

УДК 57.023:612.01

UDC 57.023:612.01

**ВЛИЯНИЕ
ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК
НА ПОКАЗАТЕЛИ ЛИПИДНОГО,
БЕЛКОВОГО И УГЛЕВОДНОГО
ОБМЕНА В СЫВОРОТКЕ
КРОВИ КРЫС****INFLUENCE
OF FOOD SUPPLEMENTS
ON INDICATORS OF LIPID, PROTEIN
AND CARBOHYDRATE
METABOLISM IN THE BLOOD
SERUM OF RATS****Р. Н. Ясученя,***кандидат биологических наук, заведующий
кафедрой оздоровительной и адаптивной
физической культуры ИПКиП БГУФК;***О. А. Ковалёва,***кандидат биологических наук, доцент,
заведующий кафедрой географии
и экологии человека Белорусского
государственного педагогического
университета имени Максима Танка
ORCID: <https://orcid.org/0009-005-7635-9946>;***В. С. Лукашевич,***старший научный сотрудник лаборатории
физиологии питания и спорта Института
физиологии НАН Беларуси;***Т. Б. Мелик-Касумов,***кандидат биологических наук, доцент,
заведующий лабораторией физиологии
питания и спорта Института
физиологии НАН Беларуси***R. Yasuchenia,***PhD, Head of the department health
and adaptive physical culture
IATR BSUFC;***O. Kovalyova,***PhD, Associate Professor,
Head of the department of geography
and human ecology
of the Belarusian State Pedagogical
University named after Maxim Tank;
ORCID: <https://orcid.org/0009-005-7635-9946>;***V. Lukashevich,***senior researcher of the Laboratory
of Physiology of Nutrition and Sports,
Institute of Physiology, NASB;***T. B. Melik-Kasumov,***PhD, Associate Professor,
Head of the Laboratory of Physiology
of Nutrition and Sports, Institute
of Physiology, NASB*

Поступила в редакцию 29.11.2024.

Received on 29.11.2024.

В настоящее время исследования в области пищевых добавок и их влияние на здоровье человека являются одним из приоритетных направлений. Поэтому целью нашего эксперимента было изучение влияния пищевых добавок на показатели липидного, белкового и углеводного обмена крыс разных возрастных групп. В ходе проведенных исследований установлено, что при потреблении молодыми крысами глутамата натрия наблюдается достоверное понижение содержания в сыворотке крови триглицеридов, а также статистически значимое повышение уровня холестерина, липопротеидов низкой плотности, альбумина и глюкозы, что может указывать на нарушения в обмене липидов, белков и углеводов.

Потребление бензоата натрия молодыми животными сопровождается значительным увеличением содержания глюкозы и снижением концентрации холестерина и липопротеидов высокой и низкой плотности в сыворотке крови, что может указывать на активацию глюконеогенеза и развитие дислипидемии. Введение в рацион тартразина не вызывает существенных изменений в основных показателях липидного, белкового и углеводного обмена.

У зрелых крыс потребление бензоата натрия, тартразина и глутамата натрия не вызывает существенных изменений показателей липидного профиля, глюкозы и общего белка в сыворотке крови, но статистически значимо повышает уровень альбумина во всех исследуемых группах.

Ключевые слова: питание, пищевые добавки, глутамат натрия, бензоат натрия, тартразин, кровь, липидный обмен, белковый обмен, углеводный обмен, крысы.

Currently, research in the field of food additives and their impact on human health is one of the priority areas. Therefore, the purpose of our study was to assess the effect of food additives on the blood parameters of lipid, protein and carbohydrate metabolism in rats of different age. In the course of the studies, it was found that in young rats monosodium glutamate consumption led to a significant decrease in the content of triglycerides, and significant increase in the levels of cholesterol, low-density lipoproteins, albumin and glucose, which may indicate disorders of lipid, protein and carbohydrate metabolism. Consumption of sodium benzoate by young animals is accompanied by a significant increase in glucose content and a decrease in the concentration of cholesterol and high- and low-density lipoproteins in the blood serum, which may indicate activation of gluconeogenesis and the development of dyslipidemia. The introduction of tartrazine into the diet does not significantly change the content of the main indicators of lipid, protein and carbohydrate metabolism.

