

УДК 579.678

DOI: 10.30914/2411-9687-2023-9-1-56-62

ИЗУЧЕНИЕ АНТИМИКРОБНЫХ СВОЙСТВ НИЗИНА

В. С. Тюменцева¹, А. М. Абдуллаева¹, Л. П. Блинкова²¹ Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), г. Москва, Российская Федерация² Научно-исследовательский институт вакцин и сывороток им. И. И. Мечникова,
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Низин – бактериоцин, вырабатываемый молочнокислыми бактериями – *Lactococcus lactis*, обладает широким антимикробным спектром по отношению к грамположительным бактериям, в том числе споровым микроорганизмам. Низин разрешен к использованию в пищевой промышленности в качестве консерванта и пищевой добавки E234. В нашей стране его применяют только в молочной промышленности. **Материалы и методы.** С использованием раствора низина китайского производства в отношении штаммов *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Bacillus cereus* ATCC 10702 и *E. coli* ATCC 25922 на питательном агаре испытан антибактериальный эффект вещества в концентрациях 0,025 % (1:100) и 0,0125 % (1:200), внесенного на диски. **Результаты.** Выявлено подавление роста бактерий только у грамположительных микробов. Зоны ингибиции с указанными концентрациями для *S. aureus* составили соответственно 4,0±0,31 мм и 2,0±0,15 мм, для *B. cereus* 4,5±0,37 мм и 3,0±0,23 мм. В отношении *E. coli* ингибиции не отмечено. Антибактериальное действие низина наблюдали также в течение 12-дневного хранения вареной колбасы из мяса птицы. Так, после 5-дневного хранения количество МАФAnM без обработки образцов бактериоцином было значительным (в 4,18 раза больше, чем в обработанных). Через 7 дней хранения разница между ними в обсеменении составляла 7,5 раза. Через 12 дней у необработанных образцов рост продолжался более интенсивно, чем у обработанных. Однако полученное значение КОЕ/мл в обоих случаях оставалось в пределах регламентированных значений. **Заключение.** Статистическая достоверность данных указывает на бактериостатический эффект низина с выбранными дозами в течение 12-дневных сроков хранения колбасы.

Ключевые слова: низин, бактериоцин, хранение, мясные продукты, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Тюменцева В. С., Абдуллаева А. М., Блинкова Л. П. Изучение антимикробных свойств низина // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 1. С. 56–62. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-1-56-62>

STUDY OF ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF NISIN

V. S. Tyumentseva¹, A. M. Abdullaeva¹, L. P. Blinkova²¹ Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Moscow, Russian Federation² Mechnikov Research Institute of Vaccines and Serum, Moscow, Russian Federation

Annotation. Introduction. Nisin is a bacteriocin, produced by lactic acid bacteria – *Lactococcus lactis*, has a wide antimicrobial spectrum in relation to gram-positive bacteria, including spore microorganisms. Nisin is approved for use in the food industry as a preservative and food additive E234. In our country, it is used only in the dairy industry. **Materials and methods.** The antibacterial effect of the substance in concentrations of 0.025 % (1:100) and 0.0125 % (1:200) deposited on discs was tested on nutrient agar using a Chinese-made nisin solution against strains of *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Bacillus cereus* ATCC 10702 and *E. coli* ATCC 25922. **Research results.** Inhibition of bacterial growth was revealed only in gram-positive microbes. The inhibition zones with the indicated concentrations for *S. aureus* were 4.0±0.31 mm and 2.0±0.15 mm, respectively, for *B. cereus* 4.5±0.37 mm and 3.0±0.23 mm. No inhibition was observed with respect to *E. coli*. The antibacterial effect of nisin was also noted during the 12-day storage of boiled sausage from poultry meat. So, after 5-day storage, the amount of MAFA_nM without bacteriocin treatment of samples was significant (4.18 times more than in the treated ones). After 7 days of storage, the difference between them in seeding was 7.5 times. After 12 days, the untreated samples

continued to grow more intensively than the treated ones. However, the obtained CFU/ml value remained within acceptable values in both cases. **Conclusion.** The statistical reliability of the data indicates the bacteriostatic effect of nisin with the selected doses during the 12-days storage periods of the sausage.

Keywords: nisin, bacteriocin, storage, meat products, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*

The authors declare no conflict of interest.

