

ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА ФАБРИЦЕВОЙ БУРСЫ ПТИЦ НА ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ МЫШЕЙ ЛИНИИ C57Bl/6 С ЦИКЛОФОСФАМИД-ИНДУЦИРОВАННЫМ ИММУНОДЕФИЦИТОМ

Кольберг Н.А.^{1,2}, Мухлынина Е.А.², Кобелев Ю.Г.³, Данилова И.Г.²

¹ ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», г. Екатеринбург, Россия

² ФГБУН «Институт иммунологии и физиологии» Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

³ ФГБОУ ВО «Уральский государственный юридический университет имени В.Ф. Яковлева», г. Екатеринбург, Россия

Резюме. Циклофосфамид достаточно широко используется для лечения онкологических и аутоиммунных заболеваний. При этом одним из негативных побочных эффектов его применения является развитие миелодепрессии и лейкопении. Ряд веществ природного и синтетического происхождения способны уменьшать отрицательные эффекты циклофосфамида. Известны благоприятные эффекты антиоксидантов на показатели красного костного мозга при совместном использовании с циклофосфамидом. Интерес представляют также пептидные препараты, полученные из растительного и животного сырья, благодаря их низкой токсичности, биологической активности широкого спектра действия. Биорганоконкомплекс «Бурсанатал» благодаря содержанию активных пептидов, ростовых факторов, цитокинов, антиоксидантов также имеет перспективы использования в качестве иммуномодулятора, и ранее показал положительное влияние на показатели гуморального иммунитета при инфекционных заболеваниях различного генеза у сельскохозяйственных животных. Цель исследования – изучение действия биоорганоконкомплекса «Бурсанатал» на иммунологические показатели крови у мышей C57Bl/6 с циклофосфамид-индуцированным подавлением иммунитета. Экстракт фабрициевой сумки был получен от цыплят-бройлеров возраста 35-42 дня методом гомогенизации в водно-солевом буфере и последующим удалением термолабильной фракции. Конечный продукт содержит биологически активные вещества с молекулярной массой от 1 до 10 кДа. Животным моделировали иммунодефицит путем однократной инъекции циклофосфамида (200 мг/кг массы тела). Экспериментальная группа мышей внутрибрюшинно получала экстракт бursы в течение 7 дней (0,1 мл/20 мг массы животного). Через 7 дней у мышей проводили оценку массы тела, гематологических показателей периферической крови, а также выполняли анализ субпопуляций Т- и В-лимфоцитов при помо-

Адрес для переписки:

Мухлынина Елена Артуровна
ФГБУН «Институт иммунологии и физиологии»
Уральского отделения Российской академии наук
620078, Россия, г. Екатеринбург,
ул. Первомайская, 106.
Тел./факс: 8 (343) 374-00-70.
E-mail: elena.mukhlynina@yandex.ru

Address for correspondence:

Elena A. Mukhlynina
Institute of Immunology and Physiology, Ural Branch,
Russian Academy of Sciences
106 Pervomayskaya St
Ekaterinburg
620078 Russian Federation
Phone/fax: +7 (343) 374-00-70.
E-mail: elena.mukhlynina@yandex.ru

Образец цитирования:

Н.А. Кольберг, Е.А. Мухлынина, Ю.Г. Кобелев, И.Г. Данилова «Влияние экстракта фабрициевой бursы птиц на иммунологические показатели крови мышей линии C57Bl/6 с циклофосфамид-индуцированным иммунодефицитом» // Российский иммунологический журнал, 2025. Т. 28, № 3. С. 431-436.
doi: 10.46235/1028-7221-17175-EOE

© Кольберг Н.А. и соавт., 2025
Эта статья распространяется по лицензии
Creative Commons Attribution 4.0

For citation:

N.A. Kolberg, E.A. Mukhlynina, Yu.G. Kobelev, I.G. Danilova
“Effect of extract from bursa Fabricii on immunological parameters of blood in C57Bl/6 mice with cyclophosphamide-induced immunodeficiency”, Russian Journal of Immunology/Rossiyskiy Immunologicheskii Zhurnal, 2025, Vol. 28, no. 3, pp. 431-436.
doi: 10.46235/1028-7221-17175-EOE

© Kolberg N.A. et al., 2025
The article can be used under the Creative
Commons Attribution 4.0 License

DOI: 10.46235/1028-7221-17175-EOE

щи проточной цитометрии. Развитие экспериментального иммунодефицита подтверждено данными гематологического анализа и проточной цитометрии: у мышей развивается лимфопения, которая в большей степени затрагивает В-клеточное звено. При этом после введения биоорганоконплекса в периферической крови мышей C57Bl/6 отмечается увеличение абсолютного и относительного содержания В-лимфоцитов относительно контрольных мышей с введением циклофосфамида. Наблюдается также изменение соотношения отдельных фракций Т-лимфоцитов, что отражается на их суммарной относительной концентрации в крови. Полученные данные позволяют говорить об отсутствии выраженного иммунотоксического действия исследуемого препарата на животных. Активные ингредиенты экстракта фабрициевой сумки являются хорошими кандидатами для альтернативной адьювантной химиотерапии для снижения иммунотоксичности.

Ключевые слова: биоорганоконплекс «Бурсанатал», циклофосфамид, мыши C57Bl/6, иммунодефицит, Т-лимфоциты, В-лимфоциты

EFFECT OF EXTRACT FROM BURSA FABRICII ON IMMUNOLOGICAL PARAMETERS OF BLOOD IN C57Bl/6 MICE WITH CYCLOPHOSPHAMIDE-INDUCED IMMUNODEFICIENCY

Kolberg N.A.^{a, b}, Mukhlynina E.A.^b, Kobelev Yu.G.^c, Danilova I.G.^b

^a Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russian Federation

^b Institute of Immunology and Physiology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation

^c V. Yakovlev Ural State Law University, Ekaterinburg, Russian Federation

Abstract. Cyclophosphamide is a widely used anticancer and immunosuppressive drug. Myelodepression and leukopenia is among its negative side effects. Natural and synthetic substances are able to reduce such negative effects. Protective effects of antioxidants on bone marrow are known when used together with cyclophosphamide. Plant and animal active peptides are also of interest due to their low toxicity, broad-spectrum biological activity. The Bursanatal preparation, due to presence of active peptides, growth factors, cytokines, antioxidants is also a promising immunomodulator, which previously showed a positive effect on immune response to infectious diseases in farm animals. The aim of this study was to investigate the effect of the Bursanatal on immunological parameters in C57Bl/6 mice with cyclophosphamide-induced immunosuppression. The extract from bursa Fabricii was obtained from chickens aged 35–42 days by homogenization and subsequent removal of the heat-labile fraction. The final extract contains biologically active substances with molecular mass of 1 to 10 kDa. The immunodeficient condition was induced with single injection of cyclophosphamide (200 mg/kg body weight). The experimental group of mice received bursa extract intraperitoneally for 7 days (0.1 mL/20 mg body mass). Seven days later, the mice were weighted, and blood counts were performed using hematological analyzer and flow cytometry (T and B lymphocyte subpopulations). The cyclophosphamide-treated mice developed B cell lymphopenia. After exposure to the bioorganocomplex, an increase in B cell counts was observed in peripheral blood compared to the intact controls. A changed ratio of T lymphocyte subpopulations in peripheral blood was also observed. The obtained data allow to suggest the absence of a pronounced immunotoxic effect of the Bursanatal. Moreover, the active components of the extract may be considered good candidates for alternative adjuvant chemotherapy in order to reduce immunotoxicity.

