

ВЛИЯНИЕ ЛЕКТИНА *LACTOBACILLUS DELBRUECKII* ssp. *BULGARICUS* НА АКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ФАГОЦИТОЗА

А.С. Долмашкина, Е.А. Горельникова, Л.В. Карпунина

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

Резюме. Изучено влияние *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* на активность макрофагов — перитонеальных (ПМФ) и альвеолярных (АМФ), выделенных из организма белых мышей на 1, 3, 5, 7 сут после введения лектина, в процессе фагоцитоза бактерий *Staphylococcus aureus* 209-Р. В ходе исследований было показано, что к 6 ч активность ПМФ и АМФ, выделенных через сутки после введения лектина увеличилась в 3,4 и 2,9 раза. ПМФ и АМФ, выделенные на 3 сутки из организма мышей, проявляли наибольшую активность через 6 ч инкубирования с бактериальными клетками в 1,6 и 2 раза в сравнении с контролем. На 5 сут ПМФ и АМФ проявляли наибольшую активность к 6 часам в процессе фагоцитоза в сравнении с контролем, соответственно, в 2,2 и 2,4 раза. На 7 сут только АМФ имели наибольшую активность через 30 мин инкубации с бактериями в 1,5 раза в сравнении с контролем в процессе фагоцитоза *in vitro* *S. aureus* 209-Р. В отношении ПМФ никаких изменений по сравнению с контролем не наблюдали. Анализ полученных данных показал, что активность макрофагов, выделенных из организма мышей, которым вводили лектин на 1, 3, 5 сут, существенно отличалась от контрольных значений на завершающих стадиях процесса фагоцитоза *S. aureus* 209-Р. Можно предположить, что лектин, взаимодействуя с поверхностными структурами ПМФ и АМФ на 1, 3, 5 сут эксперимента, способствует более кратковременному процессу адгезии ими бактериальных клеток при фагоцитозе. Для оценки специфичности взаимодействия лектина с рецепторными структурами макрофагов были проведены эксперименты с белком, не обладающим лектиновыми свойствами — бычьим сывороточным альбумином — БСА, и с лектином, блокированным специфическими к нему углеводами. Было показано, что фагоцитарная активность макрофагов в присутствии БСА была аналогична контролю и существенно от него не отличалась. БСА не оказывал влияния на завершенность фагоцитоза бактерий макрофагами. При исследовании взаимодействия лектина, блокированного специфическими углеводами, на фагоцитарную активность макрофагов было отмечено некоторое повышение фагоцитарной активности в отношении ПМФ, через 6 ч процесса фагоцитоза и некоторое понижение после 0,5; 1 и 24 ч процесса фагоцитоза. В отношении АМФ лектин, блокированный смесью углеводов, был аналогичен контрольным значениям. Полученные результаты позволили говорить о специфичном связывании лектина *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* с поверхностными рецепторами АМФ. Однако в отношении ПМФ наблюдалась небольшая активность макрофагов в процессе фагоцитоза, что говорит о специфичном и неспецифичном связывании лектина *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* с поверхностными рецепторами ПМФ. Можно предположить, что на молекулярном уровне *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, помимо специфичного взаимодействия с рецепторными структурами ПМФ, может участвовать во множестве неспецифических реакций. Таким образом, лектин *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* увеличивал адге-

Адрес для переписки:

Долмашкина Алина Сергеевна
410012, Россия, г. Саратов, Театральная пл., 1,
Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова.
Тел.: 8 (986) 989-59-19.
E-mail: alina.dolmashkina@yandex.ru

Contacts:

Alina S. Dolmashkina
410012, Russian Federation, Saratov, Theater Square, 1,
Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov.
Phone: +7 (986) 989-59-19.
E-mail: alina.dolmashkina@yandex.ru

Библиографическое описание:

Долмашкина А.С., Горельникова Е.А., Карпунина Л.В. Влияние лектина *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* на активность процесса фагоцитоза // Инфекция и иммунитет. 2018. Т. 8, № 3. С. 377–382.
doi: 10.15789/2220-7619-2018-3-377-382

Citation:

Dolmashkina A.S., Gorelnikova E.A., Karpunina L.V. Influence of the lectin *lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* on activity of the process of phagocytosis // Russian Journal of Infection and Immunity = Infektsiya i immunitet, 2018, vol. 8, no. 3, pp. 377–382. doi: 10.15789/2220-7619-2018-3-377-382

живную способность макрофагов мышей, существенно влиял на завершенность процесса фагоцитоза бактериальных клеток. Обнаружено специфическое взаимодействие *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* с поверхностными рецепторами АМФ, в отношении ПМФ наблюдали и специфическое, и неспецифическое взаимодействие.

Ключевые слова: лектин, фагоцитоз, бактерии, альвеолярные макрофаги, перитонеальные макрофаги, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*.

INFLUENCE OF THE LECTIN *LACTOBACILLUS DELBRUECKII* ssp. *BULGARICUS* ON ACTIVITY OF THE PROCESS OF PHAGOCYTOSIS

Dolmashkina A.S., Gorelnikova E.A., Karpunina L.V.

Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russian Federation

Abstract. The effect of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* on the activity of macrophages — peritoneal (PMP) and alveolar (AMP), isolated from the body of white mice at 1, 3, 5, 7 days after the introduction of lectin, in the process of phagocytosis of bacteria *Staphylococcus aureus* 209-P. In the course of the studies, it was shown that by 6 hours the activity of PMP and AMP isolated within 24 hours after lectin administration had increased by 3.4 and 2.9 times. The PMP and AMP, isolated from the mice for 3 days, showed the greatest activity after 6 hours of incubation with bacterial cells in 1.6 and 2 times in comparison with the control. On day 5, PMP and AMP showed the greatest activity by 6 hours in the process of phagocytosis compared with the control, respectively, in 2.2 and 2.4 times. At day 7, only AMP had the highest activity after 30 minutes of incubation with bacteria 1.5 times in comparison with the control in the process of phagocytosis in vitro by *S. aureus* 209-P. With respect to PMP, no changes were observed compared to the control. The analysis of the obtained data showed that the activity of macrophages isolated from the organism of mice injected with lectin on days 1, 3, 5 significantly differed from the control values at the final stages of the phagocytosis process of *S. aureus* 209-P. It can be assumed that the lectin interacting with the surface structures of PMP and AMP on the 1st, 3rd, 5th day of the experiment promotes a more short-term process of adhesion of bacterial cells in phagocytosis. To evaluate the specificity of lectin interaction with receptor structures of macrophages, experiments were conducted with a protein that did not have lectin properties-bovine serum albumin-BSA and lectin blocked by specific carbohydrates. It was shown that the phagocytic activity of macrophages in the presence of BSA was similar to control and did not differ significantly from it. BSA did not influence the completion of bacterial phagocytosis by macrophages. When studying the interaction of lectin blocked by specific carbohydrates on the phagocytic activity of macrophages, there was a slight increase in phagocytic activity against PMP, after 6 hours of phagocytosis and a slight decrease after 0.5 hours, 1 hour and 24 hours of phagocytosis. For AMP, the lectin blocked by a mixture of carbohydrates was similar to the control values. The results obtained made it possible to speak of the specific binding of lectin *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* with surface AMP receptors. However, with respect to PMP, a small activity of macrophages in the process of phagocytosis was observed, which indicates the specific and non-specific binding of lectin *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* with surface TMF receptors. It can be assumed that, at the molecular level, *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, in addition to a specific interaction with the receptor structures of PMP, can participate in a variety of nonspecific reactions. Thus, the lectin *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* increased the adhesive ability of macrophages of mice, significantly influenced the completeness of the phagocytosis process of bacterial cells. A specific interaction of *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* with surface AMP receptors, both specific and non-specific interactions were observed with respect to PMP.