For citation: Tyumentseva V. S., Abdullaeva A. M., Blinkova L. P. Study of antimicrobial properties of nisin. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2023, vol. 9, no. 1, pp. 56–62. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-1-56-62>

Введение

В настоящее время из-за бесконтрольного применения антибактериальных средств многие штаммы бактерий устойчивы к препаратам последнего поколения, что приводит к снижению эффективности антибиотикотерапии [2; 6; 8; 11; 10]. Каждый год в мире более 700 тысяч человек умирает от инфекций, вызванных устойчивыми штаммами микроорганизмов [10]. Особенно опасны микроорганизмы, перешедшие в некультивируемое («спящее») состояние [1]. В 2017 г. Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) опубликовала новый список из 12 семейств бактерий – (приоритетных патогенов), устойчивых к антибиотикам. Среди них присутствуют патогенные и условно-патогенные микроорганизмы, наиболее часто контаминирующие пищевое сырье: *Acinetobacter*, *Pseudomonas* и различные бактерии сем. *Enterobacteriaceae*, а именно: *Enterobacter* spp., *Serratia* spp., *Proteus* spp., *Providencia* spp., *Morganella* spp. [8].

В связи с этим необходимо проводить поиск эффективных и безвредных средств, обеспечивающих безопасность пищевых продуктов, а также продление срока их хранения и реализации без использования химических консервантов.

В качестве таких средств можно использовать бактериоцины, оказывающие бактерицидное и бактериостатическое действие на патогенные грамположительные и грамотрицательные бактерии [2; 4; 8; 12–16].

Бактериоцины являются нетоксичными субстанциями, и, следовательно, можно заключить, что они имеют перед антибиотиками преимущество при их использовании для терапии инфекций (например, томицид, низин, стафилококцин и др.), а также в виде консервантов для хранения продуктов [2; 7].

Бактериоцины и бактериоциноподобные вещества – высокомолекулярные белки или низко-

молекулярные пептиды, секретируемые бактериями, которые обладают антимикробной активностью и действуют против штаммов того же рода (вида). Бактериоцины считаются природными антибиотиками, но различие между ними заключается в том, что биосинтез бактериоцинов, как правило, происходит на рибосомах, а антибиотики создаются вне рибосом с участием специальных ферментов [2; 8; 9]. Согласно литературным данным, до 99 % бактерий обладают способностью к биосинтезу, по крайней мере, одного бактериоцина [2; 15].

Одним из таких природных пептидных бактериоцинов является низин. Низин – продукт, получаемый при ферментации *Lactococcus lactis*, эффективно ингибирует грамположительные бактерии. В его состав входят аминокислоты: лизин, гистидин, аспарагиновая кислота, лантионин, β -метиллантионин, пролин, глицин, аланин, валин, метионин, изолейцин, лейцин, дегидроаланин и β -метилдегидроаланин [7; 8; 13].

Характерной особенностью низина является наличие в его составе двух серосодержащих аминокислот – лантионина и β -метиллантионина, редко встречающихся в природе. В каждой молекуле низина содержится два остатка лантионина и 8 – β -метиллантионина, вследствие чего он ингибирует синтез муреина клеточной стенки. В результате действия антибиотика происходит накопление промежуточного липида, с которым низин образует прочный комплекс, что и приводит в дальнейшем к остановке синтеза пептидогликана бактериальной стенки. Механизм антимикробного действия бактериоцина связан с лизисом бактериальных клеток вследствие необратимой деструкции цитоплазматической мембраны, которая регулирует осмотическое давление клетки. Этот процесс обусловлен образованием пор в цитоплазматической мембране

и ее поверхностным натяжением, что приводит к нарушению клеточной проницаемости и, как следствие, к бактериальному лизису [16].

На основании этой информации целью нашей работы являлось изучение антиконтаминантного действия низина для колбасного продукта из мяса птицы.

Материалы и методы

В экспериментах использовали следующие штаммы микроорганизмов: *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Bacillus cereus* ATCC 10702; сухой низин в виде порошка, произведенный в Китае компанией *Sunergy Pharmachem Group Co., Limited Shanghai, China* под торговым названием *Nisin*, 2,5 %.

