания были использованы американские дрожжи SafAle US-05 в дозировке 25 г/г. Температура основного брожения составляла 20 °С.

Воду использовали питьевую, соответствующую ГОСТ Р 51232-98.

В качестве вспомогательных материалов применяли:

- пищевую молочную кислоту для подкисления затора;
- в качестве источника ионов кальция соль CaCl

Методы исследования

В рамках работы определяли основные физико-химические показатели молодого пива до и после процесса охмеления, также для контроля процесса экстракции растворимых веществ хмеля в пиво определяли концентрацию полифенолов и α -кислот.

Анализ молодого пива проводили на 8 сутки брожения, перед процессом сухого охмеления и после него.

Использовали следующие методики:

- определение содержания этилового спирта и вязкости на анализаторе AntonPaar DMA4500 M;
- ГОСТ 31764-2012 Пиво. Метод определения pH;
- определение мутности по прибору фирмы «Haffmans B.V.», модель «Vos Rota 90/25»;

- ГОСТ 12788-87 Пиво. Методы определения кислотности;
- метод определения концентрации полифенольных соединений в пиве, основанный на изменении интенсивности окраски раствора полифенольных соединений в щелочной среде в присутствии железа лимонноаммиачного коричневого, водного;
- метод определения α -кислот в пиве, основанный на их экстракции из пива изооктаном.

Результаты исследования

Процесс сухого охмеления проводили в двух цилиндрикоконических танках (ЦКТ) с образцами пива, приготовленного по одинаковым рецептурам. В ЦКТ №1 внесение гранулированного хмеля «Galaxy» осуществлялась без применения специализированного оборудования напрямую в емкость дображивания через люк. В ЦКТ №2 дозировка хмелевых гранул производилась по описанной выше технологии сухого охмеления с применением специализированного оборудования.

Технические характеристики ЦКТ представлены производителем ООО «УралСпецТранс» (Табл. 5).

Таблица 5

Технические характеристики ЦКТ

Наименование параметра	Значение величины
Рабочий продукт	пиво
Рабочий объем продукта, л.	2000
Давление избыточное рабочее/испытательное в сосуде, МПа	0,069/ 0,200
Температура продукта, max/min, °C	2%
Внутренний диаметр ёмкости, мм.	1400
Наружный диаметр max, мм.	1536
Высота, мм.	2800
Масса нетто, кг.	500

Отбор проб осуществляли непосредственно перед процедурой охмеления – образец №1, на первые сутки после охмеления – образец №2, на вторые сутки после охмеления – образец №3, на третьи сутки после охмеления – образец №4, на четвертые сутки после охмеления – образец №5, на пятые сутки – образец №6. Результаты анализов отобранных проб из ЦКТ№1 и ЦКТ№2 приведены в таблицах № 6 и 7 соответственно.

Для сравнения эффективности экстрагирования ароматических веществ из хмелевых гранул изменения

Таблица 6

Физико-химические показатели охмеленного пива в ЦКТ №1

Образец, №	Этиловый спирт, %	pH	Кислотность, к. ед.	Полифенолы, мг/л	Мутность, ед. ЕВС (при 20 °C)	Вязкость, мПа*С	α -кислоты, мг/л
1	4,89	4,5	1,9	197	14,51	1,574	8,9
2	4,9	4,6	2	211	47,6	1,572	13,1
3	4,9	4,5	2	219	12,3	1,561	14,8
4	4,91	4,6	2	221	11,2	1,55	20,2
5	4,94	4,6	2	231	12,2	1,611	22,3
6	4,94	4,6	2,1	239	12,2	1,612	25,9

Таблица 7

Физико-химические показатели охмеленного пива в ЦКТ №2

Образец, №	Этиловый спирт, %	pH	Кислотность, к. ед.	Полифенолы, мг/л	Мутность, ед. ЕВС (при 20 °C)	Вязкость, мПа*С	α -кислоты, мг/л
1	4,9	4,5	1,9	204	14,51	1,579	9,1
2	4,9	4,6	2,1	225	52,3	1,571	14,3
3	4,9	4,5	2	219	12,53	1,564	15,6
4	4,93	4,6	2	235,3	35,0	1,55	22,2
5	4,97	4,6	2	233,1	7,5	1,622	24,2
6	4,95	4,6	2,1	243	12,4	1,615	34,9

показателей концентрации полифенолов и α -кислот со временем в полученном пиве приведены на графиках (Рис. 3–6). Отражены полиномиальные ли-

нии тренда и уравнения, описывающие зависимости прироста содержания полифенолов и α -кислот от времени, с коэффициентом достоверности R^2 .

Рисунок 3

График изменения концентрации полифенолов в ЦКТ №1 с течением времени



Рисунок 4

График изменения концентрации α -кислот в ЦКТ №1 с течением времени

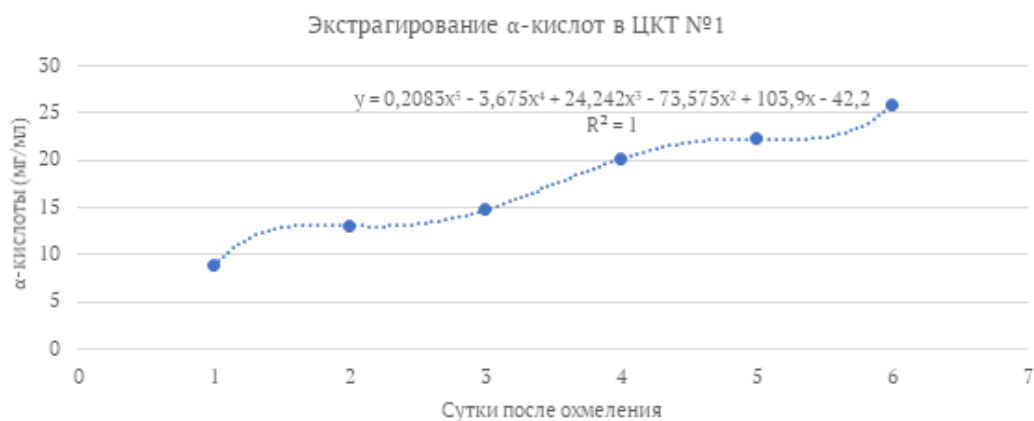


Рисунок 5

График изменения концентрации полифенолов в ЦКТ №2 с течением времени



Рисунок 6

График изменения концентрации α -кислот в ЦКТ №2 с течением времени

Обсуждение результатов исследования

Полученные зависимости и коэффициенты описывающих их уравнений свидетельствуют о более выраженной положительной динамике процесса экстракции полифенолов и α -кислот в опытах с применением хмелеотделителя в ЦКТ № 2. Наблюдаемые результаты подтверждают выявленный И.В. Новиковой, П.В. Рукавицыным и А.С. Муравьевым положительный эффект использования специализированного оборудования для дозировки хмеля на экстракцию полифенолов (Новикова, 2019).

Результаты проведенных испытаний показали, что прирост концентрации полифенолов в ЦКТ №1 в течение 5 суток после охмеления составлял в среднем 8,4 мг/мл за сутки.

Прирост концентрации α -кислот в ЦКТ №1 в течение 5 суток после охмеления составлял в среднем 3,4 мг/мл за сутки.

Прирост концентрации полифенолов в ЦКТ №2 в течение 5 суток после охмеления составлял в среднем 7,5 мг/мл за сутки.

