

УДК 591.13:636.92

С. С. Тарасов^{a,b}, А. С. Корягин^a, А. А. Гаврилова^b

^a Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

^b Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, Нижний Новгород, Россия

ВЛИЯНИЕ СОСНОВОЙ ХВОИ НА ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ И АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ В ПЛАЗМЕ КРОВИ КРОЛИКА ЕВРОПЕЙСКОГО (*ORYCTOLAGUS CUNICULUS*)

Исучался вопрос о влиянии питания хвоей сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) на окислительную модификацию белков (ОМБ), перекисное окисление липидов (ПОЛ) и активность антиоксидантных ферментов каталазы и супероксиддисмутазы (СОД) в плазме крови кролика европейского (*Oryctolagus cuniculus*). Зафиксировано снижение продуктов ОМБ в течение исследуемого периода. Статистически значимое снижение наблюдается на третьи сутки после введения хвои в рацион. Схожая картина наблюдается с ПОЛ. Активность СОД сначала увеличивается, однако на четвёртые сутки наблюдается планомерное снижение. Активность каталазы изменяется незначительно.

Ключевые слова: хвоя сосны обыкновенной; питание животных; окислительная модификация белков; перекисное окисление липидов; супероксиддисмутазы; каталаза.

S. S. Tarasov^{a,b}, A. S. Koryagin^a, A. A. Gavrilo^b

^a N.I. Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation

^b Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russian Federation

INFLUENCE OF PINE NEEDLES ON THE OXIDATIVE DEGRADATION OF THE BIOPOLIMER AND ANTIOXIDANT ENZYMES IN PLASMA BLOOD OF EUROPEAN RABBIT (*ORYCTOLAGUS CUNICULUS*)

The work is devoted to the role of pine needles (*Pinus sylvestris*) on the processes of oxidative modification of proteins (OMP), lipid peroxidation (LPO), as well as the activity of antioxidant: catalase and superoxide dismutase (SOD) enzymes in the blood plasma European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). The effect of pine needles on OMP, LPO, activity of SOD and catalase was revealed. A decrease in OMP products during the study period was recorded, a statistically significant decrease was observed on the 3rd day after the introduction into the diet of needles. A similar picture is observed with LPO. SOD increases its activity on the 3rd day of the experiment. The catalase activity does not change significantly.

Key words: Pine needles; animal nutrition; lipid peroxidation (LPO); oxidative modification of proteins (OMP); superoxide dismutase; catalase.

Введение

Сосновая хвоя относится к типичным недревесным лесным ресурсам и часто не используется. Однако имеются данные по её применению в кормлении животных, в том числе кроликов [Боярский, 1988]. Хвоя сосны по содержанию белка, экстрактивным веществам и жиру превосходит сено, уступая ей только в зольности [Попов, 1966]. Переваривание и усвоение хвои колеблется в пределах 25–80%. Она содержит каротины, ксантофиллы, хлорофиллы, фитостерины, аскорбиновую кислоту, (витамин С), токоферолы (витамин Е), витамины группы В, К [Томмэ, 1963; Попов, 1966].

Особое место среди биологически активных веществ хвои занимают фенольные соединения [Mannila, 1993; Кочетова и др., 2007]. Они участвуют в процессах, противодействующих окислительному стрессу, их концентрация выше в больных деревьях по сравнению со здоровыми. По-видимому, фенольные соединения и другие вещества хвои сосны могут оказывать действие на окислительные процессы. К ним относятся: окислительная модификация белков (ОМБ) [Игуменов, Шаров, Пасечник, 1988; Арчаков, Мохосоев, 1989; Дубинина; 2006], перекисное окисление липидов (ПОЛ) [Барабой, 1991; Владимиров, Арчаков, 2003; Gutteridge, 2005] и активность антиокси-

дантных ферментов, которые утилизируют активные формы кислорода (АФК) тем самым снижая окислительный стресс [Stocker, Frei, 1991; Meral, Tuncel, Surmen-Gur, 2000].

Рацион питания оказывает прямое действие на рост и развитие животных, в том числе на привес, здоровье, качество продукции, процессы биологического окисления [Тарасов, Корягин, 2017]. Безусловно, окислительные процессы, происходящие в организме животных, оказывают влияние на физиолого-биохимические показатели, что сказывается на качестве итоговой продукции. В связи с чем цель работы – изучение влияния питания сосновой хвоей на ОМБ, ПОЛ, активность СОД и каталазы.