Антимикробную активность низина по отношению к грамотрицательным штаммам (*Escherichia coli*) и к грамположительным (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*) определяли диско-диффузионным методом [5; 7]. Для использования их в качестве индикаторных культур готовили бактериальную суспензию с использованием стандарта мутности с конечной концентрацией микроорганизмов 1×10^7 КОЕ/мл.

Для определения антимикробного действия бактериоцина в отношении штаммов микроорганизмов использовали сухой низин, который растворяли в стерильном физиологическом растворе в соотношении 1:100 и 1:200, т. е. соответственно до концентрации 0,025 % и 0,0125 %.

Оценку чувствительности штаммов выполняли в стерильных чашках Петри, которые заливали

питательным агаром толщиной 4–5 мм. После застывания среды исследуемые тест-штаммы после 18-часового роста засеивали газонем. Далее на поверхность агара стерильным пинцетом раскладывали диски, пропитанные растворами низина, в указанных концентрациях. Чашки инкубировали в термостате в течение 24 ч при температуре 37 °С, затем измеряли зоны подавления роста бактерий вокруг дисков.

В опытах с вареными колбасными изделиями из мяса птицы, произведенного в московском регионе, использовали низин в виде порошка, которым обсыпали исследуемые образцы в концентрации 0,1 мг/г продукции. Для исключения положительной или отрицательной рекламы производителя колбасных изделий не указывали. Контролем служили необработанные низином образцы. Исследуемые образцы хранили в охлажденном виде в течение 12 дней при температуре 4 ± 2 °С. Через 1, 5, 7 и 12 суток хранения образцов делали высевы проб на питательный агар. Через 24–72 ч инкубирования при температуре 30 °С подсчитывали количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), представленных в количестве КОЕ/г.

Результаты исследования и обсуждение

Антимикробная активность низина по отношению к *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 и *Bacillus cereus* ATCC 10702, установленная в экспериментах, приведена в таблице 1.

Таблица 1 / Table 1

Зависимость размера зоны задержки роста бактерий от концентрации низина /
Dependence of the growth inhibition zone on the concentration of nisin

Микроорганизм / Microorganism	Исследуемая концентрация (0,025 %) / The studied concentration (0,025 %)	Зона задержки роста (мм) / Growth inhibition zone (mm)	Исследуемая концентрация (0,0125 %) / The studied concentration (0,0125 %)	Зона задержки роста (мм) / Growth inhibita- tion zone (mm)
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	1: 100	0,1±0,02	1:200	отсутствует
<i>Staphylococcus</i> <i>aureus</i> ATCC 6538	1: 100	4,0±0,31	1:200	2,0±0,15
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 10702	1: 100	4,5±0,37	1:200	3,0±0,23

По результатам исследований наибольшей чувствительностью к низину обладали *Bacillus cereus* в концентрации 1:100 (0,025 %), при котором зона

задержки роста составила $4,5 \pm 0,37$ мм. При уменьшении концентрации препарата до 1:200 (0,0125 %) зона задержки роста составила $3,0 \pm 0,23$ мм.

Анализ устойчивости *Staphylococcus aureus* показал, что при понижении концентрации низина с 1:100 до 1:200 зона задержки роста уменьшилась в 2 раза (с $4,0 \pm 0,31$ мм до $2,0 \pm 0,15$ мм).

Оценка чувствительности *Escherichia coli* к бактериоцину показала, что данный штамм полностью устойчив к действию низина в концентрации 1:200. В концентрации 1:100 незначи-

тельную зону задержки роста ($0,1 \pm 0,02$) можно отнести к технической погрешности при наложении диска.

Затем нами были проведены исследования проб вареных колбасных изделий из мяса птицы, которые обсыпали порошком низина. Контрольные образцы колбасы низином не обрабатывали. Экспериментальные данные, полученные нами, представлены в таблице 2.