Key words: lectin, phagocytosis, bacteria, alveolar macrophages, peritoneal macrophages, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*.

Введение

Изучение бактериальных лектинов является одним из интересных и перспективных направлений в современной микробиологии. Благодаря способности связывать специфические углеводы они находят широкое применение в диагностике различных инфекций [5]. К настоящему времени известно о том, что лектины могут взаимодействовать с перитонеальными макрофагами белых мышей [3], с рецепторами фагоцитов различного типа, изменяя активность фагоцитоза [1]. В отношении лектинов молочнокислых бактерий таких сведений не имеется. В связи с вышеизложенным, ис-

следование влияния лектинов молочнокислых бактерий на процесс фагоцитоза является весьма интересной и актуальной задачей.

Цель исследования — изучить влияние лектина *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* на процесс фагоцитоза бактерий *Staphylococcus aureus* 209-P.

Материалы и методы

В работе использовали лектин, ранее нами выделенный из *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* [4]. Культура *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* была получена из сухого порошка лиофилизированной бактериальной закваски болгарских

палочек, используемых в России для производства йогуртов (Государственное унитарное предприятие производственно-экспериментальный завод РАСН, Москва).

Лектин *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* не имеет цвета и запаха. Проявляет специфичность к D-глюкозе, L-фукозе, D-маннозе, D-целлобиозе. Лектин обладает антимикробной активностью в разной степени в отношении: *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* 209-P, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Klebsiella pneumoniae* K2, *Xanthomonas campestris* 611, *Pseudomonas fluorescens* AP3.

В качестве доноров альвеолярных (АМФ) и перитонеальных (ПМФ) макрофагов использовали лабораторных белых мышей — самок, массой 19 г, возрастом 2–3 месяца. В ходе эксперимента было две группы: контрольная и опытная. Лектин *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* вводился мышам в концентрации 1,5 мкг/мл.

Экспериментальные исследования выполнены в соответствии с требованием Федерального закона от 01.01.1997 г. «О защите животных от жестокого обращения» и положениями Европейской конвенции по защите позвоночных животных (Страсбург 18.03.1986 г.). Всех животных содержали в стандартных условиях вивария.

Для выделения альвеолярных и перитонеальных макрофагов животное умертвляли цервикальной дислокацией. Для получения ПМФ внутрибрюшинно вводили стерильным шприцем 5 мл среды 199. После экссудат забирали и переносили в центрифужные пробирки [7]. Для получения АМФ мышью вскрывали и удаляли легкие, после чего их переносили в стерильные чашки Петри со средой 199. Легкие измельчали ножницами, затем полученную взвесь собирали пипеткой и пропускали через нейлоновый фильтр в центрифужные пробирки.

Экссудат ПМФ и суспензию АМФ центрифугировали 15 минут при 600g. После центрифугирования надосадочную жидкость сливали, а центрифугат заливали средой 199 и переносили в стерильные пробирки с покровными стеклами.

Для моделирования процесса фагоцитоза *in vitro* оптимальной средой являлась среда 199, которая содержит дивалентные катионы и имеет рН 6,5–7,7.

Для моделирования процесса фагоцитоза использовали культуру *Staphylococcus aureus* 209-P, которая была получена из коллекции микроорганизмов кафедры микробиологии и физиологии растений ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского». Активность фагоцитоза определяли через 30 мин, 1, 6, 24 ч в течение 1, 3, 5, 7 сут. Микробные клетки добавляли во взвесь макрофагов в соот-

ношении 50:1 и инкубировали взвесь при 37°C. При исследовании фагоцитарной активности покровные стекла с адсорбированными на них макрофагами через 30 мин, 1, 6, 24 ч фиксировали спиртом и окрашивали по Романовскому–Гимзе. Контрольную пробу (без бактерий) инкубировали в течение 30 мин.

Учет результатов осуществляли микроскопически.

