

УДК 613.1: 612.1/8

UDC 613.1: 612.1/8

**ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕКИСНОГО
ОКИСЛЕНИЯ БЕЛКОВ
И АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ
В СЫВОРОТКЕ КРОВИ КРЫС
РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП
В НОРМЕ И ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
В КОРМОВОМ РАЦИОНЕ
ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК**

**PECULIARITIES
OF PROTEIN PEROXIDATION
AND ANTIOXIDANT DEFENSE
IN BLOOD SERUM OF RATS
OF DIFFERENT AGE GROUPS
IN THE NORM AND WITH THE USE
OF FOOD ADDITIVES
IN THE FEED RATION**

Т. А. Кунай,

магистр биологических наук;

Р. Н. Ясюченя,

*кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
лаборатории физиологии питания
и спорта Института физиологии НАНБ;*

О. А. Ковалёва,

*кандидат биологических наук, доцент
кафедры морфологии и физиологии
человека и животных Белорусского
государственного педагогического
университета имени Максима Танка;*

И. А. Жукова,

*кандидат биологических наук, доцент,
заведующий кафедрой морфологии
и физиологии человека и животных
Белорусского государственного
педагогического университета
имени Максима Танка*

T. Kunay,

Master of Biology;

R. Yasuchenya,

*PhD in Biology, Senior Researcher
of the Laboratory of Nutrition and Sports
Physiology, Institute of Physiology, National
Academy of Sciences of Belarus;*

O. Kovalyova,

*PhD in Biology, Associate Professor
of the Department of Morphology and
Physiology of Human and Animals,
Belarusian State Pedagogical
University named after Maxim Tank;*

I. Zhukova,

*PhD in Biology,
Associate Professor, Head
of the Department of Morphology and
Physiology of Human and Animals,
Belarusian State Pedagogical
University named after Maxim Tank*

Поступила в редакцию 23.03.2023.

Received on 23.03.2023.

В настоящее время проблема правильного питания является одной из главных.

В связи с быстрым ритмом жизни человек всячески стремится сэкономить свое время, что привело к росту потребления продуктов быстрого питания, содержащих большое количество пищевых добавок.

В современном мире исследования в области пищевых добавок и их влияние на здоровье человека стали одним из приоритетных направлений прикладной науки. Поэтому целью данного исследования было изучение особенностей перекисного окисления белков (ПОБ) и антиоксидантной защиты (АОЗ) в сыворотке крови крыс разных возрастных групп в норме и при использовании в кормовом рационе пищевых добавок. Установлено, что введение в пищевой рацион неполовозрелых животных глутамата натрия, бензоата натрия и красителя тартразина не оказывают негативного влияния на перекисную модификацию белков в организме неполовозрелых животных. Уменьшение уровня продуктов окисления белков и, как закономерность, рост активности каталазы и снижение активности СОД при добавлении в пищу молодых крыс указанных добавок свидетельствует о стремлении организма в данных физиологических условиях к сохранению баланса между окислительными и антиокислительными процессами. Употребление половозрелыми животными с пищей усилителя вкуса глутамата натрия на протяжении 30 суток не приводило к нарушению равновесия в системе перекисное окисление – антиоксидантная защита в крови; бензоат натрия не оказывал влияния на перекисную модификацию белков и на уровень антиоксидантной защиты в организме, тогда как краситель тартразин усиливал процесс перекисного окисления белков и вызывал угнетение антиоксидантной активности в крови.

Ключевые слова: питание, пищевые добавки, глутамат натрия, бензоат натрия, тартразин, перекисное окисление белков, антиоксиданты, крысы.

