УДК 637.358.03:579:612.3

DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-31-15-20

Н. А. Погорелова, Т. В. Бойко, Е. А. Молибога

Pogorelova N. A., Boyko T. V., Moliboga E. A.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ЛИПИДПЕРОКСИДАЦИИ КРОВИ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ В РАЦИОН СПИРУЛИНОСОДЕРЖАЩЕГО ПЛАВЛЕНОГО СЫРНОГО ПРОДУКТА (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

INTENSITY OF BLOOD LIPIDPEROXIDATION WHEN ADDED SPIRULIN-CONTAINING PROCESSED ANALOGUE CHEESE IN THE DIET (EXPERIMENTAL STUDY)

Представлены результаты сравнительной оценки интенсивности перекисного окисления липидов эритроцитов и плазмы крови белых беспородных крыс при включении в рацион плавленого сырного продукта с содержанием *Arthrospira fusiformis* озера Солёное Омской области и *Arthrospira platensis* китайского происхождения. Интенсивность процессов свободнорадикального окисления оценивали при раздельной регистрации продуктов липидпероксидации в гептановой и изопропанольной фазах липидного экстракта эритроцитов и плазмы крови. Авторами определено содержание молекулярных продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ): диеновых конъюгатов, кетодиенов и сопряженных триенов, конечных продуктов ПОЛ – оснований Шиффа, в каждой из экстрагируемых фаз эритроцитов и плазмы крови спектрофотометрическим методом при 220, 232, 278 и 400 нм. Установлено повышение содержания вторичных и конечных продуктов окислительной деструкции гептанорастворимых липидов плазмы крови самцов белых крыс, получавших ежедневно в течение 40 дней к основному рациону плавленый сырный продукт с включением в рецептуру 10 % *Arthrospira fusiformis* озера Солёное Омской области. Интенсивность процессов окислительной деструкции нейтральных липидов эритроцитов более выражена у крыс, потреблявших сырный продукт с 10 %-ным содержанием *Arthrospira platensis* производства Китайской Народной Республики. Определена большая подверженность свободнорадикальному окислению полярных липидов эритроцитов и плазмы крови групп животных при включении в рацион сырных продуктов с содержанием артроспиры разного происхождения и вида. Цитотоксический эффект более выражен при включении в состав сырного продукта артроспиры китайского происхождения, напротив, свободно радикальное повреждение липидов плазмы крови более выражено у крыс при включении в их рацион плавленого сыра, содержащего артроспиру озера Солёное г. Омска.

Ключевые слова: перекисное окисление липидов, липидпероксидация, свободнорадикальное окисление, антиоксиданты, цианобактерия, спирулина, инновационная технология, плавленый сырный продукт.

The article presents the results of a comparative evaluation of the intensity of lipid peroxidation of erythrocytes and blood plasma in white outbred rats when a processed cheese product containing *Arthrospira fusiformis* from Lake Solenoye located in the Omsk region and *Arthrospira platensis* of Chinese origin is included in the diet. The intensity of free radical oxidation processes was evaluated by separate registration of lipid peroxidation products in the heptane and isopropanol phases of the lipid extract of erythrocytes and blood plasma. The authors determined the content of molecular products of lipid peroxidation (LPO): diene conjugates, ketodienes and conjugated trienes, final products of LPO – Schiff bases, in each of the extractable phases of erythrocytes and plasma by spectrophotometric method at 220, 232, 278 and 400 nm. An increase in the content of secondary and final products of oxidative degradation of heptane-soluble lipids in blood plasma in male white rats, which daily received the processed cheese product for 40 days, with a 10 % *Arthrospira fusiformis* obtained in Lake Solenoye, the Omsk Region was found. The intensity of oxidative destruction of the neutral lipids of erythrocytes is more pronounced in rats consuming a cheese product with 10 % *Arthrospira platensis* manufactured in the Chinese People's Republic. A greater susceptibility to free radical oxidation of polar lipids of erythrocytes and blood plasma in groups of animals was revealed when cheese products containing arthrospires of different origin and species were included in the diet. The cytotoxic effect is more pronounced when adding arthrospires of Chinese origin in the cheese product, on the contrary, free radical damage to blood plasma lipids is strongly defined in rats which diet included processed analogue cheese with arthrospira from Lake Solenoye, Omsk.

Key words: lipid peroxidation, lipid peroxidation, free radical oxidation, antioxidants, cyanobacteria, spirulina, innovative technology, fused cheese product.

