

## ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

### 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ветеринарные науки)

Научная статья

УДК 612.128

doi: <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i3pp82-86>

#### Влияние соединений фуллерена C<sub>60</sub> на процессы перекисного окисления липидов и активность антиоксидантной системы в организме телят

**Кира Федоровна Лекомцева, Николай Александрович Пудовкин, Владимир Васильевич Салаутин**  
Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова,  
г. Саратов, Россия  
e-mail: niko-pudovkin@yandex.ru

**Аннотация.** В статье изложены результаты исследований влияния соединений фуллерена C<sub>60</sub> на процессы перекисного окисления липидов и активность антиоксидантной системы в организме телят. Установлено, что наиболее эффективным оказалось изучаемое соединение номер два. Наибольший эффект достигается на 14-е сутки и характеризуется уменьшением уровня диеновых конъюгатов, малонового диальдегида в сыворотке крови, повышением уровня активности каталазы.

**Ключевые слова:** фуллерен C<sub>60</sub>; телята; диеновые конъюгаты; малоновый диальдегид; перекисное окисление липидов; антиоксидантная система; каталаза

**Для цитирования:** Лекомцева К. Ф., Пудовкин Н. А., Салаутин В. В. Влияние соединений фуллерена C<sub>60</sub> на процессы перекисного окисления липидов и активность антиоксидантной системы в организме телят // Аграрный научный журнал. 2024. № 3. С. 82–86. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i3pp82-86>.

## ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

Original article

#### The influence of fullerene C<sub>60</sub> compounds on the processes of lipid peroxidation and the activity of the antioxidant system in the body of calves

**Kira F. Lekomtseva, Nikolai A. Pudovkin, Vladimir V. Salautin**  
Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia  
e-mail: niko-pudovkin@yandex.ru

**Abstract.** The article presents the results of studies on the effect of fullerene C<sub>60</sub> compounds on the processes of lipid peroxidation and the activity of the antioxidant system in the body of calves. It was found out that the studied compound number two was the most effective. The greatest effect is achieved on 14th day, and is characterized by a decrease in the level of diene conjugates, malondialdehyde in the blood serum, and by an increase in the level of catalase activity.

**Keywords:** fullerene C<sub>60</sub>; calves; diene conjugates; malondialdehyde; lipid peroxidation; antioxidant system; catalase

**For citation:** Lekomtseva K. F., Pudovkin N. A., Salautin V. V. The influence of fullerene C<sub>60</sub> compounds on the processes of lipid peroxidation and the activity of the antioxidant system in the body of calves. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(3):82–86. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i3pp82-86>.

**Введение.** К настоящему времени установлено, что универсальной реакцией живого организма на воздействие любых стрессовых факторов является развитие окислительного стресса со снижением активности ферментов и других веществ, отвечающих за антиоксидантную защиту [2]. Свободнорадикальные реакции в организме происходят в результате действия реактивных форм и радикалов кислорода. В результате образуются первичные, вторичные и конечные продукты перекисного окисления липидов – перекисные радикалы. Свободные радикалы участвуют в переносе электронов, изменении проводимости клеточных мембран [3]. С продук-

© Лекомцева К. Ф., Пудовкин Н. А., Салаутин В. В., 2024



тами перекисного окисления липидов также происходят процессы пролиферации и апоптоза. Принято считать, что включение свободных радикалов в эти процессы возникло как результат адаптации живых организмов к дыханию кислородом [7, 9].

Таким образом, свободнорадикальное окисление влияет на все уровни организации организма, начиная с молекулярного. Сдвиг баланса между процессами свободнорадикального окисления и антиоксидантной системой защиты запускает в организме патологические реакции, приводящие к развитию заболеваний. Для профилактики этих заболеваний в настоящее время применяют различные антиоксиданты. Одни из них – углеродные фуллерены, которые имеют структуру замкнутой поверхности с сильно развитой системой  $\pi$ -электронов. Они обладают способностью к реакциям присоединения, благодаря чему могут быть использованы для получения широкого спектра продуктов с различными физико-химическими и биологическими свойствами [5]. Однако влияние фуллеренов на процессы перекисного окисления до конца не изучено

Цель работы – определить воздействие соединений фуллерена  $C_{60}$  на процессы перекисного окисления липидов и активность антиоксидантной системы защиты организма крупного рогатого скота.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в 2023 г. в лабораторных условиях кафедры морфологии, патологии животных и биологии ФГБОУ ВО Вавиловский университет и в ЛПХ «ТЛЕК» (Приволжский район Астраханской области).