Currently, the problem of proper nutrition is one of the main ones. Due to the fast pace of life, people strive in every possible way to save their time, which has led to an increase in the consumption of fast food products containing a large number of food additives. In the modern world, research in the field of food additives and their impact on human health has become one of the priority areas of applied science. Therefore, the purpose of this study was to study the characteristics of protein peroxidation (PHP) and antioxidant protection (AOD) in the blood serum of rats of different age groups under normal conditions and when using food additives in the diet. It has been established that the introduction of monosodium glutamate, sodium benzoate and the dye tartrazine into the diet of immature animals does not have a negative effect on the peroxide modification of proteins in the body of immature animals. A decrease in the level of protein oxidation products and, as a rule, an increase in catalase activity and a decrease in SOD activity when these supplements are added to the food of young rats, indicates the body's desire under these physiological conditions to maintain the balance between oxidative and antioxidant processes. The consumption of the taste enhancer monosodium glutamate by sexually mature animals for 30 days did not lead to an imbalance in the peroxidation-antioxidant defense system in the blood; sodium benzoate had no effect on the peroxide modification of proteins and the level of antioxidant protection in the body, while the dye tartrazine enhanced the process of protein peroxidation and caused inhibition of antioxidant activity in the blood.

Keywords: nutrition, food additives, monosodium glutamate, sodium benzoate, tartrazine, protein peroxidation, antioxidants, rats.

Введение. Пищевые добавки представляют собой синтетические, химические или натуральные вещества, которые никогда самостоятельно не употребляются в пищу, а только вводятся в продукты, чтобы придать им определенные качества, например вкус, консистенцию, цвет, запах, продолжительность хранения, внешний вид. О целесообразности их использования и влиянии на организм человека в течение длительного времени ведется множество противоречивых споров [2–5, 9, 12]. Необходимость применения пищевых добавок состоит в повышении конкурентоспособности продукции. С развитием химической промышленности начали изготавливать такие синтетические добавки, как красители, консерванты, загустители, стабилизаторы, антиокислители. Для классификации добавок была разработана система нумерации. Каждой добавке присвоен трех- или четырехзначный номер с предшествующей буквой E. Наличие ее означает, что продукт (изделие) производится в Европе. Эти цифры (коды) используются в сочетании с названиями функциональных классов, отражающих группу пищевых добавок по технологическим функциям (подклассам). Буква E и идентификационный номер четко интерпретируются как означающие, что данное конкретное вещество было проверено на безопасность [5].

Классификация по назначению в соответствии с предложенной системой цифровой кодификации пищевых добавок (по основным группам) выглядит следующим образом:

E100–E182 – красители (усилители или восстановители цвета);

E200–E299 – консерванты (повышают срок хранения, стерилизуют и защищают от бактерий);

E300–E399 – антиокислители (сдерживают процессы окисления);

E400–E499 – стабилизаторы (сохраняют консистенцию продукта);

E500–E599 – эмульгаторы;

E600–E699 – усилители вкуса и аромата;

E900–E999 – антифламинги (противопенные вещества);

E1000 и выше – глазирующие вещества, подсластители соков и кондитерских изделий [5].

К пищевым добавкам как веществам, которые человек употребляет на протяжении всей своей жизни, предъявляются следующие основные требования: эффективность, безопасность и консистенция состава.

Запрещенные добавки – это добавки, которые, как было доказано, вредны для здоровья. В Республике Беларусь, России и других странах производители добавляют в свою продукцию различные вещества, употребление большинства из которых запрещено. Разрешение на применение этих веществ в Республике Беларусь и России выдается Государственным комитетом санитарно-эпидемиологического надзора в соответствии с нормативными актами и санитарными правилами Министерства здравоохранения [10]. Запрещенные добавки опасны для здоровья людей. Они приводят к различным заболеваниям:

- злокачественные опухоли (E103, 105, 121, 123, 125, 126, 130, 131, 142, 152, 210, 211, 213–217, 240, 330, 447, 924);
- заболевания желудочно-кишечного тракта (E221–226, 320–322, 338–341, 407, 450, 461–466);
- аллергия (E230, 231, 232, 239, 311, 313, 900, 901, 902, 904);
- болезни печени и почек (E171–173, 320–322).

Существуют также неразрешенные добавки, т. е. добавки, которые не тестировались или проходят тестирование, но окончательного результата пока нет – E127, E154, E173, E180, E388, E389, E424.

Человек состоит из огромного количества разных клеток и имеет большую массу (по сравнению с одноклеточным организмом), поэтому, в отличие от одноклеточных, он не погибает от употребления консерванта (в некоторых случаях еще и потому, что содержащаяся в желудке соляная кислота разрушает консервант). Однако, если большая доза консервантов попадает в организм человека, последствия могут быть негативными для здоровья [5].