Погорелова Наталья Анатольевна –

кандидат биологических наук, доцент
кафедры продуктов питания и пищевой
биотехнологии
ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный
университет им. П. А. Столыпина»
г. Омск
Тел.: 8-913-687-01-77
E-mail: ntali839@list.ru

Pogorelova Natalya Anatolyevna –

Ph.D of Biology Sciences, Associate professor
of Department of Food and Food Biotechnology
FSBEI HE «Omsk State Agrarian University
named after P. A. Stolypin»
Omsk
Tel.: 8-913-687-01-77
E-mail: ntali839@list.ru

Бойко Татьяна Владимировна –

доктор ветеринарных наук, доцент
кафедры диагностики, внутренних незаразных
болезней, фармакологии, хирургии и акушерства
факультета ветеринарной медицины ИВМиБ
ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный

Boyko Tatyana Vladimirovna –

Doctor of Veterinary Science, Associate Professor
Department of Diagnostics, Internal
Non-Communicable Diseases, Pharmacology, Surgery
and Obstetrics of the Faculty of Veterinary Medicine IVMiB
FSBEI HE «Omsk State Agrarian University

университет им. П. А. Столыпина
г. Омск
Тел.: 8-913-670-45-77
E-mail: tv.boyko@omgau.org

Молибога Елена Александровна –
доктор технических наук, доцент
кафедры продуктов питания и пищевой
биотехнологии
ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный
университет им. П. А. Столыпина»
г. Омск
Тел.: 8-908-319-02-55
E-mail: mea130980@mail.ru

named after P. A. Stolypin»
Omsk
Тел.: 8-913-670-45-77
E-mail: tv.boyko@omgau.org

Moliboga Elena Alexandrovna –
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Department of Food and Food Biotechnology
FSBEI HE «Omsk State Agrarian University
named after P. A. Stolypin»
Omsk
Тел.: 8-908-319-02-55
E-mail: mea130980@mail.ru

Цианобактерия *Arthrospira (Spirulina) platensis* (семейство *Осцилляториальные – Oscillatoriaceae*; отдел *Синезеленые водоросли – Cyanophyta*) имеет микроскопическую автотрофную структуру, произрастает в щелочном растворе неорганических минералов. Благодаря своему уникальному химическому составу – высокому содержанию белка, β-каротина, витаминов, минеральных веществ, природных антиоксидантов, артроспиры (спирулины) является популярным объектом биотехнологий. Ряд ученых отмечают ее антиоксидантные свойства и рекомендуют использовать для повышения резистентности организма. Доказано положительное влияние артроспиры на полезную кишечную микрофлору (лактобациллы и бифидобактерии) за счет снижения уровня условно-патогенных микроорганизмов [Блинкова Л. П., 2001].

В настоящее время на рынке биологически активных добавок продукты на основе артроспиры представлены широким ассортиментом. Основными поставщиками спирулины в мире являются Мексика, США, Япония, Индия, Китай и Таиланд, где производство спирулины превышает 100 т в год. В России спирулина достаточно популярна, но в основном импортируется из других стран. Производство отечественной спирулины расположено в Москве (Спирулина МГУ), Сочи (Спирулина Сочи), Самаре (живая спирулина в виде замороженной пасты), а также Севастополе. На территории г. Омска при исследовании мелководного озера Солёного была обнаружена массовая вегетация цианобактерии другого вида – *Arthrospira fusiformis* [1]. В работах омских ученых была отмечена высокая питательная ценность артроспиры и положительное ее влияние на организм экспериментальных животных при включении в рацион в форме фитомассы [2].

Несмотря на то что в целом влияние спирулины на организм животных и человека достаточно изучено, в литературе отсутствуют сведения о состоянии антиоксидантной системы организма при ее включении в состав продуктов.

Цель работы: изучение интенсивности перекисного окисления липидов эритроцитов и плазмы крови белых крыс при включении в рацион плавленого сырного продукта с содержанием спирулины.

