

ISSN 1814-6023 (Print)
ISSN 2524-2350 (Online)

УДК 613.294:612
<https://doi.org/10.29235/1814-6023-2019-16-3-332-338>

Поступила в редакцию 21.11.2018
Received 21.11.2018

А. Э. Пыж, А. В. Чуприна, Р. Н. Ясюченя

Институт физиологии НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

ВЛИЯНИЕ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК НА ВЫЖИВАЕМОСТЬ ШТАММОВ КИШЕЧНОЙ ПАЛОЧКИ, ЭНТЕРОКОККОВ, БИФИДОБАКТЕРИЙ И ЛАКТОБАЦИЛЛ

Аннотация. Изложены результаты оценки выживаемости пробиотических микроорганизмов на средах, содержащих глутамат натрия, тартразин и бензоат натрия в диапазоне концентраций 10^{-4} – 10^{-7} М *in vitro*. Показано, что влияние глутамата натрия, бензоата натрия и тартразина проявляется как сильным угнетением жизнеспособности культур, так и стимуляцией их роста. У штамма *Lactobacillus acidophilus* с тартразином 10^{-4} и 10^{-5} М выживаемость составила от 10,5 до 45,62 % в сравнении с контролем. Выживаемость штамма *Enterococcus faecium* SF 68 с пищевыми добавками 10^{-5} и 10^{-6} М равнялась 15,29 и 35,6 % соответственно, штамма *Escherichia coli* M 17 – в пределах от 49,1 до 58,29 % к контролю.

Ключевые слова: тартразин, глутамат натрия, бензоат натрия, пробиотические бактерии, рост микроорганизмов

Для цитирования: Пыж, А. Э. Влияние пищевых добавок на выживаемость штаммов кишечной палочки, энтерококков, бифидобактерий и лактобацилл / А. Э. Пыж, А. В. Чуприна, Р. Н. Ясюченя // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. мед. наук. – 2019. – Т. 16, № 3. – С. 332–338. <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2019-16-3-332-338>

A. E. Pyzh, A. V. Chuprina, R. N. Yasyuchenya

Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

EFFECTS OF FOOD ADDITIVES ON SURVIVAL OF STRAINS *ESCHERICHIA*, *ENTEROCOCCUS*, *BIFIDOBACTERIA* AND *LACTOBACILLUS*

Abstract. The results of assessing the survival rate of probiotic microorganisms on media containing sodium glutamate, tartrazine and sodium benzoate in the concentration range of 10^{-4} – 10^{-7} M *in vitro* are presented. It is shown that the effect of glutamate, sodium benzoate and tartrazine on different strains manifests itself both in a sharp inhibition of the viability of cultures and a stimulation of their growth. In the *Lactobacillus acidophilus* with tartrazine of 10^{-4} M and 10^{-5} M, the survival rate of the strain ranged from 10.5 to 45.62 % as compared to the control. The survival rate of the *Enterococcus faecium* SF 68 strain with nutritional supplements of 10^{-5} M and 10^{-6} M was 15.29 and 35.6 %, respectively, and *Escherichia coli* M 17 strain ranged from 49.1 to 58.29 % as compared to the control.

Keywords: tartrazine, monosodium glutamate, sodium benzoate, probiotic bacteria, microorganism growth

For citation: Pyzh A. E., Chuprina A. V., Yasyuchenya R. N. Effects of food additives on survival of strains *Escherichia*, *Enterococcus*, *Bifidobacteria* and *Lactobacillus*. *Vesti Natsyonal'noi akademii nauk Belarusi. Seriya meditsinskikh nauk* = *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Medical series*, 2019, vol. 16, no. 3, pp. 332–338 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2019-16-3-332-338>

Введение. Наличие в настоящее время широчайшего ассортимента пищевых добавок, включающего свыше 2500 наименований, является следствием индустриализации общества и развития технологий пищевой промышленности. Любая пищевая добавка разрешается к применению после изучения ее токсичности и безопасности для здоровья человека.

