

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ / FOOD SYSTEMS

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.74>

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ВОДНОЙ ИЛИ МАСЛЯНОЙ ШПИНАТНОЙ ПАСТЫ ДЛЯ СОЛЁНОГО ИЛИ СЛАДКОГО БИСКВИТНОГО ПОЛУФАБРИКАТА

Научная статья

Лесовская М.И.^{1,*}, Кривцов Н.Е.²¹ ORCID : 0000-0003-3665-3233;^{1,2} Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (lesmari[at]rambler.ru)

Аннотация

Одним из востребованных целевых свойств нутриентов является антиоксидантная активность для постоянной коррекции нарушений гомеостаза в результате окислительного стресса под влиянием негативных экологических факторов среды. Шпинат огородный как богатый источник пищевых антиоксидантов представляет собой перспективное сырье для производства продуктов повседневного спроса, включая мучные кондитерские изделия. Целью работы было изучение антиоксидантных свойств измельченной шпинатной фитомассы, эмульгированной с добавлением воды или масла, а также оценка антиоксидантной активности солёных или сладких бисквитных полуфабрикатов на основе шпинатной эмульсии. Результаты исследования показали, что как водная, так и масляная шпинатная эмульсия обладала выраженными антиоксидантными свойствами (снижение продукции свободных радикалов в 2 раза). В то же время бисквитные полуфабрикаты на основе шпинатной эмульсии обладали разнонаправленной активностью. Антиоксидантные свойства выявлены только у бисквитного полуфабриката при сочетании «масло+сахар», тогда как остальные варианты («вода+соль», «масло+соль», «вода+сахар») характеризовались прооксидантной активностью.

Ключевые слова: антиоксиданты, шпинат, фитомасса, эмульсия, паста, бисквит, полуфабрикат.

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF AQUEOUS OR OILY SPINACH PASTE FOR SALTY OR SWEET BISCUITS

Research article

Lesovskaya M.I.^{1,*}, Krivtsov N.Y.²¹ ORCID : 0000-0003-3665-3233;^{1,2} Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russian Federation

* Corresponding author (lesmari[at]rambler.ru)

Abstract

One of the demanded target properties of nutrients is antioxidant activity for permanent correction of homeostasis disorders as a result of oxidative stress under the influence of negative environmental factors. Spinach as a rich source of food antioxidants is a promising raw material for the production of everyday products, including flour confectionery. The aim of the work was to study the antioxidant properties of chopped spinach phytomass emulsified with the addition of water or oil, as well as to evaluate the antioxidant activity of salty or sweet biscuit semi-finished products based on spinach emulsion. The results showed that both aqueous and oily spinach emulsion had significant antioxidant properties (2-fold reduction of free radical formation). At the same time, biscuit semi-finished products based on spinach emulsion had multidirectional activity. Antioxidant properties were revealed only in the biscuit semi-finished product with a combination of "oil + sugar", while the other options ("water + salt", "oil + salt", "water + sugar") were characterized by pro-oxidant activity.

Keywords: antioxidants, spinach, phytomass, emulsion, paste, biscuit, semi-finished product.

Введение

На Саммите ООН (7.09.2015 г.) среди семнадцати целей устойчивого развития до 2030 года в числе первостепенных названы «...обеспечение продовольственной безопасности, улучшение питания, содействие устойчивому развитию сельского хозяйства» [1]. В «Стратегии повышения качества пищевой продукции до 2030 г.» [2] одним из двенадцати направлений является развитие исследований по профилактическим свойствам пищевой продукции и создание технологий для производства пищевой продукции с заданными свойствами. В частности, высоко востребованы продукты повседневного спроса с антиоксидантными свойствами. Эти продукты необходимы для постоянной коррекции нарушений гомеостаза в результате окислительного стресса, формируемого влиянием негативных экологических факторов [3]. Сырьём для производства таких продуктов могут быть растительные ресурсы Красноярского края, среди которых многие растения имеют пищевое и лекарственное значение, широко используются в качестве фитодобавок к продуктам животного происхождения. Хлебобулочная и кондитерская продукция предоставляют безграничную нишу для обогащения пищевой матрицы эссенциальными витаминными и минеральными фитоконплексами, что не только внесёт разнообразие в дизайн и органолептические свойства продукции, но и обеспечит функциональные свойства.