E211 – бензоат натрия, отхаркивающее средство, консервант пищевых продуктов в производстве повидла, мармелада, меланжа, кильки, кетовой икры, плодово-ягодных соков, полуфабрикатов. Бензойную кислоту (E210), бензоат натрия (E211) и бензоат калия (E212) вводят в некоторые пищевые продукты в качестве бактерицидного и противогрибкового средств (джемы, фруктовые соки, маринады и фруктовые йогурты). Пищевые добавки E210 и E211 могут привести к злокачественным опухолям. Дело в том, что при соединении с витамином С образуется бензол, который повреждает клетки нашего организма и может вызвать онкологию [1].

E621 – глутамат натрия, усилитель вкуса. Вызывает особый вид пищевой вкусовой зависимости, особенно у детей и подростков [5]. Накапливаясь в организме, он может стать причиной тяжелых приступов бронхиальной астмы. Доказано, что данная добавка вызывает болезнь Альцгеймера и довольно серьезные изменения в психике депрессивного направления. У взрослого человека – синдром хронической усталости, а у ребенка – это гиперактивность [9].

E102 – тартразин – синтетическая пищевая добавка, относящаяся к группе красите-

лей золотисто-желтого цвета. Производится путем переработки каменноугольного дегтя, который является отходом при добыче каменного угля. Вещество отлично растворяется в воде, при взаимодействии с прямыми солнечными лучами распадается. Тартразин – один из самых дешевых красителей, получаемых синтетическим путем; обладает высокой степенью аллергенности, при его неконтролируемом попадании в организм человека возникает сильная крапивница. Употребление E102 детьми приводит к ухудшению мозговой деятельности, снижению внимательности на фоне гиперактивности. В редких случаях отмечены появления отека Квинке и синдрома Меркельссона – Розенталя, который характеризуется трещинами на языке и параличом лицевого нерва [1, 9].

Цель работы – изучить особенности перекисного окисления белков и антиоксидантной защиты в сыворотке крови крыс разных возрастных групп в норме и при использовании в кормовом рационе пищевых добавок.

Методы исследований. В настоящее время представляется актуальным изучение комплексного влияния различных классов пищевых добавок (красителей, консервантов, усилителей вкуса) на физиологические функции организма у животных разных возрастных групп.

В нашем исследовании были проведены 8 серий хронических экспериментов на самцах белых крыс линии Вистар. Возраст животных составлял 1,5 (неполовозрелые) и 4,5 (половозрелые) месяца, масса тела 160 ± 20 г и 250 ± 12 г соответственно ($n = 64$). В хроническом эксперименте животные были разделены на 8 групп.

Экспериментальные группы:

1. Неполовозрелые крысы, потреблявшие глутамат натрия ($n = 8$).
2. Неполовозрелые крысы, потреблявшие бензоат натрия ($n = 8$).
3. Неполовозрелые крысы, потреблявшие тартразин ($n = 8$).
4. Неполовозрелые крысы – контроль ($n = 8$).
5. Половозрелые крысы, потреблявшие глутамат натрия ($n = 8$).
6. Половозрелые крысы, потреблявшие бензоат натрия ($n = 8$).
7. Половозрелые крысы, потреблявшие тартразин ($n = 8$).
8. Половозрелые крысы – контроль ($n = 8$).

На протяжении 30 суток каждая группа потребляла, в дополнение к рациону, раствор одной из пищевых добавок: 720 мг/кг глутамата натрия (мононатриевая соль L-глутаминовой кислоты, MSG; E 621, Sigma Chemical, США), 30 мг/кг бензоата натрия (E211, Пять океанов, РБ, Минск) и 45 мг/кг тартразина (E102, ООО «РОХА ДАЙКЕМ», РФ, СПб.) Максимально допустимые уровни данных пищевых добавок в продуктах питания установлены для человека в соответствии с едиными санитарно-эпидемиологическими и гигиеническими требованиями к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) [10].