In mature rats, consumption of sodium benzoate, tartrazine and monosodium glutamate does not cause significant changes in the content of lipid metabolism, glucose and total protein in the blood serum, but significantly increases the level of albumin in all studied groups.

Keywords: nutrition, food additives, monosodium glutamate, sodium benzoate, tartrazine, blood, lipid metabolism, protein metabolism, carbohydrate metabolism, rats.

Введение. В настоящее время особое внимание широкого круга специалистов уделяется вопросам продовольственной безопасности и разработке новых продуктов функционального, профилактического и лечебного питания для профилактики заболеваний и укрепления здоровья человека [1]. С развитием производства пищевых продуктов увеличивается и количество используемых пищевых добавок, способных улучшать вкусовые качества продуктов питания и продлять сроки их хранения. Среди пищевых добавок – вещества, используемые для улучшения вкуса и аромата, загустители, подсластители, красители, антиоксиданты, консерванты и др. [2]. Пищевые добавки вносятся в продукты на различных этапах их производства с целью улучшения или облегчения технологического процесса, увеличения стойкости продукта к различным видам порчи, сохранения его структуры и внешнего вида [3].

На сегодняшний день в производстве продуктов питания применяется большое количество различных пищевых добавок, способных улучшить их качество, уменьшить конечную стоимость и продлить срок годности [4; 5].

Среди наиболее часто используемых пищевых добавок, влияющих на состояние организма при неумеренном или сочетанном употреблении, можно выделить усилители вкуса, консерванты и красители.

Глутамат натрия (англ. *Monosodium glutamate*, MSG, E621) – наиболее часто используемый усилитель вкуса и аромата. Соли глутаминовой кислоты способны активировать рецепторы L-глутамата на языке, вызывая стойкое ощущение «мясного» вкуса («умами»), который необходим для оценки содержания белка в пище. Мононатриевая соль глутаминовой кислоты используется в экспериментальной патофизиологии для моделирования ожирения [6].

Среди промышленных пищевых консервантов наиболее дешевым и активно используемым является бензоат натрия (E211). Антимикробное действие консервантов на основе бензойной кислоты направлено в основном против дрожжей и плесневых грибов, включая афлатоксинообразующие [7].

В низких концентрациях соли бензойной кислоты способны оказывать слабый антиоксидантный эффект, а также протекторный эффект в модели почечной недостаточности и эрозивного гастрита [8]. В высоких дозах бензоат натрия вызывает оксидативный стресс в клетках слизистой желудочно-кишечного тракта, что может приводить к ее повреждению. По мнению отдельных исследователей, повреждения ДНК, которые индуцирует бензоат натрия, могут приводить к нейродегенеративным заболеваниям [9].

Среди пищевых красителей одним из наиболее используемых является тартразин (E102). Этот азокраситель активно используется при производстве газированных напитков, десертов, джемов, спредов, снеков, пресервов и полуфабрикатов. Тартразин применяется также при производстве косметики, средств гигиены, лекарств и биологически активных добавок. Хроническое употребление тартразина в высоких дозах (более 7,5 мг/кг) приводит к генотоксическим эффектам, которые опосредуют его канцерогенность [10]. Кроме того, тартразин способен приводить к оксидативному стрессу и в высоких дозах оказывать гепатотоксическое действие [11].

Описанные выше эффекты получены в исследованиях с применением пищевых добавок в дозах, значительно превосходящих установленные допустимые суточные дозы (ДСП), которые во многом формируются благодаря таким исследованиям. Вместе с тем необходимо помнить, что увеличение доли полуфабрикатов и готовых продуктов на рынке пищевой продукции может потенциально привести к потреблению значительных количеств пищевых добавок одним человеком.