Индекс завершенности фагоцитоза (ИЗФ) определяли по формуле:

$$\text{ИЗФ} = \frac{\text{ФИ}_1 - \text{ФИ}_2}{\text{ФИ}_1},$$

где ФИ — фагоцитарный индекс, число макрофагов, захвативших бактерий; ФИ_1 — число активных макрофагов через 1 ч; ФИ_2 — число активных макрофагов через 24 ч после инкубации.

С помощью ИЗФ определяли завершенный или незавершенный фагоцитоз. Если $\text{ИЗФ} \geq 1$ — процесс фагоцитоза завершенный, если $0 < \text{ИЗФ} < 1$ — частичное переваривание микробных клеток, а если $\text{ИЗФ} < 0$ — то фагоцитарный процесс не завершен [2, 7].

Статистическую обработку результатов проводили по общепринятым методикам с использованием t-критерия Стьюдента [6].

Результаты и обсуждение

Изучали влияние лектина *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* на активность макрофагов, выделенных из организма белых мышей на 1, 3, 5, 7 сут после введения лектина, в процессе фагоцитоза бактерий *S. aureus* 209-P.

В ходе исследований было показано, что к 6 часам активность ПМФ и АМФ, выделенных через сутки после введения лектина увеличилась в 3,4 и 2,9 раза. ПМФ и АМФ, выделенные на 3 сут из организма мышей, проявляли в 1,6 и 2 раза большую активность через 6 ч инкубирования с бактериальными клетками в сравнении с контролем.

На 5 сутки ПМФ и АМФ проявляли наибольшую активность к 6 часам в процессе фагоцитоза в сравнении с контролем, соответственно, в 2,2 и 2,4 раза.

На 7 сутки только альвеолярные макрофаги имели наибольшую активность через 30 мин инкубации с бактериями в 1,5 раза в сравнении с контролем в процессе фагоцитоза *in vitro* *S. aureus* 209-P. В отношении ПМФ никаких изменений по сравнению с контролем не наблюдали (табл. 1).

Следует отметить также, что для макрофагов, выделенных через 1, 3, 5 сут после введения мышам лектина, было характерным завершение процесса фагоцитоза к 24 часам, так как

Таблица 1. Влияние лектина *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* на число активных фагоцитирующих макрофагов мышей в процессе фагоцитозаTable 1. Effect of lectin *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* on the number of active phagocytic macrophages of mice in the process of phagocytosis

Время иммуногенеза Time immunogenesis	Макрофаги Macrophages	Количество активных макрофагов The number of active macrophages			
		0,5 ч 0,5 hour	1 ч 1 hour	6 ч 6 hour	24 ч 24 hour
Контроль (без лектина) Control (without lectin)	ПМФ PMP	7,0±0,3	9,0±0,5	8,0±2,0	15,0±0,2
	АМФ AMP	8,0±0,2	11,0±3,0	8,0±1,5	28,0±0,9
1 сутки 1 day	ПМФ PMP	6,0±1,5	4,0±2,0	27,0±2,0*	5,0±1,1*
	АМФ AMP	4,0±1,0*	7,0±1,5	23,0±1,0*	5,0±0,5*
3 сутки 3 day	ПМФ PMP	5,0±2,0	6,0±0,5*	13,0±0,5	8,0±1,5*
	АМФ AMP	6,0±1,5	7,0±1,0	16,0±1,0*	5,0±1,5*
5 сутки 5 day	ПМФ PMP	8,0±2,0	6,0±2,0	18,0±0,7	5,0±2,5
	АМФ AMP	7,0±0,5	6,0±1,5	19,0±0,6*	6,0±0,5*
7 сутки 7 day	ПМФ PMP	5,0±2,5	8,0±0,9	7,0±2,0	6,0±2,0*
	АМФ AMP	12,0±1,5*	10,0±0,5	11,0±1,0	10,0±0,8*

Примечание. P < 0,05* относительно контроля.