Таблица 2 / Table 2

Результаты определения антимикробной активности низина при хранении вареных колбасных изделий /
Results of determination of antimicrobial activity of nisin during storage of boiled sausage products

№ п/п/ No	Срок хранения (дни) / Shelf life (days)	КМАФАнМ, КОЕ/г (M ± m)		Достоверность различий (p)		
		Контроль: Образцы, не обработанные низином / Control: Samples not treated with nisin	Опыт: образцы, обработанные низином / Experiment: samples processed by nisin	контроль/ опыт/ control / experiment/	контроль по вертик / vertical control	опыт по вертик. вертик / vertical experiment vertical
				P _n 5–12	P _n 1–12	P _n 1–12
1	Нормативное значение по ТР ТС	Не более 1×10^3				
2	1 день	менее 1×10^1	менее 1×10^1	-	-	-
3	5 день	$(6,7 \pm 0,74) \times 10^1$ (4,89 ÷ 8,51)	$(1,6 \pm 0,18) \times 10^1$ (1,15 ÷ 2,04)	P ₅ <0,05	P ₁₋₅ <0,05	P ₁₋₅ <0,05
4	7 день	$(1,51 \pm 0,167) \times 10^2$ (1,1 ÷ 1,92)	$(2,0 \pm 0,22) \times 10^1$ (1,46 ÷ 2,54)	P ₇ <0,05	P ₅₋₇ <0,05	P ₅₋₇ >0,05
5	12 день	$(2,28 \pm 0,25) \times 10^2$ (1,66 ÷ 2,89)	$(2,0 \pm 0,22) \times 10^1$ (1,46 ÷ 2,54)	P ₁₂ <0,05	P ₇₋₁₂ ≤0,05	P ₇₋₁₂ ≥0,05

Результаты проведенных опытов свидетельствуют, что в образцах колбасных изделий из мяса птицы, не обработанных низином, рост бактерий в течение 12 дней наблюдения происходил интенсивнее по сравнению с образцами, посыпанными порошком низина. Так, КМАФАнМ после 5-дневного хранения колбасы без обработки бактериоцином составило $(6,7 \pm 0,74) \times 10^1$ КОЕ/г, а обработанных образцов – $(1,6 \pm 0,18) \times 10^1$, т. е. в 4,18 раза меньше. При семидневном хранении образцов в охлажденном состоянии разница в количестве колоний микроорганизмов в контроле по сравнению с обработанными низином увеличилась в 7,5 раза. По соотношению величин КОЕ/г контрольного образца на 5-й и 7-й день обсеменение возросло еще в 2,25 раза.

К 12-му дню хранения колбасных изделий при температуре 4 ± 2 °С тенденция к увеличению кон-

таминации необработанных низином образцов сохранилась. Так, количество МАФАнМ обработанных образцов составило $(2,0 \pm 0,22) \times 10^1$ КОЕ/г, необработанных – $(2,28 \pm 0,25) \times 10^2$ КОЕ/г, т. е. без низина контаминация продолжала возрастать и была выше в 11,4 раза. Подтверждением этого также является повышение уровня зараженности вареного колбасного изделия (контроль) через 12 суток по отношению к 7-му дню в 1,5 раза, т. е. с $(1,5 \pm 0,15) \times 10^2$ КОЕ/г до $(2,28 \pm 0,25) \times 10^2$ КОЕ/г. Несмотря на такую разницу между результатами в опыте и контроле, полученные значения КОЕ/г у всех образцов оставались в пределах допустимых нормативных значений.

Различия в количестве колониеобразующих единиц в 1 г для изученных сроков хранения между необработанными и обработанными низином продуктами оказались статистически

достоверными ($p < 0,05$), что свидетельствует об антибактериальном действии низина. Увеличение числа КОЕ/г в контроле по мере увеличения срока хранения было также достоверным, т. е. микробное обсеменение колбасного изделия продолжалось. Однако в опытных образцах с низином значения КОЕ/г между сроками были статистически однозначными. Это указывает на бактериостатический эффект низина после нанесения препарата на колбасное изделие, в котором до 12 дней хранения (срок наблюдения) не происходило возрастания уровня контаминации.

Заключение

Статистически была подтверждена полученная экспериментально разница между количеством МАФАНМ в течение 12-дневного срока

наблюдения за обсеменением вареной колбасы при хранении. Более быстрое увеличение уровня микробной зараженности колбасного изделия без обработки низином и более медленный подъем бактериальной контаминации в образцах колбасы, обработанных низином на 5, 7 и 12 дни, а также меньшая численность микробов у них по сравнению с контрольными необработанными пробами свидетельствуют о бактериостатическом действии бактериоцина низина в мясной продукции.

Таким образом, нами экспериментально показана перспективность применения небольших концентраций бактериоцина низина в качестве безопасного и эффективного антибактериального препарата при производстве мясных колбасных изделий, способного заменить в них химические консерванты.