Цель нашей работы – изучить влияние пищевых добавок на показатели липидного, белкового и углеводного обмена в сыворотке крови крыс разных возрастных групп.

Методы исследования. В нашем исследовании были проведены 8 серий хронических экспериментов на самцах белых крыс линии Wistar. Возраст животных составлял 1,5 месяца («молодые») и 4,5 месяца («взрослые»), масса тела 160 ± 20 г и 250 ± 12 г соответственно ($n = 64$).

Экспериментальные группы

1. Молодые крысы, потреблявшие глутамат натрия (далее – ГН) (n = 8).
2. Молодые крысы, потреблявшие бензоат натрия (далее – БН) (n = 8).
3. Молодые крысы, потреблявшие тартазин (далее – ТТ) (n = 8).
4. Молодые крысы – контроль (n = 8).
5. Молодые крысы, потреблявшие ГН (n = 8).
6. Взрослые крысы, потреблявшие БН (n = 8).
7. Взрослые крысы, потреблявшие ТТ (n = 8).
8. Взрослые крысы – контроль (n = 8).

На протяжении 30 суток крысы каждой группы (кроме контрольных) получали с питьевой водой раствор одной из пищевых добавок: 720 мг/кг ГН (мононатриевая соль L-глутаминовой кислоты, MSG; E 621, Sigma-Aldrich, США), 30 мг/кг БН (бензоат натрия, E 211, Пять океанов, Беларусь) и 45 мг/кг ТТ (тартазин, E 102, Roha Dychem, Индия). Доступ к чистой воде был неограничен, контрольные животные получали только чистую воду. Дозы добавок для крыс рассчитывались в соответствии с допустимыми суточными дозами для человека с использованием коэффициента пересчета для крыс [12; 13].

По завершении 30 дней животных декапировали, собирали смешанную кровь, из которой получали сыворотку. В сыворотке крови определяли содержание общего холестерина, триглицеридов, холестерина липопротеидов высокой и низкой плотности (ХС ЛПВП и ХС ЛПНП), общего белка и глюкозы, для чего использовали стандартные диагностические наборы (Диагенс, Беларусь) и планшетный фотометр BioTek ELx 808 (США).

Все экспериментальные работы выполнены с соблюдением правил биоэтики. Полученные данные статистически обрабатывались с помощью программы Statistica 10.0. Для межгруппового сравнения использовали критерий Манна – Уитни. Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимался равным 0,05. Результаты представлены в виде средней величины и стандартной ошибки средней ($\bar{x}_{cp} \pm Sx_{cp}$).

Результаты исследований. Исследование показателей липидного профиля в сыворотке крови молодых крыс при потреблении пищевых добавок показало, что содержание общего холестерина во всех анализируемых группах существенно не отличалось от контрольной группы (рисунок 1).

Включение в рацион ГН приводило к достоверному падению содержания триглицеридов на 28,41 %, возрастанию концентрации ХС ЛПНП на 20 % и уровня альбумина на 9,26 %; увеличению содержания глюкозы в сыворотке крови крыс на 33,12 % по сравнению с контрольной группой (рисунок 1, Г). Повышенный уровень глюкозы в крови после введения ГН, вероятно, связан с активацией глюконеогенеза из глутамата и глутамина [14].

У особей, получавших БН, уровни ХС ЛПВП и ХС ЛПНП значимо уменьшались на 28,33 % и 21,84 % соответственно, а содержание глюкозы увеличилось на 38,64 % (рисунок 1, В, Г, Ж).

При потреблении тартазина было выявлено только увеличение концентрации общего белка на 10,45 % (рисунок 1, Д). Полученные результаты согласуются с литературными данными, где показано токсическое действие тартазина в высоких дозах, однако при более длительном применении [15].