Прирост концентрации α -кислот в ЦКТ №2 в течение 5 суток после охмеления составлял в среднем 5,16 мг/мл за сутки.

Исходя из полученных данных, можно заключить, что при дозировке хмеля с использованием специализированного оборудования экстрагирование α -кислот происходит активнее, чем при классической задаче хмеля через люк ЦКТ.

Также показатели концентрации α -кислот и полифенолов на 5 сутки после дозировки хмеля выше при варианте с использованием хмелеотделителя.

Сравнительный анализ показал эффективность применения специализированного оборудования при экстрагировании растворимых веществ хмеля на стадии сухого охмеления в пивоваренном производстве в сравнении с дозировкой напрямую в емкость дображивания.

Заключение

Проведенная аналитическая работа позволяет подобрать пивоваренным предприятиям наиболее оптимальный режим задачи хмеля, который позволит извлечь большее количество полифенолов и α -кислот.

В связи со стремительно развивающимся инженерно-техническим обеспечением пивоваренных производств появляются новые варианты специализированного оборудования для дозировки хмеля, что обуславливает необходимость оценки эффективности новых способов охмеления и подбора оптимального режима.

Список литературы

- Бородулин, Д. М., Иванец, В. Н., Сафонова, Е. А., Просин, М. В., Миленский, И. О., & Носкова, В. В. (2017). Интенсификация процесса охмеления пивного сусла с применением роторно-пульсационного аппарата. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*, (4), 3-12.
- Матвеева, Н. А., & Титов, А. А. (2014). Выбор сорта хмеля для технологии сухого охмеления. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*, (4), 120-125.
- Матвеева, Н. А., & Титов, А. А. (2015). Применение технологии сухого охмеления в пивоварении. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия*

- «Процессы и аппараты пищевых производств», (1), 111-118.
- Новикова, И. В., Рукавицын, П. В., & Муравьев, А. С. (2019). К вопросу перехода ароматических соединений хмеля в пиво при реализации сухого охмеления. *Пищевая промышленность*, (1), 69-73.
- Рукавицын, П. В., Новикова, И. В., Коростелев, А. В., & Парашкин, М. Ю. (2016). Перспективы применения способа сухого охмеления в пивоварении. В *Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья*, (с. 105–109).
- Рукавицын, П. В., & Новикова, И. В. (2017). Условия реализации способа «сухого» охмеления в пивопроизводстве. В *Актуальные вопросы нутрициологии; биотехнологии и безопасности пищи*, (с. 213–216).
- Хмелевская, А. В., Черчесова, С. К., Компанцев, А. А., & Караева, И. Т. (2017). Биологически активные вещества дикорастущего хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.), произрастающего в республике Северная Осетия-Алания. *Известия Горского государственного аграрного университета*, (2), 195–198.
- Bailey, B., Schoenberger, C., Drexler, G., Gahr A., Newman, R., Poeschl, M., & Geiger, E. (2009). The influence of hop harvest date on hop aroma in dry-hopped beers. *Technical Quarterly*, (1), 1-7.
- Barry, S., Muggah, E. M., McSweeney, M. B., & Walker, S. (2018). A preliminary investigation into differences in hops' aroma attributes. *International Journal of Food Science & Technology*, (3), 804–811. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13656>
- Cibaka, C., Ferreira, S., & Decourrière, L. (2018) Dry hopping with the dual-purpose varieties amarillo, citra, hallertau blanc, mosaic, and sorachi ace. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, (2), 122–129.
- Maye, J. P. (2016). Dry hopping and its effects on the international bitterness unit test and beer bitterness. *Technical Quarterly*, (3), 134–136. <http://dx.doi.org/10.1094/TQ-53-3-0808-01>
- Mitter, W. (2013). Dry hopping – a study of various parameters. Consequences of the applied dosing method. *Brewing and beverage industry international*, (4), 70–74.
- Haley, J., & Peppard, T. L. (1983). Differences in utilisation of the essential oil of hops during the production of dry-hopped and late-hopped beers. *Journal of the Institute of Brewing*, (2), 87–91.
- Hough, J. S., & Briggs D. E. (1982). *Malting and brewing science*. Chapman and Hall.
- Rouck, G. de, & Clippeleer, J. de Aerts G. (2011). Analytical and sensory assessment of hoppy aroma and bitterness of conventionally hopped and advanced hopped Pilsner beers. *Cerevisia*, (2), 47–59.
- Vollmer, D. M. & Shellhammer, T. H. (2018) Influence of hop oil content and composition on hop aroma intensity in dry-hopped beer. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, (4), 242–249. <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2016-4123-01>

Evaluation of the effectiveness of the modern hop extraction method in the brewing industry with the use of specialized equipment

Boris N. Fedorenko¹, Ilya A. Orlov¹, Ivan M. Kaledin¹, Nikita S. Skomorokhov¹

¹ *Moscow State University of Food Production*

Correspondence concerning this article should be addressed to Fedorenko Boris Nikolaevich, Moscow State University of Food Productions, address: 125080, Moscow, Volokolamskoe shosse, 11, e-mail: FedorenkoBN@mgupp.ru

This article presents the results of a comparative analysis of the effectiveness of two methods of hops dosage at the stage of maturation in beer production. During the experiment, for comparison, a method was chosen for adding Galaxy aromatic hops to beer at the cold maturation stage using special equipment, which was used as a hop separator produced by Uralspettrans LLC, as well as a method for dosing hops directly into the fermentation tank. As part of the work, the main physical and chemical parameters of young beer were determined before and after the hopping process, and the concentration of polyphenols and α -acids was also determined to control the extraction of soluble hop substances. Young beer was studied before and after the dry hopping process. The results of the comparative analysis showed the effectiveness of the hop dosage method implemented on specialized equipment.

Keywords: brewing industry, hops, extraction

References

- Borodulin, D. M., Ivanec, V. N., Safonova, E. A., Prosin, M. V., Milen'kij, I. O., & N^oskova, V. V. (2017). Intensification of the beer wort hopping process using a rotary-pulsating apparatus. *Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya «Processy i apparaty pishchevyh proizvodstv»* [Scientific journal of SRU ITMO. Series «Processes and Apparatus for Food Production»], (4), 3-12.
- Matveeva, N. A., & Titov, A. A. (2014). Choosing a hop variety for dry hopping technology. *Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya «Processy i apparaty pishchevyh proizvodstv»* [Scientific journal of SRU ITMO. Series «Processes and Apparatus for Food Production»], (4), 120-125.
- Matveeva, N. A., & Titov, A. A. (2015). Application of dry hopping technology in brewing. *Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya «Processy i apparaty pishchevyh proizvodstv»* [Scientific journal of SRU ITMO. Series «Processes and Apparatus for Food Production»], (1), 111-118.
- Novikova, I. V., Rukavicyn, P. V., & Murav'ev, A. C. (2019). On the issue of the transition of aromatic hop compounds into beer during the implementation of dry hopping. *Pishcheyaya promyshlennost' [Food Industry]*, (1), 69-73.
- Rukavicyn, P. V., N^ovikova, I. V., Korostelev, A. V., & Parashkin, M. Yu. (2016). Prospects for the application of the dry hopping method in brewing. In *Innovacionnye resheniya pri proizvodstve produktov pitaniya iz rastitel'nogo syr'ya* [Innovative plant-based food solutions], (pp. 105–109).
- Rukavicyn, P. V., & N^ovikova, I. V. (2017). Conditions for the implementation of the method of «dry» hopping in beer production. In *Aktual'nye voprosy nutriciologii; biotekhnologii i bezopasnosti pishchi: Materialy Vserossijskoj konferencii molodyh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem* [Topical issues of nutritional science; biotechnology and food safety: Proceedings of the all-Russian conference of young scientists with international participation], (pp. 213–216).
- Hmelevskaya, A. V., Cheresova, S. K., Kompancev, A. A., & Karaeva, I. T. (2017). Biologically active substances of wild-growing ordinary hops (*Humulus lupulus* L.), growing in the Republic of N^orth Ossetia-Alania. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Gorsk State Agrarian University], (2), 195–198.
- Bailey, B., Schoenberger C., Drexler G., Gahr A., Newman R., Poeschl M., & Geiger E. (2009). The Influence of Hop Harvest Date on Hop Aroma in Dry-Hopped Beers. *Technical Quarterly*, (1), 1-7.