Keywords: Bursanatal, bioorganocomplex, cyclophosphamide, C57Bl/6 mice, immunodeficiency, T lymphocytes, B lymphocytes

Работа выполнена в рамках государственного задания ИИФ УрО РАН (регистрационный номер темы 122020900136-4) с использованием научного оборудования ЦКП ИИФ УрО РАН.

Введение

Циклофосфамид (ЦФА) является препаратом алкилирующего действия, который использу-

ется для химиотерапевтического лечения онкологических и ряда аутоиммунных заболеваний. Цитотоксическое действие ЦФА проявляется в повреждении ДНК за счет ее алкилирования, что усиливает индукцию апоптоза клеток. Иммуносупрессивное действие препарата, связанное с ингибированием пролиферации клеток миелоидного ростка костного мозга, является ограни-

чивающим фактором использования препарата в клинической практике. Молекулярные механизмы токсичности связаны с изменением передачи сигнала по основным сигнальным путям, включая Nrf2, NF-κB, MAPK/ERK и AKT. Ряд веществ природного и синтетического происхождения способны уменьшать токсичность ЦФА, оказывая защитное действие, восстанавливая нарушенные сигнальные пути [4, 5]. Доказано, что использование антиоксидантов совместно с ЦФА значительно снижает цитотоксическое действие препарата на костный мозг [3]. В настоящее время значительное внимание фармакологов привлекают пептиды, полученные из растительного и животного сырья. Преимуществом экстрагируемых пептидов является их низкая токсичность, низкое количество побочных эффектов, биологическая активность широкого спектра действия [3]. Биорганоконплекс, полученный из фабрициевой сумки цыплят-бройлеров возраста 35-45 дней, имеет широкие перспективы в лечении иммуносупрессивных состояний. Это связано с тем, что в экстракте бursы содержится большое количество низкомолекулярных пептидов, ростовых факторов, цитокинов, антиоксидантов и ряда других биологически активных веществ. Исследования, проведенные на сельскохозяйственных животных (телята, птицы), выявили, что экстракт бursы обладает иммуномодулирующим действием, поскольку вызывает усиление гуморального иммунитета при инфекционных заболеваниях различного генеза [1].

Цель исследования – изучение действия биорганоконплекса «Бурсанатал», полученного из экстракта бursы птицы, на иммунологические показатели крови мышей с циклофосамид-индуцированным подавлением иммунитета.

Материалы и методы

Для получения экстракта бursы фабрициеву сумку цыплят бройлеров возраста 35-42 дня измельчали, гомогенизировали в водно-солевом растворе с последующей экстракцией и удалением термолабильной фракции. Конечный продукт содержит биологически активные вещества с молекулярной массой от 1 до 10 кДа [2].

Эксперимент проводили на 18 самцах мышей линии C57Bl/6 весом 18-22 г. Животных содержали в одинаковых условиях вивария при контролируемой температуре (22 ± 2 °C) и влажности ($50 \pm 10\%$) при соотношении световой и темновой фаз суток 12 часов : 12 часов и свободном доступе к воде и корму. На работу с животными было получено разрешение этического комитета ИИФ УрО РАН.

Были сформированы 3 группы животных: 1. Контрольная группа мышей ($n = 6$), которой вводили физиологический раствор; 2. Животные

($n = 6$), которым моделировали иммунодефицит (ЦФА) путем введения ЦФА (Эндоксан[®], Baxter Oncology GmbH, Германия) однократно внутрибрюшинно в дозе 200 мг/кг массы тела животного в виде раствора со стерильным хлоридом натрия 0,9% в концентрации 20 мг/мл; 3. Животные ($n = 6$), которым на фоне моделирования иммунодефицита внутрибрюшинно вводили экстракт бursы (ЦФА + «Бурсанатал») на протяжении 7 дней внутрибрюшинно в дозе 0,1 мл/20 мг массы животного. Для расчета дозы препарата проводили замер массы животных до воздействия.

