

УДК 664.019

Поступила в редакцию 28.11.2025
Received 28.11.2025

**И. М. Почицкая, К. С. Рябова, А. А. Журня, М. С. Алексеенко,
Т. В. Окулова, В. Л. Рослик**

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ПРОБЛЕМА НАКОПЛЕНИЯ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

Аннотация. В статье представлен обзор содержания токсичного соединения бенз(а)пирен в пищевых продуктах, который образуется в процессе термической обработки продуктов, его влияние на организм человека и методы контроля.

Ключевые слова: пищевые продукты, термическая обработка, показатели безопасности, бенз(а)пирен.

**I. M. Pochitskaia, K. S. Riabova, A. A. Zhurnia, M. S. Alekseenko,
T. V. Okulova, V. L. Roslik**

*RUE «The scientific and practical centre for foodstuffs of the National Academy of Sciences
of Belarus», Minsk, Belarus.*

THE PROBLEM OF BENZ(A)PYRENE ACCUMULATION IN FOOD PRODUCTS

Abstract. The article presents an overview of the content of the toxic compound benz(a)pyrene in food products, which is formed during the thermal processing of products, its effect on the human body and control methods.

Keywords: food products, thermal processing, safety indicators, benz(a)pyrene.

Введение. Важной проблемой безопасности пищевых продуктов является обнаружение, определение содержания и нормирование допустимых уровней канцерогенных веществ. Показателем наличия и воздействия канцерогенных полициклических ароматических углеводородов в пищевых продуктах можно использовать содержание в них бенз(а)пирена, относящегося к числу наиболее распространенных канцерогенных веществ в окружающей человека среде [1, 2]. Целью данной работы является обобщение и анализ современных научных данных о токсикологических свойствах бенз(а)пирена, его содержания в пищевых продуктах и механизмах негативного воздействия на организм человека для оценки рисков и обоснования строгого контроля.

Результаты исследований и их обсуждение. Бенз(а)пирен (БаП), как и все полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – главным образом результат технического прогресса, следствие деятельности человека. Бенз(а)пирен – один из самых мощных и при этом широко распространенный канцероген, отнесен к веществам первого класса опасности, т.е. вещества с чрезвычайно высоким опасным воздействием на окружающую среду, при этом изменения, вызываемые ими, необратимы и восстановлению не подлежат. Будучи химически и термически устойчивым, обладая свойствами биоаккумуляции, попав и накапливаясь в организме, БаП действует постоянно [3]. Он попадает в организм человека не только из внешней среды, но и с такими пищевыми продуктами, в которых существование углеводородов до настоящего времени не предполагалось. Это хлеб, зерно, овощи, фрукты, растительные масла, копчености и мясные продукты, поджаренные на древесном угле. В подгоревшей корке хлеба содержание БаП повышается до 0,5 мкг/кг, в подгоревшем бисквите – до

0,75 мкг/кг. При сушке зерна топочными газами, образуемыми при сгорании мазута, содержание БаП увеличивается в 2-3 раза, при использовании природного газа – в 1,2 раза по сравнению с его первоначальным содержанием [4].

Исследования по диетической оценке воздействия БаП в пищевой продукции и оценки степени риска показали его большое количество в жареном мясе (до 4 мкг/кг), так же в жареной курице (до 5,5 мкг/кг) [5,6]. Аналогичные исследования по другим пищевым продуктам легли в основу Регламента Комиссии ЕС № 1881/2006 по содержанию БаП. Определено, что в копченых продуктах должно содержаться до 5 мкг/кг БаП, в растительных маслах и жирах менее 2 мкг/кг, в зерновых, в том числе в детском питании, до 1 мкг/кг. ВОЗ рекомендует поступление БаП с пищей на уровне не более 0,36 мкг в день, при среднем уровне в 0,05 мкг в день [7]. Рассматривая процессы копчения, специалисты отмечают, что в копченых продуктах содержание БаП составляет до 500 мкг/кг.