Одним из таких растительных источников является шпинат огородный. Это однолетнее травянистое растение рода *Spinacia* (Шпинат) семейства *Amaranthaceae* (Амарантовые), таксономически родственное амаранту, свёкле, лебеде. Название «шпинат» переводится как «зелёная рука» в Иране (до 1935 г. – Персия), откуда растение интродуцировали сначала в Китай, а впоследствии – в Россию [4]. Пищевое значение имеют молодые листья (мини-

шпинат), собранные до цветения. За сезон можно несколько раз собирать урожай шпината, используя повторные посеы и соблюдая агротехнику.

Свежесобранные листья сохраняются при 1...4°C в течение недели, в свежемороженом состоянии – до трёх месяцев, а в высушенном виде при ограничении доступа воздуха – более года.

Шпинат не является дикоросом и существует только в агроценозах, что обеспечивает его сырьевую устойчивость. При низкой калорийности (23 ккал/100 г фитомассы) шпинат отличается достаточным уровнем белка (2,9 г%), высоким содержанием ряда биологически значимых микроэлементов (% от суточной нормы в 100 г фитомассы) [5]: кремния (171%), железа (75%), марганца (45%), магния (21%), калия (31%), кобальта (16%), кальция (11%), йода (11%), фосфора (10%), омега-3 жирных кислот (15%) и богатым набором витаминов (рис. 1). Установлено коагулирующее действие шпината за счёт высокого содержания фолиевой кислоты и липофильных витаминов, обобщённо называемых витамином К [6]. Эти соединения регулируют усвоение кальция и тем самым предотвращают остеопороз. Таким образом, химический состав шпината хорошо изучен [7], а физиологическая активность компонентов шпината надёжно установлена. Это открывает возможность использования шпинатной фитомассы в качестве ингредиента пищевых продуктов.

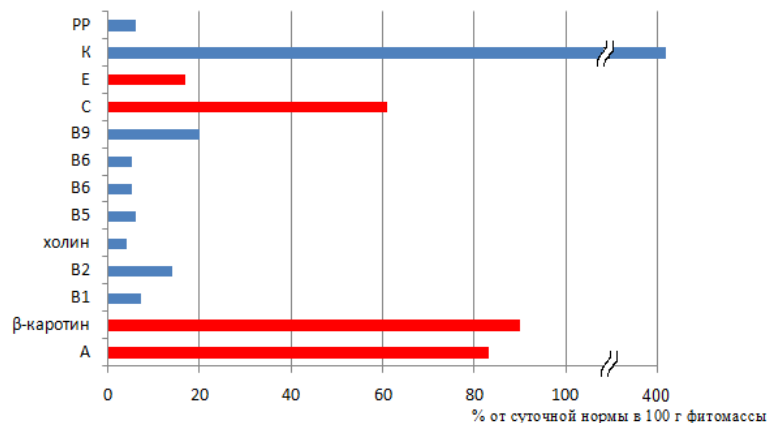


Рисунок 1 - Содержание витаминов в фитомассе шпината относительно суточной потребности организма человека
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.74.1>

В настоящее время интенсивно развивается направление пищевой комбинаторики, исходящей из принципа конструирования продуктов питания путём создания новых форм и сочетаний ингредиентов [8]. Основная идея состоит в поиске новых сочетаний и/или соотношений ингредиентов для получения пищевых систем с расширением спектра функциональных свойств. Эта концепция успешно реализуется в производстве мучных изделий [9]. В видеохостинге *YouTube* представлены многочисленные способы изготовления теста на основе фитомассы шпината (зелёные бисквиты, шпинатная эмульсия и др.) с ожидаемо высокой пищевой ценностью и функциональными свойствами, хотя результаты соответствующих исследований в литературе практически отсутствуют. В частности, недостаточно изучен вопрос об антиоксидантной активности фитокомплексов шпината, а также об изменении этой активности в процессе технологической обработки растения в пищевом производстве.

Целью настоящей работы было изучение антиоксидантных свойств измельчённой шпинатной фитомассы и бисквитных полуфабрикатов на её основе, изготовленных с добавлением воды или масла, соли или сахара.