Для проведения эксперимента животные были объединены в 4 группы. Каждую из них формировали согласно методу пар-аналогов, по 6 телят в возрасте 4 месяцев. Соединения вводили однократно, подкожно, в дозе 5 мл (5 мг по ДВ).

Первая группа животных служила контролем. Второй группе животных вводили гепатопротекторный и антиоксидантный препарат для животных на основе водного раствора фуллерена  $C_{60}$ , ресвератрола и бетаина гидрохлорида (соединение 1). В третьей группе применяли композицию на основе водного раствора фуллерена  $C_{60}$ , цинка, витаминов  $D_3$ , С и кверцетина для животных (соединение 2). В четвертой группе – соединение на основе водного раствора фуллерена  $C_{60}$ , L-карнозина, янтарной кислоты, фукоксантина (соединение 3).

Для определения содержания малонового диальдегида (МДА) применяли тиобарбитуровый метод [7]. Количественное содержание диеновых конъюгатов в сыворотке крови устанавливали спектрометрическим методом с использованием коэффициента молярной экстинкции при уровне поглощения ультрафиолета в диапазоне длины волны 232–234 нм [8]. Ферментативную активность каталазы определяли в сыворотке крови исследуемых животных спектрофотометрически при длине волны 410 нм [4].

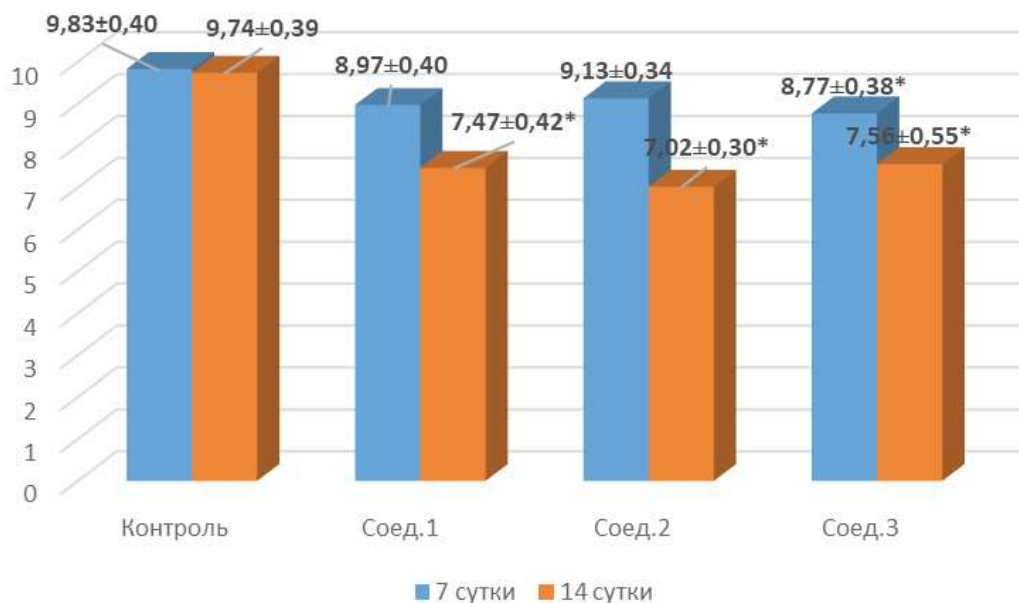
Расчет результатов проводили на ПК в системе Microsoft Office Excel с вычислением критерия Стьюдента. Полученные результаты исследований подвергали статистической обработке в программе IBM SPSS Statistics 20.0 (США). Достоверность различий между группами телят определяли с помощью U-критерия Манна – Уитни при  $p < 0,05$ .

**Результаты исследований.** Конъюгированные диеновые гидроперекиси представляют собой продукт перекисного окисления липидов, который образуется в больших количествах вследствие окисления липопротеинов и полиненасыщенных жирных кислот. Расщепление этих продуктов приводит к образованию альдегидов, таких как малоновый диальдегид [2]. Мы изучили влияние соединений фуллеренов на накопление диеновых конъюгатов (ДК) в сыворотке крови телят. Результаты исследований представлены на рисунке 1.