How to Cite

Fedorenko, B. N., Orlov, I. A., Kaledin, I. M., & Skomorokhov, N. S. (2020). Evaluation of the effectiveness of the modern hop extraction method in the brewing industry with the use of specialized equipment. *Health, Food & Biotechnology*, 2(3). <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i3.s79>

- Barry, S., Muggah E. M., McSweeney M. B., & Walker S. (2018). A preliminary investigation into differences in hops' aroma attributes. *International Journal of Food Science & Technology*, (3), 804–811. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13656>
- Cibaka, C., Ferreira S., & Decourrière L. (2018). Dry hopping with the dual-purpose varieties amarillo, citra, hallertau blanc, mosaic, and sorachi ace. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, (2), 122–129.
- Maye, J. P. (2016). Dry hopping and its effects on the international bitterness unit test and beer bitterness. *Technical Quarterly*, (3), 134–136. <http://dx.doi.org/10.1094/TQ-53-3-0808-01>
- Mitter, W. (2013). Dry hopping – a study of various parameters. Consequences of the applied dosing method. *Brewing and beverage industry international*, (4), 70–74.
- Haley, J., & Peppard T. L. (1983). Differences in utilisation of the essential oil of hops during the production of dry-hopped and late-hopped beers. *Journal of the Institute of Brewing*, (2), 87–91.
- Hough, J. S., & Briggs D. E. (1982). *Malting and brewing science*. Chapman and Hall.
- Rouck, G. de, & Clippeleer, J. de Aerts G. (2011). Analytical and sensory assessment of hoppy aroma and bitterness of conventionally hopped and advanced hopped Pilsner beers. *Cerevisia*, (2), 47–59.
- Vollmer, D. M. & Shellhammer, T. H. (2018) Influence of hop oil content and composition on hop aroma intensity in dry-hopped beer. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, (4), 242–249. <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2016-4123-01>

О возможности использования продуктов переработки амаранта в мясных системах

Никитин Владимир Владиславович^{1,2},
Титов Евгений Иванович¹, Литвинова Елена Викторовна¹

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

² ВНИИХИ - филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Никитину Владимиру Владиславовичу ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», адрес: 109029, г. Москва, ул. Талалихина, 33, e-mail: lampard44@gmail.com

В статье представлены данные о возможности использования амарантовой муки в технологии мясных изделий, с целью увеличения объемов производства и повышения качества пищевых продуктов, а также экономии расходования мясного сырья. Изложены результаты изучения влияния белковых продуктов из амаранта на качественные показатели мясных систем. Определен оптимальный уровень замены мясного сырья на муку из семян амаранта, позволяющий получить готовые продукты с повышенной пищевой ценностью.

Ключевые слова: амарант, белковые вещества, мясные изделия, биологическая и пищевая ценность

Введение

С целью увеличения объемов производства пищевых продуктов, экономии расходования мясного сырья и повышения качества продукции, ученые исследуют дополнительные источники пищевого сырья, в частности растения, которые использовали еще древние цивилизации. Одним из таких растений является амарант. Инки, ацтеки и майя 5000 лет назад считали его священным, и использовали в качестве источника пурпурной краски в языческих обрядах. В доколумбовые времена амарант, как и кукуруза с фасолью, был одной из основных пищевых культур Нового Света. Однако испанские завоеватели положили конец использованию амаранта как основной продовольственной культуры, что замедлило его распространение в мировом сельском хозяйстве в качестве высокопитательного продукта (Чиркова, 2014).

В России еще в 1932 г. на возможность применения амаранта в сельском хозяйстве, как перспективной кормовой и пищевой культуры указывал академик Н.И. Вавилов. Однако начатые им исследования были прекращены. В последние десятилетия как в России, так и во всем мире вновь возрос интерес к выращиванию и переработке семян амаранта. В настоящее время используют продукты

переработки амаранта только на кормовые цели (Литвинова, 2017).

Амарант – разновидность двудольного травянистого растения (семейство псевдозлаковых), принадлежащее к роду *Amaranthus*, который включает в себя около 90 видов растений (Рис. 1).

Одним из основных преимуществ семян амаранта перед другими сельскохозяйственными культурами, выращиваемыми в нашей стране, является высокое содержание легко усваиваемого белка (Табл. 1) (Александров, 2017).

Дополнительным фактором ценности амаранта как источника продовольственного сырья является наличие в нем высокого содержания минеральных веществ (фосфор, калий, кальций, магний, натрий, железо, медь, марганец, цинк) и витаминов (токоферолы и токотриенолы – витамин Е, рибофлавин, фолиевая кислота, рибофлавин – В1, тиамин – В2, витамин Д, пантотеновая кислота), что дает возможность использовать продукты его переработки биологических добавок в производстве кондитерских изделий и различных каш (Кидяев, 2017).

Наиболее перспективными сортами амаранта для получения физиологически-функциональных ин-

Рисунок 1
Амарант хвостатый



гредентов являются «Ультра», «Эльбрус», «Харьковский».

Научные работы в области изучения качественных показателей и свойств амарантовой муки позво-

ляют сделать выводы о возможности ее использования в качестве белкового обогатителя для повышения питательной ценности, а также проявления антиоксидантных свойств и ингибирующих процессов окислительного прогоркания липидов хлебобулочных изделий; доказана возможность частичной замены ячменного солода, используемого при производстве пива, на обезжиренную муку из семян амаранта (Correa, 2014). Имеются данные по использованию амаранта в качестве ингредиента при изготовлении напитков – высокобелковая фракция, полученная при воздействии на семена амаранта α -амилазы может служить заменителем цельного молока (Гусева, 2002). Проведены исследования потребительских свойств полуфабрикатов из мяса кур-несушек с использованием амарантовой муки (Городок, 2008).

Следует заметить, что в технологии мясных продуктов данный вид растительного сырья практически не изучен. Вследствие чего, весьма перспективно изучение влияния продуктов переработки амаранта на качественные показатели готовых мясных изделий.

В связи с вышесказанным, авторами статьи были проведены исследования влияния муки из семян амаранта на свойства модельных фаршевых систем, с целью определения рационального уровня замены мясного сырья на растительное.