Несмотря на это, имеющихся знаний о последствиях длительного поступления в организм подобных химических веществ, их комбинированном эффекте и путях метаболизма явно недостаточно. В частности, получены доказательства негативного влияния красителей, усилителей вкуса, консервантов на желудочно-кишечный тракт, сердечно-сосудистую систему, кишечные микроорганизмы. Показано, что пищевые красители (тартразин, понсо, кармуазин, желтый «солнечный закат») метаболизируются рядом энтеробактерий и лактобацилл с образованием канцерогенных ароматических соединений, однако механизм деградации таких ксенобиотиков допод-

линно не известен [1]. Тартразин имеет бактериостатическую активность на пробиотические штаммы [2], обладает цитотоксическими свойствами в отношении нормофлоры полости рта [3].

На модельных системах показано, что некоторые пищевые добавки, длительно поступающие в пищеварительный тракт крысы, увеличивают влияние симпатической нервной системы на сердце, вызывают изменение активности ряда ферментов, снижение концентраций гемоглобина, восстановленного глутатиона, числа эритроцитов [2, 4].

Принято считать, что индивидуальная реакция организма может варьироваться в зависимости от дозы, возраста, пола, рациона питания, генетических факторов и длительности воздействия низких доз [5, 6].

Немаловажен и тот факт, что различные классы пищевых добавок входят в рецептуры продуктов повседневного спроса, как правило, целыми комплексами, что подразумевает их хроническое поступление в пищеварительный тракт, возможность химических превращений, кумулятивный эффект, длительное действие на кишечный микробиоценоз. В результате возникает закономерный вопрос о прогнозировании их сочетанного влияния. Более того, сведения литературных источников, посвященных вопросам особенностей действия пищевых добавок на различные системы организма, не систематизированы, фрагментарны и разобщены, упоминаний о комплексном их воздействии практически не встречается. Единичные исследования, нацеленные на прояснение возможного сочетанного действия широко используемых добавок на микрофлору кишечника как неотъемлемую часть пищеварительной системы, выявили неблагоприятное влияние тартразина, глутамата и бензоата натрия на микроорганизмы, что выражалось угнетением бифидо- и лактобактерий, избыточностью кандид [7].

Таким образом, учитывая совокупность вышеуказанных обстоятельств, возникла настоятельная необходимость изучить комплексное действие пищевых добавок на культурах микроорганизмов.

Цель работы – установить влияние тартразина, бензоата и глутамата натрия на выживаемость кишечных бактерий *in vitro*.

Материалы и методы исследования. Поскольку штаммы микроорганизмов имеют решающее значение в успешности эксперимента, на наш взгляд, наиболее доступными и подходящими в качестве объекта исследований являются живые культуры микроорганизмов известных эубиотиков.

Исследования проводили на 4 штаммах: *Escherichia coli* M 17, *Bifidobacterium infantis*, *Enterococcus faecium* SF 68 и *Lactobacillus acidophilus*, полученных из коммерческих препаратов «Биофлор» (НПУП «Диалек», Беларусь) и «Линекс» (Sandoz, Словения). Выделение штаммов осуществляли микробиологическим методом посредством посева исходных препаратов на дифференциальные диагностические среды. Культуры лактобацилл, энтерококков и эшерихий поддерживали на плотных питательных средах, бифидобактерии хранили на тиогликолевой среде при 4 °С, для приготовления посевного материала использовали суточную культуру микроорганизма.

Штаммы культивировали на питательных средах, содержащих исследуемые вещества, с последующим количественным учетом жизнеспособных бактерий (выживаемость, % к контролю), как описано в работе [8]. Содержание веществ соответствовало физиологическим концентрациям для микроорганизмов – 10^{-4} – 10^{-7} М/л. Водные растворы добавок подвергали стерилизации путем фильтрования и вносили в жидкие питательные среды перед культивированием. Посевная доза инокулюма составила 10^6 микробных тел/мл. По истечении сроков инкубации проводили видовую идентификацию и количественный подсчет колониеобразующих единиц (КОЕ) с оценкой их морфологических (микроскопия) и биохимических свойств. Жизнеспособность бактерий оценивали в стационарной фазе роста (24–48 ч) согласно указаниям, приведенным в работе [9].