Note. P < 0.05* relative to the control.

Таблица 2. Индексы завершенности фагоцитоза *S. aureus* 209-Р макрофагами, полученными в разные сроки после введения мышам лектинаTable 2. Index of completeness of phagocytosis of *S. aureus* 209-Р by macrophages, obtained at different times after injection mice lectin

Время иммуногенеза Time of immunogenesis	ПМФ PMP	АМФ AMP
Контроль Control	-0,67±0,1	-1,5±0,14
1 сутки 1 day	-0,25±0,32*	0,3±0,19*
3 сутки 3 day	-0,33±0,37*	0,3±0,24
5 сутки 5 day	0,17±0,23*	0±0,16*
7 сутки 7 day	0,25±0,27*	0±0,31*

Примечание. P < 0,05* относительно контроля.

Note. P < 0.05* relative to the control.

в это время практически уменьшалось количество активных макрофагов аналогично контрольным показателям.

Анализ полученных данных показал, что активность макрофагов, выделенных из организма мышей, которым вводили лектин на 1, 3, 5 сут, существенно отличалась от контрольных значений на завершающих стадиях процесса фагоцитоза *S. aureus* 209-Р. Можно предположить, что лектин, взаимодействуя с поверхностными структурами ПМФ и АМФ на 1, 3, 5 сут эксперимента способствует более кратковременному процессу адгезии ими бактериальных клеток при фагоцитозе.

На основе установленных фагоцитарных индексов были рассчитаны индексы завершенности фагоцитоза бактериальных клеток макрофагами интактных белых мышей.

Сравнение индексов завершенности фагоцитоза *S. aureus* 209-Р макрофагами, полученными в разные сроки после введения мышам лектина с ИЗФ макрофагов, выделенных из организма интактных животных, выявили

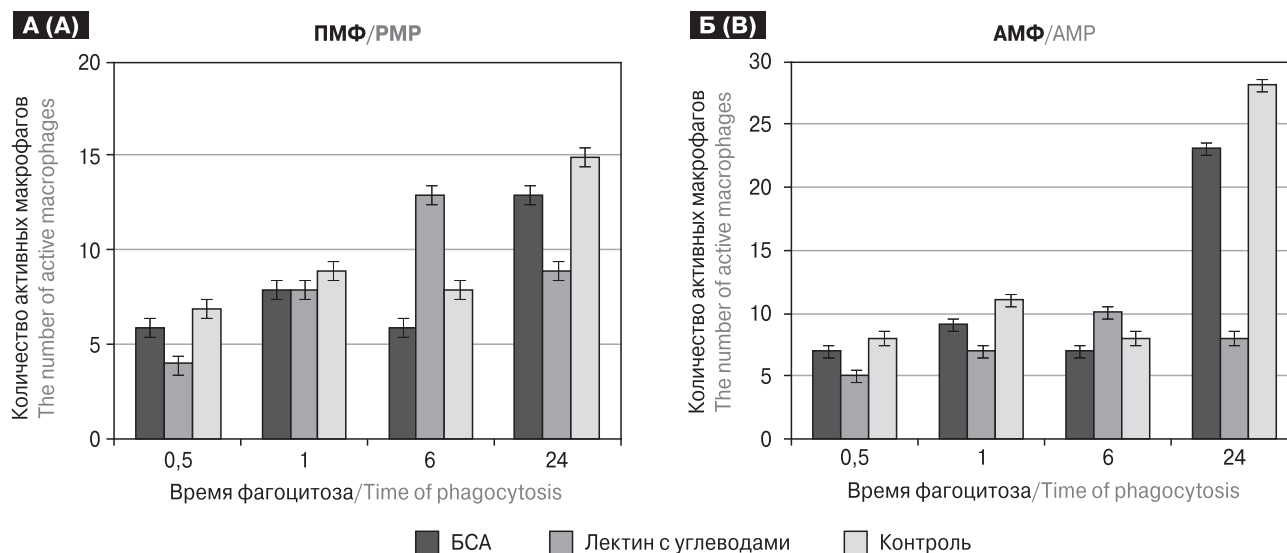


Рисунок. Фагоцитарная активность перитонеальных (А) и альвеолярных макрофагов (Б) под влиянием лектина, блокированного углеводами *in vitro*

