

Влияние полисахаридов *Hericium Erinaceus* BP16 на криоустойчивость спермы быков

О. Н. Соломина, А. Н. Худяков, Т. В. Полежаева,
М. И. Сергушкина, О. О. Зайцева

Институт физиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар
gameta@mail.ru

Аннотация

Криосохранение генетического материала высокопродуктивных пород крупного рогатого скота актуально на протяжении нескольких десятилетий. Основной целью экспериментов является разработка криоконсервантов, сохраняющих сперму в функционально-активном состоянии. Для этого в состав криопротекторов вводят различные антиоксиданты и сахара.

Цель настоящей работы – изучение влияния полисахаридных фракций *H. erinaceus* на криоустойчивость спермы быков. В ходе работы выявлено, что растворы, содержащие полисахаридные фракции *H. erinaceus*, сохраняют более высокий уровень показателей подвижности, чем контрольный раствор. Необходимо дальнейшее исследование полисахаридов в сохранении репродуктивной функции клеток, в том числе на более длительные сроки.

Ключевые слова:

полисахариды, криоустойчивость, замораживание, сперматозоиды

Введение

Криосохранение спермы высокопродуктивных пород крупного рогатого скота актуально на протяжении нескольких десятилетий. Известно, что любое воздействие на сперму в процессе ее замораживания-оттаивания изменяет структуру (уменьшаются размеры сперматозоидов, особенно площадь и периметр головки) и биохимические свойства гамет [1–4]. Стандартный метод криоконсервации включает замораживание спермы в парах жидкого азота до -80°C на высоте 1–10 см и последующее хранение при -196°C [5]. Основной целью большинства экспериментов по криоконсервированию спермы является разработка криопротекторных растворов, в состав которых могут быть включены антиоксиданты, сахара, витамины, экстракты растений для сохранения или восстановления морфологии, жизнеспособности, подвижности, а также целостности мембран, акросом и ДНК гамет. В настоящей работе в каче-

Influence of polysaccharides from *Hericium Erinaceus* BP16 on the cryostability of bull sperm

O. N. Solomina, A. N. Khudyakov, T. V. Polezhaeva,
M. I. Sergushkina, O. O. Zaitseva

Institute of Physiology, Komi Science Centre of the Ural Branch of
the Russian Academy of Sciences,
Syktyvkar
gameta@mail.ru

Abstract

Cryopreservation of genetic material of highly productive cattle breeds has been relevant for several decades. The main goal of the experiments is to develop crypreservatives that will preserve sperm in a functionally active state. For this purpose, various antioxidants and sugars are added to cryoprotectors.

The purpose of this work was to study the effect of polysaccharide fractions from *H. erinaceus* on the cryostability of bull sperm. Solutions containing polysaccharide fractions of *H. erinaceus* retain a higher level of motility indicators than the control solution. The studies on polysaccharides and their role in preserving the reproductive function of cells need to be continued including preservation for longer periods.

Keywords:

polysaccharides, cryostability, freezing, spermatozoa

стве антиоксиданта мы применили полисахаридные фракции *Hericium Erinaceus*. Известно, что препараты, полученные на основе полисахаридного комплекса *H. Erinaceus*, обладают антиоксидантным [6–8], гепатопротекторным [9, 10], гиполипидемическим [11], антимикробным [12, 13], противоопухолевым [8, 14–16], иммуномодулирующим [17], гастропротекторным [18–20], нейропротекторным [21–23] и другими видами физиологических действий. Важной особенностью полисахаридов *H. Erinaceus* является наличие в его молекуле функциональных групп, которые взаимодействуют с молекулами глицерина, образуя водородные связи, что позволяет достичь наибольшей эффективности раствора для сохранения функций сперматозоидов.

Цель нашей работы – изучение влияния полисахаридных фракций *H. Erinaceus* на криоустойчивость спермы.

Материалы и методы

*Культивирование и получение плодовых тел *H. Erinaceus**

В работе использовали штамм *H. Erinaceus* BP16 (нуклеотидная последовательность фрагмента ITS1_5.8S ITS2 депонирована в NCBI под номером MK809367), полученный методом культуры ткани из собранного в природе плодового тела гриба, выращенного на лигноцеллюлозном субстрате, состоящем из дубовых опилок, зерна овса и соломы (1:3:6 об. %) в стеклянных емкостях объемом 500 мл. Для этого в стерилизованный автоклавированием (121° С, 1 атм., в течение 25 мин) субстрат после охлаждения асептически вносили блоки (р 10 мм, 2 шт./емкость) с грибным мицелием, вырезанные из 15-суточной газонной культуры на сусло-агаре (4° С). Емкости с инокулированным субстратом инкубировали при комнатной температуре (20±1° С) и естественном световом режиме. По мере формирования грибом плодовых тел их срезали и высушивали при 60° С в сушильном шкафу (СМ 50/400-60 ШС, Россия) или замораживали при -20° С в электроморозильнике «Derby» (Дания).