Таблица 1
Аминокислотный состав зерновых культур

Аминокислота мг/100 г	Амарант	Мука пшеничная	Мука рисовая	Мука кукурузная	Мука гречневая
Незаменимые аминокислоты, в т.ч.:	4502	3130	2488	2852	3811
Валин	623	453	466	398	559
Изолейцин	552	483	354	361	462
Лейцин	814	809	660	1011	688
Лизин	804	239	259	225	624
Метионин	345	138	140	145	288
Треонин	552	302	248	311	452
Триптофан	216	129	100	47	175
Фенилаланин	596	577	366	354	563
Заменимые аминокислоты, в т.ч.:	9373	7985	4190	5637	7606
Аланин	552	317	367	776	574
Аргинин	1440	466	531	275	1044
Аспарагиновая кислота	1360	455	540	968	1059
Гистидин	524	210	152	161	264
Глицин	1020	381	368	265	710
Глутаминовая кислота	2240	3653	1158	1377	2120
Пролин	1000	1254	310	651	498
Серин	751	542	342	441	580
Тирозин	483	359	294	477	402
Цистин	30	348	129	246	351
Общее содержание аминокислот	13875	11115	6678	8489	11413

Материалы и методы

Для обеспечения сопоставимости полученных результатов при изучении модельных комбинированных систем использовали сырье одной партии: говядина 1 сорта и свинина полужирная, мука из семян амаранта двух видов, различной степени помола (ТУ 9293-051-00932169-03; ТУ 9719-352-00334534-2003).

При выполнении исследований по определению показателей пищевой ценности использовали следующие методики: массовую долю влаги – по ГОСТ Р 33319-2015; массовую долю белка – на полуавтоматическом приборе Kjeltac System 1002 «Tecator»; массовую долю жира – по ГОСТ 23042-2015; массовую долю золы – по ГОСТ 31727-2012; массовую долю углеводов – расчетным методом. Структурно-механические свойства мясных продуктов, в частности, напряжение среза и работу резания, оценивали с помощью универсальной испытательной машины «Instron – 1140» с использованием приставки «Kramer Shear Press» (Литвинова, 2017). Руководствуясь ТР ТС 021/011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции», ТР ТС 034/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции», МУК 4.2.2747-10 Методы санитарно-паразитологической экспертизы мяса и мясной продукции изучали показатели безопасности разработанных продуктов питания. Органолептическим испытаниям подвергали образцы, ориентируясь на ГОСТ ISO 11037-2013 (Никитин, 2017). Содержание калия, кальция и железа определяли с применением сухой минерализации, основанной на полном разложении органического вещества при сжигании в электропечи при 600-700°C. Сущность метода заключалась в распылении раствора минерализата испытуемой пробы в воздушно-ацетиленовом пламени. Массовую долю макро- и микроэлементов определяли методом пламенной абсорбции в воздушно-ацетиленовом пламени на приборе фирмы Хитаки модели 180-80 с коррекцией фонового поглощения методом зеемановской поляризации спектров.

Функциональные свойства: влагосвязывающая способность – методом П. Грау и Р. Хамма в моди-

фикации В.П. Воловинской; водоудерживающая и жирудерживающая способности – по методу Н.Н. Липатова-мл.; эмульгирующая способность – методом центрифугирования.

Полученные результаты обрабатывали, используя общепринятые методы вариационной статистики. Различия показателей считали достоверными при значениях достоверного интервала $> 0,05$.

Результаты исследования

В исследуемых образцах обнаружено значительное содержание железа, калия и кальция – микроэлементов, которые являются дефицитными в фактическом рационе питания населения, что предопределяет целесообразность использования амарантовой муки в технологии мясных изделий для разработки рецептур пищевых продуктов общего и профилактического назначений (Табл. 2).

Результаты изучения функционально-технологических свойств амарантовой муки приведены в Таблице 3.

Установлено, что ВСС ЖСС и ЖЭС образца муки № 2 выше по сравнению с амарантовой мукой № 1 на 7, 8 и 34%, соответственно, что обусловлено большим содержанием белков и полисахаридов (Табл. 2).

При составлении комбинированного фарша из сырья мясного и растительного происхождения, муку амаранта вносили от 3 до 15 % (присвоены номера, от 1 до 5) на сухое вещество (с. в.) с шагом 3 ед., введение воды составляло 25 %, с учетом гидратационной способности муки (Табл. 3). Нитрит натрия в пищевые системы вносили с учетом рецептуры вареной колбасы «Столовой» 1 сорта. Оценку состава и свойств опытных моделей осуществляли в сравнении с образцом, не содержащим муку.

Установлено, что белки амарантовой муки, в процессе гидратации агрегируют с образованием сетчатой структуры, в ячейках которой иммобилизуются водные растворы различных веществ, а

Таблица 2

Химический состав амарантовой муки

№ образца муки амаранта	Массовая доля влаги, %	Массовая доля, % (на сухое вещество)				мг/100г		
		белка	жира	углеводов	золы	Ca	Fe	K
1	7,6±0,2	21,95±3	8,4±0,1	56,7±1	2,3±0,2	1,52±0,1	1,04±0,05	2,37±0,3
2	4,8±0,2	29,87±3	0,3±0,1	61,3±1	1,8±0,2	2,07±0,1	0,87±0,05	3,22±0,3

Таблица 3*Функционально-технологические свойства амарантовой муки*

Показатель	Мука № 1	Мука № 2
Водосвязывающая способность, (ВСС), % г/г	2,91±0,1	3,10±0,1
Пенообразующая способность, (ПОС), %	150±2	233±2
Стабильность пены, (СП), %	69±1	80±1
Жирсвязывающая способность, (ЖСС), г/г	2,41±0,2	2,63±0,2
Жироэмульгирующая способность, (ЖЭС), %	30±2	45±2
pH	6,71±0,05	6,73±0,05
Гидратационная способность (вода: мука)	1,8:1	1,8:1

крахмал и структурные комплексы, обладающие высокими гидрофильными свойствами, способствуют изменению содержания влаги и ВСС мясо-растительных систем (Рис. 2, 3):

- при внесении муки амаранта № 1, содержание влаги изменялось с 66,8 до 71,2 %, ВСС – с 88,1 до 91,4 %, по сравнению с контролем;
- при внесении муки амаранта № 2, содержание влаги изменялось с 64,6 до 70,5 %, ВСС – с 88,1 до 93,6 %, по сравнению с контролем.

Значения пластичности комбинированных пищевых систем, содержащих муку с 21,95 % белка уве-

личивались по сравнению с контролем на 2–18 %, в зависимости от внесения амарантовой муки, а с мукой, содержанием белка 29,87 % – на 3–19 %, по сравнению с контролем (Рис. 4).

Поскольку растительные и животные белковые вещества в водной среде являются амфотерными электролитами, характер их взаимодействия с водой зависит от активной реакции среды, то были проведены исследования по определению pH мясных систем (Рис. 5).

Согласно полученным данным, внесение муки из семян амаранта с различным содержанием белка сопровождалось увеличением величины pH фаршей, что связано со значениями pH сырья растительного происхождения (Табл. 2).

С целью получения высококачественной продукции органолептический анализ модельных систем, подвергнутых термической обработке – неотъемлемая составляющая при определении оптимального уровня замены мясного сырья (Рис. 6, 7).

Образцы с массовой долей замены мясного сырья на растительное в количестве 3, 6 и 9 % на с. в. обладали достаточно привлекательным внешним видом, хорошим ароматом, вкусом, сочной и нежной консистенцией – показателями, схожими с контрольным образцом. Модельные системы, содержащие 12 и 15 % на с. в. муки, напротив, имели рыхлую и крошливую консистенцию, а вкус и аромат – нехарактерный для мясных продуктов.

