

БЕЛКОВЫЙ ОБМЕН В КРОВИ У ГОМОИОТЕРМНЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СУСПЕНЗИИ ХЛОРЕЛЛЫ

Е. В. НЕСТЕРУК

УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь, e-mail: nestsiaruk0720@mail.ru

(Поступила в редакцию 30.06.2022)

Одноклеточные пресноводные микроводоросли рода *Chlorella vulgaris* характеризуются относительной простотой выращивания, высокой продуктивностью и высоким содержанием белков и других ценных компонентов. Во многих экспериментах было обнаружено, что даже очень низкое добавление суспензии хлореллы в корм для животных положительно влияет на рост и производительность. Это связано с наличием пигментов, антиоксидантов, провитаминов, витаминов и вещества для роста, известные как «фактор роста хлореллы» (CGF), которые могут стимулировать иммунную систему, увеличивать потребление и использование корма и способствовать размножению. Ценными компонентами богата не только клеточная масса хлореллы, но и культуральная среда, используемая для ее выращивания. Известно, что суспензия хлореллы может быть обогащена органическим селеном, который играет существенную роль в иммунорегуляции в организме.

В работе рассматривается влияние суспензии хлореллы (*Chlorella vulgaris* (Beijerinck), штамм IBCEC-19), выращенной на питательной среде, обогащенной селенитом натрия, на показатели белкового обмена в крови у гомойотермных животных. Телятам черно-пестрой породы молочного периода выпаивали молоко с добавлением суспензии хлореллы и суспензии хлореллы, обогащенной селеном в количестве 300–500 мл. Установлено, что введение в рацион телят суспензии хлореллы и суспензии хлореллы с добавлением селена активизировало физиологические процессы и способствовало оптимизации их некоторых биохимических показателей. Выраженный эффект наблюдается при добавлении в молоко суспензии хлореллы, обогащенной селеном.

Ключевые слова: гомойотермные животные, суспензия хлореллы, телята, биохимические показатели, общий белок, альбумины, глобулины, селен.

Unicellular freshwater microalgae of the genus *Chlorella vulgaris* are characterized by relative ease of cultivation, high productivity and high content of proteins and other valuable components. In many experiments, it has been found that even a very low addition of chlorella suspension to animal feed has a positive effect on growth and performance. This is due to the presence of pigments, antioxidants, provitamins, vitamins, and a growth agent known as "chlorella growth factor" (CGF), which can stimulate the immune system, increase feed intake and utilization, and promote reproduction. Not only the cell mass of chlorella is rich in valuable components, but also the culture medium used for its cultivation. It is known that chlorella suspension can be enriched with organic selenium, which plays an essential role in immunoregulation in the body.

The paper considers the effect of a suspension of chlorella (*Chlorella vulgaris* (Beijerinck), strain IBCEC-19) grown on a nutrient medium enriched with sodium selenite on the indicators of protein metabolism in the blood of homoiothermic animals. Black-and-white calves of the dairy period were fed milk with the addition of a suspension of chlorella and a suspension of chlorella enriched with selenium in an amount of 300–500 ml. It was established that the introduction of chlorella suspension and chlorella suspension with the addition of selenium into the diet of calves activated physiological processes and contributed to the optimization of some of their biochemical parameters. A pronounced effect is observed when a suspension of chlorella enriched with selenium is added to milk.

Key words: homoiothermic animals, chlorella suspension, calves, biochemical parameters, total protein, albumins, globulins, selenium.

Введение

Перспективным методом повышения эффективности показателей продуктивности сельскохозяйственных животных является улучшение переваривания ими кормов, что достигается за счет добавления широкого спектра высоко биологически активных микроэлементов. Известно, что натуральные кормовые добавки, изготовленные из водорослей, обладают широким спектром биологически активных веществ с высокой биологической доступностью для организма крупного рогатого скота. Одной из таких добавок является суспензия хлореллы.