Согласно требованиям безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств (ТР ТС 029/2012 от 20 июля 2012 г. № 58) глутамат натрия, бензоат натрия и тартразин разрешены для применения при производстве пищевой продукции. Дозы добавок для крыс рассчитывались в соответствии с допустимыми суточными дозами для человека с использованием соответствующих формул и коэффициентов [12]. Контрольные крысы находились на стандартном рационе. Доступ к воде был не ограничен. После завершения хронического эксперимента все животные были взяты в острый опыт. Длительность эксперимента составляла 30 суток. Материалом для исследования служила сыворотка крови.

Активность супероксиддисмутазы (СОД) – ключевого фермента антиокислительных систем – определяли по степени торможения реакции окисления кверцетина [7]. Каталазная активность (предотвращение накопления перекиси водорода, образующейся при дисмутации супероксидного аниона) в сыворотке крови оценивалась с помощью спектрофотометрического метода, основанного на способности перекиси водорода образо-

вывать с солями молибдена стойкий окрашенный комплекс [6]. Спонтанные и металл-катализируемые реакции модификации белков определяли по реакции взаимодействия окисленных аминокислотных остатков с 2,4-динитрофенилгидразином и образованием 2,4-динитрофенилгидразонов [13]. Измерение экстинкции анализируемых образцов осуществляли на ИФА-анализаторе Bio Tek EL x 808 (США).

Все экспериментальные работы выполнены с соблюдением правил биоэтики, утвержденных Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для лабораторных или иных целей.

Полученные данные статистически обрабатывались с помощью программы Statistica 7.0. Нормальность распределения показателей проверялась при помощи теста Шапиро – Уилка. Для межгруппового сравнения использовали непараметрический тест Манна – Уитни. Результаты представлены в виде средней величины и стандартной ошибки средней ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$). Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимался равным 0,05.

Результаты исследований. На основании проведенных исследований не установлено достоверных отличий в содержании продуктов перекисного окисления белков между животными двух контрольных групп. Показано, что активность каталазы была выше на 15,64 % у половозрелых крыс ($p > 0,05$), а активность СОД в условиях нормы у двух исследуемых групп животных не имела значимых различий (таблица 1). Представленные результаты указывают, что процесс перекисного окисления белков, а также антиоксидантная активность каталазы и СОД у половозрелых и неполовозрелых крыс в норме протекает одинаково.

Таблица 1 – Изменение уровня перекисного окисления белков, активности СОД и каталазы в сыворотке крови контрольных животных

Показатель	Контроль неполовозрелые	Контроль половозрелые
СОД	3,235 ± 0,076	3,377 ± 0,048
Каталаза	16,043 ± 1,557	18,553 ± 2,545
Альдегидгидразоны (АДГ)	0,133 ± 0,011	0,137 ± 0,007

Показатель	Контроль неполовозрелые	Контроль половозрелые
Общие дифенилгидразоны (ОДГ)	0,079 ± 0,005	0,072 ± 0,002
Кетондифенилгидразоны (КДГ)	0,065 ± 0,004	0,053 ± 0,001

Установлено, что потребление глутамата натрия неполовозрелыми животными вызывает снижение содержания ОДГ, АДГ и КДГ на 32,17 %; 49,34 % и 38,67 % соответственно (по отношению к контролю), а у половозрелых крыс содержание указанных показателей находилось в пределах контрольных значений (рисунок 1, А, Б).

Установлено также возрастание активности каталазы у неполовозрелых животных на 78,92 %, в то время как у половозрелых значимых отличий от контроля не наблюдали (рисунок 3, А, Б).

Показано падение активности СОД в крови неполовозрелых крыс при потреблении глутамата натрия – на 25,45 %, а у половозрелых особей этот показатель достоверно не отличался от контроля (рисунок 2, А, Б).

В качестве показателя защитной эффективности антиоксидантных ферментов можно использовать соотношение активности СОД/КАТ, характеризующее системную взаимосвязь в действии антиоксидантов и отражающее изменение равновесия в ферментативной антиоксидантной защите.