Материалы и методы

В работе использовали молодые листья шпината, собранные в июне-июле 2022 года в экологически чистом агроценозе (садовый участок) в Емельяновском районе Красноярского края. Листья шпината промывали, сортировали, обсушивали и обрабатывали. Технологическая блок-схема получения фитомассы с добавлением воды (*Aqua*) или растительного масла (*Lipo*) приведена на рис. 2.

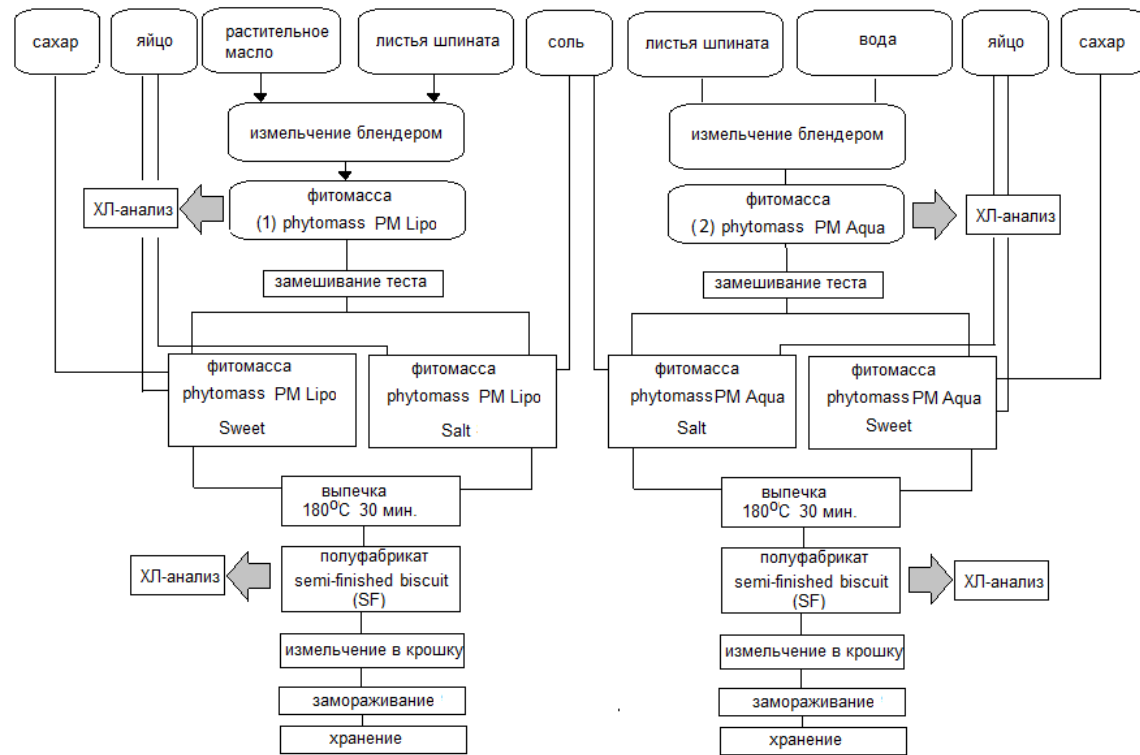


Рисунок 2 - Блок-схема получения эмульсии из фитомассы шпината для солёных или сладких бисквитных полуфабрикатов на её основе:
 PM – фитомасса; SF – полуфабрикат; Aqua – водный; Lipo – масляный; Salt – солёный; Sweet – сладкий
 DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.74.2>

В эксперименте использовали навеску листьев шпината массой 200 г. При измельчении блендером к навеске добавляли 120 мл воды или деодорированного растительного масла («Злато»). Полученная дисперсная система представляла собой грубодисперсную эмульсию или пасту. При изготовлении сладкого или солёного бисквитного полуфабриката к эмульсии добавляли одно яйцо (50 г), 100 г сахара или 30 г соли, 200 г пшеничной муки в/с. Бисквитный корж выпекали при 180°C в течение 30 мин., затем охлаждали и измельчали в блендере. Полученную бисквитную крошку (полуфабрикат) помещали в полипропиленовые контейнеры и закладывали на хранение в морозильную камеру при температуре –18°C. Антиоксидантную активность определяли отдельно в водной или масляной шпинатной эмульсии, а также в четырёх вариантах бисквитного полуфабриката (вода/соль; вода/сахар; масло/соль; масло/сахар).