*Получение полисахаридных фракций из плодовых тел *H. Erinaceus**

Навески измельченных сухих и замороженных плодовых тел подвергали экстракции по отдельности. Сырье заливали последовательно водой при +20° и +70° С, затем 5%-ным водным раствором NaOH при +20° С. На всех этапах осуществляли непрерывное перемешивание в течение 3 ч. Остаток сырья отделяли центрифугированием. Контроль экстракции полисахаридов выполняли фенол-серноокислотным методом [24]. При положительной реакции на углеводы экстракт сливали, а остаток сырья повторно заливали экстрагентом (водой или 5%-ным раствором NaOH), повторяя манипуляцию до отрицательной реакции на углеводы в экстракте. Методом центрифугирования (13 тыс.об/мин, в течение 40 мин) получали супернатант с последующим высушиванием. Получены две полисахаридные фракции: из замороженных плодовых тел – PF1, из сухих плодовых тел – PF2.

Определение химического состава полисахаридных фракций PF1 и PF2

Количественное определение нейтральных моносахаридов в виде соответствующих ацетатов полиолов после полного (в течение 3 ч) кислотного гидролиза фракций 2М трифторуксусной кислотой проводили газо-жидкостной хроматографией (ГЖХ). Использовали хроматограф «Varian 450-GC» (США) с пламенно-ионизационным детектором, капиллярную колонку VF-5 ms «Varian» (США), 0,25 мм, 30 м, гелий в качестве газа-носителя. Газожидкостную хроматографию ацетатов полиолов осуществляли в программе: от 175° (1 мин) до 250° С (2 мин) со скоростью 3° С/мин. Процентное содержание моносахаридов от суммарного препарата вычисляли из площадей пиков, используя коэффициенты отклика детектора [25]. В качестве внутреннего стандарта применяли мио-инозит «Sigma» (США).

В полисахаридных фракциях, помимо моносахаридного состава, определяли содержание уоновых кислот

спектрофотометрическим методом, основанным на реакции продуктов окисления углеводов с 3,5-диметилфенолом в присутствии концентрированной серной кислоты, с использованием градуировочного графика, построенного для растворов галактуроновой кислоты. Измерение проводили при двух длинах волн 400 и 450 нм на спектрофотометре UNICO 2800 (США) [22].

Содержание белка определяли по методу Лоури [26], используя градуировочный график, построенный для растворов бычьего сывороточного альбумина.

Сбор спермы

Быки-производители голштинской породы (n=20; возраст – 2-3 года) – постоянные доноры спермы, содержались на предприятии ОАО «КировПлем» (Россия). Условия содержания были оптимальными и одинаковыми для каждого быка. Сперму собирали с использованием искусственного влагалища (+42° С).

Охлаждение и отогрев сперматозоидов

Свежеполученную сперму делили на три экспериментальные группы. Контрольную группу (КГ) разбавляли в соотношении 1:5 с раствором в составе (вес/объем): 2,75 г ТРИС (AppliChem, Германия), 0,8 г – глюкоза (NeoFroxx, Германия), 0,3 г – мальтоза (NeoFroxx, Германия), 1,4 – лимонная кислота (СДН, Индия), 6 мл – глицерин (АО Химреактив, Россия), 20 мл – желток куриный, бидистиллированная вода до 100 мл. При приготовлении растворов для экспериментальных групп (ЭГ1 и ЭГ2) к указанному составу раствора добавляли по 0,25 г PF1 или 0,25 г PF2 и в дальнейшем также смешивали со спермой в соотношении 1:5. Далее для оценки криозащитных свойств полисахаридных фракций смесь разливали по криопробиркам по 500 мкл и помещали в воздушную среду холодильника ТВЛ-К 050Б (ЗАО «ИнСовт», Россия) при температуре +5° С на 2 ч, после чего переносили в электрический морозильник Vestfrost (Дания) при температуре -80° С для хранения. Отогрев осуществляли в водяной ванне при +37° С после семи суток хранения.