После поступления в организм большая часть БаП накапливается в желудочно-кишечном тракте, придаточной клетчатке, легких, печени, головном мозге и почках [8]. БаП обладает высокой липофильностью и легко всасывается в клетки через плазматическую мембрану. БаП может метаболизироваться в десятки метаболитов посредством ферментов, метаболизирующих ароматические углеводороды [9,10], таких как 1,2-дигидрокси-1,2-дигидробензпирен, бензпирендикетон и бензопирена 7,8-диол-9,10-эпоксида (БПДЕ). Превращение в гидроксильные соединения или кетоны представляет собой реакцию детоксикации, а превращение в эпоксид – реакцию активации. Около 10% БаП превращается в организме в БПДЕ, который обладает сильной окислительной способностью, которая может вызывать окислительное повреждение ДНК, влиять на репликацию ДНК и вызывать апоптоз и мутацию генов [11].

БаП хорошо известен своей канцерогенной активностью еще в начале 1930-х годов, а многочисленные исследования, начиная с 1970-х годов, документально подтвердили связь между потреблением БаП и раком [12, 13]. Международное агентство по исследованию рака классифицировало его как канцероген I класса. Воздействие БаП приводит к обширному и избирательному образованию БПДЕ, который обладает высокой активностью взаимодействия с ДНК и образует аддукт ДНК, основной мутаген в табачном дыме [14]. Собственно говоря, БаП является проканцерогеном. Его канцерогенные эффекты зависят от активности ферментов детоксикации цитохрома P450 1A1 (CYP1A1) и CYP1B1, которые ферментативно превращают БаП в БПДЕ. Кроме того, БаП индуцирует экспрессию гена CYP1A1, активируя сигнальный путь ядерной транслокации AhR [15,16]. Более того, большинство аддуктов БПДЕ-ДНК можно удалить из ДНК с помощью механизма эксцизионной репарации нуклеотидов внутри клетки. Следовательно, постоянный или высокий прием БаП неизбежно вызовет ошибки во время репликации ДНК, приводящие к канцерогенным мутациям. Кроме того, появляется все больше доказательств того, что БаП оказывает сильное токсическое воздействие на нервную систему, иммунную систему и репродуктивную систему [16,17].

Помимо канцерогенных эффектов БаП также участвует в развитии и прогрессировании сердечно-сосудистых заболеваний. Влияние БаП играет жизненно важную роль в этиологии атеросклероза. Эндотелий представляет собой внутренний клеточный слой кровеносных сосудов и поддерживается гладкомышечными клетками и перицитами, которые формируют структуру сосудов [18]. Из-за прямого контакта с кровью эндотелий кровеносных сосудов неизбежно подвергается воздействию генотоксических веществ, которые системно поглощаются организмом, включая БаП [19]. Одним из ключевых этапов развития атеросклероза является дисфункция эндотелия сосудов, за которой следует гибель клеток и местная воспалительная реакция [20]. Кроме того, имеются убедительные доказательства того, что окислительный стресс является одним из наиболее мощных индукторов воспаления сосудов при атерогенезе. ядерный фактор-κВ (NF-κB) может напрямую реагировать на окислительный стресс, вызванный BaP, а активация NF-κB является ключевым окислительно-восстановительным событием, связанным с сосудистой дисфункцией [21].

Бенз(а)пирен может оказывать влияние на систолическое артериальное давление. Исследования показали, что систолическое артериальное давление значительно повышается, а реакция аорты на фенилэфрин усиливается у крыс, подвергшихся воздействию БаП. Обработка БаП крыс линии Спрэг-Дуули не оказывала влияние на частоту сердечных сокращений, однако отмечалось потеря веса и заметно повышалось кровяное давление у экспериментальных животных [9]

Жюль и др. [22] установили, что воздействие БаП приводит к функциональным нарушениям сердечно-сосудистой системы у молодых особей, что может привести к сердечно-сосудистой дисфункции в более позднем возрасте. Воздействие БаП изменило циркадный характер артериального давления с уменьшением нормального режима падения во время сна. Это было связано с повышенным рекрутированием нейтрофилов в легких крыс, подвергшихся воздействию БаП. Внутривенная инъекция БаП повышала экспрессию CYP1A, CYP1B1, CYP1C1, CYP1C2 и COX1 в брыжеечных артериях рыбок да-нио, что позволяет предположить, что БаП связан с изменением сердечно-сосудистой функцией [23].