Водоросли не являются конкурентами высших растений, поскольку их можно выращивать в водоемах и искусственных установках на площадях, не пригодных для земледелия; их культура менее зависима от климатических условий [14].

Добавление в корма для животных хлореллы, даже в малых количествах, оказывает положительное влияние на организм. Это, вероятно, связано с улучшением вкусовых качеств корма [25], его потреблением и конверсией [13, 15, 34, 40], а также с более высокой усвояемостью минералов [22], а не прямым влиянием на соматический рост.

Болгарский учёный П. И. Станчев установил, что в клеточной массе хлореллы находится до 350 различных веществ, а в культуральной среде – до 310. Следует отметить, что для хлореллы явля-

ется нормой выделение в среду различных полезных метаболитов [10]. Хлорелла содержит 62 % протеина, 30 % углеводов, 5 % жира, 3 % минеральных солей [8].

В состав микроводоросли хлореллы включены не только белок, витамины, микроэлементы, в ней также есть пигменты, одним из которых является хлорофилл, обладающий бактерицидным и антиоксидантным действием [3]; природный антибиотик «хлореллин», губительно влияющий на патогенную микрофлору [9]. Так же в ядре клетки хлореллы содержится уникальная по своему составу группа веществ – CGF, которая составляет до 18 % от общего веса водоросли и содержит свободные аминокислоты, пептиды, гликопротеины, полиамины, фитогормоны, некоторые витамины, минералы и другие, пока еще не определенные компоненты [21]. Данный экстракт способствует регенерации тканей, росту и делению клеток. Он стимулирует выработку лейкоцитов и фагоцитарную активность, а также способствует образованию лимфоцитов, продуцирующих антитела. При введении мышам экстракты повышали устойчивость к гамма-облучению, индуцируя кроветворение [32, 0].

Недавние исследования показали, что активность экстракта CGF связана с полисахаридами и белковыми комплексами [24] и что механизм их действия заключается в модуляции продукции цитокинов. Это также было показано как в экспериментах с изолированными клетками крови человека [33], так и в данных, полученных от подопытных мышей, в которых обработка свежей жидкой хлореллой была эффективным средством профилактики миелосупрессии, вызванной единичными или повторяющимися стрессорами [19, 18].

Поэтому данную микроводоросль следует рассматривать, как возможный биостимулятор, с иммунопрофилактирующим действием на животных, в том числе и на молодняк крупного рогатого скота.

Как известно, селен (Se) является незаменимым микроэлементом, который важен для здоровья человека и животных. На протяжении длительного времени использовали неорганические соединения, такие как селенит натрия. Неорганический селен накапливается в тканях в форме свободного гидроселенид аниона, который способен оказывать токсическое действие на организм животного. Поэтому в последнее время большой научный и практический интерес представляют органические формы селена, которые менее токсичны, включаются в большое число белков и обладают лучшей всасываемостью в кишечнике животных.

Воздействие соединений селена, как антиоксидантов, установлено во многих исследованиях [8, 2, 30, 39]. Селен играет существенную роль в синтезе гормонов щитовидной железы, которые контролируют уровень метаболизма почти во всех тканях млекопитающих [27]. Также он стимулирует превращение метионина в цистеин и синтез глутатиона, что способствует общему увеличению антиоксидантного потенциала клеток и детоксикации липопироксидов [1, 4, 12].

Характер реакции одноклеточных водорослей на уровень селена в среде существенно зависит не только от его концентрации, но и от молекулярной формы, в которой он находится [6, 11, 16, 20, 26, 31, 36].

Интерес к добавлению в корма для животных селена, связанного с хлореллой, в последнее время возрос, поскольку клеточный селен накапливается при выращивании водорослей в присутствии высоких уровней селенита в клетке, селен связывается с белками, 70 % из которых представлены селенометионином [35].

Некоторая часть неорганического Se подвергается метилированию зеленой микроводорослью *Chlorella vulgaris* в водорастворимые менее токсичные органические селениды, которые далее экскретируются из клеток [16, 28, 31].