Мышей выводили из эксперимента через 7 суток под наркозом (за 15-20 минут до эвтаназии вводился 2% «Ксилазин» (1 мл/кг) и «Золетил-100» (0,3 мл/кг) внутримышечно). Проводили замеры массы тела, забор крови из бедренной вены в пробирку с К3-ЭДТА для проведения гематологического анализа и проточной цитофлуориметрии. Анализ периферической крови проводили на автоматизированном гематологическом анализаторе Celly 70 (Biocode Hycel), предназначенном для исследования крови животных. Оценку клеточного звена иммунной системы мышей C57BL/6 проводили при помощи проточного цитофлуориметра Cytomics FC500 (Beckman Coulter, США) и программного обеспечения СХР Cytometer (Beckman Coulter, США). Калибровку прибора выполняли путем оценки стандартизированных флуоресцентных частиц (Flow-Check Fluorospheres (Beckman Coulter, США)). Для окрашивания проб крови применяли моноклональные антитела фирм Invitrogen (США) и BioLegend (США). Процесс пробоподготовки и окрашивания производился согласно прилагаемым производителями инструкций. Применены флуоресцентные красители – FITC, PE, PC5, PC7. В четырехцветном анализе детектировались следующие кластеры дифференцировки: CD45, CD3, CD19, CD49, CD4, CD8, CD5, CD27. Лизис эритроцитов выполняли по безотмывочной технологии с использованием реагентов OptiLyse C (Beckman Coulter, США).

Статистический анализ данных выполнен в пакете статистических программ STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc. 2001). Данные представлены в виде медианы (Me), верхнего и нижнего квартилей ($Q_{0,25}$ - $Q_{0,75}$), а также среднего арифметического (M) и ошибки среднего (m). Для проверки гипотезы об однородности двух независимых выборок использовали непараметрический критерий Манна–Уитни (Mann–Whitney U test). При проверке статистических гипотез использовали 5%-ный уровень значимости.

Результаты и обсуждение

Масса мышей C57Bl/6 в контрольной группе не изменилась после введения физраствора, но

уменьшилась примерно в 1,1 раза через 7 дней после введения ЦФА, что может быть вызвано с его цитотоксическим действием.

Введение ЦФА мышам C57Bl/6 сопровождалось уменьшением абсолютного и относительного количества лимфоцитов крови почти в 2 раза по сравнению с показателями контрольной группы (табл. 1). В то же время общее количество лейкоцитов не изменялось, так как отмечалось пропорциональное увеличение моноцитов, гранулоцитов, эозинофилов и базофилов. Абсолютная и относительная лимфопения после действия ЦФА подтверждает формирование экспериментального иммунодефицитного состояния и соответствует выбранной экспериментальной модели. Введение экстракта бурсы существенно не повлияло на показатели белой крови у животных группы ЦФА + Бурсанатал.

У мышей линии C57Bl/6 в ответ на введение ЦФА через 7 суток в периферической крови отмечается Т- и В-клеточная абсолютная и относительная лимфопения (табл. 2), количество натуральных киллеров не меняется, в связи с чем их относительное содержание увеличивается. Т-клеточная лимфопения связана с обеими исследованными субпопуляциями, CD4⁺ и СВ8⁺. Что касается субпопуляций В-лимфоцитов, ци-

клофосфамид-индуцированный иммунодефицит затрагивает В1-, В2-лимфоциты и В-клетки памяти. 7-дневное введение препарата «Бурсанатал» у мышей линии C57Bl/6 приводит к повышению абсолютного и относительного содержания В-лимфоцитов относительно группы ЦФА (табл. 2).