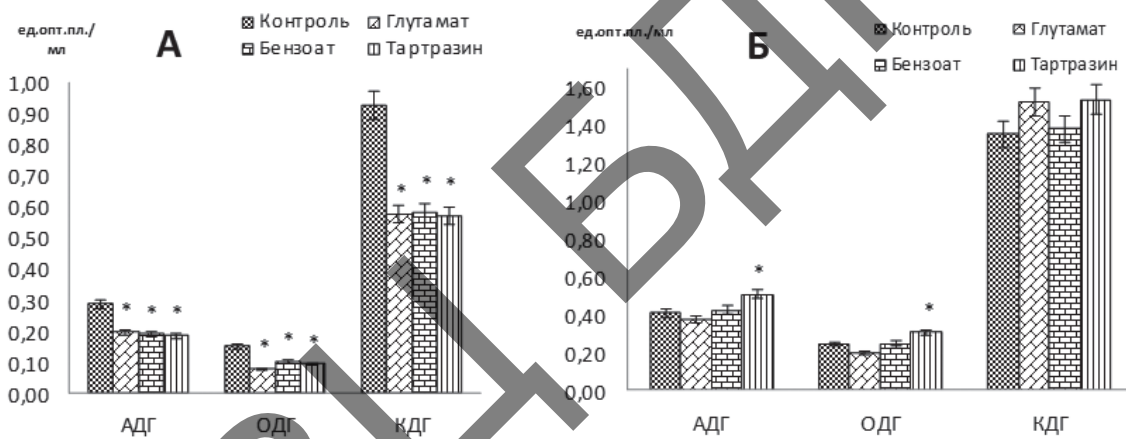


Рисунок 1 – Содержание продуктов перекисного окисления белков в сыворотке крови неполовозрелых (А) и половозрелых (Б) крыс, получавших с рационом питания пищевые добавки (* – различия достоверны при $p < 0,05$)

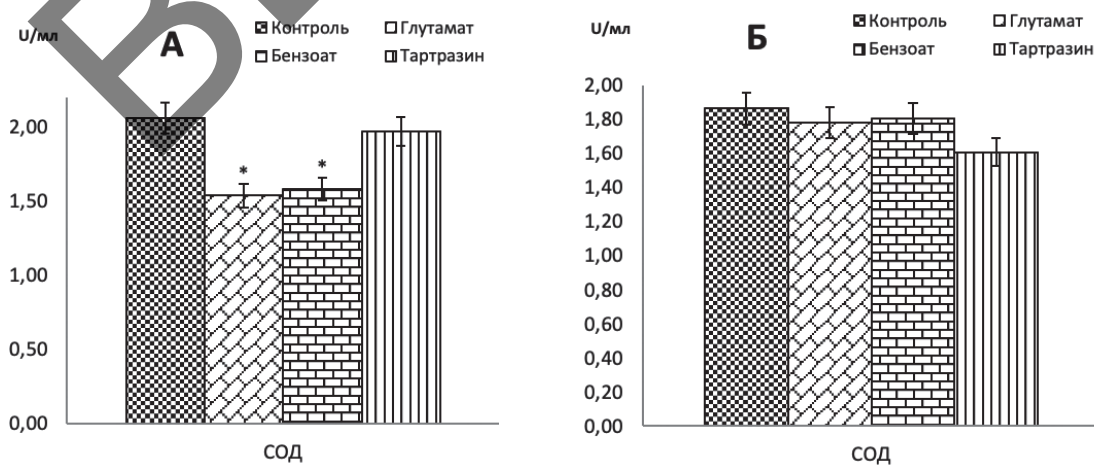


Рисунок 2 – Активность СОД в сыворотке крови неполовозрелых (А) и половозрелых (Б) крыс, получавших с рационом питания пищевые добавки (* – различия достоверны при $p < 0,05$)