Установлено, что концентрация ДК в сыворотке крови телят на 7-е и 14-е сутки составила  $9,83 \pm 0,40$  и  $9,74 \pm 0,39$  мкмоль/мл соответственно. После введения соединений 1 и 2 уровень ДК на 7-е сутки достоверно не изменился, на 14-е сутки – понизился на 30,4 и 40,0 % соответственно. После введения соединения 3 содержание ДК на 7-е и 14-е сутки понизилось на 12,1 и 28,8 % соответственно относительно контроля.

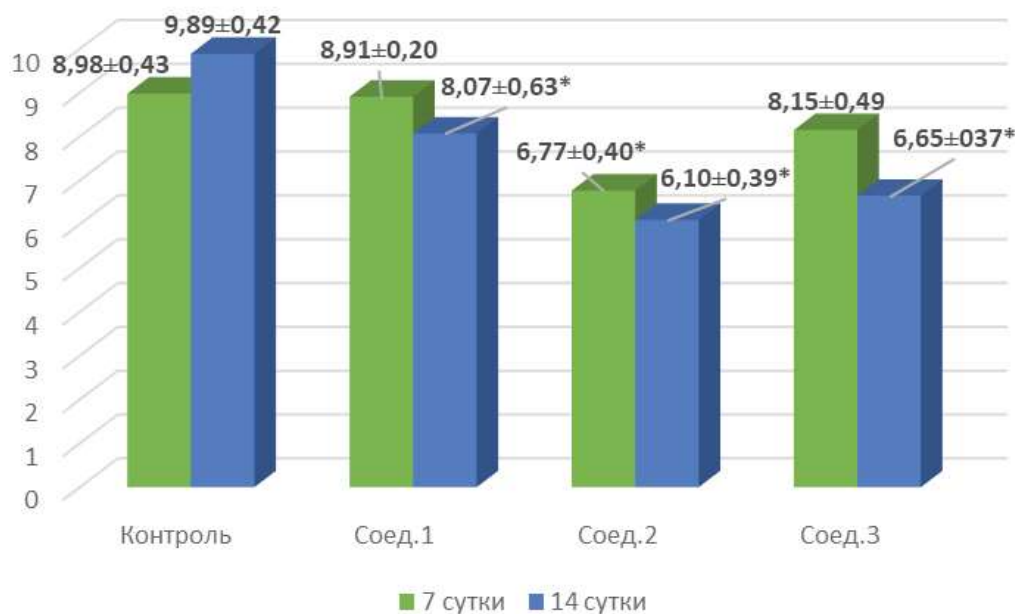
МДА является конечным продуктом окисления полиненасыщенных жирных кислот. Таким образом, он служит надежным оксидантным маркером перекисного окисления липидов, опосредованного окислительным стрессом [10]. Мы изучили влияние соединений фуллерена на концентрацию МДА в сыворотке крови телят. Результаты исследований представлены на рисунке 2.





**Рисунок 1 – Содержание диеновых конъюгатов в сыворотке крови телят после введения соединений фуллеренов, мкмоль/мл**

**Figure 1 – Content of diene conjugates in the blood serum of calves after administration of fullerene compounds, μmol/ml**