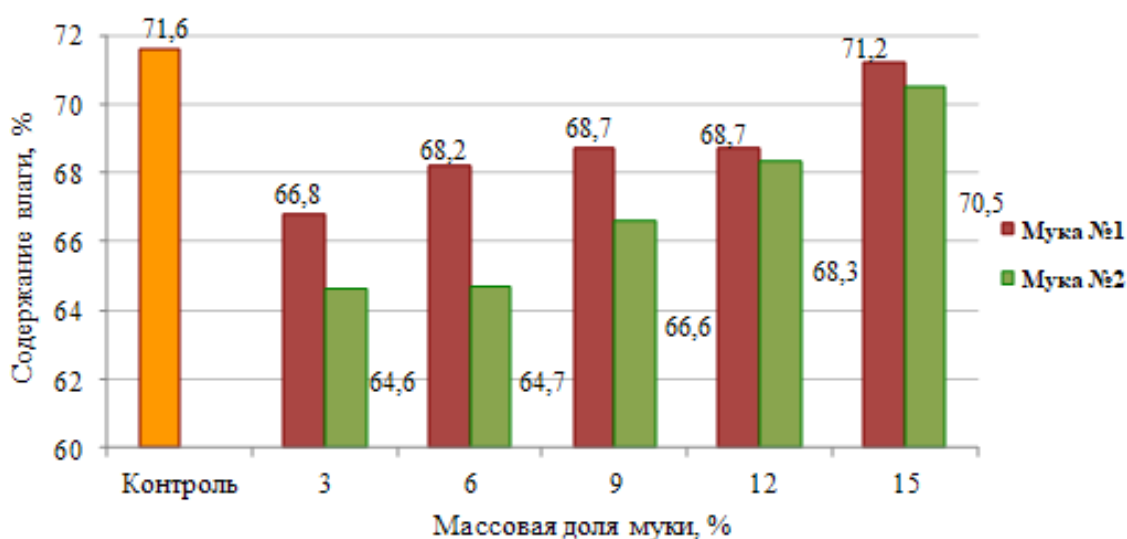
Рисунок 2*Влияние амарантовой муки на содержание влаги в фарше*

Рисунок 3

Водосвязывающая способность модельных мясных систем

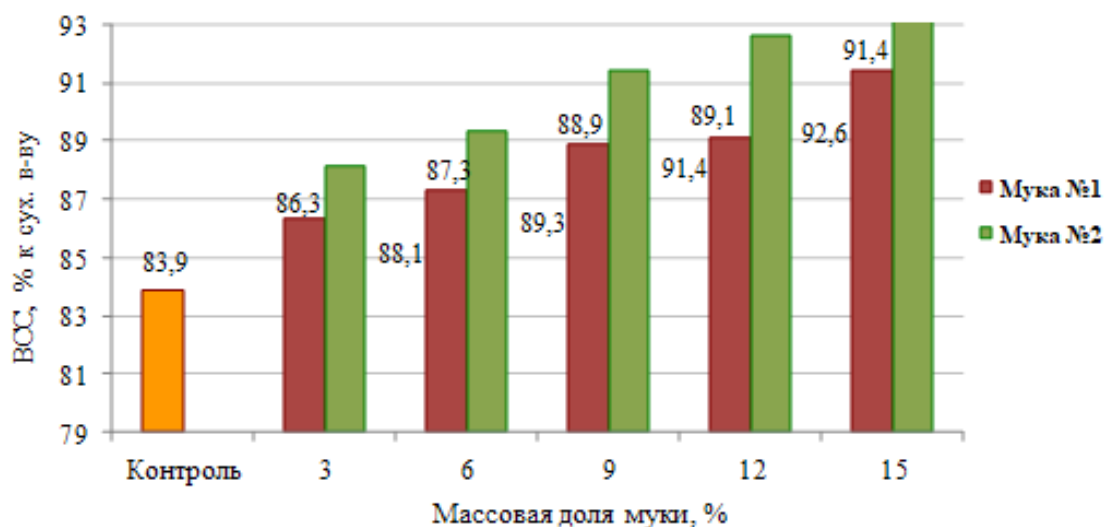
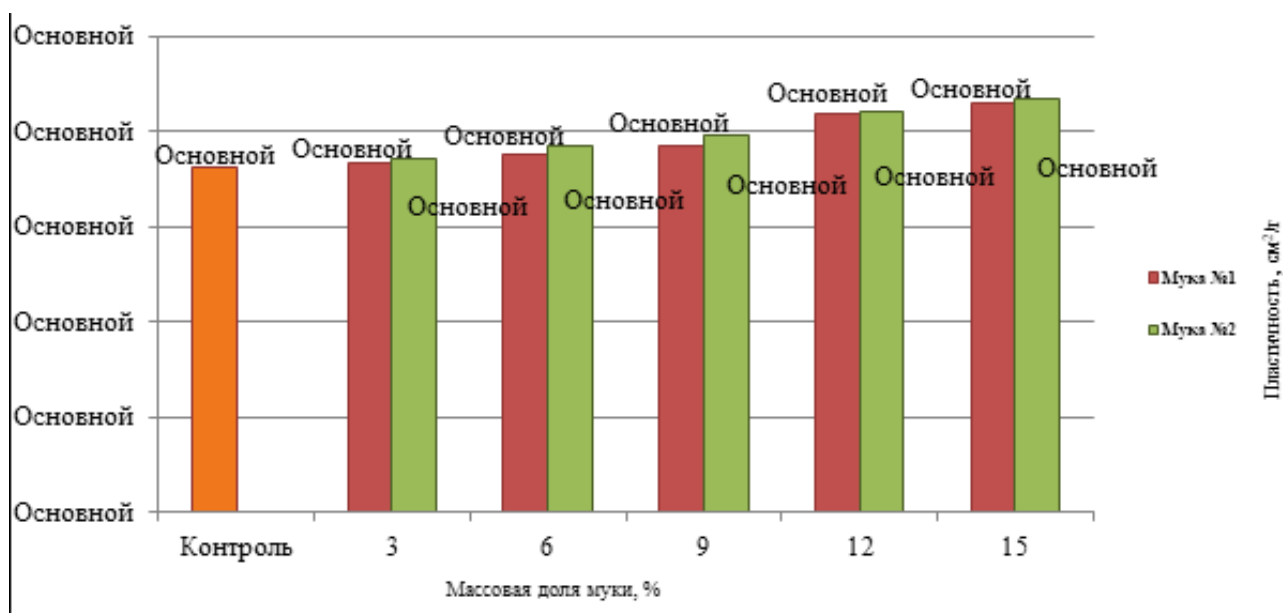


Рисунок 4

Пластичность фарша мясных модельных систем



Изучение влияния амарантовой муки в различных количественных соотношениях на цветковые характеристики опытных систем показало, что содержание остаточного нитрита натрия, ни в одном из образцов не превышало установленных нормативных значений.

Принимая во внимание, что при тепловой обработке мясных изделий происходит испарение воды, частичное разрушение и выделение во

внешнюю среду макро- и микроэлементов, которые оказывают влияние на качественные характеристики и экономические показатели готовых изделий, были изучены потери массы комбинированных систем, подвергнутых термообработке (Рис. 8).