Материалы и методы исследования

Материал

Исследования проводили на здоровых кроликах породы «Советская шиншилла» в возрасте от 3 до 5 месяцев, которые были выделены из общего стада и в течение двух недель питались в соответствии со своими рационами. Рацион животных включал: зерносмесь ячменя, овса и пшеницы, сено из лугового разнотравья, воду. Опытным животным в состав сена добавляли молодые ветки сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в количестве 50% от общей массы грубого корма. Контролем служили животные, грубым кормом которых являлось 100%-ное сено из лугового разнотравья. Все животные имели в неограниченном количестве корма соответствующего рациона, т.е. могли потреблять столько корма, насколько была велика их физиологическая потребность. Всего в эксперименте было задействовано 14 животных, 7 – в опытной и 7 – в контрольной группах. Забор крови проводили из ушной вены через 1, 3, 7 и 14 сут. после смены рациона питания. Через такой же период времени забор крови проводили и у животных контрольной группы. Для получения плазмы кровь смешивали с антикоагулянтом и центрифугировали при 3000 g.

Методы исследования

Уровень малонового диальдегида определяли методом, основанным на взаимодействии его с 2-тиобарбитуровой кислотой (ТБК) [Стальная, Гаришвили, 1977]. Содержания диеновых конъюгатов в плазме крови проводили путём добавления к 0.2 мл плазмы 2 мл смеси изопропанол/гептан (1:1) [Каган, Орлова, Прилишко, 1986]. Активность СОД устанавливали по методике, основанной на способности нитросинего тетразолия конкурировать с СОД за супероксидный анион радикал [Дубинина и др., 1986]. Активность каталазы определяли по методу, основанному на способности дан-

ного фермента разлагать перекись водорода с образованием воды [Patterson et al., 1984]. Концентрацию карбонильных производных в плазме крови кролика устанавливали по модифицированной методике Дубининой [Дубинина и др., 1995]. Общий белок определяли биуретовым методом (метод Кингслея – Вейксельбаума) [Мельников, 1987]. Статистическую обработку полученных результатов производили с помощью программы Microsoft Excel 2003 и Биостатистика вер. 4.03 методами параметрической статистики, включающей определение средней арифметической (М) и стандартного отклонения. Достоверность различий оценивали по t критерию Стьюдента с поправкой Бонферрони. Уровень значимости достоверных различий – 95% [Гланц, 1999].

Результаты и их обсуждение

При исследовании влияния питания хвоей сосны на процессы ОМБ установлено, что после введения в рацион данного компонента, содержание продуктов ОМБ снижается (рис. 1). Снижение 2,4-денитрофенилгидразонов планомерное и происходит наиболее резко в течение первых трех суток ($P \leq 0,05$).

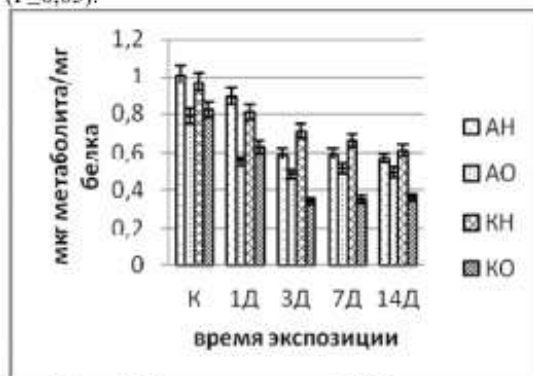


Рис. 1. Изменение уровня ОМБ в плазме крови кролика при добавлении в рацион сосновой хвои в составе грубых кормов:

АH – алифатические альдегид-денитрофенилгидразоны нейтрального характера, АO – алифатические альдегид-денитрофенилгидразоны основного характера, KH – алифатические кетон-денитрофенилгидразоны нейтрального характера, KO – алифатические кетон-денитрофенилгидразоны основного характера, К – контроль, 1Д, 3Д, 7Д, 14Д – период забора крови после начала эксперимента

С введением в рацион кролика хвои сосны наблюдается отчётливая картина снижения продуктов ПОЛ уже на третьи сутки (рис. 2). При этом зафиксировано снижение ДК на третьи и седьмые сутки, а МДА – на третьи сутки, последующие изменения не наблюдались ($P \leq 0,05$). Анализируя полученные данные, авторы статьи убедились, что после проведения эксперимента концентрация

продуктов ПОЛ становится существенно ниже по отношению к контролю.