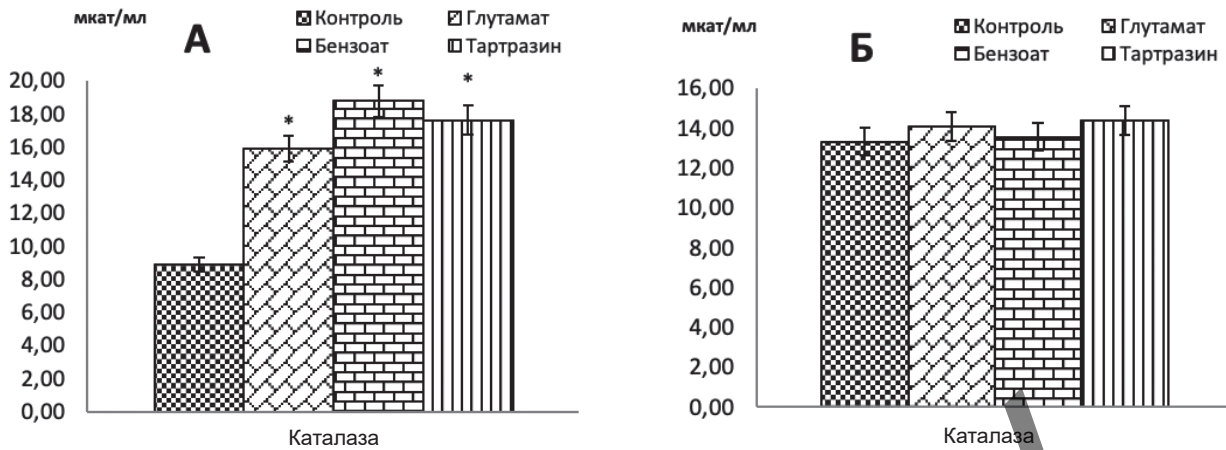


Рисунок 3 – Активность каталазы в сыворотке крови неполовозрелых (А) и половозрелых (Б) крыс, получавших с рационом питания пищевые добавки (* – различия достоверны при $p < 0,05$)

При употреблении неполовозрелыми животными глутамата натрия наблюдали выраженное снижение соотношения активностей СОД/КАТ – на 58,27 %, а у половозрелых этот показатель уменьшался на 99,1 %.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что употребление глутамата натрия приводит к уменьшению токсической нагрузки на клетку супероксидного радикала, в избытке образующегося в ее электронно-транспортной системе сразу после рождения и сохраняющегося в период всего постнатального развития [8, 9].

При потреблении бензоата натрия у неполовозрелых животных выявлено падение уровней АДГ, ОДГ и КДГ на 34,62 %, 34,00 % и 37,45 % соответственно; установлено снижение активности СОД на 23,27 % и возрастание активности каталазы на 111,16 % (рисунок 1, 2, 3, А). У половозрелых крыс все указанные показатели находились на уровне контрольных значений (рисунок 1, 2, 3, Б).

Бензоат натрия, введенный в рацион, также как и глутамат натрия, приводил к уменьшению соотношения активностей СОД/КАТ у неполовозрелых животных на 63,48 %, а у половозрелых – на 14,32 %, по отношению контролю.

В ходе данной работы было показано, что бензоат натрия может оказывать значительный ингибирующий эффект на функциональную активность СОД – основного фермента АОЗ. Это согласуется с другими исследованиями, в которых установлено, что консервирующее действие бензоата натрия основано

на его способности значительно снижать активность ферментов, находящихся в клетке, обеспечивающих протекание окислительно-восстановительных реакций [5, 9].

При введении в рацион неполовозрелых крыс тартразина установлено, что концентрация продуктов перекисного окисления белков уменьшалась: АДГ – на 35,67 %, ОДГ – на 38,67 % и КДГ – на 38,32 %, а активность каталазы повышалась на 97,95 % (по отношению к контролю) (рисунок 1, 2, 3, А).

Потребление половозрелыми крысами в качестве добавки пищевого красителя тартразина приводило к достоверному возрастанию количества продуктов перекисного окисления белков – АДГ на 24,96 %, ОДГ на 25,61 %, соответственно, по отношению к контролю. Уровень КДГ увеличивался на 13,39 % ($p > 0,05$), отмечена тенденция к снижению активности СОД на 14,74 % и росту активности каталазы на 7,88 % (рисунок 1, 2, 3, Б).

Некоторые авторы считают, что тартразин может выступать в качестве псевдоаллергена и индуцировать развитие псевдоаллергических реакций как в результате прямого действия красителя на чувствительные клетки-мишени аллергии с последующей неспецифической либерацией медиаторов, так и в результате нарушения метаболизма арахидоновой кислоты за счет угнетения цикло-оксигеназы и сдвига баланса в сторону преимущественного образования лейкотриенов, которые оказывают выраженное биологическое влияние на окислительные процессы и систему АОЗ [11].