В экспериментах использовали глутамат натрия (E 621, Sigma Chemical, США), бензоат натрия (E 211, «Пять океанов», Беларусь), тартразин (E 102, Roha Dychem, Индия), агар Эндо, энтерококкагар, тиогликолевую среду, среду № 3 (для обогащения энтеробактерий), бифидум-среда (ФБУН ГНЦ ПМБ, Оболенск, Россия).

Статистическую обработку данных осуществляли методами непараметрической статистики, используя программу Statistica 6.0. Нормальность распределения показателей проверяли с помощью теста Шапиро–Уилка. Для оценки достоверности отличий использовали критерий Манна–Уитни. Данные представлены в виде средней величины и стандартной ошибки средней ($M \pm m$). Критический уровень значимости (p) при проверке гипотез принимали равным 0,05.

Результаты и их обсуждение. Результаты показали, что одновременное присутствие в среде культивирования глутамата натрия, бензоата натрия и тартразина затрагивает процессы роста микроорганизмов. Выявлено существенное подавление бифидобактерий в зависимости от количества веществ: в наивысшей концентрации (10^{-4} М) колониеобразующая способность у штамма *Bifidobacterium infantis* снижается на три порядка – до 10^4 КОЕ (контроль – 10^7 КОЕ) ($p < 0,05$). При росте на среде, содержащей комплексную добавку (10^{-5} – 10^{-6} М), бифидобактерии уступали уровню контроля в 10 раз, к наименьшему количеству субстанции штамм был индифферентен (рис. 1).

Угнетение анаэробов может быть обусловлено как действием консерванта, так и избытком глутамата натрия в ростовой среде, поскольку с падением концентрации вещества подавляющий эффект либо ослабевает, либо не проявляется вовсе. Культивирование бифидобактерий с глутаматом натрия вызывает изменение морфологии клеток и подавление их роста [10], что свидетельствует о роли последнего в регуляции физиологических процессов микроорганизмов.

Пищевые азокрасители, в том числе тартразин, подвергаются редукции ферментными системами кишечных анаэробов, преимущественно клостридий, фузобактерий, бактероидов, лакто- и бифидобактерий (*Bifidobacterium longum*, *B. adolescentis*) [11], тогда как штаммы *Bifidobacterium infantis* (C 20-21) к бактериальной деградации тартразина не способны [12]. Не получено какого-либо подтверждения данных, указывающих на способность тартразина подавлять рост этих бактерий.

В отличие от бифидобактерий, лактобациллы в заданных условиях пищевыми добавками не

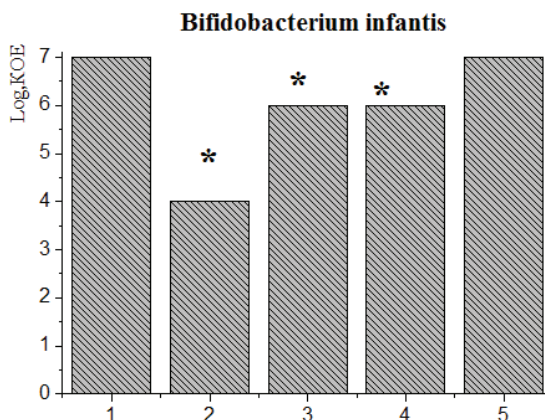


Рис. 1. Влияние тартразина, бензоата натрия и глутамата натрия на колониеобразующую способность штамма *Bifidobacterium infantis* *in vitro* (по оси абсцисс: 1 – контроль, без добавок; 2–5 – тартразин, глутамат Na, бензоат Na, водный раствор ($2 \cdot 10^{-4}$ М, $3 \cdot 10^{-5}$ М, $4 \cdot 10^{-6}$ М, $5 \cdot 10^{-7}$ М); по оси ординат: бифидобактерии, Log, КОЕ. * – достоверные различия с контролем, $p < 0,05$