Добавление хвои сосны в рацион питания приводит к незначительному росту СОД на третий день после смены рациона; при дальнейших наблюдениях за активностью данного фермента установлено статистически значимое снижение до уровня ниже контроля примерно на 25%. ($P \leq 0.05$) (рис. 3).

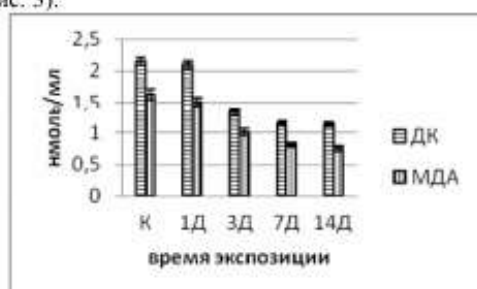


Рис. 2. Влияние сосновой хвои в составе грубых кормов на ПОЛ в плазме крови кролика:

ДК – диеновые конъюгаты, МДА – малоновый диальдегид, прочие обозначения см. на рис. 1

Снижение уровня ОМБ, вероятно связано с особенностями биохимического состава хвои [По-

Основные антиоксидантные вещества в составе хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и их антиоксидантные свойства

Вещество	Химическая структура	Антиоксидантные свойства
Аскорбиновая кислота (витамин С)		Под действием аскорбатоксидазы реагирует с АФК с образованием дигидроаскорбата и воды.
Токоферолы (витамин Е)		Гидроксильный радикал фенольного кольца реагирует с АФК. Возможны реакции метильных радикалов с образованием производных.
Каротины (провитамин А)		Взаимодействие с АФК с разрывом молекулы и образованием производных, например ретиналя, ретиновых кислот, ретинола и пр. Возможны реакции присоединения АФК к кольцу и метильным радикалам.
Ксантофиллы		Аналогично каротинам, однако ввиду насыщенности «О» обладают меньшей специфичностью к АФК.
Полифенолы		Взаимодействуют с АФК за счёт гидроксильных радикалов. В кислой среде возможны реакции разрыва бензольного кольца и взаимосвязь углеродного скелета с АФК.

Кроме этого, организм животных регулярно вырабатывает внеклеточные протеазы, расщепляющие окисленный белок плазмы крови, а низ-

комолекулярные антиоксиданты препятствуют его новообразованию, поэтому через две недели наблюдается существенное снижение продуктов



Рис. 3. Влияние сосновой хвои в составе грубых кормов на активность антиоксидантных ферментов:

СОД – супероксиддисмутаза, кат – каталаза, прочие обозначения см. на рис. 1

комолекулярные антиоксиданты препятствуют его новообразованию, поэтому через две недели наблюдается существенное снижение продуктов

ОМБ. При применении обычных комбикормов данный эффект не наблюдается, т.к. они не содержат в своём составе низкомолекулярные антиоксиданты.

Снижение уровня ПОЛ, также как и ОМБ, можно объяснить меньшей концентрацией АФК в плазме крови ввиду их утилизации низкомолекулярными антиоксидантами (таблица). Полученные данные изменения уровня ОМБ и ПОЛ свидетельствуют о снижении процессов окислительной деструкции данных биополимеров в зависимости от наличия в рационе хвои сосны.

Увеличение активности СОД в первый день, вероятно, связано со сменой рациона питания, что обусловлено особым биохимическим составом хвои. Динамика каталазы статистически значительно не изменяется ($P \geq 0.05$), что может быть обусловлено тем, что утилизируемые ей АФК – H_2O_2 не

генерируются клетками крови в большом количестве в нормальных условиях, а антиоксидантные вещества хвои утилизируют АФК первого уровня, которые дезактивирует СОД.

Так, установлено, что аскорбиновая кислота способна вступать в реакцию с различными формами кислорода, в том числе и с АФК (O_2^- , $O_2^{\cdot-}$, $O_2^{S\cdot}$) под действием аскорбатоксидазы превращается в дигидроаскорбиновую кислоту с образованием воды (рис. 4), т.е. атомы АФК реагируют с H^+ аскорбиновой кислоты и тем самым дезактивируются [Santagostini et al., 2004].