Изучение показателей обмена липидов, белков и углеводов в сыворотке крови зрелых крыс при потреблении пищевых добавок (тартазин, бензоат натрия, глутамат натрия) показало, что концентрация общего холестерина, уровни ХС ЛПВП и ХС ЛПНП, общего белка и содержание глюкозы в сыворотке крови в анализируемых группах существенно не изменялась по отношению к контролю (рисунок 2, А, В, Г, Д, Ж).

Включение в рацион глутамата натрия приводило к падению содержания триглицеридов на 21,13 % и повышению уровня альбумина на 20,25 % по сравнению с контрольной группой (рисунок 2, Б, Е).

У особей, получавших тартазин и бензоат натрия, выявлено статистически значимое увеличение уровня альбумина в сыворотке крови на 20,46 % и 18,49 % соответственно по сравнению с контролем (рисунок 2, Е). Повышение сывороточного альбумина может указывать на нарушение водно-электролитного баланса, в частности, на некоторую степень общей дегидратации в условиях длительного потребления пищевых добавок.

Проведенные исследования позволяют констатировать, что при введении в рацион молодых крыс глутамата натрия наблюдалось достоверное понижение содержания триглицеридов. Напротив, уровни ХС ЛПНП, альбумина и глюкозы статистически значимо повышались по сравнению с контрольной группой, что может указывать на существенные нарушения липидного, белкового и углеводного метаболизма.

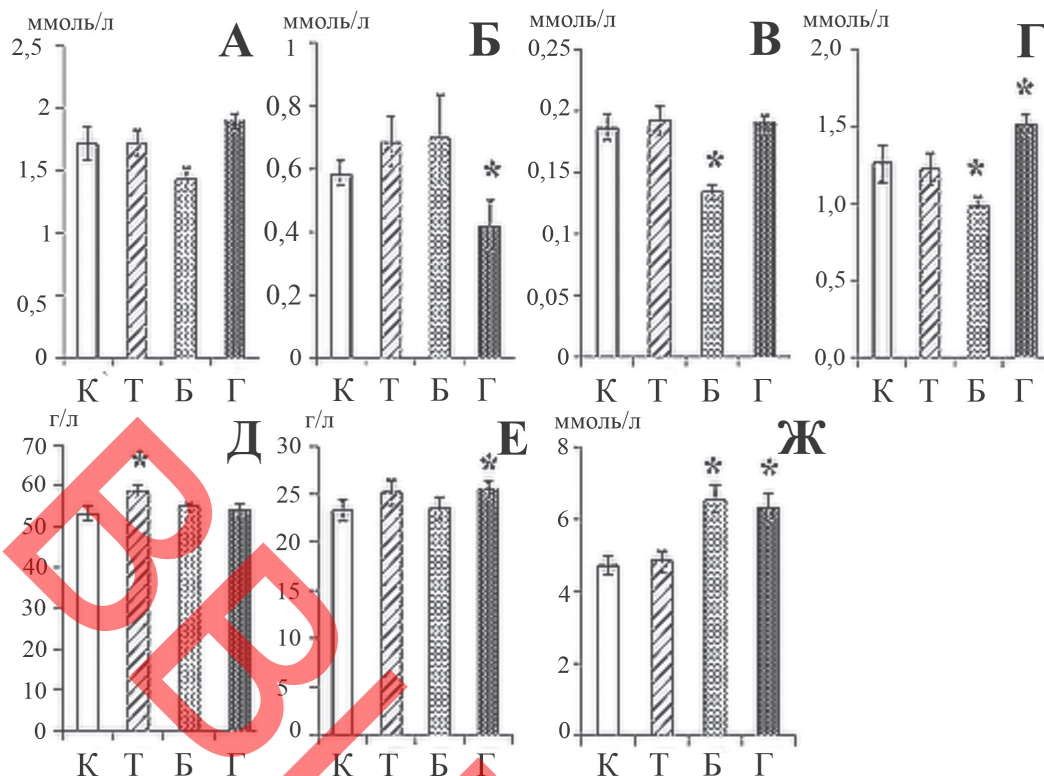


Рисунок 1 – Изменения уровней общего холестерина (А), триглицеридов (Б), ХС ЛПВП (В), ХС ЛПНП (Г), общего белка (Д), альбумина (Е) и глюкозы (Ж) в сыворотке крови молодых крыс, получавших пищевые добавки (К – контрольная группа (молодые крысы), Т – особи, получавшие ТТ; Б – БН; Г – ГН; * – достоверное отличие от контрольной группы при $p < 0,05$)