1. Абдуллаева А. М., Блинкова Л. П., Пахомов Ю. Д. Значение жизнеспособных некультивируемых бактерий для безопасности пищевых продуктов // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2019. № 2 (30). С. 183–189. DOI: <https://doi.org/10.36871/vet.san.hygecol.201902012>
2. Выявление бактериоциногенности среди возбудителей оппортунистических инфекций / Л. П. Блинкова, Е. С. Дорофеева, А. П. Батуру [и др.] // Вестник РАМН. 2008. № 4. С. 14–18.
3. К механизму антагонистической активности лактобацилл / М. В. Тюрин, Б. А. Шендеров, Н. Г. Рахимова [и др.] // Журнал микробиологии эпидемиологии и иммунобиологии. 1989. № 2. С. 3–8.
4. Кудряшов В. Л., Алексеев В. В., Фурсова Н. А. Низин и натамицин – эффективные пищевые микробиологические консерванты // Пищевая индустрия. 2020. № 2 (44). С. 67–71. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nizin-i-natamitsin-effektivnye-pischevye-mikrobiologicheskie-konservanty> (дата обращения: 19.01.2023).
5. Кулешова С. И. Определение активности антибиотиков методом диффузии в агар // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. 2015. № 3. С. 13–17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-aktivnosti-antibiotikov-metodom-diffuzii-v-agar> (дата обращения: 23.01.2023).
6. Лощинин М. Н., Соколова Н. А., Абдуллаева А. М. Полирезистентность сероваров сальмонелл, выделенных от птицы из продуктов птицеводства // Health, Food & Biotechnology. 2020. Vol 2. № 2. С. 22–33. DOI: <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i2.s341>
7. Методические приемы для обучения работе с антагонистическими бактериоцинопродуцирующими микроорганизмами / А. М. Абдуллаева, Л. П. Блинкова, Д. И. Удавлиев [и др.] // Инновации и продовольственная безопасность. 2019. № 3 (25). С. 58–63. DOI: <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2019-25-3-58-63>
8. Многофункциональные свойства пробиотических штаммов *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* / Е. В. Сорокина, И. А. Стоянов, А. М. Абдуллаева [и др.] // Успехи современной биологии. 2022. Т. 142. № 1. С. 25–36. URL: <https://sciencejournals.ru/view-article/?j=uspbio&y=2022&v=142&n=1&a=UspBio2201007Sorokina> (дата обращения: 15.01.2023).
9. Молекулярные основы продукции и действия бактериоцинов / Л. П. Блинкова, М. Л. Альтшулер, Е. С. Дорофеева [и др.] // Журнал микробиологии эпидемиологии и иммунобиологии. 2007. № 2. С. 97–104.
10. Мониторинговый контроль антибиотикоустойчивости *Listeria monocytogenes* из сырья и продуктов животного происхождения / А. А. Ахметзянова, А. М. Абдуллаева, Л. П. Блинкова [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (96). С. 191–199. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoringovyy-kontrol-antibiotikoustoychivosti-listeria-monocytogenes-iz-syrya-i-produktov-zhivotnogo-proishozhdeniya> (дата обращения: 16.01.2023).
11. Серёгин И. Г., Никитченко Д. В., Абдуллаева А. М. О болезнях пищевого происхождения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2015. № 4. С. 106–107.
12. Bacteriophages and bactericins as anti-contaminants of chicken meat products / А. М. Abdullaeva, L. P. Blinkova, B. V. Usha [et al.] // *Journal of Hygienic Engineering and Design*. 2020. Vol. 33. Pp. 28–33. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46673057> (дата обращения: 15.01.2023).
13. Genomic features of lactic acid bacteria effecting bioprocessing and health / T. R. Klaenhammer, R. Barrangou, B. L. Buck [et al.] // *FEMS Microbiology Reviews*. 2005. Vol. 29. No. 3. Pp. 393–409. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.femsre.2005.04.007>

14. Lacticin LC14, a new bacteriocin produced by *Lactococcus lactis* BMG6.14: isolation, purification and partial characterization / S. Lasta, H. Ouzari, N. Andreotti, Z. Fajloun [et al.] // *Infect Disord Drug Targets*. 2012. No. 12. Pp. 316–325. DOI: 10.2174/187152612801319276
15. Nisin, an apoptogenic bacteriocin and food preservative, attenuates HNSCC tumorigenesis via CHAC1 / N. E. Joo, K. Ritchie, P. Kamarajan [et al.] // *Cancer Medicine*. 2012. No. 1. Pp. 295–305. DOI: <https://doi.org/10.1002/cam4.35>
16. Vandenberg P. A. Lactic acid bacteria, their metabolic products and interference with microbial growth // *FEMS Microbiology Reviews*. 1993. Vol. 12. Pp. 221–237.