Таким образом, с точки зрения биологической ценности, большое значение имеет скармливание хлореллы животным именно в виде суспензии, а не в сухом или пастообразном виде, так как около половины ее метаболитов находится в самой культуральной среде.

Известно, что кровь является индикатором изменений организма под влиянием внешних факторов, в связи с чем представляло научный интерес изучение воздействия индивидуального способа выпойки суспензии хлореллы и суспензии хлореллы с добавлением селена, а измерение концентрации общего белка и количества альбумина и глобулина очень важно в диагностике многочисленных заболеваний и нарушений в функционировании организма.

Целью исследований явилось изучить воздействие индивидуального способа выпаивания суспензии хлореллы *Chlorella vulgaris* (Beijerinck) штамма IBCEC-19 и суспензии хлореллы *Chlorella vulgaris* (Beijerinck) штамма IBCEC-19, обогащенной селеном, на некоторые биохимические показатели молодняка крупного рогатого скота.

Основная часть

Для изучения влияния суспензии хлореллы на молодняк крупного рогатого скота было проведено 3 научно-хозяйственных опыта. Все эксперименты были сведены в единый методологический комплекс. Подопытные животные во все опытах содержались в одинаковых условиях, индивидуально в клетках, без выгула, обслуживались постоянными операторами, получали равное количество концентратов. Опыты проводили на телятах черно-пестрой породы, живой массой от 36 до 56 кг по 20 голов в каждой группе, от пятнадцатидневного до месячного возраста. Продолжительность каждого опыта составила 30 календарных дней, в каждом формировалось 3 группы животных (контрольная и две опытных). Подбор групп проводили по принципу пар-аналогов, на основании документации зоотехнического учета, данных взвешиваний, визуальной оценке (Овсянников А.И., 1976) [7] и результатам исследований показателей крови. Условия кормления животных отражены в табл. 1.

Таблица 1. Условия кормления животных

Группы	Условия кормления
Опыт 1	
Контрольная группа	Стартерная смесь + цельное молоко (4 л) в сутки на теленка
Опытная группа I	Стартерная смесь + цельное молоко (4 л) + 300 мл суспензии хлореллы, выращенной на стандартной питательной среде в сутки на теленка
Опытная группа II	Стартерная смесь + цельное молоко (4 л) + 300 мл суспензии хлореллы, выращенной на питательной среде, обогащенной селенитом натрия в сутки на теленка
Опыт 2	
Контрольная группа	Стартерная смесь + цельное молоко (4 л) в сутки на теленка
Опытная группа III	Стартерная смесь + цельное молоко (3,8 л) + 400 мл суспензии хлореллы, выращенной на стандартной питательной среде в сутки на теленка
Опытная группа IV	Стартерная смесь + цельное молоко (3,8 л) + 400 мл суспензии хлореллы, выращенной на питательной среде, обогащенной селенитом натрия в сутки на теленка
Опыт 3	
Контрольная группа	Стартерная смесь + цельное молоко (4 л) в сутки на теленка
Опытная группа V	Стартерная смесь + цельное молоко (3,75 л) + 500 мл суспензии хлореллы, выращенной на стандартной питательной среде в сутки на теленка
Опытная группа VI	Стартерная смесь + цельное молоко (3,75 л) + 500 мл суспензии хлореллы, выращенной на питательной среде, обогащенной селенитом натрия в сутки на теленка

Известно, что кровь является индикатором изменений организма под влиянием внешних факторов, в связи с чем, представляло научный интерес изучение воздействия индивидуального способа выпойки суспензии хлореллы штамма *Chlorella vulgaris* (Beijerinck) IBCEC-19 на некоторые биохимические показатели молодняка крупного рогатого скота. В молоко суспензию хлореллы добавляли с одинаковой численностью клеток.