Fig. 1. Effect of tartrazine, benzoate and glutamate Na on the colony-forming ability of the strain bifidobacterium infantis *in vitro* (on the abscissa: 1 – control, without nutritional supplements; 2 – tartrazine, monosodium glutamate, Na benzoate, aqueous solution of 10^{-4} M; 3 – 10^{-5} M; 4 – 10^{-6} M; 5 – 10^{-7} M; on the y-axis: bifidobacteria, Log, CFU). * – significant differences with the control, $p < 0.05$

подавлялись. При росте на тиогликолевой среде с комплексной добавкой 10^{-4} – 10^{-6} М штамм *Lactobacillus acidophilus* наращивал биомассу на 21,86 % ($p < 0,05$) в сравнении с контролем, в среднем на чашке выросло $825,5 \pm 8,15$ КОЕ, в минимальной концентрации – до 10^3 КОЕ (контроль – $677,3 \pm 2,25$ КОЕ (не показано)).

Наблюдаемый эффект усиления роста лактобактерий, инициированный веществами, не являющимися пребиотиками, особенно консервантом, неоднозначен. Анализ сведений литературных источников выявил следующее. Глутамат натрия в среде культивирования повышает выживаемость штаммов *Lactobacillus rhamnosus* GG и *L. rhamnosus* E 800 при хранении и лиофилизации [13].

Добавление глутаминовой кислоты в питательную среду при pH 6,0 пролонгирует lag-фазу роста штамма *Lactobacillus arabinosus*, тогда как на средах с pH 7,0 деление клеток полностью прекращается. Описана стимуляция роста бактерий, грибов и простейших аминокислотой глутамином [14].

Тартразин и другие азокрасители, поступающие алиментарным путем, разлагаются в редуктивных реакциях микроорганизмами кишечника и ферментами печени. Принято считать, что ведущая роль в метаболизме азокрасителей принадлежит ферментным системам азоредуктаз кишечных

анаэробов [15]. Для лактобацилл характэрна спосабнасць к дэградацыі молекул тартразіна і кармуазіна з утварэннем токсічных метаболітаў, аднак у цэлым гэты вопыт малю ізучэн [1]. Прымаючы ў увагу гэтыя абставяціны, намі прынята спроба ацэніць выжываемасць *Lactobacillus acidophilus* на пітацельных сродках, садржаціх тартразін і глутамат натрыя ў паказаных вышэ канцэнтраціях.

Оказалось, что краситель существенно угнетает лактобактерии. Культивирование на питательной среде с тартразином в концентрации 10^{-4} М вызывает гибель большинства клеток (выживаемость не превышала 10,5 %). При росте *Lactobacillus acidophilus* на среде с тартразином в концентрации 10^{-5} М выживаемость штамма возросла до 45,62 %, а в минимальной концентрации *L. acidophilus* наращивал биомассу до 10^4 КОЕ (рис. 2). При культивировании лактобацилл с тартразином появляются бесцветные прозрачные бактерии уменьшенного размера, не встречающиеся в контроле и не характерные для типового вида. Замена красителя в среде культивирования на глутамат натрия на жизнедеятельности лактобацилл не отразилась.

Таким образом, особенности действия тартразина на *L. acidophilus* заключаются в разнонаправленных эффектах на рост бактерий (подавление, стимуляция), затрагивают биосинтетические процессы, ответственные за их пигментацию и размеры. Сведения о роли бензоата натрия в жизнедеятельности лактобактерий в рассматриваемом нами контексте отсутствуют.