Установлено, что у всех модельных образцов потери массы были ниже контроля, т.е. тепловое воздействие, оказываемое на мясные систе-

Рисунок 5
рН фарша мясных модельных систем

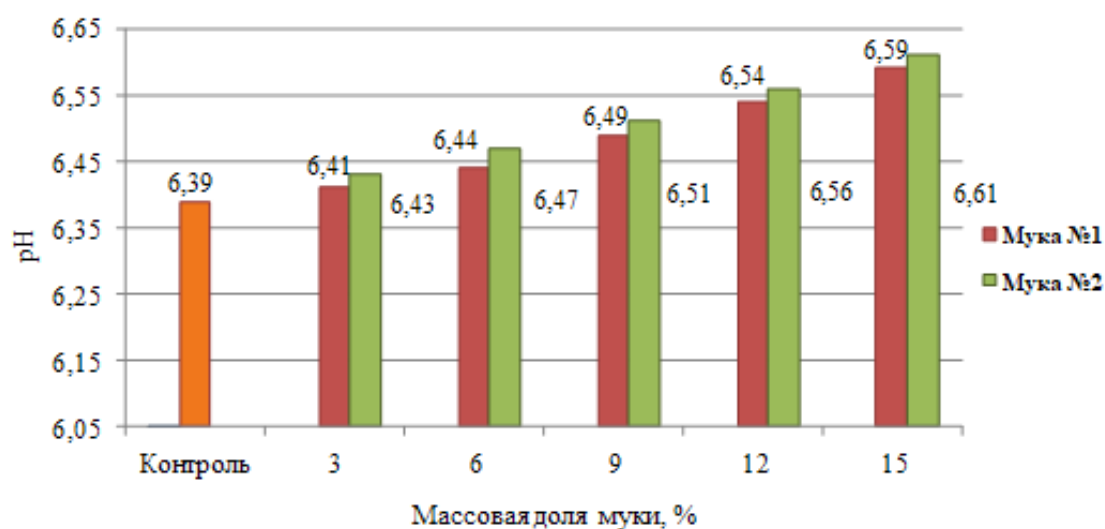
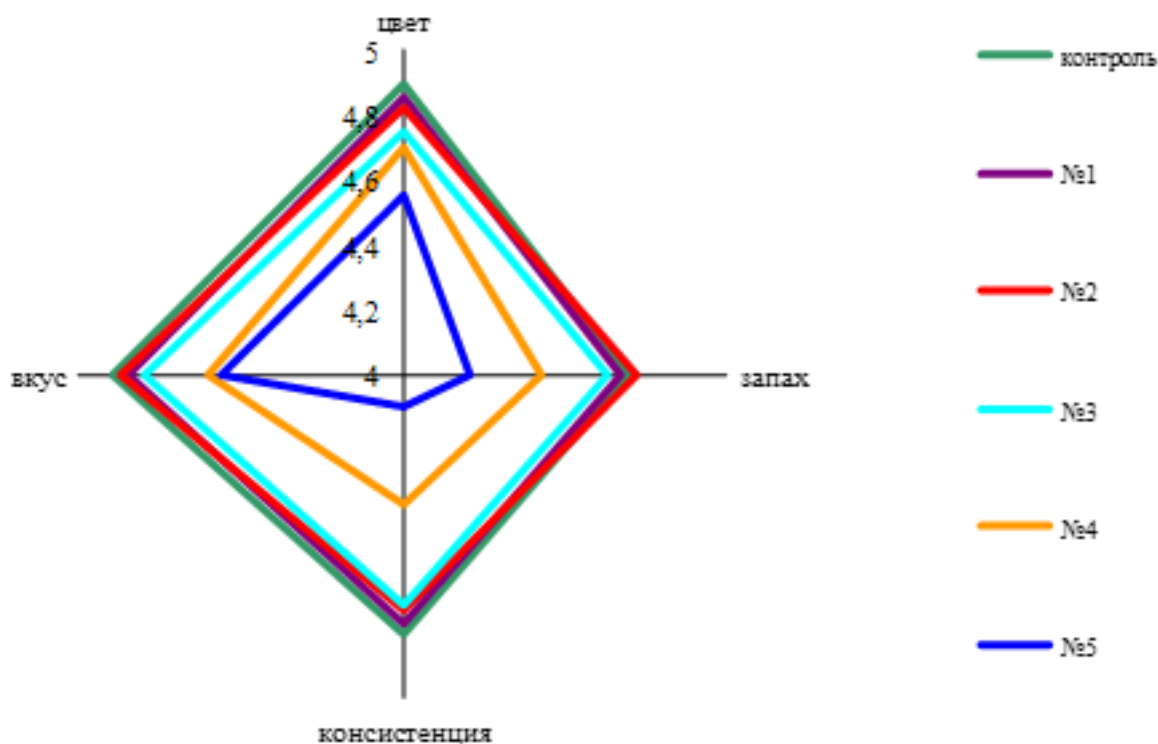


Рисунок 6
Диаграмма зависимости органолептических показателей модельных систем, содержащих амарантовую муку № 1



мы с различной массовой долей амарантовой муки приводило к образованию твердообразных гелевых структур, препятствующих миграции влаги и, следовательно, ее выделению при термообработке.

При определении химического состава с различным количественным соотношением животного и растительного сырья (Табл. 4, 5) установлено, что с Повышение массовой доли амарантовой муки в модельных образцах способствовало увеличе-

Рисунок 7

Диаграмма зависимости органолептических показателей модельных систем, содержащих амарантовую муку № 2.