В сыворотке крови бычков определяли общий белок, альбумины, глобулины. Биохимический анализ крови проводили на биохимическом анализаторе DIALABAutolyser на базе НИЛ УО ГГАУ, согласно методическим указаниям по биохимическому исследованию крови животных с использованием диагностических наборов (МУ № 02-1-30/366 от 20.12.2016). Кровь отбирали на 1-й и 30-й день опыта. Результаты биохимических исследований сыворотки крови бычков представлены в табл. 2.

Биохимический состав крови

Для раскрытия действия суспензии хлореллы на подопытных животных, нами проведены исследования биохимических показателей крови. Анализ показал, что основные показатели крови подопытных животных в начале и в конце опыта находились в пределах физиологической нормы. Результаты биохимических исследований белкового профиля сыворотки крови телят представлены в табл. 2.

В первом научно-хозяйственном опыте, исследования показали, что у телят в начале опыта, как в контрольной, так и опытных группах концентрация общего белка в крови была на одинаково невысоком уровне и составляла 51,08 (г/л) у контрольной группы, 49,26 (г/л) у I-й опытной группы, 48,90 (г/л) у II-й опытной группы. Однако, к концу эксперимента, после применения суспензии хлореллы и суспензии хлореллы, обогащенной селеном, содержание общего белка в крови опытных групп увеличилось на 9,73 % и 11,06 % и составило 59,31 (г/л) ($p < 0,01$) в I-й опытной группе и 60,03 (г/л) ($p < 0,01$) во II-й опытной группе, соответственно, против 54,05 (г/л) в контрольной группе.

Таблица 2. Результаты биохимических исследований белкового профиля сыворотки крови телят (n=10)

Биохимические исследования сыворотки крови телят при выпойке суспензии хлореллы и суспензии хлореллы, обогащенной селеном в количестве 300 мл на теленка в сутки			
Показатель	Группа		
	Контрольная	Опытная I	Опытная II
В начале опыта В конце опыта	Общий белок, г/л		
	51,08±0,96 54,05±0,61	49,26±1,16 59,31±1,41**	48,90±0,85 60,03±1,14**
В начале опыта В конце опыта	Альбумины, г/л		
	21,60±0,96 24,44±0,89	22,25±1,10 25,27±0,86	21,57±0,80 25,67±0,66
В начале опыта В конце опыта	Глобулины, г/л		
	29,48±1,51 29,61±1,17	27,01±2,06 34,04±1,73	27,33±1,27 34,36±1,21*
Биохимические исследования сыворотки крови телят при выпойке суспензии хлореллы и суспензии хлореллы, обогащенной селеном в количестве 400 мл на теленка в сутки			
Показатель	Группа		
	Контрольная	Опытная III	Опытная IV
В начале опыта В конце опыта	Общий белок, г/л		
	62,84±1,5 59,81±1,46	64,09±1,3 64,18±0,70**	63,82±1,8 65,09±0,79**
В начале опыта В конце опыта	Альбумины, г/л		
	36,28±1,23 34,86±0,91	37,87±1,1 36,68±0,78	36,77±1,3 36,12±0,63
В начале опыта В конце опыта	Глобулины, г/л		
	26,56±1,3 24,95±0,95	26,21±0,9 27,50±0,51**	27,06±1,0 28,98±0,86**
Биохимические исследования сыворотки крови телят при выпойке суспензии хлореллы и суспензии хлореллы, обогащенной селеном в количестве 500 мл на теленка в сутки			
Показатель	Группа		
	Контрольная	Опытная V	Опытная VI
В начале опыта В конце опыта	Общий белок, г/л		
	66,56±1,9 60,40±0,38	63,38±2,46 64,61±2,37	64,11±2,0 65,67±1,34**
В начале опыта В конце опыта	Альбумины, г/л		
	38,15±1,95 36,97±0,69	37,5±1,4 37,93±0,82	39,14±2,5 37,73±0,92
В начале опыта В конце опыта	Глобулины, г/л		
	28,41±1,83 23,44±0,72	25,88±2,44 26,68±1,78	24,97±3,6 27,94±0,82**

* – достоверно отличается от контроля при $p < 0,05$, ** – достоверно отличается от контроля при $p < 0,01$, *** – достоверно отличается от контроля при $p < 0,001$.