Статья поступила в редакцию 07.02.2023 г.; одобрена после рецензирования 02.03. 2023 г.; принята к публикации 13.03.2023 г.

Об авторах

Тюменцева Валерия Сергеевна

магистрант 2 курса кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы и биологической безопасности, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ) (125080, Российская Федерация, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11), asiat29@mail.ru

Абдуллаева Асият Мухтаровна

доктор биологических наук, доцент, зав. кафедрой ветеринарно-санитарной экспертизы и биологической безопасности, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ) (125080, Российская Федерация, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1900-2121>, asiat29@mail.ru

Блинкова Лариса Петровна

доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией микробиологических питательных сред, Научно-исследовательский институт вакцин и сывороток им. И. И. Мечникова (105064, Российская Федерация, г. Москва, Малый Казенный переулок, д. 5а), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0271-5934>, b.larus@mail.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Abdullaeva A. M., Blinkova L. P., Pakhomov Yu. D. Znachenie zhiznesposobnykh nekultiviruemykh bakterii dlya bezopasnosti pishchevykh produktov [Value of viable cultivated bacteria for food safety]. *Problemy veterinarnoi sanitarii, gigieny i ekologii* = Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology, 2019, no. 2 (30), pp. 183–189. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.201902012>
2. Blinkova L. P., Altschuler M. L., Dorofeeva E. S. [et al.] Vyyavlenie bakteriotsinogennosti sredi vzbuditelei oppportunistskikh infektsii [Detection of bacteriocinogenicity among pathogens of opportunistic infections]. *Vestnik RAMN* = Annals of the Russian Academy of Medical Sciences, 2008, no. 4, pp. 14–18. (In Russ.).
3. Tyurin M. V., Shenderov B. A., Rakhimova N. G. [et al.] K mekhanizmu antagonisticheskoi aktivnosti laktobatsill [To the mechanism of antagonistic activity of lactobacilli]. *Zhurnal mikrobiologii epidemiologii i immunobiologii* = Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology, 1989, no. 2, pp. 3–8. (In Russ.).
4. Kudryashov V. L., Alekseev V. V., Fursova N. A. Nizin i natamitsin – effektivnyye pishchevye mikrobiologicheskie konservanty [Nizin and natamycin – effective food microbiological conservants]. *Pishchevaya industriya* = Food Processing Industry, 2020, no. 2 (44), pp. 67–71. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/nizin-i-natamitsin-effektivnye-pishchevye-mikrobiologicheskie-konservanty> (accessed 19.01.2023). (In Russ.).
5. Kuleshova S. I. Opredelenie aktivnosti antibiotikov metodom diffuzii v agar [Testing activity of antibiotics by agar diffusion]. *Vedomosti Nauchnogo tsentra ekspertizy sredstv meditsinskogo primeneniya* = Bulletin of the Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products. Regulatory Research and Medicine Evaluation, 2015, no. 3, pp. 13–17. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-aktivnosti-antibiotikov-metodom-diffuzii-v-agar> (accessed 23.01.2023). (In Russ.).
6. Loshchinin M. N., Sokolova N. A., Abdullaeva A. M. Polirezistentnost' serovarov sal'monell, vydelennykh ot ptitsy iz produktov ptitsevodstva [Polyresistance of salmonell serovov, isolated from poultry and from poultry products]. *Health, Food & Biotechnology*, 2020, vol. 2, no. 2, pp. 22–33. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i2.s341>
7. Abdullayeva A. M., Blinkova L. P., Udavliyev D. I., Avylov C. K., Pakhomov Yu. D. Metodicheskie priemy dlya obucheniya rabote s antagonisticheskimi bakteriotsinprodutsiruyushchimi mikroorganizmami [Methodological techniques for teaching the work with antagonistic bacteriocin producing microorganisms]. *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost'* = Innovations and Food Safety, 2019, no. 3 (25), pp. 58–63. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2019-25-3-58-63>
8. Sorokina E. V., Stoyanov I. A., Abdullaeva A. M., Stoyanova L. G. Mnogofunktsional'nye svoistva probioticheskikh shtamov *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* [Multifunctional properties of probiotic strains *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*]. *Uspekhi sovremennoi biologii* = Advances in Modern Biology, 2022, vol. 142, no 1, pp. 25–36. Available at: <https://sciencejournals.ru/view-article/?j=uspbio&y=2022&v=142&n=1&a=UspBio2201007Sorokina> (accessed 15.01.2023). (In Russ.).