Анализ антиоксидантной активности проводили методом люминол-зависимой пероксид-индуцированной хемилюминесценции при использовании 10^{-4} М раствора FeSO_4 в качестве триггера для распада пероксида. Количественную оценку проводили по импульсной светосумме, эквивалентной числу образованных свободных радикалов (СР).

Измеряемым параметром служила степень снижения или повышения продукции СР под влиянием анализируемых образцов по сравнению с контролем (физраствор). Методика подробно описана [10]. Статистическую обработку результатов проводили с использованием параметрического критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

На рис. 3 отображены результаты измерения антиоксидантной активности шпинатной фитомассы и четырёх вариантов бисквитного полуфабриката на её основе.

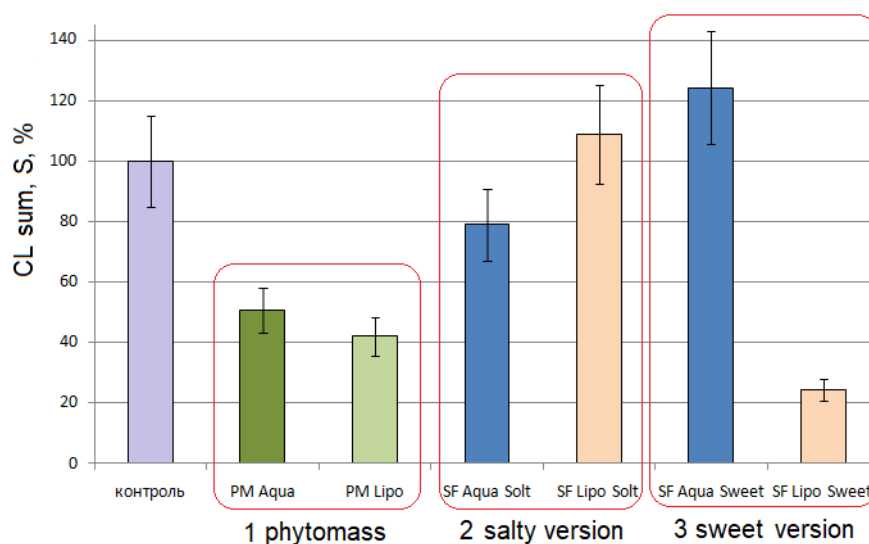


Рисунок 3 - Радикал-направленная активность шпинатной пасты различного состава и полуфабрикатов на её основе
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.74.3>

Как следует из приведённого рисунка, у аква-формы в солёном или сладком вариантах антиоксидантная активность продукта инвертировалась в прооксидантную. Это видно по возрастанию светосуммы ХЛ относительно показателей фитомассы от 30...50% (сектор 2, солёные варианты) до 78% (сектор 3, сладкий аква-вариант) с соответствующим превышением контрольных значений у вариантов «*SF Lipo Salt*», «*SF Aqua Sweet*» и недостоверным отличием от контроля у варианта «*SF Aqua Salt*» ($p > 0,05$). Напротив, при изготовлении масляного бисквитного полуфабриката «*SF Lipo Sweet*» антиоксидантная активность не только сохранялась, но и усиливалась (продукция СР снижалась в 5 раз относительно контроля).

Полученные результаты можно объяснить с учётом хорошо изученных явлений взаимодействия антиоксидантов различной природы. Известно, что при взаимодействии компонентов антиоксидантной триады (витамины С, А, Е) обеспечивается наиболее высокий синергичный эффект при условии, что феноксильный радикал токоферола (витамина Е) постоянно восстанавливается за счёт аскорбата (витамина С) [11]. При этом восстановительный потенциал аскорбата также должен восполняться. Надёжными восстановителями аскорбата являются редуцирующие сахара и биофлавоноиды [12].

Следовательно, наилучший антиоксидантный эффект следует ожидать в гетерогенных системах, включающих гидрофильную и гидрофобную фазы, и обеспечивающих одновременное присутствие полного набора антиоксидантов. Именно такой результат был получен в варианте «*SF Lipo Sweet*» (сектор 3 на рис. 4), где в гетерогенной среде жирорастворимые компоненты (в первую очередь витамины А, Е) сочетались с гидрофильными углеводами и аскорбатом.