В пробах крови, взятых у телят в начале эксперимента, во втором опыте, содержание общего белка было на одинаковом уровне у всех групп и составляло 62,84 (г/л) – у контрольной группы, 64,09 (г/л) – у III-й опытной группы, 63,82 (г/л) – у IV-й опытной группы. После выпаивания суспензии хлореллы содержание общего белка в сыворотке крови у животных III-й опытной группы было выше по сравнению с аналогами контрольной группы на 7,31 %, а в IV-й опытной группе по сравнению с контролем на 8,83 % и составило 64,18 (г/л) ($p < 0,01$) и 65,09 (г/л) ($p < 0,01$) соответственно.

Тенденция увеличения количества общего белка наблюдалось и в третьем опыте. Из табл. 2 видно, что в начале третьего опыта, показатели общего белка у животных находилась практически на одном уровне (63,38-66,56 г/л), однако в конце эксперимента эти показатели у V-й и VI-й опытных групп были выше, чем у животных из контрольной группы на 6,97 % и 8,73 % и составляли 64,61 (г/л) и 65,67 (г/л) ($p < 0,01$) соответственно.

Концентрация общего белка в сыворотке крови зависит главным образом от синтеза и распада двух белковых фракций – альбумина и глобулинов.

Уровень содержания белка в сыворотке может повышаться вследствие дегидратации в результате потери части внутрисосудистой жидкости. Это возможно при тяжелых травмах, обширных ожогах и различных заболеваниях. При острых инфекциях содержание общего белка часто повышается вследствие дегидратации и одновременного возрастания синтеза белков острой фазы. Животные контрольных и опытных групп находились под постоянным наблюдением и были клинически здоровыми. Также о дегидратации свидетельствует повышение показателей не только альбуминов, но и гемато-

критерия. Средний показатель уровня гематокрита у всех подопытных животных находился в пределах 25,65–33,31 % при норме 24–46 %.

Известно, что альбумины играют важную роль в регуляции водного обмена, в транспортировке пластических, энергетических веществ. В нашем научно-хозяйственном опыте содержание альбуминовой фракции белков сыворотки крови у всех телят как перед постановкой опыта, так и в конце была в пределах физиологической нормы и находилась практически на одном уровне.

Введение *Chlorella vulgaris* и *Chlorella vulgaris*, с добавлением селена в рацион телят продемонстрировало стимулирующий эффект на рост глобулинов в крови гомойотермных животных в зависимости от дозы в пределах опыта.

Так, в первом научно-хозяйственном опыте, уровень глобулинов у животных I-й и II-й опытных группы был выше на 15,00 % и 16,08 % по сравнению с контролем и составил 34,04 (г/л) и 34,36 (г/л) ($p < 0,05$), соответственно, против 29,60 (г/л) в контрольной.

При изучении содержания глобулинов во втором опыте, после выпаивания микроводоросли, обогащенной селеном в конце эксперимента количество глобулинов в III-й и IV-й опытных группах превысило показатели контрольной группы и достигло 27,50 (г/л) ($p < 0,01$) и 28,98 (г/л) ($p < 0,01$), соответственно, в то время, как показатели контрольной группы имели следующий вид – 24,95 (г/л), что на 10,22 % и 16,15 % меньше, чем у III-й и IV-й опытных групп, соответственно.