Каротины, ксантофиллы и токоферолы представляют собой полиеновые углеводороды в большинстве своём с одним или двумя циклогексеновыми концами, тем самым АФК способны разрывать двойные связи и встраиваться в углеводородный скелет [Perchyonoka, 2013] (рис. 5).

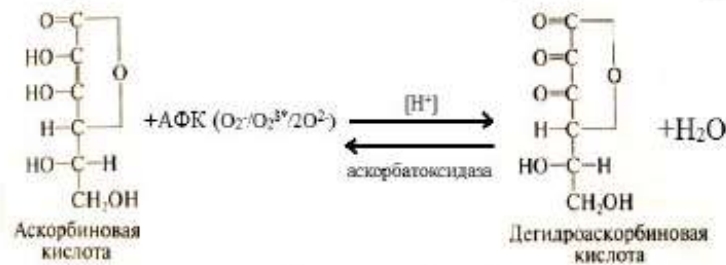


Рис. 4. Возможная реакция взаимодействия аскорбиновой кислоты с некоторыми АФК под действием аскорбатоксидазы

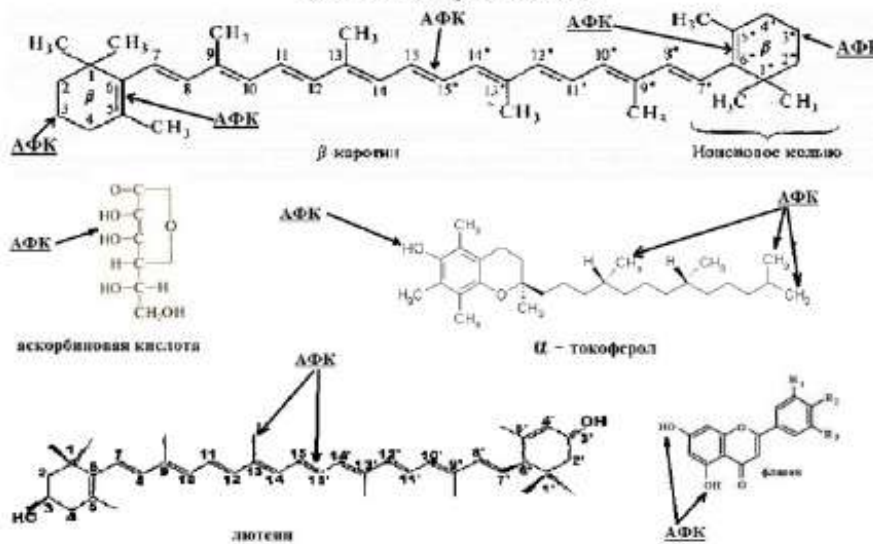


Рис. 5. Наиболее вероятные участки взаимодействия АФК с неферментативными антиоксидантами, содержащиеся в составе сосновой хвои

Полифенолы способны реагировать с АФК посредством гидроксильных групп также за счёт разрушения sp^2 гибридизации бензольного кольца. Однако последние реакции возможны только в кислой среде, т.к. разрушение бензольного кольца

возможно только замещением протонами с последующей реакцией с АФК [Bruneton, 1993].

Таким образом, антиоксиданты хвои снижают общую концентрацию АФК и тем самым уменьшают вероятность встречи их с биополимерами плазмы крови, что отмечено в результате исследо-

ваний (см. рис. 1, 2). Снижение активности СОД, вероятно, связано со снижением АФК в плазме, а также информационным взаимодействием структур ткани, где мессенджерами являются свободные радикалы [Донцов и др., 2006].

Выводы

1. Установлено снижение уровня окислительной модификации белков в плазме крови кролика при добавлении в рацион хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) по сравнению с сеном. Так, к 14 суткам кормления хвоей наблюдается снижение всех продуктов окислительной модификации не менее чем на 40% по отношению к контролю.

2. Наблюдается снижение перекисного окисления липидов при добавлении в рацион хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), чего не происходит при кормлении сеном. Продукты перекисного окисления липидов снижаются более чем на 45% по отношению к контролю.

3. Зафиксировано небольшое увеличение активности супероксиддисмутазы на третьи сутки после смены рациона с последующим снижением примерно на 25% по отношению к контролю.

4. Динамика активности каталазы статистически значимо не изменялась на протяжении времени эксперимента.