Определение подвижности сперматозоидов

До охлаждения и после отогрева проводили анализ биологических параметров спермы с помощью программного обеспечения Аргус-CASA, которая включала фазово-контрастный микроскоп (CX43RF Olympus, Япония), программное обеспечение, цифровую камеру, ПК, укомплектованный принадлежностями. Для этого каплю спермы вносили в счетную камеру Маклера (Counting chamber Makler®, Sefi Medical, Israel) и исследовали в фазово-контрастном свете.

Для расчета показателей подвижности сперматозоидов рассматривали только прогрессивно подвижные клетки как основной объект дальнейших исследований.

Статистический анализ

Статистический анализ проводили с использованием программного комплекса XLSTAT 2016. Количественные показатели оценивали на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро-Уилка (при числе исследуемых – менее 50) или критерия Колмогорова-Смирнова (при числе исследуемых – более 50). В случае отсутствия нормального распределения коли-

ческие данные описывали с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1-Q3). Сравнение по показателю статистической значимости оценивали с помощью критерия Краскела-Уоллиса при $p < 0,05$. Результаты исследования представлены в виде медианы и 25-го и 75-го центилей (Me, Q1-Q3).

Результаты и их обсуждение

Подвижность сперматозоидов является одним из наиболее важных показателей фертильности [27]. Оценивали следующие показатели подвижности: прямолинейная скорость VSL (микрон/сек), криволинейная скорость VCL (микрон/сек), средняя скорость пути VAP (микрон/сек), среднее угловое смещение MAD (град), линейность LIN (%), перекрестная частота биений BCF (Гц). Оценивали не менее 200 сперматозоидов по каждому параметру подвижности из предусмотренных протоколом исследования программы ArgusCASA.

Смешивание спермы с исследуемыми растворами перед криоконсервацией вызывает изменение различных показателей кинематики. Так, значения показателей VSL, VCL, BCF в группе ЭГ1 статистически значимо выше, чем в группе КГ, а показателей VAP и BCF – выше, чем в группе ЭГ2 (табл. 1).

После хранения сперматозоидов при $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение семи суток данные группы КГ (без полисахаридных фракций) статистически значимо отличались от ЭГ1 и ЭГ2 по следующим параметрам подвижности: от ЭГ1 – MAD и LIN, от ЭГ2 – VCL, MAD, BCF.

Таблица 1
Показатели подвижности у прогрессивных сперматозоидов после смешивания спермы с контрольным и исследуемыми растворами, содержащими полисахаридные фракции *H. Erinaceus* (Me, Q1-Q3)

Table 1
Motility indicators of progressive spermatozoa after mixing semen with control solution and test solutions containing polysaccharide fractions of *H. erinaceus* (Me, Q1-Q3)

Показатели кинематики	Исследуемые группы		
	КГ	ЭГ1	ЭГ2
VSL	31,27 (21,71-48,29)	41,14 * (30,98-51,43)	36,67 (24,96-46,17)
VCL	75,20 (54,79-97,59)	89,27 * (70,99-107,24)	84,57 (67,14-99,46)
VAP	52,38 (36,96-64,69)	52,48 (42,66-60,88)	48,67# (34,79-56,01)
MAD	51,97 (43,76-63,27)	50,58 (43,46-59,39)	49,14 (43,65-61,94)
LIN	50,24 (38,83-62,82)	46,51 (39,42-54,96)	44,42 (36,28-51,59)
BCF	70,86 (43,41-115,10)	103,25 * (67,21-125,17)	71,48# (52,80-99,56)

Примечание. Здесь и в табл. 2: * – отличие от показателей КГ статистически значимо при $p < 0,05$; # – отличие от показателей ЭГ1 статистически значимо при $p < 0,05$.

Note. Here and in Table 2: * – difference from КГ (control group) indicators is statistically significant at $p < 0,05$; # – difference from ЭГ1 (experimental group) indicators is statistically significant at $p < 0,05$.