Эксперименты проводили на самцах особей белых беспородных крыс с живой массой 180–200 г, которые были разделены на четыре группы по 5 животных в каждой: *первая* – контрольная биологическая группа, получавшая только стандартный основной рацион вивария (I группа); *вторая* – опытная группа, получавшая ежедневно к основному рациону вивария 2,0 ломтевого плавленого сырного продукта, выработанного по традиционной технологии (II группа); *третья* – опытная группа, получавшая ежедневно к основному рациону вивария 2,0 плавленого сырного продукта с включением в рецептуру 10 % *Arthrospira fusiformis* озера Соленого Омской области (III группа); *четвертая* – опытная группа, получавшая ежедневно к основному рациону вивария 2,0 плавленого сырного продукта с включением в рецептуру 10 % биологически активной добавки на основе *Arthrospira platensis* производства Китайской Народной Республики (IV группа).

Выработку плавленого сырного продукта со спирулиной платенсис проводили на основании использования накопленного опыта ученых и специалистов и согласно законодательным и нормативным документам [3]: СанПИН 2.3.2.1293-03, СанПИН 2.3.2.1078-01, СанПИН 2.3.2.2804-10, ТР ТС 029 2012, ГОСТ Р 52349-05, ГОСТ Р 5406-10, ГОСТ Р 55577-2013, МК МР 2.3.1.1915-04, а также разработанной на кафедре Продуктов питания и пищевой биотехнологии Омского ГАУ технологии производства плавленого сырного продукта со спирулино-содержащим компонентом. Процент внесения спирулиносодержащего компонента не противоречит основным требованиям к обогащению продуктов питания функциональными ингредиентами. Основанием для использования спирулины в сочетании с молочной основой являлись следующие факторы [4]:

- повышение пищевой и биологической ценности продуктов;
- формирование функциональных свойств продукта;
- стимулирование роста пробиотических микроорганизмов, т. е. эффект пребиотика;
- экономия основного молочного сырья за счет снижения молокоемкости продукта;
- повышение качества, безопасности и срока годности продукта, что не противоре-

чит ассортиментной политике продуктов здорового питания.

Наблюдение за животными вели в течение 40 дней, оценивая поедаемость сырного продукта, внешний вид экспериментальных животных, состояние фекальных болюсов. По истечении срока животных под седацией выводили из эксперимента путем обескровливания. Кровь цельную центрифугировали и разделяли на плазму и эритроциты.

Интенсивность перекисного окисления липидов исследовали в гептан-изопропанольных экстрактах эритроцитов и плазмы крови в модификации И. А. Волчегорского и др. [5]. Математическую обработку полученных результатов проводили общепринятыми методами вариационной статистики с использованием программы Statistica 6,0 [6]. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$ от уровня контрольной группы.

На протяжении периода наблюдений гибели и отклонений в поведении экспериментальных животных отмечено не было. Наоборот, животные с высокой активностью поедали сырный продукт одинаково предпочитая его основному рациону. Состояние шерстного покрова было без видимых изменений, фекальные болюсы у крыс экспериментальных групп были светлее, чем в контроле.

Известно, что цианобактерия *Arthrospira platensis* богата по своему минеральному составу, содержит железо, кальций, магний, медь, натрий, калий, фосфор, хлор и некоторые другие вещества [7]. Ионы металлов переменной валентности – железо и медь, входящие в состав спироулины, находятся в связанно-органической форме, что может увеличивать их усвоение. Однако отмечено, что большинство природных антиоксидантов в зависимости от условий протекания окислительно-восстановительных реакций и их концентраций (аскорбиновая кислота) в присутствии ионов металлов Fe^{3+} или Cu^{2+} индуцируют разложение перекисей и могут выступать как и флавоноиды, в качестве прооксидантов.

В иницировании цепи перекисного окисления липидов главная роль принадлежит пероксиду водорода и гидроксильному радикалу. Обладая относительной липофильностью, пероксид водорода может беспрепятственно проникать сквозь бислой фосфолипидов мембраны клеток. Ионы Fe^{+2} восстанавливают пероксид водорода до гидроксильного радикала, который далее взаимодействует с полиненасыщенными ацилами с образованием алкильных радикалов.

Следующим этапом молекулярный кислород взаимодействует с алкильным радикалом и образуется гидропероксидный радикал. Следующие ступени процесса липидпероксидации связаны с окислением новых молекул липидов с образованием неустойчивых соединений – гидропероксидов. Самопроизвольный распад гидропероксидов с возникновением алкоксильных радикалов характеризует свободнорадикальное окисление (СРО) как цепной избыточный выраженный многоступенчатый процесс с дополнительными разветвлениями.