Проведенные нами исследования выявили неблагоприятное влияние пищевых добавок на аэробные бактерии. Культивирование стрептококков и энтеробактерий на средах, содержащих консервант, усилитель вкуса и краситель, влечет изменение процессов их роста. Сочетанное воздействие тартразина, глутамата и бензоата натрия в концентрации 10^{-4} М приводит к практически полному подавлению кишечных стрептококков (выживаемость бактерий не превышает 3 %). Рост штамма *Enterococcus faecium* SF 68 на тиогликолевой среде, содержащей субстанции в концентрациях 10^{-5} и 10^{-6} М, демонстрировал малую выживаемость в пределах 15,29 % ($14,8 \pm 1,6$ КОЕ) и 35,6 % ($27,0 \pm 1,3$ КОЕ) соответственно ($p < 0,05$), тогда как в концентрации 10^{-7} М – двукратный рост ($176 \pm 2,3$ КОЕ) (контроль – $87,5 \pm 1,2$ КОЕ) (рис. 3, а).

В отличие от энтерококков, энтеробактерии менее чувствительны к пищевым добавкам, поскольку их выживаемость находилась в пределах от 49,1 до 58,29 % (рис. 3, б). Угнетение эшерихий, по-видимому, обусловлено действием консерванта, поскольку глутамат натрия и тартразин в дозах до 200 мг/мл на рост *E. coli* не влияют [16]. С другой стороны, нами установлено, что при сочетанном поступлении в организм крыс глутамата натрия, тартразина и бензоата натрия вызывают рост *E. coli* от 34,09 до 44,55 %, дрожжеподобных грибов – в 1,23 раза в сравнении с контролем (цит. по [2]).

Известно, что кишечные стрептококки способны разрушать азогруппу N=N в анаэробных условиях. Показано, что тартразин полностью разлагается штаммом *Enterococcus faecalis* на сложных средах типа ВНІS вне зависимости от наличия кислорода. Более того, время генерации *E. faecalis* при росте с тартразином 200 мкМ насчитывает $40,1 \pm 0,6$ мин, в концентрации 20 мкМ – $48,7 \pm 1,1$ мин (в контроле – $56,3 \pm 4,7$ мин), что свидетельствует об усилении размножения клеток [17]. Последнее отчасти объясняет наблюдаемый эффект накопления лактобацилл и энтерококков при низких концентрациях красителя в среде. Для обстоятельного анализа таких

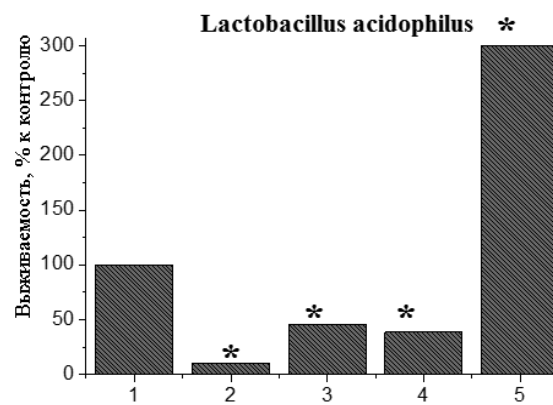


Рис. 2. Выживаемость штамма *Lactobacillus acidophilus* при росте на тиогликолевой среде с тартразином (по оси абсцисс: 1 – контроль, без добавок; 2–5 – тартразин, водный раствор (2 – 10^{-4} М; 3 – 10^{-5} М; 4 – 10^{-6} М; 5 – 10^{-7} М); по оси ординат: выживаемость, % к контролю). * – достоверные различия с контролем, $p < 0,05$

Fig. 2. Survival of the strain *Lactobacillus acidophilus* with the growth on the thioglycolic medium with tartrazine (on the abscissa: 1 – control, without supplements; 2–5 – tartrazine, aqueous solution (2 – 10^{-4} M; 3 – 10^{-5} M; 4 – 10^{-6} M; 5 – 10^{-7} M); on the Y-axis: survival, % as compared to the control). * – significant differences with the control, $p < 0.05$