В третьем опыте, при выпаивании суспензии хлореллы животным опытных групп в количестве 500 мл на теленка, также наблюдалось увеличение количества глобулинов, по сравнению с животными из контрольной группы. Так, количество глобулинов у V-й опытной группы составило 26,68 (г/л), у VI-й опытной группы – 27,94 (г/л) ($p < 0,05$), в то время как у животных контрольной группы среднее значение данного показателя составило 23,44 (г/л). В процентном соотношении количество глобулинов в V-й и VI-й опытных группах превышало количество глобулинов у животных из контрольной группы на 13,82 % и 19,20 % соответственно. Стоит отметить, что глобулины являются антителами и обеспечивают иммунную защиту в организме, поэтому их более высокое содержание на стадии активного роста может повлиять на дальнейшую резистентность организма.

Похожие результаты по влиянию хлореллы на показатели общего белка, альбуминов и глобулинов были получены у зарубежных исследователей как у гомойотермных, так и у пойкилотермных животных [23, 37].

Повышение продуктивности и оптимизация биохимических показателей крови под влиянием селена объясняется его адаптогенным влиянием, обеспечивающим предупреждение или нивелирование последствий кормовых стрессов и стрессов, связанных с нарушением содержания гомойотермных животных [1].

Следовательно, введение в рацион телят суспензии хлореллы и суспензии хлореллы с добавлением селена активизировало физиологические процессы и способствовало оптимизации их некоторых биохимических показателей.

Заключение

Результаты исследований показали статистически достоверные отличия по некоторым биохимическим показателям сыворотки крови при выпойке суспензии хлореллы *Chlorella vulgaris* (Beijerinck), штамма ИВСЕС-19 и суспензии хлореллы *Chlorella vulgaris* (Beijerinck), штамма ИВСЕС-19, обогащенной селеном. Во всех трех научно-хозяйственных опытах, наблюдалось увеличение количества общего белка у телят опытных групп. Введение *Chlorella vulgaris* и *Chlorella vulgaris* с добавлением селена в рацион телят продемонстрировало стимулирующий эффект на рост глобулинов в крови гомойотермных животных в зависимости от дозы в пределах опыта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блинохватов, А. Ф. Селен в биосфере / А. Ф. Блинохватов, Г. В. Денисова. – Пенза: Пенз. гос. с.-х. акад., 2001. – 323 с.
2. Громько, Е. В. Оценка состояния организма коров методами биохимии / Е. В. Громько // Экол.вестн. Сев. Кавказа. – 2005. – № 2. – С. 80–94.
3. Действие биогеелы из морских водорослей на облигатную микрофлору кишечника / Н. М. Аминина [и др.] // Здоровье. Мед.экология. Наука. – 2009. – №4–5. – С. 20–23.
4. Кудрявцев, А. А. Исследование крови в ветеринарной диагностике / А. А. Кудрявцев. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Селхозгиз, 1952–1953. – 2 т.
5. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник / И. П. Кондрахин [и др.]; под общ.ред. И. П. Кондрахина. – М.: Колос, 2004. – 519 с.
6. Минюк, Г. С. Влияние селена на жизнедеятельность морских и пресноводных микроводорослей (обзор) / Г. С. Минюк, И. В. Дробецкая // Экология моря. – 2000. – Т. 54. – С. 26–37.
7. Овсянников, А. И. Основы опытного дела в животноводстве / А. И. Овсянников. – М.: Колос, 1976. – 303 с.
8. Особенности накопления селена и его биологическая роль у водорослей (обзор) / О. И. Боднар [и др.] // Гидробиол. журн. – 2014. – Т. 50, № 5. – С. 72–79.