Таблица 2
Показатели подвижности у прогрессивных сперматозоидов экспериментальных групп после отогрева после семи суток хранения при температуре $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Me, Q1-Q3)

Table 2
Motility indicators of progressive spermatozoa from the experimental groups warmed after 7-day-long storage at $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Me, Q1-Q3)

Показатели кинематики	Исследуемые группы		
	КГ	ЭГ1	ЭГ2
VSL	25,73 (20,42-30,74)	28,45 (20,96-34,76)	25,19 (19,97-30,64)
VCL	59,79 (54,42-68,35)	61,97 (52,53-75,03)	71,60 * (59,38-85,18)
VAP	26,05 (16,40-33,22)	29,18 (22,74-35,09)	29,00 (23,96-32,84)
MAD	56,50 (48,88-68,43)	50,45 * (43,99-61,13)	50,96 * (44,87-58,45)
LIN	36,34 (27,22-44,93)	40,97 * (30,95-52,14)	39,35 (31,62-49,11)
BCF	39,68 (9,74-47,26)	38,20 (23,50-52,35)	46,15 * (36,51-66,16)

Таким образом, экспериментальные растворы, содержащие полисахаридные фракции *H. Erinaceus*, сохраняют более высокий уровень показателей подвижности, чем контрольный раствор. Данный эффект можно проследить как непосредственно после смешивания спермы с растворами, так и после низкотемпературного хранения. Мы полагаем, что это достигается за счет формирования водородных связей между гидроксильными группами полисахарида и глицерина, а также благодаря наличию антиоксидантной активности у полисахаридных фракций *H. erinaceus*. Необходимо дальнейшее исследование полисахаридов в сохранении репродуктивной функции клеток, в том числе на более длительные сроки.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники и литература/References

1. Thompson, L. A. A morphometric comparison of the nuclear morphology of fresh and frozen-thawed human zona-bound and unbound sperm / L. A. Thompson, P. F. Brook, M. A. Warren [et al.] // Journal of Andrology. – 1994. – Vol. 15. – № 4. – P. 337-342.
2. Gravance, C. G. Pre-freeze bull sperm head morphology related with post-thaw fertility/ C. G. Gravance, M. E. Casey, P. J. Case // Animal Reproduction Science. – 2009. – Vol. 114. – P. 81-88.
3. Pena, F. J. Identification of sperm morphometric subpopulations in two different portions of the boar ejaculate and its relation to post thaw quality / F. J. Pena, F. Saravia, M. García-Herreros [et al.] // Journal of Andrology. – 2005. – Vol. 26. – P. 716-723.
4. Li, X. Y. In vitro antioxidant and anti-proliferation activities of polysaccharides from various extracts of different mushrooms / X. Y. Li, Z. Wang, L. Wang [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2012. – Vol. 13. – № 5. – P. 5801-5817.