Библиографический список

- Арчаков А.И., Моховоев И.М. Модификация белков активным кислородом и их распад // Биохимия. 1989. Т. 54, № 2. С. 176–179.
- Барабой В.А. Механизмы стресса и перекисное окисление липидов // Успехи соврем. биологии, 1991. Т. 111, № 6. С. 923–931.
- Боярский Л.Г. Производство и использование кормов М.: Росагропромиздат, 1988. 222 с.
- Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биомембранах М.: Наука, 2003. С. 230–272.
- Гланц С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1999. 459 с.
- Донцов В.И. и др. Активные формы кислорода как система: значение в физиологии, патологии и естественном старении // Труды ИСА РАН. 2006. Т. 19. С. 50–69
- Дубинина Е.Е. Продукты метаболизма кислорода в функциональной активности клеток, СПб., 2006. 396 с.
- Дубинина Е.Е. и др. Окислительные модификации белков сыворотки крови человека, метод ее определения // Вопросы медицинской химии. 1995. Т. 41, № 1. С. 24–26.
- Дубинина Е.Е. и др. Супероксиддисмутазная активность плазмы крови человека: влияние компонентных соединений Cu^{2+} // Укр. биохим. журн. 1986. Т. 58, № 3. С. 31–36.
- Игуменов В.Л., Шаров Б.П., Пасечник В.А. Агрегация мембранных белков клеток *E. coli* при действии синглетного кислорода // Биохимия. 1988. Т. 53, № 6. С. 925–929.
- Казан В.Е., Орлова О.Н., Прилишко Л.Л. Проблемы анализа эндогенных продуктов перекисного окисления липидов. М.: Изд-во ВИНТИ АН СССР, 1986. 136 с.
- Кочетова М.С. и др. Определение биологически активных фенолов и полифенолов в различных объектах методами хроматографии // Успехи химии. 2007. Т. 76, № 1. С. 88–100.
- Мельников В.В. Лабораторные методы исследования в клинике. М.: Медицина, 1987. 367 с.
- Попов И.С. Избранные труды. М.: Колос, 1966. 808 с.
- Стальная И.Д., Гаршивили Т.Г. Метод определения малонового диальдегида // Современные методы в биохимии. М.: Медицина, 1977. С. 66–68.
- Тарасов С.С., Корягин А.С. Влияние разных типов питания на уровень перекисного окисления липидов и систем антиоксидантной защиты в плазме крови кролика европейского (*Oryctolagus cuniculus*) // Известия Иркутского государственного университета. Сер. Биология. Экология. 2017. Т. 20. С. 89–98.
- Толмэ М.Ф. Кормовые рационы и нормы кормления для сельскохозяйственных животных М.: Сельхозиздат, 1963. С. 384.
- Фуксман И.Л. и др. Фенольные соединения хвойных деревьев в условиях стресса // Лесоведение. 2005. № 3. С. 4–10.
- Bruneton J. Composés phénoliques: Shikimate-acétates // Pharmacognosie: Phytochimie; Plantes médicinales. Paris: Technique et Documentation-Lavoisier, 1993. Chap.3, P. 199–383
- Giertych M.J., Werner A. Phenolic compounds in needles of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) damaged by industrial pollution // Arb. kornick. 1996. Vol. 41. P. 165–172.
- Gutteridge J.M.C. Lipid peroxidation and antioxidant as biomarkers of tissues damage // Clinikal Chemistry. 2005. Vol. 41, № 12. P. 1819–1828.
- Mannila E. Biologically active stilbene derivatives from *Picea abies* bark by isolation and modification. Helsinki: University Press, 1993. 41 p.
- Meral, A., Tuncel P., Surmen-Gur E. Lipid peroxidation and antioxidant status in beta-thalassemia // Pediatr. Hematol. Oncol. 2000. Vol. 17. P. 687–693.
- Patterson B.D. et al. An inhibitor of catalase induced by cold in chilling-sensitive plants // Plant Physiology. 1984. Vol. 76, № 4 P. 1014–1018.