Показано, что бенз(а)пирен, благодаря своей липофильной природе легко преодолевает гематоэнцефалический барьер и затем накапливается и метаболизируется в головном мозге [24]. Проведенные исследования установили нейротоксические эффекты бенз(а)пирена *in vivo*. Из-за высокого содержания липидов, быстрого метаболизма и снижения уровня антиоксидантных ферментов в нервной системе было высказано предположение, что нервная система может быть очень восприимчива к повреждению БаП, хотя точный механизм, который приводит к повреждению нейронов центральной нервной системы (ЦНС) еще предстоит выяснить. Авторами установлено, что с поведенческого аспекта БаП влияет на нервно-мышечные, вегетативные, сенсомоторные и физиологические функции, а также влияет на развитие и пластичность ЦНС [24–26]. Помимо прямого повреждения, нейроны также подвержены воспалительным повреждениям, возникающим в результате активации глиальных клеток в головном мозге. Однако опубликовано мало информации, связывающей БаП с модуляцией активации глиальных клеток. В исследовании Weng et al., проведенном в 2004 году, сообщалось о повышении уровня циклооксигеназы-2 в астроцитах после лечения метаболитом БаП, опосредованном ядерным фактором каппа В (NFκB) [27], что предполагает модуляцию воспалительного ответа внутри клетки.

Определение содержания БаП в Республике Беларусь регламентируется СТБ ГОСТ Р 51650-2001 Продукты пищевые. Методы определения массовой доли бенз(а)пирена [28]. Настоящий стандарт распространяется на продовольственное сырье, пищевые продукты, пищевые и вкусовые добавки и устанавливает методы определения массовой доли БаП с применением спектрофлуориметрии при низкой и комнатной температуре и высокоэффективной жидкостной хроматографии. Данный стандарт входит в перечень стандартов, содержащих правила и методы исследований и измерений, необходимые для применения и исполнения требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011 [29]. Предельно допустимое содержание (ПДС) бенз(а)пирена на территории Таможенного союза в соответствии с данным регламентом установлено на уровне не более 0,001 мг/кг для большинства продуктов, 0,002 мг/кг в растительном масле и молоке и молочной продукции, 0,005 мг/кг для копченой рыбной продукции, не допускается (менее 0,0002 мг/кг) в кашах для беременных и кормящих и детском питании.

Таким образом, бенз(а)пирен (БаП) является ярким представителем полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), обусловленных, прежде всего, антропогенными источниками и техническим прогрессом. Его уникальная химическая и термическая устойчивость, а также выраженная липофильность способствуют биоаккумуляции в организме, что приводит к постоянному канцерогенному воздействию даже при низком уровне внешнего воздействия. Подвергшись метаболической активации посредством цитохромов P450 (CYP1A1, CYP1B1), БаП превращается в высокореактивный метаболит – бензпирен-7,8-диол-9,10-эпоксид (БПДЕ). Этот активный интермедиат вступает в реакцию с нуклеиновыми кислотами, формируя ДНК-аддукты, которые представляют собой критический начальный этап канцерогенеза и могут вызывать ошибочную репликацию генетического материала, способствуя мутагенезу и развитию опухолевых процессов.

Пищевые продукты представляют собой один из основных источников попадания БаП в организм человека. Содержание этого канцерогена существенно увеличивается при использовании высокотемпературных процессов обработки продуктов – от копчения до подгорания хлеба и жарки мяса. Диетическая оценка риска, осуществленная на базе проведенных исследований, подтверждает зависимость от уровня потребления: даже минимальное превышение нормативов (установленных на уровне микрограмм на килограмм) формирует риск возникновения генетических повреждений, приводящих к канцерогенезу. В случае копченых про-

дуктов и жареного мяса концентрация БаП может достигать критических значений, что подчеркивает необходимость строгого контроля за технологическими процессами приготовления продуктов.

Помимо прямой канцерогенности, БаП оказывает мультисистемное токсическое воздействие, затрагивая сердечно-сосудистую систему через дисфункцию эндотелия, инициируя окислительный стресс, активируя сигнальные пути (например, NF-κB) и изменяя циркадный ритм артериального давления. Нейротоксичность этого соединения, обусловленная его способностью преодолевать гематоэнцефалический барьер, приводит к функциональным нарушениям ЦНС, что проявляется в изменениях нейрональной активности, воспалительных процессах в глиальных клетках и потенциале для развития когнитивных нарушений.