В настоящей работе интенсивность процессов ПОЛ оценивали по содержанию продуктов СРО нейтральных липидов в гептановой и фосфолипидов в изопропанольной фазах экстракта эритроцитов и плазмы крови. Влияние *Arthrospira platensis* и *Arthrospira fusiformis* в рационе кормления крыс на уровень продуктов перекисного окисления липидов плазмы крови представлено в таблицах 1 и 2.

Во всех исследуемых группах одинаково содержание диеновых конъюгатгептановой фазы, кроме III группы животных, где определено снижение на 7,1 % в сравнении с контрольной. Уровень кетодиенов и сопряженных триенов (вторичные продукты ПОЛ) в гептановой фазе липидного экстракта плазмы крови снижен на 9,7 % во II группе крыс, получавших плавленый сырный продукт, но повышен в III и IV опытных группах животных, рацион которых содержал дополнительный компонент – спироулину. Повышение содержания вторичных продуктов ПОЛ

в III группе в сравнении с контрольной составило 19,4 %. Аналогичные изменения определены и в отношении содержания оснований Шиффа – конечных продуктов окисления липидов.

Определение уровня продуктов ПОЛ в изопропанольной фазе позволяет оценить интенсивность процессов свободнорадикального окисления полярных липидов, которые являются важнейшими субстратами свободнорадикального окисления. Содержание первичных продуктов ПОЛ полярных липидов в плазме

крови самцов белых крыс повышено во II группе на 12,3 % по сравнению с контролем (табл. 2). Наибольшее увеличение диеновых конъюгатов наблюдали у животных, потреблявших плавленый сырный продукт со спирулиной: в III группе этот показатель повышен на 38,5 %, а в IV группе – на 25,9 %.

Включение в рацион питания белых крыс плавленого сырного продукта не изменяло уровень вторичных (КД, СТ) и конечных продуктов перекисного окисления (ШО) липидов плазмы крови, тогда как их содержание в III и IV опытных группах животных, потреблявших плавленый сырный продукт с *Arthrospira fusiformis* озера Соленого Омской и *Arthrospira platensis* производства Китайской Народной Республики возрастало в сравнении с контрольной: вторичных – на 17,5 и 130,6 %, конечных – в 5,8 и 5,1 раза соответственно.

Результаты содержания продуктов липидпероксидации эритроцитов крови самцов белых крыс всех экспериментальных групп представлены в таблицах 3 и 4.

Во II опытной группе животных, рацион которых включал только сырный плавленый продукт, регистрировали снижение в гептановой фазе экстракта эритроцитов первичных (ДК) и вторичных продуктов (КД, СТ) перекисного окисления липидов на 5,1 и 14,5 % соответственно по сравнению с показателями контрольной группы животных.

Включение в рацион крыс плавленого сырного продукта, содержащего *Arthrospira fusiformis* озера Соленого Омской области, (III группа) не влияло на уровень гептан-растворимых продуктов липидпероксидации. Однако биологически активная добавка *Arthrospira platensis* производства Китайской Народной Республики (IV группа) способствовала повышению содержания продуктов перекисного окисления нейтральных липидов эритроцитов. Так, в гептановой фазе экстрагирования содержание первичных (ДК) и вторичных (КД, СТ) продуктов перекисного окисления липидов эритроцитов было выше в сравнении с соответствующими показателями контрольной группы животных на 13,2 и 11,0 %.

Таблица 1 – Относительное содержание продуктов СРО липидов в гептановой фазе экстракта плазмы крови ($M \pm m$)

Показатель (е.о.и.)	Группа животных			
	I	II	III	IV
Диеновые конъюгаты	0,8166 $\pm$ 0,0070	0,7959 $\pm$ 0,0083	0,7584 $\pm$ 0,0102 ^x	0,8014 $\pm$ 0,0081
Кетодиены и сопряжённые триены	0,0978 $\pm$ 0,0022	0,0883 $\pm$ 0,0031 ^x	0,1168 $\pm$ 0,0050 ^x	0,1040 $\pm$ 0,0051
Основания Шиффа	0,0198 $\pm$ 0,0024	0,0086 $\pm$ 0,0021 ^x	0,0287 $\pm$ 0,0037 ^x	0,0280 $\pm$ 0,0036 ^x

^x p<0,05.