9. Сальникова, М. Я. Хлорелла – новый вид корма / М. Я. Сальникова. – М.: Колос, 1977. – 95 с.
10. Станчев, П. И. Экзометаболиты водорослей и их биологически активные вещества / П. И. Станчев // Гидробиология. – 1980. – № 10. – С. 70–77.
11. Струппуль, Н. Э. Аккумуляция селена гидробионтами Японского моря в естественных и экспериментальных условиях: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16; 03.00.23 / Н. Э. Струппуль; Дальневост. гос. ун-т. – Владивосток, 2003. – 24 с.
12. Тимошко, М. А. Заселенность микрофлорой пищеварительного тракта отдельных видов сельскохозяйственных животных / М. А. Тимошко // Микрофлора пищеварительного тракта молодняка сельскохозяйственных животных / М. А. Тимошко; отв. ред. И. Г. Пивняк. – Кишинев, 1990. – Гл. 2. – С. 31–42.
13. Третьяков, Е. А. Применение суспензии хлореллы в питании ремонтных телок / Е. А. Третьяков, М. В. Механикова, Т. С. Кулакова // Молодой ученый. – 2016 – № 6–5. – С. 102–105.
14. Шалыго, Н. Хозяйственно полезные виды водорослей / Н. Шалыго, С. Мельников // Наука и инновации. – 2009. – № 3. – С. 34–38.
15. A little green helpmate / S. Jahn [et al.] // *NeueLandwirtschaft*. – 2005. – Vol. 1. – P. 64–65.
16. Bender, J. Uptake and transformation of metals and metalloids by microbial mats and their use in bioremediation / J. Bender, R. F. Lee, P. Phillips // *J. Industr. Microbiol.* – 1995. – Vol. 14, № 2. – P. 113–118.
17. Boisson, F. Plankton from the northwestern Mediterranean Sea / F. Boisson, M. Romeo // *Water Research*. – 1996. – Vol. 30, № 11. – P. 2593–2600.
18. *Chlorella vulgaris* restores bone marrow cellularity and cytokine production in lead-exposed mice / M. L. S. Queiroz [et al.] // *Food a. Chem. Toxicology*. – 2011. – Vol. 49, № 11. – P. 2934–2941.
19. *Chlorella vulgaris* treatment ameliorates the suppressive effect of single and repeated stressors on hematopoiesis / J. de Souza Queiroz [et al.] // *Brain, Behavior a. Immunity*. – 2013. – Vol. 29. – P. 39–50.
20. Daniels, L. A. Selenium metabolism and bioavailability / L. A. Daniels // *Biol. Trace Element Research*. – 1996. – Vol. 54, № 3. – P. 185–199.
21. Doucha, J. The chlorella programme in the Czech Republic [Electronic resource] / J. Doucha / Research Gate. – Mode of access: https://www.researchgate.net/publication/258697445_The_Chlorella_Programme_in_the_Czech_Republic. – Date of access: 16.04.2022.
22. Effect of dietary natural supplements on immune response and mineral bioavailability in piglets after weaning / I. Taranu [et al.] // *Czech J. of Animal Science*. – 2012. – Vol. 57, № 7. – P. 332–347.
23. Efficacy of *Chlorella pyrenoidosa* to ameliorate the hepatotoxic effects of aflatoxin B1 in broiler chickens / Z. Subhani [et al.] // *Pakistan Veterinary J.* – 2018. – Vol. 38, № 1. – P. 13–18.
24. Immunostimulatory principles from *Chlorella pyrenoidosa*. Part 1: Isolation and biological assessment in vitro / J. A. Kralovec [et al.] // *Phytomedicine: Intern. J. of Phytotherapy a. Phytopharmacology*. – 2007. – Vol. 14, № 1. – P. 57–64.
25. Jahn, S. Investigation of economic efficiency from *Chlorella* biomass in the piglet production / S. Jahn, D. Sparborth, H. J. Thieme // Abstracts of 2nd European Workshop Biotechnology of Microalgae, Bergholz-Rehbrücke, 11–12 Sept. 1995 / IGW Inst. für Getreideverarbeitung [et al.]. – Bergholz-Rehbrücke, 1995. – P. 108–111.