- Perchyonoka V., Tamara, Zhangb Shengmiao and Oberholzer Theunis Protective effect of conventional antioxidant (carotene, resveratrol and vitamin E) in chitosan-containing hydrogels against oxidative stress and reversal of DNA double stranded breaks induced by common dental composites: in-vitro Model // *The Open Nanoscience Journal*. 2013. Vol. 7. P. 1–7.
- Santagostini L. et al. Probing the location of the substrate binding site of ascorbate oxidase 27 near type 1 copper: an investigation through spectroscopic, inhibition and docking studies. // *Int. J. Biochem. Cell Biol.* 2004. Vol. 36. P. 881–892.
- Stocker R., Frei B. Endogenous antioxidant defences in human blood plasma // *Oxidative stress: oxidants and antioxidants*. London: Academic Press, 1991. P. 213–243.
- ### References
- Archakov A.I., Mohosoev I.M. [Modification of proteins by active oxygen and decay]. *Biochimija*. V. 54, N 2 (1989): pp.176–179. (In Russ.).
- Baraboi V.A. [Mechanisms of stress and lipid peroxidation]. *Uspechi sovremennoj biologii*. V. 111, N 6 (1991): pp. 923–931. (In Russ.).
- Boyarsky L.G. *Proizvodstvo i ispol'zovanie kormov* [The production and use of feed]. Moscow, Rosagropromizdat Publ., 1988. 222 p. (In Russ.).
- Bruneton J. Composés phénoliques: Shikimate-acétates. In: *Pharmacognosie: Phytochimie; Plantes médicinales*. Paris, Technique et Documentation- Lavoisier, 1993, Chap. 3, pp. 199–383.
- Dontsov V.I., Krutko V.N., Mrikaev B.M., Ukhanov S.V. [Active forms of oxygen as a system: importance in physiology, pathology and natural aging]. *Trudy ISA RAN*. V. 19 (2006): pp. 50–69. (In Russ.).
- Dubinina E.E. *Produkty metabolizma kisloroda v funkcional'noj aktivnosti kletok* [Oxygen metabolism products in the functional activity of cells]. St-Peterburg, 2006. 396 p. (In Russ.).
- Dubinina E.E., Burmistrov S.O., Chodov D.A., Porotov I.G. [Oxidative modification of human serum proteins, the method of determining]. *Voprosy medicinskoj khimii*. V. 41, N 1 (1995): pp. 24–26. (In Russ.).
- Dubinina E.E., Salsnikova L.A., Efimova L.F., Evarstov N.A. [Superoxide dismutase activity of human blood plasma: the effect of Cu²⁺ + component compounds]. *Ukrainskij Biohimičeskij žurnal*. V. 58, N 3 (1986): pp. 31–36. (In Russ.).
- Fuksman I.L., Novitskaya L.L., Isidorov V.A., Roshchin V.I. [Phenolic compounds of coniferous trees under stress conditions]. *Lesovedenie*. N 3 (2005): pp. 4–10. (In Russ.).
- Giertych M.J., Werner A. Phenolic compounds in needles of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) damaged by industrial pollution. *Arbb. kornick*. V. 41 (1996): pp. 165–172.
- Gilantz S. *Mediko-biologičeskaja statistika* [Biomedical Statistics]. Moscow, Praktika Publ., 1999. 459 p. (In Russ.).
- Gutteridge J.M.C. Lipid peroxidation and antioxidant as biomarkers of tissues damage. *Klinikal Chemistry*, V. 41, N 12 (2005): pp. 1819–1828.
- Igumenov V.L., Sharov B.P., Pasechnik V.A. [The aggregation of membrane proteins of E. coli cells by the action of singlet oxygen]. *Biochimija*. V. 53, N 6 (1988): pp. 925–929. (In Russ.).
- Kagan V.E., Orlova O.N., Prilipko L.L. *Problemy analiza endogennykh produktov perekisnogo oksigenija lipidov* [Problems analysis of endogenous lipid peroxidation products]. Moscow, 1986. 136 p. (In Russ.).
- Kochetova M.S., Semenistaya E.N., Larionov O.G., Revina A.A. [Determination of biologically active phenols and polyphenols in various objects by chromatography methods]. *Uspechi khimii*. V. 76, N 1 (2007): pp. 88–100. (In Russ.).
- Mannila E. Biologically active stilbene derivatives from *Picea abies* bark by isolation and modification. Helsinki, University Press, 1993. 41 p.
- Melnikov V.V. *Laboratornye metody issledovanija v klinike* [Laboratory Methods in clinic]. Moscow, Medicina Publ., 1987. 367 p. (In Russ.).
- Meral A., Tuncel P., Surmen-Gur E. Lipid peroxidation and antioxidant status in beta-thalassemia. *Pediatr. Hematol. Oncol*. V. 17 (2000): pp. 687–693.
- Patterson B.D., Paune L.A., Chen Yi-Zhu, Graham P. An inhibitor of catalase induced by cold in chilling-sensitive plants. *Plant Physiology*, V. 76 N 4 (1984): pp. 1014–1018.
- Perchyonoka V., Tamara, Zhangb Shengmiao and Oberholzer Theunis Protective effect of conventional antioxidant (carotene, resveratrol and vitamin E) in chitosan-containing hydrogels against oxidative stress and reversal of DNA double stranded breaks induced by common dental composites: in-vitro Model. *The Open Nanoscience Journal*, V. 7 (2013): pp. 1–7.
- Popov I.S. *Izbrannye trudy* [Selected works]. Moscow, Kolos Publ., 1966. 808 p. (In Russ.).
- Santagostini L. et al. Probing the location of the substrate binding site of ascorbate oxidase 27 near type 1 copper: an investigation through spectroscopic, inhibition and docking studies. *Int. J. Biochem. Cell Biol*. V. 36 (2004): pp. 881–892.
- Stal'naja I.D., Garishvili T.G. [Method for determination of malondialdehyde]. *Sovremennye metody v biohime* [Modern methods in biochemistry]. Moscow, Medicina Publ., 1977, pp. 66–68. (In Russ.).
- Stocker R., Frei B. Endogenous antioxidant defences in human blood plasma. In: Sies H. ed. *Oxidative*