Figure. Phagocytic activity of peritoneal (A) and alveolar macrophages (B) under the influence of the lectin blocked carbohydrates *in vitro*

различия завершенности фагоцитоза. Индекс завершенности фагоцитоза *S. aureus* 209-Р перитонеальных макрофагов и альвеолярных макрофагов из организма животных, после введения лектина значительно отличались от контрольных значений ($0 < \text{ИЗФ} < 1$) (табл. 2).

Таким образом, было показано, что введение лектина *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* белым мышам увеличивало адгезию макрофагами бактериальных клеток, но не оказывало существенного влияния на завершенность процесса фагоцитоза.

Для оценки специфичности взаимодействия лектина с рецепторными структурами макрофагов были проведены эксперименты с белком, не обладающим лектиновыми свойствами — бычьим сывороточным альбумином — БСА (Биолот, Россия), и с лектином, блокированным специфическими к нему углеводами.

БСА в концентрации 1,5 мкг/мл вносили по 100 мкл в пробирки с макрофагами перед внесением бактерий. Было показано, что фагоцитарная активность макрофагов (ПМФ и АМФ) в присутствии БСА была аналогична контролю и существенно от него не отличалась (рис.).

Лектин инкубировали со смесью углеводов, содержащей равные объемы D-глюкозы — 12,5 мкг/мл, L-фукозы — 12,5 мкг/мл, D-маннозы — 12,5 мкг/мл, D-целлобиозы — 12,5 мкг/мл в течение 30 мин при комнатной температуре. Затем лектин, блокированный углеводами, вносили в пробирки с макрофагами по 100 мкл, после чего добавляли бактериальную взвесь.

Исследования, проведенные с использованием лектина, блокированного смесью угле-

водов, показали, что в отношении ПМФ была заметна достоверная разница с контролем через час после начала процесса фагоцитоза. В отношении АМФ лектин, блокированный смесью углеводов, был аналогичен контрольным значениям.

При исследовании взаимодействия лектина блокированного специфичными углеводами на фагоцитарную активность макрофагов было отмечено некоторое повышение фагоцитарной активности в отношении ПМФ, через 6 ч процесса фагоцитоза и некоторое понижение после 0,5; 1 и 24 ч процесса фагоцитоза.

При воздействии БСА на макрофаги (ПМФ и АМФ) процесс фагоцитоза, как и в контроле, был незавершенным ($\text{ИЗФ} < 0$). ИЗФ макрофагов (ПМФ и АМФ) в присутствии смеси лектина с углеводами, имели положительные значения, но были меньше единицы, что являлось показателем частичного переваривания бактерий (рис.).

Полученные результаты позволяют судить о специфичном связывании лектина *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* с поверхностными рецепторами АМФ. Однако в отношении ПМФ наблюдалась небольшая активность макрофагов в процессе фагоцитоза, что говорит о специфичном и неспецифичном связывании лектина *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* с поверхностными рецепторами ПМФ. Можно предположить, что на молекулярном уровне *L. delbrueckii ssp. bulgaricus*, помимо специфичного взаимодействия с рецепторными структурами ПМФ, может участвовать во множестве неспецифических реакций.

Выводы

Показано, что лектин *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* увеличивал адгезивную способность макрофагов мышей, существенно влиял на завершенность

процесса фагоцитоза бактериальных клеток. Обнаружено специфическое взаимодействие *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* с поверхностными рецепторами АМФ, в отношении ПМФ наблюдали и специфическое, и неспецифическое взаимодействие.