Также по сравнению с группой ЦФА увеличивается относительное содержание Т-лимфоцитов, которое, однако, не связано с реальным повышением их количества, имеет место изменение соотношения различных популяций лимфоцитов при действии препарата. Количество натуральных киллеров ниже контроля, как и в группе ЦФА. При этом доля этих клеток выше, чем у здоровых мышей, но ниже, чем в группе с иммунодефицитом без лечения. Наблюдается некоторое повышение относительного количества цитотоксических Т-клеток относительно группы с ЦФА без терапии. Статистически значимо основные субпопуляции В-клеток в группе с лечением препаратом «Бурсанатал» не отличаются от группы ЦФА. Но можно предположить, что повышение количества В-лимфоцитов преимущественно обусловлено субпопуляцией В2-клеток, ответственных за выработку антител к инфекционным агентам.

ТАБЛИЦА 1. ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ МЫШЕЙ ЛИНИИ C57Bl/6 ПОСЛЕ ВВЕДЕНИЯ ЦИКЛОФОСФАМИДА И ЭКСТРАКТА БУРСЫ, М±m

TABLE 1. HEMATOLOGICAL PARAMETERS OF PERIPHERAL BLOOD OF C57Bl/6 MICE AFTER ADMINISTRATION OF CYCLOPHOSPHAMIDE AND BURSA EXTRACT, M±m

Показатель Parameter	Контроль Control	Экспериментальный иммунодефицит (ЦФА) Experimental immunodeficiency (CPA)	Экспериментальный иммунодефицит (ЦФА + Бурсанатал) Experimental immunodeficiency (CPA + Bursanatal)
Лейкоциты, 10 ³ /мкл Leukocytes, 10 ³ /μL	4,05±0,47	4,25±1,61	6,22±0,67*
Лимфоциты, 10 ³ /мкл Lymphocytes, 10 ³ /μL	3,21±0,36	1,37±0,43*	1,48±0,26*
Средние клетки, 10 ³ /мкл Middle cells, 10 ³ /μL	0,73±0,10	2,67±1,08*	4,28±0,69*
Гранулоциты, 10 ³ /мкл Granulocytes, 10 ³ /μL	0,12±0,02	0,22±0,10	0,45±0,09*
Лимфоциты, % Lymphocytes, %	79,50±1,12	34,83±2,24*	24,17±2,06*
Средние клетки, % Middle cells, %	17,67±0,99	60,67±1,86*	68,33±1,36* **
Гранулоциты, % Granulocytes, %	2,83±0,31	4,50±0,50*	7,50±1,28*

Примечание. * – различия с контролем достоверны (U-тест Манна–Уитни, p < 0,05); ** – различия с группой ЦФА достоверны (U-тест Манна–Уитни, p < 0,05).

Note. *, significant differences with control group (Mann–Whitney U test, p < 0.05); **, significant differences with CPA group (Mann–Whitney U test, p < 0.05).

ТАБЛИЦА 2. СОДЕРЖАНИЕ ЛИМФОЦИТОВ РАЗЛИЧНЫХ СУБПОПУЛЯЦИЙ У МЫШЕЙ С57В1/6 С ЦИКЛОФOSФАМИД-ИНДУЦИРОВАННЫМ ИММУНОДЕФИЦИТОМ ПОСЛЕ 7-ДНЕВНОГО ВВЕДЕНИЯ ПРЕПАРАТА БУРСАНАТАЛ, Me ($Q_{0,25}$ - $Q_{0,75}$)

TABLE 2. CONTENT OF LYMPHOCYTES OF DIFFERENT SUBPOPULATIONS IN C57B1/6 MICE WITH CYCLOPHOSPHAMIDE-INDUCED IMMUNODEFICIENCY AFTER 7-DAY ADMINISTRATION OF THE BURSANATAL, Me ($Q_{0,25}$ - $Q_{0,75}$)