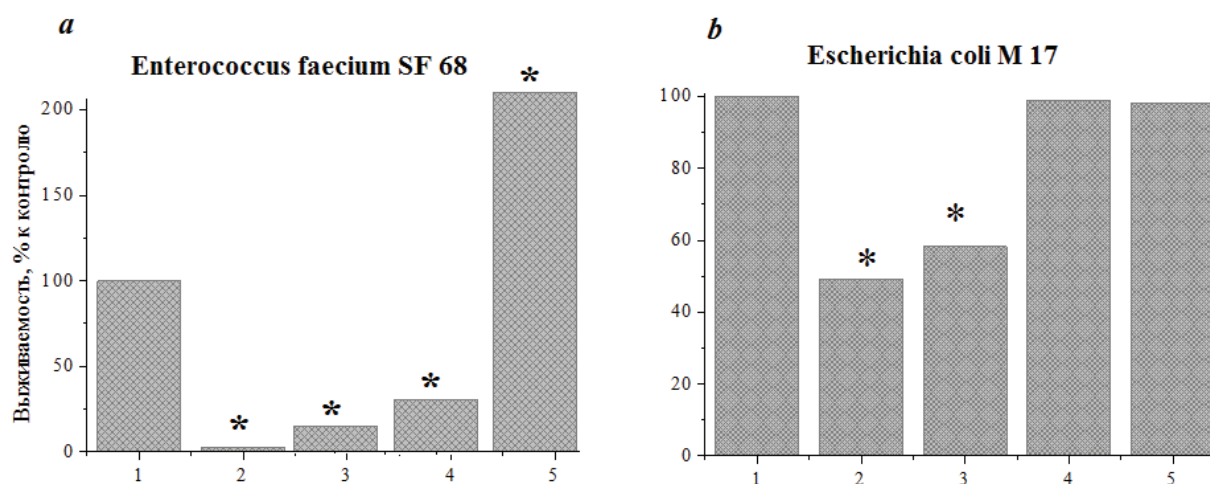


Рис. 3. Влияние пищевых добавок на выживаемость штаммов *Enterococcus faecium* SF 68 (a) и *Escherichia coli* M 17 (b) *in vitro* (по оси абсцисс: 1 – контроль, без добавок; 2–5 – тартразин, глутамат натрия, бензоат натрия, водный раствор ($2 \cdot 10^{-4}$ М, $3 \cdot 10^{-5}$ М, $4 \cdot 10^{-6}$ М, $5 \cdot 10^{-7}$ М); по оси ординат: выживаемость, % к контролю). * – достоверные различия с контролем, $p < 0,05$

Fig. 3. The effect of nutritional supplements on the survival of strains of *Enterococcus faecium* SF 68 (a) and *Escherichia coli* M 17 (b) *in vitro* (on the X-axis: 1 – control, without additives; 2–5 – tartrazine, monosodium glutamate, Na benzoate, aqueous solution ($2 \cdot 10^{-4}$ M; $3 \cdot 10^{-5}$ M; $4 \cdot 10^{-6}$ M; $5 \cdot 10^{-7}$ M); Y-axis: survival, % of control). * – significant differences with the control, $p < 0.05$

процессов требуется культивирование микроорганизмов с определением кинетических параметров роста и спектра метаболитов.

Заключение. Выявлено, что сочетанное влияние глутамата натрия, бензоата натрия и тартразина на пробиотические микроорганизмы проявляется как резким угнетением жизнеспособности культур, так и стимуляцией их роста. Пищевые добавки оказывают существенное регуляторное воздействие на пролиферацию бифидобактерий, лактобацилл, кишечных палочек и энтерококков. Поскольку методы экспериментальной микробиологии не позволяют полностью воссоздать процессы, протекающие в среде обитания кишечных бактерий, продемонстрированные эффекты указывают на возможную реакцию микроорганизма.