Можно полагать, что биохимическим следствием такого сочетания стала пролонгированная антирадикальная активность. Снижение продукции свободных радикалов при этом было максимальным, результат составил 24% от уровня контроля.

Заключение

1. Фитомасса листьев шпината, измельчённая до пастообразного состояния с добавлением воды или масла, обладает выраженными антиоксидантными свойствами. Под влиянием этих объектов продукция свободных радикалов снижалась в два раза относительно контроля.

2. Бисквитные полуфабрикаты на основе шпинатной пасты обладали различными функциональными свойствами в зависимости от гетерогенности среды (вода/масло) и добавления сахара.

3. Антиоксидантной активностью характеризовался единственный вариант бисквитного полуфабриката на основе шпинатной пасты с композиционным составом «масло+сахар».

4. Бисквитные полуфабрикаты на основе шпинатной пасты с композиционным составом «вода+соль», «масло+соль», «вода+сахар» характеризовались прооксидантной активностью.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года: принята резолюцией Генер. Ассамблеей ООН от 25 сент. 2015 г. A/70/L.1. — URL: <https://undocs.org/ru/A/RES/70/1> (дата обращения: 27.11.2022).

2. Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 29.06.2016 №1364-р. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200636/cb8d081e8968f6dba480048c4511db0025f1064b/ (дата обращения: 27.11.2022)

3. Климацкая Л.Г. Эколого-биологический мониторинг минерального статуса организованных учащихся города Красноярск / Л.Г. Климацкая, А.В. Меняйло, И.Ю. Шевченко и др. // Бюлл. СО РАМН. — 2003. — 3(109). — с. 77-82.

4. Фарбер Е.В. Щедрый русский огород / Е.В. Фарбер, Е.А. Смирнова, М.М. Гиренко. — СПб.: ПФ Красный пролетарий, 2004. — 255 с.

5. Химический состав российских пищевых продуктов / Под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. — М.: ДеЛи Принт, 2002. — 236 с.

6. Лекарственная продукция из натуральных растений // Электронная энциклопедия фирмы «Здоровье». — URL: [lektava.ru https://lektava.ru/encyclopedia/shpinat-ogorodnyu/#chemical](https://lektava.ru/encyclopedia/shpinat-ogorodnyu/#chemical) (дата обращения: 26.11.2022).

7. Сабирджанов Р.А. Исследование химического состава шпината / Р.А. Сабирджанов, А.Ж. Чориев, Р.А. Хусанов // Science and Education: Scientific Journal. — 2022. — Vol. 3. — 10. — с. 110-113.

8. Надточий Л.А. Инновации в биотехнологии. Ч.2. Пищевая комбинаторика / Л.А. Надточий, О.Ю. Орлова. — СПб.: Университет ИТМО, 2015. — 37 с.

9. Лесовская М.И. Органолептические и антиоксидантные свойства капкейков с различными крупнодисперсными начинками / М.И. Лесовская, А.А.Зыкова, Н.Е. Кривцов / Актуальные вопросы переработки и формирование качества продукции АПК. — Красноярск, 2021. — с. 262-266.

10. Лесовская М.И. Влияние нутриентов на свободнорадикальный баланс крови in vitro / М.И. Лесовская // Методические проблемы тестирования биологической активности нутриентов. — М., 2015. — с. 31—37.

11. Макарова В.Г. Концентрация витамина А, параметры ПОЛ и антиоксидантной защиты при экспериментальном гепатозо-гепатите / В.Г. Макарова, Е.Н. Якушева, С.К. Правкин // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. — 2006. — 4. — с. 25-31.