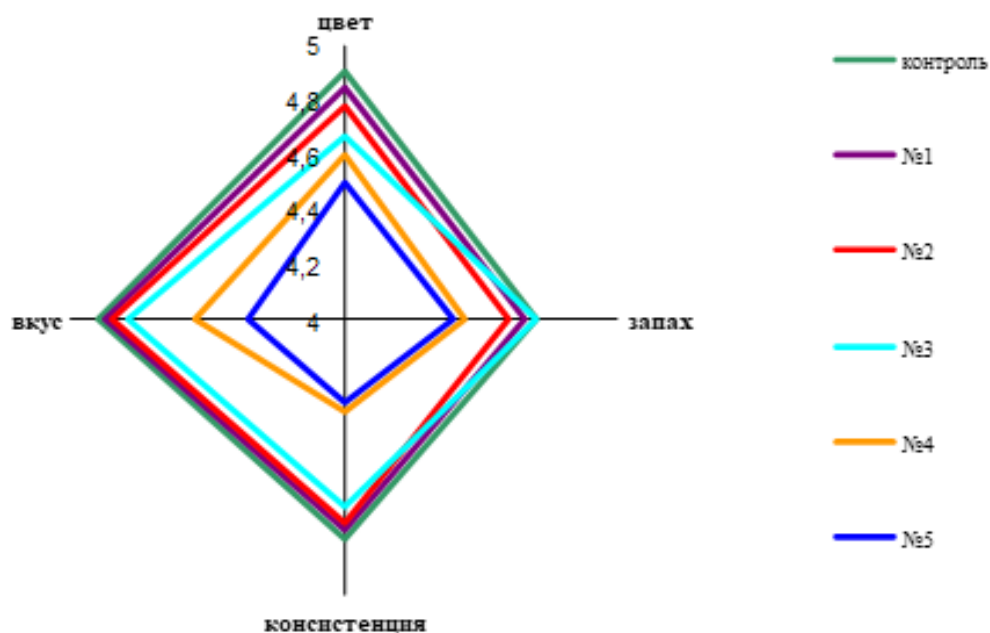


Рисунок 8

Влияние амарантовой муки на потери влаги мясных модельных систем

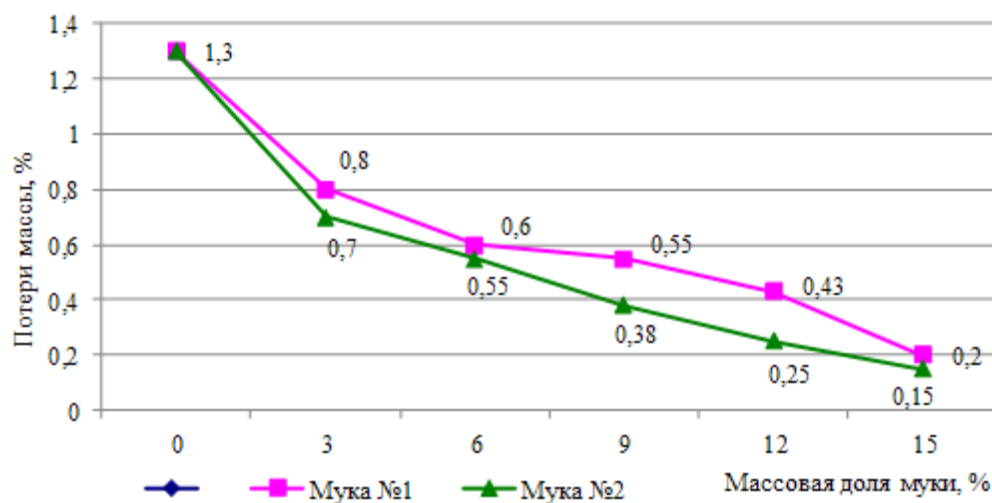


Таблица 4

Химический состав модельных систем с мукой № 1

Содержание	Массовая доля амарантовой муки, %					
	Контроль	3	6	9	12	15
массовая доля влаги, %	64,30	64,30	64,40	65,20	65,30	66,30
массовая доля белка, %	17,25	17,28	17,57	17,74	17,91	18,28
массовая доля жира, %	15,50	15,40	15,50	15,40	15,50	15,50
массовая доля углеводов, %	0,45	0,42	0,17	0,16	0,18	0,21
массовая доля золы, %	2,50	2,60	2,70	2,70	2,80	2,80

Таблица 5

Химический состав модельных систем с мукой № 2

Содержание	Массовая доля амарантовой муки, %					
	Контроль	3	6	9	12	15
массовая доля влаги, %	64,30	65,20	65,90	65,70	65,90	67,10
массовая доля белка, %	17,25	17,54	18,12	18,63	19,14	19,90
массовая доля жира, %	15,50	15,30	15,40	15,50	15,50	15,40
массовая доля углеводов, %	0,45	0,74	0,68	0,53	0,58	0,60
массовая доля золы, %	2,50	2,70	2,70	2,70	2,80	2,90

нию содержания общего белка, по сравнению с контролем.

Повышенное содержание влаги опытных образцов окажет благоприятное воздействие на выход готовой продукции при выработке вареных колбас, что является, несомненно, экономически выгодным фактором для производителя.

Обсуждение результатов

Охарактеризован химический и нутриентный состав амарантовой муки, доказывающий перспективность ее использования в технологии мясных продуктов.

Учитывая результаты модельных фаршевых систем до и после термической обработки, обоснованы допустимые уровни внесения в рецептуры вареных колбас при замене свинины п/ж амарантовой мукой в количестве 9 %.

Комплексные исследования позволили выявить, что использование белоксодержащих продуктов амаранта способствуют получению мясных продуктов, обладающих высокими функционально-технологическими свойствами, также приводит к получению готовых мясных изделий с повышенной сочностью с устранением возможности разжижения, синерезиса, потери массы и т.п (Гинс, 2002).

Введение продуктов переработки амаранта способствует расширению ассортимента мясной продукции, соответствующей концепциям рационального и здорового питания, а значит позволяет получить продукт профилактической направленности (Базарова, 2008).

Представленный экспериментальный материал может являться основой для дальнейших исследований в области создания комбинированных комплексов из различных видов пищевых добавок

при производстве биологически активных добавок к пище и специализированных мясных продуктов.

Список литературы

- Александров, М. А. (2010). Особенности химического состава амаранта. *Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья*, (10), 23.
- Базарова, Ю. Г. (2008). Разработка рецептур белковых добавок, заменяющих мясо. *Пищевые добавки и ингредиенты*, (9), 34.
- Гинс, М. С., & Кропова, Ю. Г. (2002). Амарант - перспективное сырье для натуральных структурообразователей. В *Научные основы и практическая реализация технологий получения и применения натуральных структурообразователей*, (с. 43-46).
- Городок, И. А. (2008). *Исследование рубленых полуфабрикатов из мяса механической обвалки кур-несушек с использованием продуктов на основе амаранта* [Кандидатская диссертация, РЭА им.Г.В. Плеханова]. Киев, Украина.
- Гусева, Г. В. (2002). Разработка технологии пива с применением амаранта [Кандидатская диссертация, Московский государственный университет пищевых производств]. Москва, Россия.
- Жартисян, В. И. (2006). *Разработка технологии макаронных изделий с применением семян амаранта и сенарии* [Кандидатская диссертация, Пятигорский государственный технологический университет]. Пятигорск, Россия.
- Карасёв, О. Д., & Литвинова, Е. В. (2016). Влияние продуктов переработки амаранта на качественные показатели мясных систем. *Мясные технологии*, (12), 50-53.
- Кидяев, С. Н., Литвинова, Е. В., & Джамалов, Н. К. (2017). Амарант как нетрадиционный источник белка для мясных продуктов. *Мясные технологии*, (11), 40-43.
- Литвинова, Е. В., & Евтеева, С. Ю. (2017). Белоксодержащие продукты из амаранта для мясных продуктов. В *Общегуниверситетская*

- студенческая конференция студентов и молодых ученых «День науки», (36-38).
- Литвинова, Е. В., Кидяев, С. Н., Никитин, М., & Джамалов, Н. К. (2017). Амарант – альтернативный источник белка для мясных продуктов. В *Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова*, (1), 214-217.
- Никитин, В. В., Кидяев, С. Н., Титов, Е. И., & Литвинова, Е. В. (2017). Амарант как альтернатива белкам мяса. В *Живые системы и биологическая безопасность населения*, (с. 57-61).
- Сакпан, А. А., Нурымхан, Г. Н., & Асиржанова, Ж. Б. (2020). Амарант как растительное сырье, используемое для обогащения пищевых изделий. *Интернаука*, (174), 83-85.
- Смирнов С. О., Невская Е. В., & Дронов А. С. (2016). Амарант - ценная продовольственная культура. *Кондитерское и хлебопекарное производство*, (163), 20-23.
- Фатхуллаев, А., Искандаров, З. С., Абдумаликов, И. Р., & Сайдуллаева, Ю. Т. (2021). Разработка технологии производства лечебно-профилактического продукта на основе растения амарант. *The Scientific Heritage*, (65), 62-65.
- Холизназарова, Ш. Р., & Тухтабоев, Н. Х. (2019). Амарант: химический состав и как культура многоцелевого использования. *Actual Problems of Applied Sciences Journal World*, (14), 57-66.
- Чиркова, Т. В. (2014). Амарант - культура XXI века. *Соросовский образовательный журнал*, (10), 22-27.
- Шакиров, Ш. К. (1993). Химический состав и кормовые достоинства амаранта. В *Амарант: агроэкология, переработка и использование*, (с. 85-86).
- Шмалько, Н. А. (2015). Бессмертный амарант. *Пищевые ингредиенты: сырье и добавки*, (1), 71-73.
- Шмалько, Н. А. (2005). *Разработка технологии хлебобулочных изделий функционального назначения с использованием продуктов переработки семян амаранта*. [Кандидатская диссертация, Кубанский государственный технологический университет]. Краснодар, Россия.
- Яртиев, А. Г. (1993). Перспективные образцы амаранта. В *Амарант: агроэкология, переработка и использование*, (с. 17-18).
- Correa, A. D., Jokl, L., & Carlson, R. (2014). Amino acid composition of some *Amaranthus* sp. Grain protein and of its Fractions. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 36(3), 466.
- Sanchez-Marroquin, A. Domingo, M. V., Maya, S., Saldana, C. (2015). Amaranth flour blends and fractions for baking applications. *Journal of Food Science*, (3), 789-794.
- Saunders, R. M. (2013). *Amaranthus*: a potential food and feed source. *Advances in cereal science and technology*, (6), 357-396.