- stress: oxidants and antioxidants. London: Academic Press. 1991, pp. 213-243.
- Tarasov S.S., Koryagin A.S. [Influence of different types of nutrition on the level of lipid peroxidation and antioxidant defense systems in blood plasma *Orientalagus cuniculus*]. *Izvestija Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Biologija. Ekologija*. V. 20 (2017): pp. 89-98. (In Russ.).
- Tomme M.F. *Kormovye raciony i normy kormlennija dlja sel'skochozjajstvennyh životnyh* [Feed rations and feeding standards for farm animals]. Moscow, Selchozizdat Publ., 1963. 384 p. (In Russ.).
- Vladimirov Y.A., Archakov A.I. *Perekisnoe okislenie lipidov v biomembranach* [Lipid peroxidation in biomembranes]. Moscow, Nauka Publ., 2003, pp. 230-272. (In Russ.).

Поступила в редакцию 13.11.2017

Об авторах

Тарасов Сергей Сергеевич, аспирант кафедры биохимии и физиологии
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

ORCID: 0000-0001-7774-6968

603022, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23
старший преподаватель кафедры ботаники, физиологии и защиты растений
ФГБОУ ВО Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия
603107, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97;
tarasov_ss@mail.ru; +79040426164

Корягин Александр Сергеевич, доктор биологических наук, профессор кафедры биохимии и физиологии

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

ORCID: 0000-0001-9140-602X

603022, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23;
ask@bio.unn.ru, (831)4623112

Гаврилова Анна Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры физики и прикладной механики

ФГБОУ ВО Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия

ORCID: 0000-0002-4324-7869

603107, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97;
anna-gavrilova-65@mail.ru, +79200179216

About the authors

Tarasov Sergey Sergeevich, postgraduate of the Department of biochemistry and physiology
National Research Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod.

ORCID: 0000-0001-7774-6968

Gagarin Ave., 23, Nizhny Novgorod, Russia,
603022

Senior lecturer of the department of botany, physiology and plant protection
Nizhny Novgorod State Agricultural Academy.
603107, Nizhny Novgorod, Gagarin Ave., 97
tarasov_ss@mail.ru; +79040426164

Koryagin Alexandr Sergeevich, doktor of biology, professor of the Department of biochemistry and physiology

National Research Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod.

ORCID: 0000-0001-9140-602X

Gagarin Ave., 23, Nizhny Novgorod, Russia,
603022; ask@bio.unn.ru, (831)4623112

Gavrilova Anna Aleksandrovna, candidate of biology, associate professor of the Department of physics and applied mechanics

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy.

ORCID: 0000-0002-4324-7869

603107, Nizhny Novgorod, Gagarin Ave., 97;
anna-gavrilova-65@mail.ru, +79200179216