Показатель Parameter	Контроль Control	Экспериментальный иммунодефицит (ЦФА) Experimental immunodeficiency (CPA)	Экспериментальный иммунодефицит (ЦФА + Бурсанатал) Experimental immunodeficiency (CPA + Bursanatal)
Т-лимфоциты, % T cell, %	32,250 (27,300-37,900)	62,800 (59,300-75,000)*	75,950 (70,900-78,100)* **
Т-лимфоциты, 10⁹/л T cell, 10 ⁹ /L	1,384 (1,142-1,592)	0,654 (0,511-0,740)*	0,752 (0,681-0,910)*
В-лимфоциты, % B cell, %	60,400 (53,700-63,900)	5,600 (4,500-6,200)*	10,000 (6,900-10,800)* **
В-лимфоциты, 10⁹/л B cell, 10 ⁹ /L	2,268 (2,077-2,945)	0,043 (0,031-0,071)*	0,108 (0,057-0,118)* **
НК-клетки, % NK cell, %	7,900 (7,500-8,900)	28,250 (16,500-33,100)*	11,900 (10,200-22,000)* **
НК-клетки, 10⁹/л NK cell, 10 ⁹ /L	0,318 (0,261-0,410)	0,221 (0,147-0,382)	0,131 (0,094-0,157)*
CD8⁺ лимфоциты, % CD8 ⁺ cell, %	10,750 (10,200-11,800)	24,250 (23,800-24,900)*	28,500 (27,600-30,800)* **
CD8⁺ лимфоциты, 10⁹/л CD8 ⁺ cell, 10 ⁹ /L	0,449 (0,416-0,505)	0,253 (0,160-0,335)*	0,292 (0,264-0,331)*
CD4⁺ лимфоциты, % CD4 ⁺ cell, %	20,350 (16,700-23,400)	37,850 (33,300-43,500)*	45,200 (42,600-45,800)*
CD4⁺ клетки, 10⁹/л CD4 ⁺ cell, 10 ⁹ /L	0,812 (0,691-0,956)	0,359 (0,338-0,384)*	0,443 (0,404-0,533)*
В1-лимфоциты, % B1 cell, %	0,350 (0,200-0,400)	0,100 (0,000-0,200)	0,150 (0,100-0,300)
В1-лимфоциты, 10⁹/л B1 cell, 10 ⁹ /L	0,014 (0,012-0,018)	0,001 (0,000-0,002)*	0,002 (0,001-0,003)*
В-лимфоциты памяти, % B memory cell, %	0,300 (0,100-0,400)	0,000 (0,000-0,000)*	0,050 (0,000-0,100)*
В-лимфоциты памяти, 10⁹/л B memory cell, 10 ⁹ /L	0,013 (0,005-0,013)	0,000 (0,000-0,000)*	0,001 (0,000-0,001)*
В2-лимфоциты, % B2 cell, %	60,005 (53,000-63,450)	5,400 (4,420-5,860)*	9,850 (6,400-10,670)* **
В2-лимфоциты, 10⁹/л B2 cell, 10 ⁹ /L	2,244 (2,058-2,924)	0,043 (0,030-0,069)*	0,105 (0,052-0,116)*

Примечание. См. примечание к таблице 1.

Note. As for Table 1.

Выводы

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют, что иммунодефицитное состояние, вызванное введением ЦФА обусловлено преимущественно уменьшением В2-лимфоцитов, роль которых в иммунном ответе связана со

специфической антителопродукцией. При этом отмечается снижение числа В1-лимфоцитов, продуцирующих естественные антитела. Также происходит снижение количества В-клеток памяти. Можно отметить небольшое снижение Т-лимфоцитов, которое происходит как за счет пропорционального уменьшения Т-хелперов

и цитотоксических клеток. У мышей линии C57Bl/6 7-дневная терапия препаратом «Бурсанатал» привела к двукратному повышению количества В-лимфоцитов преимущественно за счет продуцирующих специфические антитела клеток. В целом, полученные данные позволяют говорить об отсутствии выраженного иммунотоксического

действия исследуемого препарата у животных. Согласно результатам, мы также можем утверждать, активные ингредиенты экстракта фабрициевой сумки являются хорошими кандидатами для альтернативной адьювантной химиотерапии для снижения иммунотоксичности.