**Рисунок 2 – Содержание малонового диальдегида в сыворотке крови телят после введения соединений фуллеренов, нмоль/г**

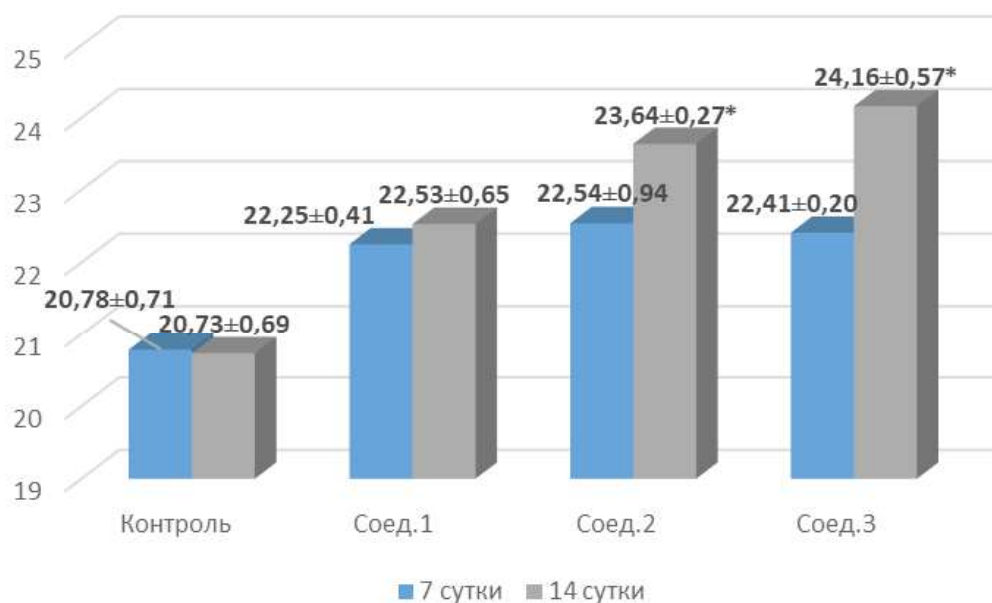
**Figure 2 – Content of malondialdehyde in the blood serum of calves after administration of fullerene compounds, nmol/g**

Установлено, что на 14-е сутки после введения соединений 1 и 3 уровень МДА достоверно понизился на 25,6 и 48,7 % соответственно относительно контроля. После введения соединения 2 на 7-е и 14-е сутки отмечали понижение уровня МДА на 32,6 и 62,2 % соответственно относительно контроля.

Малоновый диальдегид представляет собой один из основных продуктов перекисного окисления липидов, обладающих высокой реакционной способностью. С увеличением его содержания наступают структурные и функциональные нарушения в организме. МДА модифицирует структуру нуклеиновых кислот, увеличивает проницаемость кальциевых каналов, ингибирует митохондриальные ферменты и стимулирует высвобождение цитохрома С из митохондрий [10].



Антиоксидантная защита осуществляется многокомпонентной системой, включающей в себя ферментативные и неферментативные связи. Каталаза входит в защитное ферментативное звено [6]. Результаты определения активности фермента каталазы в сыворотке крови телят представлены на рисунке 3.



*Рисунок 3 – Активность каталазы в сыворотке крови телят после введения соединений фуллеренов, мкмоль/мл*

*Figure 3 – Catalase activity in the blood serum of calves after administration of fullerene compounds, μmol/ml*

Каталаза представляет собой фермент, удаляющий  $H_2O_2$  и защищающий клеточные стенки от продуктов перекисного окисления липидов [1]. Повышение его активности наблюдается при ряде заболеваний как компенсаторная реакция. Снижение его активности может быть связано с некоторыми патофизиологическими процессами заболеваний. Установлено, что после введения изучаемых соединений активность каталазы достоверно повышалась только на 14-е сутки на 14,0 % (соединение 2) и 16,5 % (соединение 3). В остальных случаях достоверных различий не установлено.

**Заключение.** Наиболее эффективным оказалось изучаемое соединение 2 на 14-е сутки после введения. Это выразилось в снижении уровня диеновых конъюгатов, малонового диальдегида в сыворотке крови, а также повышении уровня активности каталазы.

*Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 22-26-00019 «Разработка антиоксидантных и противоопухолевых ветеринарных препаратов на основе нанополлимеров»*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каталаза биологических сред организма человека и ее клинико-биохимическое значение в оценке эндотоксикоза / Н. В. Безручко [и др.] // Вестник ТГПУ. 2012. № 7(122). С. 94–98.
2. Клюкин С. Д., Пудовкин Н. А. Состояние про- и антиоксидантной системы организма телят под влиянием водного раствора фуллерена  $C_{60}$ , цинка, витаминов  $D_3$ , С и кверцетина для животных // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2023. № 2(71). С. 56–61.
3. Листов М. В., Мамыкин А. И., Рассадина А. А. Спектроскопия особенностей переноса электрона свободными радикалами в норме и патологии // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/spektroskopiya-osobennostey-perenosa-elektrona-svobodnymi-radikalami-v-norme-i-patologii> (дата обращения: 21.11.2023).
4. Метод определения активности каталазы / М. А. Королюк [и др.] // Лабораторное дело. 1988. № 1. С. 16–19.
5. Пиотровский Л. Б. Фуллерены в дизайне лекарственных веществ // Российские нанотехнологии. 2007. Т. 2. № 7-8. С. 6–18.