12. Денисов Е.Т. Радикальные реакции в химии, технологии и живом организме. Лекция 14 / Е.Т. Денисов. — Черноголовка, 2003. — с. 89-101.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Preobrazovanie nashego mira: Povestka dnja v oblasti ustojchivogo razvitija na period do 2030 goda [Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development]: Adopted by Resolution of the UN General Assembly on 25 September 2011. United Nations General Assembly resolution of 25 September 2015 A/70/L.1. — URL: <https://undocs.org/ru/A/RES/70/1> (accessed: 27.11.2022). [in Russian]

2. Ob utverzhenii Strategii povysheniya kachestva pishhevoj produkcii v RF do 2030 goda [On Approval of the Strategy for Improving the Quality of Food Products in the Russian Federation until 2030]: Order of the Government of the Russian Federation of 29.06.2016 №1364-r. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200636/cb8d081e8968f6dba480048c4511db0025f1064b/ (accessed: 27.11.2022) [in Russian]

3. Klimackaja L.G. Jekologo-biologicheskij monitoring mineral'nogo statusa organizovannyh uchashhihsja goroda Krasnojarska [Ecological and Biological Monitoring of the Mineral Status of Organized Students in Krasnoyarsk] / L.G. Klimackaja, A.V. Menjajlo, I.Ju. Shevchenko et al. // Bull. SO RAMN. — 2003. — 3(109). — p. 77-82. [in Russian]

4. Farber E.V. Shhedryj russkij ogorod [Generous Russian Garden] / E.V. Farber, E.A. Smirnova, M.M. Girenko. — SPb.: PF Krasnyj proletarij, 2004. — 255 p. [in Russian]
5. Himicheskij sostav rossijskih pishhevych produktov [Chemical composition of Russian food products] / Ed. by I.M. Skurihin, V.A. Tutel'jan. — M.: DeLi Print, 2002. — 236 p. [in Russian]
6. Lekarstvennaja produkcija iz natural'nyh rastenij [Medicinal Products from Natural Plants] // Jelektronnaja jenciklopedija firmy «Zdorov'e» [Electronic encyclopedia of the firm "Zdorovye"]. — URL: lektrava.ru <https://lektrava.ru/encyclopedia/shpinat-ogorodnyj/#chemical> (accessed: 26.11.2022). [in Russian]
7. Sabirdzhanov R.A. Issledovanie himicheskogo sostava shpinata [Study of the Chemical Composition of Spinach] / R.A. Sabirdzhanov, A.Zh. Choriev, R.A. Xusanov // Science and Education: Scientific Journal. — 2022. — Vol. 3. — 10. — p. 110-113. [in Russian]
8. Nadtochij L.A. Innovacii v biotehnologii. Ch.2. Pishhevaja kombinatorika [Innovations in Biotechnology. Part 2. Food Combinatorics] / L.A. Nadtochij, O.Ju. Orlova. — SPb.: University ITMO, 2015. — 37 p. [in Russian]
9. Lesovskaja M.I. Organolepticheskie i antioksidantnye svojstva kapkejkov s razlichnymi krupnodispersnymi nachinkami [Organoleptic and Antioxidant Properties of Cupcakes with Various Coarse Fillings] / M.I. Lesovskaja, A.A.Zykova, N.E. Krivcov / Aktual'nye voprosy pererabotki i formirovanie kachestva produkcii APK [Current Issues of Processing and Formation of Quality of Agricultural Products]. — Krasnojarsk, 2021. — p. 262-266. [in Russian]
10. Lesovskaja M.I. Vlijanie nutrientov na svobodnoradikal'nyj balans krovi in vitro [Effect of Nutrients on the Free Radical Balance of Blood in Vitro] / M.I. Lesovskaja // Metodicheskie problemy testirovanija biologicheskoj aktivnosti nutrientov [Methodological Problems of Testing the Biological Activity of Nutrients]. — M., 2015. — p. 31—37. [in Russian]
11. Makarova V.G. Koncentracija vitamina A, parametry POL i antioksidantnoj zashhity pri jeksperimental'nom gepatozo-gepatite [Vitamin A Concentration, LPO and Antioxidant Protection Parameters in Experimental Hepatose-Hepatitis] / V.G. Makarova, E.N. Jakusheva, S.K. Pravkin // Rossijskij mediko-biologicheskij vestnik imeni akademika I.P. Pavlova [I.P. Pavlov Russian Medical and Biological Bulletin]. — 2006. — 4. — p. 25-31. [in Russian]
12. Denisov E.T. Radikal'nye reakcii v himii, tehnologii i zhivom organizme. Lekcija 14 [Radical Reactions in Chemistry, Technology and the Living Organism. Lecture 14] / E.T. Denisov. — Chernogolovka, 2003. — p. 89-101. [in Russian]