Список литературы/References

1. Абросимова О.В., Горельникова Е.А., Тихомирова Е.И., Карпунина Л.В. Некоторые аспекты действия бактериального лектина на фагоцитирующие макрофаги мышей // Успехи современного естествознания. 2004. № 4. С. 97–98. [Abrosimova O.V., Gorelenkova E.A., Tikhomirova E.I., Karpunina L.V. Some aspects of the action of bacterial lectin on phagocytic macrophages of mice. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Successes of Modern Natural Science*, 2004, no. 4, pp. 97–98. (In Russ.)]
2. Васильева Г.И., Пустовалов В.Л., Дорошенко Е.П., Киселева А.К. Оценка вирулентности штаммов чумного микроба по индексу завершенности фагоцитоза // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. 1987. № 6. С. 117–118. [Vasilyeva G.I., Pustovalov V.L., Doroshenko E.P., Kiseleva A.K. Evaluation of virulence of strains of plague microbe in the index of completion of phagocytosis. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii = Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*, 1987, no. 6, pp. 117–118. (In Russ.)]
3. Горельникова Е.А., Тихомирова Е.И., Карпунина Л.В. Действие лектина *Paenibacillus polymyxa* на цитокиновый статус животных // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. 2009. № 5. С. 82–85. [Gorelnikova E.A., Tikhomirova E.I., Karpunina L.V. Effect of *Paenibacillus polymyxa* lectin on cytokine status of animals. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii = Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*, 2009, no. 5, pp. 82–85. (In Russ.)]
4. Долмашкина А.С., Балашова О.О., Горельникова Е.А., Карпунина Л.В. Выделение агглютинирующих белков с поверхности молочнокислых бактерий // Актуальная биотехнология. 2015. № 3 (14). С. 31. [Dolmashkina A.S., Balashova O.O., Goral'nikova E.A., Karpunina L.V. Isolation of agglutination proteins from the surface of lactic acid bacteria. *Aktual'naya biotekhnologiya = Actual Biotechnology*, 2015, no. 3 (14), p. 31. (In Russ.)]
5. Лахтин В.М. Специфичность лектинов микроорганизмов // Микробиология. 1992. Т. 28, № 4. С. 483–501. [Lakhtin V.M. Specificity of lectins of microorganisms. *Mikrobiologiya = Microbiology*, 1992, vol. 28, no. 4, pp. 483–501. (In Russ.)]
6. Ойвин И.А. Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований // Журнал патологической физиологии и экспериментальной терапии. 1960. № 4. С. 84–105. [Oyvin I.A. Statistical processing of the results of experimental studies. *Zhurnal patologicheskoi fiziologii i eksperimental'noi terapii = Journal of Pathological Physiology and Experimental Therapy*, 1960, no. 4, pp. 84–105. (In Russ.)]
7. Практикум по иммунологии. Под ред. И.А. Кондратьевой, В.Д. Самуилова. М.: МГУ, 2001. 224 с. [Praktikum po immunologii. Pod red. I.A. Kondrat'evoi, V.D. Samuilova. Moscow: Moscow State University, 2001. 224 p.]

Авторы:

Долмашкина А.С., аспирант, ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет, г. Саратов, Россия;
Горельникова Е.А., к.б.н., доцент кафедры микробиологии, биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет, г. Саратов, Россия;
Карпунина Л.В., д.б.н., профессор кафедры микробиологии, биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет, г. Саратов, Россия.

Authors:

Dolmashkina A.S., PhD Candidate, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russian Federation;
Gorelnikova E.A., PhD (Biology), Associate Professor, Department of Microbiology, Biotechnology and Chemistry, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russian Federation;
Karpunina L.V., PhD, MD (Biology), Professor of the Department of Microbiology, Biotechnology and Chemistry, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russian Federation.

Поступила в редакцию 24.01.2018
 Отправлена на доработку 28.04.2018
 Принята к печати 28.05.2018

Received 24.01.2018
 Revision received 28.04.2018
 Accepted 28.05.2018