Список литературы / References

1. Кольберг Н.А., Петрова О.Г., Рубинский И.А., Марковская С.А., Молокова А.В., Мильштейн И.М., Петров Е.А., Травникова Д.А. Иммунные стимуляторы в птицеводстве и животноводстве: монография. Екатеринбург: Уральское издательство, 2012. 196 с. [Kolberg N.A., Petrova O.G., Rubinsky I.A., Markovskaya S.A., Molokova A.V., Milshteyn I.M., Petrov E.A., Travnikova D.A. Immune stimulants in poultry and livestock farming: monograph]. Ekaterinburg: Uralskoye izdatelstvo, 2012. 196 p.
2. Кольберг Н.А., Кольберг М.А., Травникова Д.А., Данилова И.Г., Мухлынина Е.А. Способ переработки Фабрициевой бурсы птиц. Патент RU 2782347 C1, 26.10.2022. [Kolberg N.A., Kolberg M.A., Travnikova D.A., Danilova I.G., Mukhlynina E.A. Processing method for poultry bursa of Fabricius. Patent RU 2782347 C1, 26.10.2022].
3. Тихонов С.Л., Данилова И.Г., Тихонова Н.В., Тихонова М.С., Поповских А.Д. Характеристика и исследование антимикробной активности пептидной фракции трипсинового гидролизата молозива коров // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс, 2022. Т. 11, № 3 (59). С. 116-121. [Tikhonov S.L., Danilova I.G., Tikhonova N.V., Tikhonova M.S., Popovskikh A.D. Characteristics and study of the antimicrobial activity of the peptide fraction of the trypsin hydrolyzate of cow colostrum. XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus = XXI century: Resumes of the Past and Challenges of the Present Plus, 2022, Vol. 11, no. 3 (59), pp. 116-121. (In Russ.)]
4. Liu X.D., Zhou B., Cao R.B., Feng X.L., Li X.F., Chen P.Y. Comparison of immunomodulatory functions of three peptides from the chicken bursa of Fabricius. Regul. Pept., 2013, Vol. 186, pp. 57-61.
5. Tikhonov S.L., Tikhonova N.V., Tursunov Kh.Kh., Danilova I.G., Lazarev V.A. Peptides of trypsin hydrolyzate in bovine colostrum. Food Processing: Techniques and Technology, 2023, Vol. 53, no. 1, pp. 150-158.

Авторы:

Кольберг Н.А. — к.вет.н., доцент, директор Единого лабораторного комплекса ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»; старший научный сотрудник лаборатории морфологии и биохимии ФГБУН «Институт иммунологии и физиологии» Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

Мухлынина Е.А. — к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории морфологии и биохимии ФГБУН «Институт иммунологии и физиологии» Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

Кобелев Ю.Г. — к.м.н., доцент кафедры криминалистики ФГБОУ ВО «Уральский государственный юридический университет имени В.Ф. Яковлева», г. Екатеринбург, Россия

Данилова И.Г. — д.б.н., доцент, заведующая лабораторией морфологии и биохимии ФГБУН «Институт иммунологии и физиологии» Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

Authors:

Kolberg N.A., PhD (Veterinary), Director of the Unified Laboratory Complex, Ural State University of Economics; Senior Researcher, Laboratory of Morphology and Biochemistry, Institute of Immunology and Physiology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation

Mukhlynina E.A., PhD (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Morphology and Biochemistry, Institute of Immunology and Physiology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation

Kobelev Yu.G., PhD (Medicine), Associate Professor, Department of Forensic Science, V. Yakovlev Ural State Law University, Ekaterinburg, Russian Federation

Danilova I.G., PhD, MD (Biology), Associate Professor, Head, Laboratory of Morphology and Biochemistry, Institute of Immunology and Physiology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation

Поступила 29.03.2025
Отправлена на доработку 08.04.2025
Принята к печати 25.05.2025

Received 29.03.2025
Revision received 08.04.2025
Accepted 25.05.2025