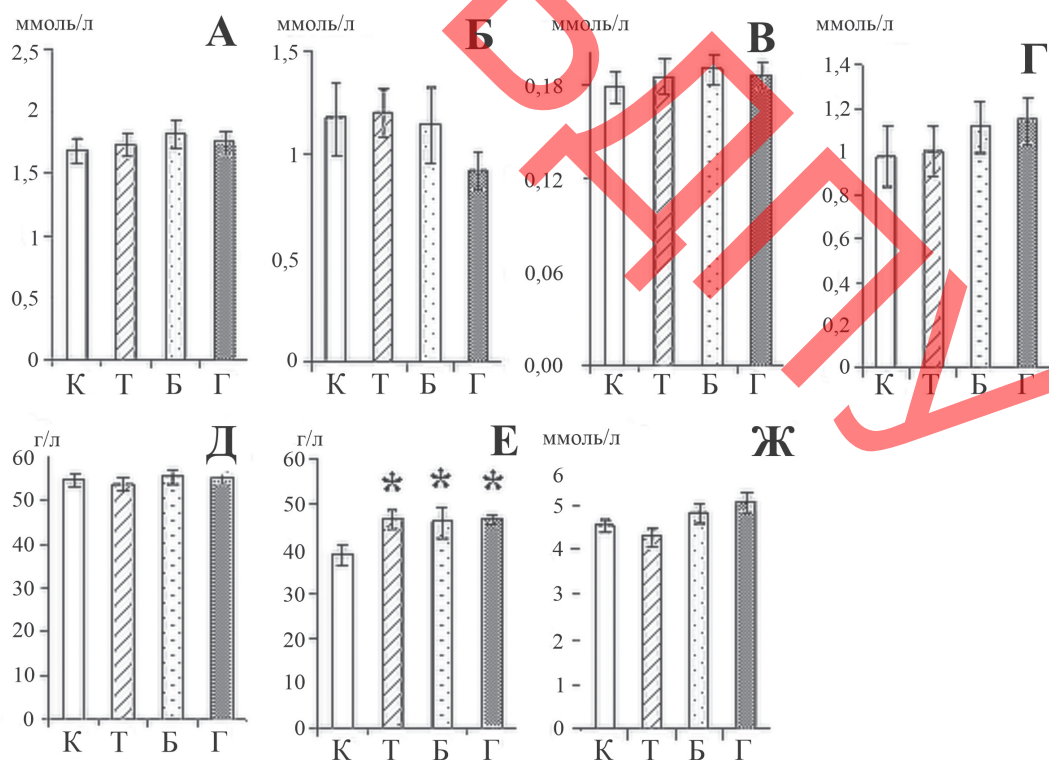


Рисунок 2 – Изменения уровней общего холестерина (А), триглицеридов (Б), ХС ЛПВП (В), ХС ЛПНП (Г), общего белка (Д), альбумина (Е) и глюкозы (Ж) в сыворотке крови зрелых крыс, получавших пищевые добавки (К – контрольная группа (зрелые крысы), Т – особи, получавшие тартразин; Б – бензоат натрия; Г – глутамат натрия; * – достоверное отличие от контрольной группы при $p < 0,05$)

При потреблении бензоата натрия у 1,5-месячных экспериментальных животных наблюдалось значительное увеличение содержания глюкозы и снижение концентрации ХС ЛПНП и ХС ЛПВП в сыворотке крови, что может указывать на активацию глюконеогенеза и развитие дислипидемии. Введение в рацион тартразина не оказывало существенных изменений в содержании основных показателей липидного, белкового и углеводного обмена.