Заключення. Авторами статті проведені дослідження, показуючі послідовність потреби широкого переліку просторанних їдких доповнень, таких, як глутамат натрія, бензоат натрія і тартразин, у крис єдиної лінії Вистар і отримані дані про їх індивідуальні фізіологічні ефекти на білковий обмін.

Результати дослідження дозволяють заключити, що введення в їдковий раціон неполовозрелих тварин глутамату натрія, бензоату натрія і фарбника тартразина не оказує негатиного впливу на перекисну модифікацію білків в організмі неполовозрелих тварин.

Зменшення рівня продуктів окислення білків і, як закономірність, зростання активності каталази і зменшення активності СОД при доповненні в їду молодих крис вказаних

доповнень засвідчують про прагнення організму в даних фізіологічних умовах зберегти баланс між окислювальними і антиокислювальними процесами.

Вживання половозрелими тваринами з їдою посилювача смаку глутамату натрія протягом 30 днів не призвело до порушення рівноваги в системі перекисного окислення – антиокислювальна захиста в крові; бензоат натрія не оказує впливу на перекисну модифікацію білків і рівень антиокислювальної захиста в організмі, тоді як фарбник тартразин посилює процес перекисного окислення білків і викликає зменшення антиокислювальної активності в крові.

Отримані експериментальні дані внедрені в навчальний процес БДПУ, а також в дальнішому можуть слугувати основою більш масштабних досліджень.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аглиулina, А. Р. Возрастные изменения некоторых показателей крови телят / А. Р. Аглиулina // Вестник ОГУ. – 2006. – № 12. – С. 10–13.
2. Борщев, Ю. Ю. Влияние пробиотических бактерий на кишечные пищеварительные ферменты у крыс при экспериментальном дисбиозе: дис. ... канд. биол. наук / Ю. Ю. Борщев. – Санкт-Петербург. – 2012. – 25 с.
3. Булыгин, И. А. Электрофизиологический анализ висцеральных афферентных систем / И. А. Булыгин, В. В. Солтанов. – Минск : Наука и техника, 1973. – 334 с.
4. Данилевская, Н. В. Лекарственные дисбактериозы: причины и последствия / Н. В. Данилевская, В. В. Субботин // Ветеринар. – 2003, № 1. – С. 25–30.
5. Донскова, Л. А. Пищевые добавки в мясной промышленности: идентификация опасностей и скрининговый анализ риска / Л. А. Донскова // Управленец. – 2014. – № 3 (49). – С. 62–67.
6. Королюк, М. А. Метод определения активности каталазы / М. А. Королюк // Лабораторное дело. – 1988. – № 1. – С. 16–18.
7. Костюк, В. А. Простой и чувствительный метод определения активности супероксиддисмутазы, основанный на реакции окисления кверцетина / В. А. Костюк // Кислородные радикалы в химии, биологии и медицине. – Рига. – 1990. – С. 45–54.
8. Кунай, Т. А. Особенности перекисного окисления белков и антиокислительной защиты в сыворотке крови крыс разных возрастных групп в норме и при использовании в кормовом рационе пищевых добавок / Т. А. Кунай, О. А. Ковалева // Актуальные проблемы гуманитарных, социальных и естественных наук : международный научный форум обучающихся «Молодежь в науке и творчестве» (8 апреля 2020 г., Гжель) : сборник научных статей. – Гжель : Гжельский гос. ун-т, 2020. – С. 253–254.
9. Масловская, Е. В. Кардио- и нейропротективное действие парафармацевтика «лонголайф-ibmed» при алкогольной интоксикации у крыс / Е. В. Масловская // Вестник Удмуртского университета. – 2010. – № 6–4. – С. 64–68.
10. Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп взрослого на-