26. Kiffney, P. The toxicity and bioaccumulation of selenate, selenite and seleno-L-methionine in the cyanobacterium *Anabaena flos-aquae* / P. Kiffney, A. Knight // *Arch. of Environmental Contamination a. Toxicology*. – 1990. – Vol. 19, № 4. – P. 488–494.
27. Low selenium status of inhabitants of South Bohemia and its relation to iodine and thyroid hormone metabolism / J. Kvíčala [et al.] // *Biomarkers a. Environment*. – 1997. – Vol. 1. – P. 12–20.
28. Oyamada, N. Methylation of inorganic selenium compounds by freshwater green algae *Ankistrodesmus* sp., *Chlorella vulgaris* and *Selenastrum* sp. / N. Oyamada, G. Takahashi, M. Ishizaki // *Eisei Kagaku*. – 1991. – Vol. 37, № 2. – P. 83–88.
29. Preferential uptake of Se (IV) over Se (VI) and the production of dissolved organic Se by marine phytoplankton / M. Hu [et al.] // *Marine Environmental Research*. – 1997. – Vol. 44, № 2. – P. 225–231.
30. Price, N. M. Specific selenium-containing macromolecules in the marine diatom *Thalassiosira pseudonana* / N. M. Price, P. J. Harrison // *Plant Physiology*. – 1988. – Vol. 86, № 1. – P. 192–199.
31. Riedel, G. F. Uptake, transformation, and impact of selenium in freshwater phytoplankton and bacterioplankton communities / G. F. Riedel, J. G. Sanders, C. C. Gilmour // *Aquatic Microbial Ecology*. – 1996. – Vol. 11, № 1. – P. 43–51.
32. Rotkowska, D. The radioprotective effects of aqueous extract from chlorococcal freshwater algae (*Chlorella kessleri*) in mice and rats / D. Rotkowska, A. Vacek, A. Bartonickova // *Strahlentherapie. Onkologie*. – 1989. – Bd. 165, № 11. – S. 813–816.
33. Stimulation of cytokine production in human peripheral blood mononuclear cell by an aqueous *Chlorella* extract / H. S. Ewart // *Planta Medica*. – 2007. – Vol. 73, № 8. – P. 762–768.
34. Storandt, R. Algae in animal production / R. Storandt, O. Pulz, H. Franke // *Tierernährung–Ressourcen und neue Aufgaben: Expo 2000, Hannover, 15-16 Juni 2000: Workshop / Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Tierärztliche Hochschule Hannover, Inst. für Tierernährung; hrsg. J. Kamphues*. – Braunschweig, 2000. – S. 31.
35. Synthesis and structure characterization of selenium metabolites / T. W.-M. Fan [et al.] // *Analyst*. – 1998. – Vol. 123, № 5. – P. 875–884.
36. The effect of selenate, selenite, and sulfate on the growth of six unicellular marine algae / A. Wheeler [et al.] // *J. of Experimental Marine Biology a. Ecology*. – 1982. – Vol. 57, № 2-3. – P. 181–194.
37. The effects of *Chlorella vulgaris* supplementation on growth performance, blood characteristics, and digestive enzymes in Koi (*Cyprinus carpio*) / M. Khani [et al.] // *Iranian J. of Fisheries Sciences*. – 2017. – Vol. 16, № 2. – P. 832–834.
38. Vacek, A. Radioprotection of haemopoiesis conferred by aqueous extract from chlorococcal algae (*Ivaximul*) administered to mice before irradiation / A. Vacek, D. Rotkowska, A. Bartoničková // *Experimental Hematology*. – 1990. – Vol. 18, № 3. – P. 234–237.
39. Yamaoka, Y. Biosynthesis of glutathione and environmental factors relating to selenium accumulation by algae / Y. Yamaoka, O. Takimura, H. Fuse // *Program of the First International Marine Biotechnology Conference (IMBC'89)*. – Tokyo, 1989. – P. 63.
40. Yan, L. Effect of fermented *Chlorella* supplementation on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, fecal microbial and fecal noxious gas content in growing pigs / L. Yan, S. U. Lim, I. H. Kim // *Asian-Australasian J. of Animal Sciences*. – 2012. – Vol. 25, № 12. – P. 1742–1747.