Потребление бензоата натрия, тартразина и глутамата натрия у зрелых крыс не вызывало существенных изменений в содержании показателей липидного обмена (общий холестерин, триглицериды, ХС ЛПНП и ХС ЛПВП), глюкозы и общего белка в сыворотке крови, но статистически значимо повышало уровень альбумина во всех исследуемых группах.

Заключение. У зрелых крыс потребление бензоата натрия, тартразина и глута-

мата натрия не вызывает существенных изменений в содержании показателей липидного обмена, глюкозы и общего белка в сыворотке крови, но статистически значимо повышает уровень альбумина во всех исследуемых группах, что, по-видимому, вызвано общей дегидратацией в условиях длительного потребления пищевых добавок. Вместе с тем у молодых крыс при потреблении глутамата натрия наблюдается значимое снижение содержания триглицеридов, повышение уровней ХС ЛПНП, альбумина и глюкозы. При потреблении бензоата натрия у молодых крыс отмечается увеличение содержания глюкозы и снижение концентрации ХС ЛПНП и ХС ЛПВП в сыворотке крови. Таким образом, в молодом возрасте показано существенное влияние допустимых суточных доз пищевых добавок на показатели метаболизма, что может свидетельствовать о развитии нарушений в обмене веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Задачи и перспективы разработки продуктов функционального питания / В. Г. Цыганков, З. В. Ловкис, И. Н. Стигайло, С. В. Симоненко // Труды БГУ. – 2009. – Т. 4, Ч.1. – С. 60–67.
2. Wilson, B. G. Adverse reactions to food additives / B. G. Wilson, S. L. Bahna // *Ann Allergy Asthma Immunol.* – 2005. – Vol. 95(6). – P. 499–507.
3. Тихомирова, Н. А. Технология продуктов функционального питания / Н. А. Тихомирова. – М. : ООО «Франтэра», 2002. – 213 с.
4. Донскова, Л. А. Пищевые добавки в мясной индустрии: идентификация опасностей и скрининговый анализ риска / Л. А. Донскова // *Управленец.* – 2014. – № 3 (49). – С. 62–67.
5. Разумовский, М. В. Добавки – нормальный атрибут научно-технического прогресса / М. В. Разумовский // *Мясной ряд.* – 2011. – №1. – С.16–17.
6. Animal models for analyzing metabolic syndrome-associated liver diseases / K. Tsuneyama [et al.] // *Pathology International.* – 2017. – Vol. 67(11). – P. 539–546.
7. Люк, Э. Консерванты в пищевой промышленности / Э. Люк, М. Ягер; пер. с нем. – 3-е изд. – СПб. : Гиорд., 2000. – 256 с.
8. Bindu, Nair. Final Report on the Safety Assessment of Benzyl Alcohol, Benzoic Acid, and Sodium Benzoate / Nair Bindu // *International Journal of Toxicology.* – 2001. – Vol. 20 (Suppl 3). – P. 23–50.
9. Piper, P. W. Yeast superoxide dismutase mutants reveal a pro-oxidant action of weak organic acid food preservatives / P. W. Piper // *Free Radical Biology and Medicine.* – 1999. – P. 1219–1227.