Современные исследования подчеркивают, что воздействие бенз(а)пирена является комплексным и многоплановым: оно влияет не только на генетическую стабильность клеток, но также инициирует системные нарушения, затрагивающие функции сердечно-сосудистой, нервной и иммунной систем. Для снижения риска заболевания необходимо не только совершенствование технологических процессов пищевого производства, минимизирующих образование БаП, но и углубленные исследования его биотоксикологических механизмов, что позволит разработать эффективные меры по защите здоровья населения и охране окружающей среды.

Таким образом, бенз(а)пирен представляет собой серьезную угрозу безопасности пищевых продуктов, являясь мощным канцерогеном первого класса опасности. Его устойчивость, способность к биоаккумуляции и многообразие путей поступления в организм (с копчеными, жареными и даже подвергнутыми неправильной обработке продуктами) делают его повсеместным и опасным контаминантом.

Проблема содержания в пищевых продуктах бенз(а)пирена требует комплексного подхода, включающего как постоянный мониторинг и соблюдение нормативов, так и совершенствование технологий пищевого производства для минимизации его образования. Дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на углубленном изучении механизмов системной токсичности БаП и разработке эффективных способов снижения его содержания в пищевой цепи для обеспечения здоровья настоящих и будущих поколений.

Список использованных источников

1. Альпакова, Г. Д. Показатели безопасности пищевых продуктов по содержанию бенз(а)пирена – проблемы и перспективы / Г. Д. Альпакова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия Пищевые добавки и биотехнологии. – 2017. – Т.5, №2. – С. 5-10.
2. Шевченко, Е. А. Гигиеническая оценка содержания бенз(а)пирена в пищевых продуктах / Е. А. Шевченко, К. О. Алабина // Актуальные исследования». – 2022. – № 50 (129).
3. Беркетова, Л. В. Канцерогенные соединения, образующиеся в пищевых продуктах под действием тепловой обработки / Л. В. Беркетова, А. Д. Захарова // Бюллетень науки и практики. - 2017. - №2(15). - С. 115-120
4. Джангирова, Г. З. Определение бенз(а)пирена методом ВЭЖХ в местном сорте пшеницы / Г. З. Джангирова, Б. Толибов, Ш. Кузубоев, Д. Макхамов. // Журнал аналитической химии и контроля качества пищевых продуктов. – 2010. – №4. – С. 45–50.
5. Lee B. M, Shim G. A. Dietary exposure estimation of benzo[a]pyrene and cancer risk assessment. / B. M Lee, G. A. Shim // Journal of Toxicology and Environmental Health Part A. – 2007 Aug. – 70 (15- 16):1391-4.
6. Aygün S. F., Kabadayi F. Determination of benzo[a]pyrene in charcoal grilled meat samples by HPLC with fluorescence detection. / S. F. Aygün, F. Kabadayi // International Journal of Food Sciences and Nutrition. – 2005. Dec; 56(8):581-5.
7. Polynuclear Aromatic Hydrocarbons // Guidelines for Drinking-water Quality. 2nd ed. Vol. 2. Health Criteria and other Supporting Information. – Pfannhauser, 1991. – 32 p.
8. Jin X, Hua Q, Liu Y, Wu Z, Xu D, Ren Q, et al. Organ and tissue-specific distribution of selected polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in ApoE-KO mouse. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scihub.st/10.1016/j.envpol.2021.117219>. – Дата доступа: 18.02.2025.
9. Gan T. E, Xiao S. P, Jiang Y, Hu H, Wu YH, Duerksen-Hughes PJ, et al. Effects of benzo(a)pyrene on the contractile function of the thoracic aorta of Sprague-Dawley rats. / T. E. Gan, S. P. Xiao, Y. Jiang, H. Hu, Y. H. Wu, et al. // Biomed Environ Sci. – (2012). – 25:549–56.