Таблица 2 – Относительное содержание продуктов ПОЛ в изопропанольной фазе липидного экстракта плазмы крови ($M \pm m$)

Показатель (е.о.и.)	Группа животных			
	I	II	III	IV
Диеновые конъюгаты	0,2823 $\pm$ 0,009	0,3169 $\pm$ 0,010 ^x	0,3909 $\pm$ 0,013 ^x	0,3553 $\pm$ 0,008 ^x
Кетодиены и сопряжённые триены	0,1157 $\pm$ 0,002	0,1047 $\pm$ 0,003	0,1359 $\pm$ 0,005 ^x	0,2668 $\pm$ 0,005 ^x
Основания Шиффа	0,0064 $\pm$ 0,002	0,0098 $\pm$ 0,002 ^x	0,0374 $\pm$ 0,003 ^x	0,0324 $\pm$ 0,003 ^x

^x p<0,05.

Таблица 3 – Относительное содержание продуктов СРО липидов в гептановой фазе экстракта эритроцитов ($M \pm m$)

Показатель (е.о.и.)	Группа животных			
	I	II	III	IV
Диеновые конъюгаты	0,8084 $\pm$ 0,009	0,7673 $\pm$ 0,011 ^x	0,8034 $\pm$ 0,010	0,9148 $\pm$ 0,014 ^x
Кетодиены и сопряжённые триены	0,0847 $\pm$ 0,002	0,0724 $\pm$ 0,004 ^x	0,0789 $\pm$ 0,005	0,0940 $\pm$ 0,003 ^x
Основания Шиффа	0,0150 $\pm$ 0,002	0,0130 $\pm$ 0,002	0,0173 $\pm$ 0,003	0,0156 $\pm$ 0,003

^x p<0,05.

Таблица 4 – Относительное содержание продуктов ПОЛ в изопропанольной фазе липидного экстракта эритроцитов ($M \pm m$)

Показатель (е.о.и.)	Группа животных			
	I	II	III	IV
Диеновые конъюгаты	0,3003 $\pm$ 0,00828	0,2793 $\pm$ 0,0096	0,3064 $\pm$ 0,0124	0,2927 $\pm$ 0,0085
Кетодиены и сопряжённые триены	0,1120 $\pm$ 0,0021	0,1163 $\pm$ 0,0055	0,1445 $\pm$ 0,0062 [*]	0,1525 $\pm$ 0,0071 [*]
Основания Шиффа	0,1078 $\pm$ 0,0027	0,1012 $\pm$ 0,0029	0,1507 $\pm$ 0,0031 [*]	0,1775 $\pm$ 0,0034 [*]

^{*} $p < 0,05$.

Интенсивность СРО полярных липидов эритроцитов животных III и IV групп выше, чем в контрольной, на это указывает более высокий уровень вторичных (КД, СТ) и конечных продуктов (ШО) в сравнении с контрольной группой (табл. 4).

В изопропанольной фазе экстрагирования липидов эритроцитов определены более значительные изменения содержания сопряженных триенов (КД, СТ) – на 36,2 % и шиффовых оснований – на 64,7 % эритроцитов животных, потреблявших плавленный сырный продукт с добавкой *Arthrospira platensis* производства Китайской Народной Республики (IV группа).

В группе крыс, рацион которых содержал *Arthrospira fusiformis* озера Соленого Омской области (III группа) эти изменения были менее выражены: содержание вторичных (КД, СТ) и конечных продуктов (ШО) выше в сравнении с соответствующими показателями контрольной группы на 29,0 и 39,8 %. В опытной группе крыс, получавшая к основному рациону плавленный сырный продукт (II группа), содержание первичных и вторичных продуктов липидпероксидации не отличалось от контрольной группы.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено повышение содержания вторичных и конечных продуктов окислительной деструкции гептан-растворимых липидов плазмы крови самцов белых крыс, получавших ежедневно в течение 40 дней к основному рациону плавленный сырный продукт с включением в рецептуру 10 % *Arthrospira fusiformis* озера Соленое Омской области. Интенсивность процессов окислительной деструкции нейтральных липидов эритроцитов более

выражена у крыс, потреблявших сырный продукт с 10 %-ным содержанием *Arthrospira platensis* производства Китайской Народной Республики.

При определении степени подверженности свободнорадикальному окислению полярных липидов эритроцитов и плазмы крови групп животных, потреблявших плавленный сырный продукт с 10 %-ным содержанием *Arthrospira platensis* и *Arthrospira fusiformis*, установлено повышение интенсивности процессов липидпероксидации, что подтверждается возрастанием уровня вторичных и конечных продуктов перекисного окисления липидов в изопропанольной фазе, однако уровень первичных продуктов (диеновых конъюгатов) окислительной деструкции полярных липидов повышен только в плазме крови крыс, потреблявших плавленный сырный продукт с 10 %-ным содержанием *Arthrospira fusiformis*. Карбонильные продукты перекисного окисления липидов, к которым относятся кетодиены и сопряженные триены, обладают большей токсичностью по сравнению с диеновыми конъюгатами.