5. Le, M. T. Cryopreservation of human spermatozoa by vitrification versus conventional rapid freezing: Effects on motility, viability, morphology and cellular defects / M. T. Le, T. T. Thanh Nguyen, T. T. Nguyen [et al.] // *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*. – 2019. – Vol. 234. – P.14–20.
6. Liu, J. Anti-fatigue activities of polysaccharides extracted from *Hericium erinaceus* / J. Liu, C. Du, Y. Wang [et al.] // *Experimental and Therapeutic Medicine*. – 2015. – Vol. 9. – № 2. – P. 483–487.
7. Han, Z. H. Evaluation of in vivo antioxidant activity of *Herichium erinaceus* polysaccharides / Z. H. Han, J. M. Ye, G. F. Wang // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2013. – Vol. 52. – P. 66–71.
8. Liu, J. Y. Isolation and structural characterization of a novel polysaccharide from *Hericium erinaceus* fruiting bodies and its arrest of cell cycle at S-phase in colon cancer cells / J. Y. Liu, X. X. Hou, Z. Y. Li [et al.] // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2020. – Vol. 157. – P. 288–295.
9. Zhang, Z. Antioxidant and hepatoprotective potential of endo-polysaccharides from *Hericium erinaceus* grown on tofu whey / Z. Zhang, G. Lv, H. Pan [et al.] // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2012. – Vol. 51. – № 5. – P. 1140–1146.
10. Cui, F. Protective effects of extracellular and intracellular polysaccharides on hepatotoxicity by *Hericium erinaceus* SG-02 / F. Cui, X. Gao, J. Zhang [et al.] // *Current Microbiology*. – 2016. – Vol. 73. – № 3. – P. 379–385.
11. Yang, B. K. Hypolipidemic effect of an exo-biopolymer produced from a submerged mycelial culture of *Hericium erinaceus* / B. K. Yang, J. B. Park, C. H. Song // *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*. – 2003. – Vol. 67. – № 6. – P. 1292–1298.
12. Kim, S. P. *Hericium erinaceus* mushroom extracts protect infected mice against *Salmonella Typhimurium* – induced liver damage and mortality by stimulation of innate immune cells / S. P. Kim, E. Moon, S. H. Nam [et al.] // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2012. – Vol. 60. – № 22. – P. 5590–5596.
13. Kim, D. M. Isolation of antimicrobial substances from *Herichium erinaceum* / D. M. Kim, C. W. Pyun, H. G. Ko [et al.] // *Mycobiology*. – 2000. – Vol. 28. – P. 33–38.
14. Li, G. Anticancer potential of *Hericium erinaceus* extracts against human gastrointestinal cancers / G. Li, K. Yu, F. Li [et al.] // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2014. – Vol. 153. – № 2. – P. 521–530.
15. Wang, J. C. Antitumor and immunoenhancing activities of polysaccharide from culture broth of *Herichium* spp. / J. C. Wang, S. H. Hu, C. H. Su [et al.] // *Kaohsiung Journal of Medical Sciences*. – 2001. – Vol. 17. – № 9. – P. 461–467.
16. Yonis, A. Anticancer potential of *Hericium erinaceus* extracts against particular human cancer cell lines / A. Yonis // *Microbial Biosystems*. – 2017. – Vol. 2. – № 1. – P. 9–20.
17. Choi, Y. I. Immuno-stimulating and antitumor effects on mouse sarcoma 180 by crude polysaccharides extracted from fruiting body of *Hericium erinaceus* / Y. I. Choi, J. S. Lee, U. Y. Lee [et al.] // *Journal of Life Science*. – 2010. – Vol. 20. – P. 623–631.
18. Wang, M. M. Anti-gastric ulcer activity of polysaccharide fraction isolated from mycelium culture of lion's mane medicinal mushroom, *Hericium erinaceus* (higher basidiomycetes) / M. M. Wang, T. Konishi, Y. Gao [et al.] // *International Journal of Medicinal Mushrooms*. – 2015. – Vol. 11. – P. 1055–60.
19. Wang, X. Y. Gastroprotective activity of polysaccharide from *Hericium erinaceus* against ethanol-induced gastric mucosal lesion and pylorus ligation-induced gastric ulcer, and its antioxidant activities / X. Y. Wang, J. Y. Yin, M. M. Zhao [et al.] // *Carbohydrate Polymers*. – 2018. – Vol. 186. – P. 100–1099.
20. Golbabapour, S. Gastroprotective effects of lion's mane mushroom *Hericium erinaceus* (bull.:Fr.) Pers. (*Phylloporomycetidae*) extract against ethanol-induced ulcer in rats / S. Golbabapour, V. Sabaratnam // *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. – 2013. – Vol. 3. – P. 1–9.
21. Wong, K. H. Restoration of sensory dysfunction following peripheral nerve injury by the polysaccharide from culinary and medicinal mushroom, *Hericium erinaceus* (bull.:Fr.) Pers. through its neuroregenerative action / K. H. Wong, G. Kanagasabapathy, R. Bakar [et al.] // *Food Science and Technology*. – 2015. – Vol. 35. – № 4. – P. 712–721.
22. Zhang, J. The neuroprotective properties of *Hericium erinaceus* in glutamate-damaged differentiated PC12 cells and an Alzheimer's disease mouse model / J. Zhang, S. An, W. Hu [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2016. – № 17 (11). – P. 1–13.
23. Usov, A. I. Polysaccharides of the red algae / A. I. Usov // *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*. – 2011. – Vol. 65. – P. 115–217.
24. Dubois, M. Calorimetric method for the determination of sugars and related substances / M. Dubois, K. A. Gilles, J. K. Hamilton [et al.] // *Analytical Chemistry*. – 1956. – Vol. 28. – P. 350–356.
25. York, W. S. Isolation and characterization of plant cell walls and cell-wall components / W. S. York, A. G. Darvil, M. R. McNeil [et al.] // *Methods in Enzymology*. – 1986. – Vol. 118. – P. 3–40.
26. Lowry, O. H. Protein measurement with the Folin phenol reagent / O. H. Lowry, N. J. Rosebrough, A. L. Farr [et al.] // *The Journal of Biological Chemistry*. – 1951. – Vol. 193. – № 1. – P. 265–75.
27. Bergeron, A. New insights towards understanding the mechanisms of sperm protection by egg yolk and milk / A. Bergeron, P. Manjunath // *Molecular Reproduction and Development*. – 2006. – Vol. 73. – № 10. – P. 1338–1344.