10. Bolton J. L., Trush M. A., Penning T. M., Dryhurst G., Monks T. J. Role of quinones in toxicology. / J. L. Bolton, M. A. Trush, T. M. Penning, G. Dryhurst, T. G. Monks. // *Chem Res Toxicol.* – (2000) – 13:135–60.
11. Phillips D. H. Fifty years of benzo(a)pyrene. / D. H. Phillips. // *Nature.* – (1983) – 303:468–72.
12. Myers J. N., Harris K. L., Rekhadevi P. V., Pratap S., Ramesh A. Benzo(a)pyrene-induced cytotoxicity, cell proliferation, DNA damage, and altered gene expression profiles in HT-29 human colon cancer cells. / J. N. Myers, K. L. Harris, P. V. Rekhadevi, S. Pratap, A. Ramesh. // *Cell Biol Toxicol.* – (2021). – 37:891–913.
13. Xue J., Zhao Q., Sharma V., Nguyen L. P., Lee Y. N., Pham K. L., et al. Aryl hydrocarbon receptor ligands in cigarette smoke induce production of interleukin-22 to promote pancreatic fibrosis in models of chronic pancreatitis. // *Gastroenterology.* – (2016). – 151:1206–17.
14. Tzeng H. P., Yang T. H., Wu C. T., Chiu H. C., Liu S. H., Lan K. C. Benzo[a]pyrene alters vascular function in rat aortas ex vivo and in vivo. / J. Xue, Q. Zhao, V. Sharma, L. P. Nguyen, Y. N. Lee, K. L. Pham, et al. // *Vascul Pharmacol.* – (2019). – 121:106578.
15. Abbass M., Chen Y., Arlt V.M., Stürzenbaum S. R. Benzo[a]pyrene and *Caenorhabditis elegans*: defining the genotoxic potential in an organism lacking the classical CYP1A1 pathway. / M. Abbass, Y. Chen, V. M. Arlt, S. R. Stürzenbaum. // *Arch Toxicol.* – (2021). – 95:1055–69.
16. Jee S. C., Kim M., Kim K. S., Kim H. S., Sung J. S. Protective effects of myricetin on benzo[a]pyrene-induced 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine and BPDE-DNA Adduct. / S. C. Jee, M. Kim, K. S. Kim, H. S. Kim, J. S. Sung. // *Antioxidants.* – (2020). – 9:446.
17. Cella M., Colonna M. Aryl hydrocarbon receptor: linking environment to immunity. / M. Cella, M. Colonna. // *Semin Immunol.* – (2015). – 27:310–4.
18. Ji K., Xing C., Jiang F., Wang X., Guo H., Nan J., et al. Benzo[a]pyrene induces oxidative stress and endothelial progenitor cell dysfunction via the activation of the NF- κ B pathway. / K. Ji, C. Xing, F. Jiang, X. Wang, H. Guo, J. Nan et al. // *Int J Mol Med.* – (2013). – 31:922–30.
19. Kress J. M., Dio L. D., Heck L., Pulliero A., Izzotti A., Laarmann K., et al. Human primary endothelial cells are impaired in nucleotide excision repair and sensitive to benzo[a]pyrene compared with smooth muscle cells and pericytes. / J. M. Kress, L. D. Dio, L. Heck, A. Pulliero, A. Izzotti, K. Laarmann, et al. // *Sci Rep.* – (2019). – 9:13800.
20. Knaapen A. M., Curfs D. M., Pachen D. M., Gottschalk R. W., Winther M. P., de Daemen M. J., et al. The environmental carcinogen benzo[a]pyrene induces expression of monocyte-chemoattractant protein-1 in vascular tissue: a possible role in atherogenesis. / A. M. Knaapen, D. M. Curfs, D. M. Pachen, R. W. Gottschalk, M. P. Winther, M. J. de Daemen, et al. // *Mutat Res.* – (2007). – 621:31–41.
21. Ji K., Xing C., Jiang F., Wang X., Guo H., Nan J., et al. Benzo[a]pyrene induces oxidative stress and endothelial progenitor cell dysfunction via the activation of the NF- κ B pathway. / K. Ji, C. Xing, F. Jiang, X. Wang, H. Guo, J. Nan et al. // *Int J Mol Med.* – (2013). – 31:922–30.
22. Jules G. E., Pratap S., Ramesh A., Hood D. B. In utero exposure to benzo(a)pyrene predisposes offspring to cardiovascular dysfunction in later-life. / G. E. Jules, S. Pratap, A. Ramesh, D. B. Hood. // *Toxicology.* – (2012). – 295:56–67.
23. Bugiak B., Weber L. P. Hepatic and vascular mRNA expression in adult zebrafish (*Danio rerio*) following exposure to benzo-a-pyrene and 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin. / B. Bugiak, L. P. Weber. // *Aquat Toxicol.* – (2009). – 95:299–306.
24. Rouet P., Alexandrov K., Markovits P., Frayssinet C., Dansette P. M. Metabolism of benzo[a]pyrene by brain microsomes of fetal and adult rats and mice. Induction by 5,6 benzoflavone, comparison with liver and lung microsomal activities. / P. Rouet, K. Alexandrov, P. Markovits, C. Frayssinet, P. M. Dansette. // *Carcinogenesis.* – (1981). – 2: 919–926.
25. Tu B., Cheng S., Hu X. Effects on the survival rates and damage on DNA of benzo[a]pyrene or lead alone or in combination in rat neurons in vivo. / B. Tu, S. Cheng, X. Hu. // *Wei Sheng Yan Jiu.* – (2004). – 33: 660–662.
26. Tu B., Wu T., He H. Study on the neurotoxicity and brain tissue HSPs level in benzo[a]pyrene exposed mice. / B. Tu, T. Wu, H. He. // *Wei Sheng Yan Jiu.* – (2004). – 33: 15–17.
27. Saunders C. R., Shockley D. C., Knuckles M. E. Behavioral effects induced by acute exposure to benzo(a)pyrene in F-344 rats. / C. R. Saunders, D. C. Shockley, M. E. Knuckles // *Neurotox Res.* – (2001). – 3: 557–579.
28. О безопасности пищевой продукции: ТР ТС 021/2011 : принят 09.12.2011 : вступ. в силу 01.07.2013 / Евраз. экон.комис. – Минск : Госстандарт, 2012. – 196 с.
29. ГОСТ Р 51650-2000 Продукты пищевые. Методы определения массовой доли бенз(а)пирена (Food stuffs. Methods for determination of benz(a)pyren fraction of total mass). Принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 3 октября 2000 г. №247-ст.