REFERENCES

1. Zadachi i perspektivy razrabotki produktov funkcional'nogo pitaniya / V. G. Cygankov, Z. V. Lovkis, I. N. Stigajlo, S. V. Simonenko // *Trudy BGU.* – 2009. – T. 4, Ch.1. – S. 60–67.
2. Wilson, B. G. Adverse reactions to food additives / B. G. Wilson, S. L. Bahna // *Ann Allergy Asthma Immunol.* – 2005. – Vol. 95(6). – P. 499–507.
3. Tihomirova, N. A. Tekhnologiya produktov funkcional'nogo pitaniya / N. A. Tihomirova. – M. : ООО «Frantera», 2002. – 213 s.
4. Donskova, L. A. Pishchevye dobavki v myasnoj industrii: identifikaciya opasnostej i skringovyy analiz riska / L. A. Donskova // *Upravlenec.* – 2014. – № 3 (49). – S. 62–67.
5. Razumovskij, M. V. Dobavki – normal'nyj atribut nauchno-tekhnicheskogo progressa / M. V. Razumovskij // *Myasnoj ryad.* – 2011. – №1. – S.16–17.
6. Animal models for analyzing metabolic syndrome-associated liver diseases / K. Tsuneyama [et al.] // *Pathology International.* – 2017. – Vol. 67(11). – P. 539–546.
7. Lyuk, E. Konservanty v pishchevoj promyshlennosti / E. Lyuk, M. Yager; per. s nem. – 3-e izd. – SPb. : Giord., 2000. – 256 s.
8. Bindu, Nair. Final Report on the Safety Assessment of Benzyl Alcohol, Benzoic Acid, and Sodium Benzoate / Nair Bindu // *International Journal of Toxicology.* – 2001. – Vol. 20 (Suppl 3). – P. 23–50.
9. Piper, P. W. Yeast superoxide dismutase mutants reveal a pro-oxidant action of weak organic acid food preservatives / P. W. Piper // *Free Radical Biology and Medicine.* – 1999. – P. 1219–1227.

10. Amchova, P. Health safety issues of synthetic food colorants / P. Amchova H. Kotolova, J. Ruda-Kucerova // *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. – 2015. – Vol. 73(3). – P. 914–22.
11. Curcumin protects against tartrazine-mediated oxidative stress and hepatotoxicity in male rats / G. E. El-Desoky [et al.] // *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*. – 2017. – Vol. 21(3). – P. 635–645.
12. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / под ред. Р. У. Хабриева. – М. : Медицина, 2005. – 832 с.
13. Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп взрослого населения 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.
14. Malik, V. B. T. Studies on effect of monosodium glutamate (MSG) on various fractions of lipids and certain carbohydrate metabolic enzymes in liver and blood of adult mice. / V. B. T. Malik, P. Ahluwalia // *Toxicol. Lett.* – 2011. – Vol. 74. – P. 69–77.
15. A 90 day oral toxicity study of tartrazine, a synthetic food dye, in Wistar rats. / I. Himri [et al.] // *Int J. Pharm. Pharm. Sci.* – 2011. – Vol. 3. – P. 159–169.
10. Amchova, P. Health safety issues of synthetic food colorants / P. Amchova H. Kotolova, J. Ruda-Kucerova // *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. – 2015. – Vol. 73(3). – P. 914–22.
11. Curcumin protects against tartrazine-mediated oxidative stress and hepatotoxicity in male rats / G. E. El-Desoky [et al.] // *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*. – 2017. – Vol. 21(3). – P. 635–645.
12. Rukovodstvo po eksperimental'nomu (doklinicheskomu) izucheniyu novykh farmakologicheskikh veshchestv / pod red. R. U. Habrieva. – M. : Medicina, 2005. – 832 s.
13. Normy fiziologicheskikh potrebnostej v pishchevyh veshchestvah i energii dlya razlichnyh grupp vzroslogo naseleniya 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.
14. Malik, V. B. T. Studies on effect of monosodium glutamate (MSG) on various fractions of lipids and certain carbohydrate metabolic enzymes in liver and blood of adult mice. / V. B. T. Malik, P. Ahluwalia // *Toxicol. Lett.* – 2011. – Vol. 74. – P. 69–77.
15. A 90 day oral toxicity study of tartrazine, a synthetic food dye, in Wistar rats. / I. Himri [et al.] // *Int J. Pharm. Pharm. Sci.* – 2011. – Vol. 3. – P. 159–169.