On the possibility of using amaranth processing products in meat systems

Vladimir V. Nikitin^{1,2}, Evgeny I. Titov¹, Elena V. Litvinova¹

¹ Moscow State University of Food Productions

² All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry - branch of V.M. Gorbato
Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Science

Correspondence concerning this article should be addressed to Vladimir Nikitin, Moscow State University of Food Productions, address: 109029, Moscow, 33 Talalikhina Street, e-mail: lampard44@gmail.com

The article presents data on the possibility of using amaranth flour in the technology of meat products, with the aim of increasing production volumes and improving the quality of food products, as well as saving the consumption of raw meat. The results of studying the effect of amaranth protein products on the quality indicators of meat systems are presented. The optimal level of replacing raw meat with flour from amaranth seeds has been determined, which makes it possible to obtain finished products with increased nutritional value.

Keywords: amaranth, protein, meat products, biological and nutritional value

References

- Alexandrov, M. A. (2010). Features of the chemical composition of amaranth. *Hranenie i pererabotka sel'skohozyajstvennogo syr'ya* [Storage and processing of agricultural raw materials], (10), 23.
- Bazarova, Yu. G. (2008). Development of formulations of protein supplements that replace meat. *Pishchevye dobavki i ingredienty* [Food additives and ingredients], (9), 34.
- Gins, M. S., & Kropova, Yu. G. (2002). Amaranth is a promising raw material for natural structure-forming agents. In *Nauchnye osnovy i prakticheskaya realizaciya tekhnologij polucheniya i primeneniya natural'nyh strukturoobrazovatelej* [Scientific foundations and practical implementation of technologies for obtaining and using natural structure-forming agents], (p. 43-46).
- Gorodok, I. A. (2008). *Issledovanie rublenyh polufabrikatov iz myasa mekhanicheskoy obvalki kur-nesushek s ispol'zovaniem produktov na osnove amaranta* [Research of chopped semi-finished products from mechanically deboned laying hens using products based on amaranth] [Candidate Dissertation, REA named after G.V. Plekhanov]. Kiev, Ukraine.
- Guseva, G. V. (2002). *Razrabotka tekhnologii piva s primeneniem amaranta* [Development of beer technology using amaranth] [Candidate Dissertation, Moscow State University of Food Production]. Moscow, Russia.
- Zhartisyan, V. I. (2006). *Razrabotka tekhnologii makaronnyh izdelij s primeneniem semyan amaranta i senarii* [Development of pasta technology using amaranth and senaria seeds] [Candidate Dissertation, Pyatigorsk State Technological University]. Pyatigorsk, Russia.
- Karasev, O. D., & Litvinova, E. V. (2016). The influence of amaranth processing products on the quality indicators of meat systems. *Myasnye tekhnologii* [Meat Technologies], (12), 50-53.
- Kidyaev, S. N., Litvinova, E. V., & Jamalov, N. K. (2017). Amaranth as an unconventional protein source for meat products. *Myasnye tekhnologii* [Meat technologies], (11), 40-43.
- Litvinova, E. V., & Evteeva, S. Yu. (2017). Protein-containing amaranth products for meat products. In *Obshcheuniversitetskaya studencheskaya konferenciya studentov i molodyh uchenyh "Den' nauki"* [The University-wide student conference of students and young scientists "Science Day"], (36-38).
- Litvinova, E. V., Kidyaev, S. N., Nikitin, M., & Jamalov, N. K. (2017). Amaranth is an alternative protein source for meat products. In *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, posvyashchennaya pamyati Vasiliya Matveevicha Gorbato* [The International Scientific and Practical Conference

- dedicated to the memory of Vasily Matveevich Gorbatov], (1), 214-217.
- Nikitin, V. V., Kidyayev, S.N., Titov, E. I., & Litvinova, E. V. (2017). Amaranth as an alternative to meat proteins. In *Zhivye sistemy i biologicheskaya bezopasnost' naseleniya* [Living systems and biological safety of the population], (pp. 57-61).
- Sakpan, A. A., Nurymkhan, G. N., & Asirzhanova, Zh. B. (2020). Amaranth as a vegetable raw material used for fortification of food products. *Internauka*, (174), 83-85.
- Smirnov S. O., Nevskaya E. V., & Dronov A. S. (2016). Amaranth is a valuable food crop. *Konditerskoe i hlebopekarnoe proizvodstvo* [Confectionery and bakery], (163), 20-23.
- Fatkhullaev, A., Iskandarov, Z. S., Abdumalikov, I. R., & Saidullaeva, Yu.T. (2021). Development of a technology for the production of a therapeutic and prophylactic product based on the amaranth plant. *The Scientific Heritage*, (65), 62-65.
- Kholiknazarova, Sh. R., & Tukhtaboev, N. Kh. (2019). Amaranth: chemical composition and as a multi-purpose crop. *Actual Problems of Applied Sciences Journal World*, (14), 57-66.
- Chirkova, T. V. (2014). Amaranth is a culture of the XXI century. *Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal* [Soros Educational Journal], (10), 22-27.
- Shakirov, Sh. K. (1993). Chemical composition and nutritional benefits of amaranth. In *Amarant: agroekologiya, pererabotka i ispol'zovanie* [Amaranth: agroecology, processing and use], (pp. 85-86).
- Shmalko, N. A. (2015). Immortal amaranth. *Pishchevye ingredienty: syr'e i dobavki* [Food Ingredients: Raw Materials and Additives], (1), 71-73.
- Shmalko, N. A. (2005). *Razrabotka tekhnologii hlebobulochnykh izdelij funkcional'nogo naznacheniya s ispol'zovaniem produktov pererabotki semyan amaranta* [Development of technology for functional bakery products using amaranth seed processing products] [Candidate Dissertation, Kuban State Technological University]. Krasnodar, Russia.
- Yartiev, A. G. (1993). Promising amaranth samples. In *Amarant: agroekologiya, pererabotka i ispol'zovanie* [Amaranth: agroecology, processing and use], (pp. 17-18).
- Correa, A. D., Jokl, L., & Carlson, R. (2014). Amino acid composition of some *Amaranthus* sp. Grain protein and of its Fractions. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 36(3), 466.
- Sanchez-Marroquin, A. Domingo, M. V., Maya, S., Saldana, C. (2015). Amaranth flour blends and fractions for baking applications. *Journal of Food Science*, (3), 789-794.
- Saunders, R. M. (2013). *Amaranthus*: a potential food and feed source. *Advances in cereal science and technology*, (6), 357-396.