Разнонаправленный характер изменений продуктов перекисного повреждения липидов эритроцитов и плазмы крови при включении в рацион сырных продуктов с содержанием артротспиры разного происхождения и вида обусловлен различием ее химического состава. Цитотоксический эффект более выражен при включении в состав сырного продукта артротспиры Китайского происхождения, напротив, свободно радикальное повреждение липидов плазмы крови более выражено у крыс при включении в их рацион плавленого сыра, содержащего артротспиру озера Соленое г. Омска.

Литература

1. Баженова О. П., Коновалова О. А. Фитопланктон озера Соленого (г. Омск) как перспективный источник биоресурсов // Сибирский экологический журнал. 2012. № 3. С. 375–382.
2. Токсикологическая оценка *Arthrospira fusiformis* (Cyanoprocarvota) из озера Соленое г. Омска / В. С. Водолага, Т. В. Бойко, О. П. Баженова, О. А. Коновалова // Биотехнология: состояние и перспективы

References

1. Bazhenova O. P., Kononova O. A. Phytoplankton of Lake Solenoye (Omsk) as a promising source of bioresources // Siberian Ecological Journal. 2012. № 3. P. 375–382.
2. Toxicological evaluation of *Arthrospira fusiformis* (Cyanoprocarvota) from Lake Solenoye in Omsk / V. S. Vodolaga, T. V. Boyko, O. P. Bazhenova, O. A. Kononova // Biotechnology: activity status and prospects for the development : proceedings of the inter-

- развития : материалы Международного конгресса. Москва : Гостинный двор, 2017. С. 325–326.
3. Продовольственная независимость России. В 2 т. Т. 1 / А. В. Гордеев [и др.]. М. : Технология ЦД, 2016. 129 с.
 4. Хорошавина А. А., Молибога Е. А., Бойко Т. В. Обоснование включения спирулины в технологию производства плавленого сыра // Биотехнологии в сельском хозяйстве, промышленности, медицине : материалы региональной научно-практической конференции молодых ученых. Омск, 2017. С. 207–212.
 5. Волчегорский И. А., Налимов А. Г. Сопоставление различных подходов к определению продуктов перекисного окисления липидов в гептан-изопропанольных экстрактах крови // Вопросы мед. химии. 1989. № 1. С. 127–131.
 6. Реброва О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. М. : МедиаСфера, 2006. 312 с.
 7. Баженова О. П., Исиргепова А. Б., Коновалова О. А. Элементный состав, кормовая ценность и запасы фитомассы артроспиры (Cyanoprokaryota) в озере Соленом (г. Омск) // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (Омск, 26–27 апреля 2012 года) / ОмГПУ. Омск, 2012. С. 186–190.
 - national Congress. Moscow : Guest House, 2017. P. 325–326.
 3. Food independence of Russia. In 2 vol. Vol. 1 / A. V. Gordeev [et al.]. M. : Technology CD, 2016. 129 p.
 4. Khoroshavina A. A., Moliboga E. A., Boyko T. V. Substantiation of spirulina addition in the technology of processed cheese production // Biotechnologies in agriculture, industry, medicine : materials of the regional scientific practical conference of young scientists. Omsk, 2017. P. 207–212.
 5. Volchegorsky I. A., Nalimov A. G. Comparison of various approaches to the determination of lipid peroxidation products in heptane-isopropanol extracts of blood // Medical chemistry issues. 1989. № 1. P. 127–131.
 6. Rebrova O. Yu. Statistical analysis of medical data. Application of the STATISTICA software package. M. : MediaSphere, 2006. 312 p.
 7. Bazhenova O. P., Isirgepova A. B., Konovalova O. A. Elemental composition, feed value and arthrospiraphytomass supply (Cyanoprokaryota) in Lake Solenoye (Omsk) // Ecological and economic efficiency of nature management at the present stage of development of the West Siberian region : Proceedings of the IV International scientific and practical conference (Omsk, April 26–27, 2012) / OmGPU. Omsk, 2012. P. 186–190.