REFERENCES

1. Aglyulina, A. R. Vozrastnye izmeneniya nekotorykh pokazatelej krovi telyat / A. R. Aglyulina // Vestnik OGU. – 2006. – № 12. – S. 10–13.
2. Borshchev, Yu. Yu. Vliyaniye probioticheskikh bakterij na kishchnyye pishchevaritel'nyye fermenty u krysv pri eksperimental'nom disbioze: dis. ... kand. biol. nauk / Yu. Yu. Borshchev. – Sankt-Peterburg. – 2012. – 25 s.
3. Bulygin, I. A. Elektrofizyologicheskij analiz visceral'nykh afferentnykh sistem / I. A. Bulygin, V. V. Soltanov. – Minsk : Nauka i tekhnika, 1973. – 334 s.
4. Danilevskaya, N. V. Lekarstvennyye disbakteriozy: prichiny i posledstviya / N. V. Danilevskaya, V. V. Subbotin // Veterinar. – 2003, № 1. – S. 25–30.
5. Donskova, L. A. Pishchevye dobavki v myasnoy industrii: identifikatsiya opasnostej i skringovyy analiz riska / L. A. Donskova // Upravlenec. – 2014. – № 3 (49). – S. 62–67.
6. Korolyuk, M. A. Metod opredeleniya aktivnosti katalazy / M. A. Korolyuk // Laboratornoe delo. – 1988. – № 1. – S. 16–18.
7. Kostyuk, V. A. Prosto i chuvstvitel'nyj metod opredeleniya aktivnosti superoksidismutazy, osnovannyj na reakcii okisleniya kvercetina / V. A. Kostyuk // Kislородnye radikaly v himii, biologii i medicine. – Riga. – 1990. – S. 45–54.
8. Kunaj, T. A. Osobennosti perekisnogo okisleniya belkov i antioksidantnoj zashchity v syvorotke krovi krysv raznykh vozrastnykh grupp v norme i pri ispol'zovanii v kormovom racione pishchevykh dobavok / T. A. Kunaj, O. A. Kovaleva // Aktual'nyye problemy gumanitarnykh, social'nykh i estestvennykh nauk : mezhdunarodnyj nauchnyj forum obuchayushchihsya «Molodezh' v nauke i tvorchestve» (8 aprelya 2020 g., Gzhel') : sbornik nauchnykh statej. – Gzhel': Gzhel'skij gos. un-t, 2020. – S. 253–254.
9. Maslovskaya, E. V. Kardio- i nejroprotektivnoe dejstvie parafarmacevtika «longolajf-ibmed» pri alkogol'noj intoksikatsii u krysv / E. V. Maslovskaya // Vestnik Udmurtskogo universiteta. – 2010. – № 6–4. – S. 64–68.
10. Normy fiziologicheskikh potrebnostej v pishchevykh veshchestvah i energii dlya razlichnykh grupp vzroslogo nasele-

селения Республики Беларусь, утв. Постановлением главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 11.11.2005 г N 173 // Сборник санитарных правил и норм по гигиене питания. – Минск, 2006. – С. 4–21.

11. *Рощевская, И. М.* Кардиоэлектрическое поле тепловых животных и человека / И. М. Рощевская. – С-Пб. : Наука, 2008. – 250 с.
12. Задачи и перспективы разработки продуктов функционального питания / В. Г. Цыганков [и др.] // Труды БГУ. – 2009. – Т. 4, Ч. 1. – С. 60–67.
13. *Levine, R. L., Garland, D., Oliver, C. N.* Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins // *Meth. Enzymol.* – 1990. – Vol. 186. – P. 464–478.

niya Respubliki Belarus', utv. Postanovleniem glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Respubliki Belarus' ot 11.11.2005 g N 173 // *Sbornik sanitarnykh pravil i norm po gigiene pitaniya.* – Minsk, 2006. – S. 4–21.

11. *Roshchevskaya, I. M.* *Kardioelektricheskoe pole teplovnykh zhivotnykh i cheloveka* / I. M. Roshchevskaya. – S-Pb. : Nauka, 2008. – 250 s.
12. *Zadachi i perspektivy razrabotki produktov funkcional'nogo pitaniya* / V. G. Cygankov [i dr.], // *Trudy BGU.* – 2009. – T. 4, Ch. 1. – S. 60–67.
13. *Levine, R. L., Garland, D., Oliver, C. N.* *Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins* // *Meth. Enzymol.* – 1990. – Vol. 186. – P. 464–478.

ВВЦ БДГУ