Благодарность (госзадание)

Исследования выполнены в рамках государственного задания Института физиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Биофизические механизмы криозащиты биообъектов и взаимодействия специфических бактериофагов с рецепторами клеток иерсиний» (№ 1021051201894-0).

Acknowledgements (state task)

The research was carried out within the framework of the state task of the Institute of Physiology, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences on the topic "Biofizicheskie mekhanizmy kriozashchity bioobyektov i vzaimodejstviya specificheskikh bakteriofagov s receptorami kletok iersinij [Biophysical mechanisms of cryoprotection of bioobjects and interaction of specific bacteriophages with receptors of Yersinia cells]" (№ 1021051201894-0).

Информация об авторах:

Соломина Ольга Нурзадиновна – кандидат биологических наук, научный сотрудник Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 55287278200; ORCID 0000-0001-5187-8698 (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Первомайская, д. 50; e-mail: gameta@mail.ru).

Худяков Андрей Николаевич – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 23110765900; ORCID 0000-0003-3757-8263 (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Первомайская, д. 50; e-mail: defender36@yandex.ru).

Полежаева Татьяна Витальевна – доктор биологических наук, заведующая лабораторией криофизиологии крови Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 35590512500; ORCID 0000-0003-4999-3077 (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Первомайская, д. 50; e-mail: tatvita@yandex.ru).

Сергушкина Марта Игоревна – кандидат биологических наук, младший научный сотрудник Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 57196452710; ORCID 0000-0002-3113-527X (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Первомайская, д. 50; e-mail: mara.kovalkova@mail.ru, автор для переписки).

Зайцева Оксана Олеговна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 231120092100; ORCID 0000-0001-9427-0420 (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Первомайская, д. 50; e-mail: ddics@yandex.ru).

About the authors:

Olga N. Solomina – Candidate of Sciences (Biology), Researcher at the Institute of Physiology, Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID: 55287278200; ORCID 0000-0001-5187-8698 (50 Pervomayskaya str., Syktyvkar, Komi Republic, 167982 Russian Federation; e-mail: gameta@mail.ru)

Andrey N. Khudyakov – Candidate of Sciences (Biology), Senior Researcher at the Institute of Physiology, Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID: 23110765900; ORCID 0000-0003-3757-8263 (50 Pervomayskaya str., Syktyvkar, Komi Republic, 167982 Russian Federation; e-mail: defender36@yandex.ru).

Tatyana V. Polezhaeva – Doctor of Sciences (Biology), Head of the Laboratory at the Institute of Physiology, Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID: 35590512500; ORCID 0000-0003-4999-3077 (50 Pervomayskaya str., Syktyvkar, Komi Republic, 167982 Russian Federation; e-mail: tatvita@yandex.ru).

Marta I. Sergushkina – Candidate of Sciences (Biology), Junior Researcher at the Institute of Physiology, Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID: 57196452710; ORCID 0000-0002-3113-527X (50 Pervomayskaya str., Syktyvkar, Komi Republic, 167982 Russian Federation; e-mail: mara.kovalkova@mail.ru, author for correspondence).

Oksana O. Zaitseva – Candidate of Sciences (Biology), Senior Researcher at the Institute of Physiology, Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID: 231120092100; ORCID 0000-0001-9427-0420 (50 Pervomayskaya str., Syktyvkar, Komi Republic, 167982 Russian Federation; e-mail: ddics@yandex.ru).

Для цитирования:

Соломина, О. Н. Влияние полисахаридов *Hericium Erinaceus* BP16 на криоустойчивость спермы быков / О. Н. Соломина, А. Н. Худяков, Т. В. Полежаева [и др.] // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Сельскохозяйственные науки». – 2025. – № 1 (77). – С. 87–92.

For citation:

Solomina, O. N. Vliyanie polisaharidov *Hericium Erinaceus* BP16 na krioustojchivost spermy bykov [Influence of polysaccharides from *Hericium erinaceus* BP16 on the cryostability of bull sperm] / O. N. Solomina, A. N. Khudyakov, T. V. Polezhaeva // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Agricultural Sciences". – 2025. – № 1 (77). – P. 87–92.

Дата поступления статьи: 09.09.2024

Прошла рецензирование: 31.01.2025

Принято решение о публикации: 26.09.2024

Received: 09.09.2024

Reviewed: 31.01.2025

Accepted: 26.09.2024