6. Система антиоксидантной защиты: регуляция метаболических процессов, генетические детерминанты, методы определения / О. А. Никитина [и др.] // Сибирский научный медицинский журнал. 2022. № 3. С. 4–17.

7. Стальная И. Д., Гаришвили Т. Г. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты // Современные методы в биохимии. М.: Медицина, 1977. С. 66–67.

8. Стальная И. Д., Гаришвили Т. Г. Методы определения диеновой конъюгации ненасыщенных высших жирных кислот // Современные методы в биохимии. М.: Медицина, 1977. С. 67–68.

9. Фармакологическое действие инъекционных форм нанопорошков меди и кобальта на процессы перекисного окисления липидов, активности антиоксидантной системы крови коров / В. В. Зайцев [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2023. Т. 253. № 1. С. 102–106.

10. Experimental evidence for the interaction of C60 fullerene with lipid vesicle membranes / J. Zupanc, D. Drobne, B. Drasler, J. Valant, A. Iglic V. Kralj-Iglic, D. Makovec, M. Rappolt, B. Sartori, K. Kogej // Carbon. 2012. Vol. 50. No. 3. P. 1170–1178.

#### REFERENCES

1. Catalase of biological media of the human body and its clinical and biochemical significance in the assessment of endotoxemia / Bezruchko N.V., Rubtsov G. K., Ganyaeva N. B. *Vestnik TSPU*. 2012;7(122):94–98. (In Russ.).

2. Klyukin S. D., Pudovkin N. A. The state of the pro- and antioxidant system of the body of calves under the influence of an aqueous solution of fullerene C60, zinc, vitamins D3, C and quercetin for animals. *Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after. V.R. Filippova*. 2023;2(71): 56–61. (In Russ.).

3. Listov M. V., Mamykin A. I., Rassadina A. A. Spectroscopy of the characteristics of electron transfer by free radicals in health and disease. *Bulletin of New Medical Technologies*. Electronic edition. 2017;(2). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/spektroskopiya-osobennostey-perenosa-elektrona-svobodnymi-radikalami-v-norme-i-patologii> (date of access: 11/21/2023). (In Russ.).

4. Method for determining catalase activity / M. A. Korolyuk, L. I. Ivanova, I. G. Mayorova, V. E. Tokareva. *Lab. Case*. 1988;(1):16–19. (In Russ.).

5. Piotrovsky L. B. Fullerenes in the design of medicinal substances. *Russian Nanotechnologies*. 2007;2(7-8):6–18. (In Russ.).

6. Antioxidant defense system: regulation of metabolic processes, genetic determinants, methods of determination / О. А. Никитина, М. А. Даренская, Н. В. Семьонова, Л. И. Колесникова. *Siberian Scientific Medical Journal*. 2022;(3):4–17. (In Russ.).

7. Steel I. D., Garishvili T. G. Method for determining malondialdehyde using thiobarbituric acid. *Modern Methods in Biochemistry*. М.: Medicine; 1977. P. 66–67. (In Russ.).

8. Steel I. D., Garishvili T. G. Methods for determining diene conjugation of unsaturated higher fatty acids. *Modern methods in biochemistry*. М.: Medicine; 1977. P. 67–68. (In Russ.).

9. Zaitsev V. V., Pudovkin N. A., Klyukin S. D. Pharmacological effect of injectable forms of copper and cobalt nanopowders on the processes of lipid peroxidation of the activity of the antioxidant system of the blood of cows. *Scientific notes of the Kazan State Academy Veterinary Medicine named after. N.E. Bauman*. 2023;253(1):102–106. (In Russ.).

10. Experimental evidence for the interaction of C60 fullerene with lipid vesicle membranes / J. Zupanc, D. Drobne, B. Drasler, J. Valant, A. Iglic V. Kralj-Iglic, D. Makovec, M. Rappolt, B. Sartori, K. Kogej. *Carbon*. 2012;50(3):1170–1178.

*Статья поступила в редакцию 27.11.2023; одобрена после рецензирования 24.12.2023; принята к публикации 28.12.2023.*

*The article was submitted 27.11.2023; approved after reviewing 24.12.2023; accepted for publication 28.12.2023.*