Информация об авторах

Почицкая Ирина Михайловна, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник – заведующий научно-исследовательским сектором Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

Рябова Кристина Святославна, кандидат технических наук, начальник Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: rkik-npc@mail.ru

Журня Анна Александровна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник сектора комплексных научных исследований питания республиканского контрольно – испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: otpit@tut.by

Алексеенко Маргарита Сергеевна, старший научный сотрудник лаборатории хроматографических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, д. 29, 220037,

г. Минск, Республика Беларусь)

E-mail: info@belproduct.com

Окулова Татьяна Витальевна, научный сотрудник сектора комплексных научных исследований питания республиканского контрольно – испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: otpit@tut.by

Рослик Валентина Лолевна, Заведующий лабораторией хроматографических исследований РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: rkik-npc@mail.ru

Information about authors

Pochitskaya Irina Mikhailovna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher – Head of Research Sector of the Republican Control and Testing Complex for Food Quality and Safety of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”. (29, Kozlova St., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

Ryabova Kristina Svyatoslavna, Ph.D (Technical), the head of the Republican control and testing complex for foodstuffs quality and safety of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: rkik-npc@mail.ru

Zhurnia Hanna Alexandrovna, Ph.D (Technical), Leading Research Scientist of the Sector for Comprehensive Scientific Research on Nutrition at the Republican Control and Testing Complex for Food Product Quality and Safety, RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: otpit@tut.by

Alekseenko Margarita Sergeevna, Senior Researcher at the Chromatographic Research Laboratory Republican Test Complex, RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova street, Minsk, 220037, Republic of Belarus).

E-mail: info@belproduct.com

Akulava Tatsiana Vitalievna, Research Scientist of the Sector for Comprehensive Scientific Research on Nutrition at the Republican Control and Testing Complex for Food Product Quality and Safety, RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: otpit@tut.by

Roslik Valentina Lolyevna, Head of the Chromatographic Research Laboratory RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: rkik-npc@mail.ru