9. Blinkova L. P., Altshuler M. L., Dorofeeva E. S. [et al.] Molekulyarnye osnovy produktsii i deistviya bakteritsinov [Molecular basis of bacteriocin production and action]. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii* = Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology, 2008, no. 4, pp. 14–18. (In Russ.).
10. Akhmetzyanova A. A., Abdullaeva A. M., Blinkova L. P., Lobanova V. G. Monitoringovy kontrol' antibiotikoustoichivosti *Listeria monocytogenes* iz syr'ya i produktov zhivotnogo proiskhozhdeniya [Monitoring control of antibiotic resistance *Listeria monocytogenes* from raw materials and products of animal origin]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Izvestia Orenburg State Agrarian University, 2022, no. 4 (96), pp. 191–199. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoringovy-kontrol-antibiotikoustoichivosti-listeria-monocytogenes-iz-syr'ya-i-produktov-zhivotnogo-proiskhozhdeniya> (accessed 16.01.2022). (In Russ.).
11. Seryogin I. G., Nikitchenko D. V., Abdullaeva A. M. O boleznyakh pishchevogo proiskhozhdeniya [About illness of food-borne diseases]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta družby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* = RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries, 2015, no. 4, pp. 101–107. (In Russ.).
12. Abdullaeva A. M., Blinkova L. P., Usha B. V. et al. Bacteriophages and bactericins as anti-contaminants of chicken meat products. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 2020, vol. 33, pp. 28–33. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46673057> (accessed 16.01.2022). (In Eng.).
13. Klaenhammer T. R., Barrangou R., Buck B. L. et al. Genomic features of lactic acid bacteria effecting bioprocessing and health. *FEMS Microbiology Reviews*, 2005, vol. 29, no. 3, pp. 393–409. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.femsre.2005.04.007>
14. Lasta S., Ouzari H., Andreotti N., Fajloun Z. et al. Lacticin LC14, a new bacteriocin produced by *Lactococcus lactis* BMG6.14: isolation, purification and partial characterization. *Infect Disord Drug Targets*, 2012, no. 12, pp. 316–325. (In Eng.). DOI: 10.2174/187152612801319276
15. Joo N. E., Ritchie K., Kamarajan P. et al. Nisin, an apoptogenic bacteriocin and food preservative, attenuates HNSCC tumorigenesis via CHAC1. *Cancer Medicine*, 2012, no. 1, pp. 295–305. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1002/cam4.35>
16. Vandenberg P. A. Lactic acid bacteria, their metabolic products and interference with microbial growth. *FEMS Microbiology Reviews*, 1993, vol. 12, pp. 221–237. (In Eng.).

The article was submitted 07.02.2023; approved after reviewing 02.03.2023; accepted for publication 13.03.2023.

About the authors

Valeria S. Tyumentseva

Graduate student of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise and Biological Safety, Russian Biotechnological (Biotech) University (11 Volokolamsk Highway, Moscow 125080, Russian Federation), asiat29@mail.ru

Asiyat M. Abdullaeva

Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Head of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise and Biological Safety, Russian Biotechnological (Biotech) University (11 Volokolamsk Highway, Moscow 125080, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1900-2121>, asiat29@mail.ru

Larisa P. Blinkova

Dr. Sci. (Biology), Professor, Head of the Laboratory of Microbiological Nutrient Media, I. Mechnikov Research Institute of Vaccines and Sera (5a Maly Kazenny pereulok, Moscow, 105064, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0271-5934>, b.larus@mail.ru

All authors have read and approved the final manuscript.