Воздействие ксенобиотиков на живые системы неуклонно возрастает, при алиментарном пути поступления главной мишенью выступает пищеварительный тракт, в частности микрофлора кишечника. В этом аспекте определенный научный и практический интерес в плане прогноза последствий употребления тех или иных пищевых продуктов, т. е. их влияния на микрофлору кишечника и организм в целом, представляет понимание особенностей действия химических веществ, являющихся пищевыми добавками, на микроорганизмы.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список использованных источников

1. Shrikant, B. S. Degradation of two food colorants tartrazine and carmoizine by intestinal microorganism / B. S. Shrikant, P. Girish, P. Harshal // Int. J. Pharmacol. Biol. Sci. – 2010. – Vol. 4. – P. 23–28.
2. Лукашенко, Т. М. Анализ сочетанного влияния добавок, используемых в пищевых продуктах, на процессы регуляции физиологических функций организма у половозрелых крыс / Т. М. Лукашенко, А. Э. Пыж, Р. Н. Ясюченя // Сигнальные механизмы регуляции физиологических функций : тез. докл. XIV съезда Белорус. о-ва физиологов и III Междунар. науч. конф., Минск, 5 окт. 2017 г. / редкол. : В. В. Лысак [и др.]. – Минск, 2017. – С. 67.
3. Коваленко, Н. П. Пищевые красители как фактор влияния на микрофлору полости рта человека / Н. П. Коваленко, В. П. Полянская // Развитие АПК на основе рационального природопользования: экологический, социальный и экономический аспекты : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Полтава, 26 дек. 2014 г.) / Полтав. гос. аграр. акад. [и др.]; редкол. : П. В. Писаренко [и др.]. – Полтава, 2014. – С. 34–41.
4. El-Wahab, H. M. Toxic effects of some synthetic food colorants and/or flavor additives on male rats / H. M. El-Wahab, G. S. Moram // Toxicol. Indust. Health. – 2013. – Vol. 29, N 2. – P. 224–232. <https://doi.org/10.1177/0748233711433935>
5. Hurtado, R. M. Reacciones adversas a alimentos y sus aditivos / R. M. Hurtado // Pediatría al día. – 1998. – Vol. 14, N 3. – P. 128–131.

6. Sandler, R. S. Diet and cancer: food additives, coffee and alcohol / R. S. Sandler // *Nutr. Cancer*. – 1982. – Vol. 4, N 4. – P. 273–279. <https://doi.org/10.1080/01635588209513768>
7. Пыж, А. Э. Роль пищевых добавок в регуляции микрофлоры кишечника / А. Э. Пыж, Э. С. Кашицкий // *Новости мед.-биол. наук*. – 2018. – Т. 17, № 2. – С. 17–22.
8. Пыж, А. Э. Влияние меди на рост и образование гемолизина госпитальными штаммами *Pseudomonas aeruginosa* / А. Э. Пыж, В. Н. Никандров // *Новости мед.-биол. наук*. – 2009. – № 3. – С. 70–75.
9. Пектины в комплексной терапии больных с неотложной хирургической патологией МУ № 19 / А. С. Берикетов [и др.]. – М., 2003. – 22 с.
10. Сви́дерская, Д. С. Влияние химических пищевых добавок на микрофлору кишечника человека / Д. С. Сви́дерская, К. С. Клочкова // *Вестн. Инновац. Евраз. ун-та*. – 2014. – № 2. – С. 106–110.
11. Chung, K. T. Reduction of azo dyes by intestinal anaerobes / K. T. Chung, G. E. Fulk, M. Egan // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1978. – Vol. 35, N 3. – P. 558–562.
12. Feng, J. Toxicological significance of azo dye metabolism by human intestinal microbiota / J. Feng, C. E. Cerniglia, H. Chen // *Front. Biosci.* – 2012. – Vol. E4, N 2. – P. 568–586. <https://doi.org/10.2741/e400>
13. Sunny-Roberts, E. O. The protective effect of monosodium glutamate on survival of *Lactobacillus rhamnosus* GG and *Lactobacillus rhamnosus* E-97800 (E800) strains during spray-drying and storage in trehalose-containing powders / E. O. Sunny-Roberts, D. Knorr // *Inter. Dairy J.* – 2009. – Vol. 19, N 4. – P. 209–214. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.10.008>
14. Ayengar, P. Rôles of glutamine in growth of *Lactobacillus arabinosus* / P. Ayengar, E. Roberts, G. B. Ramasarma // *J. Biol. Chem.* – 1951. – Vol. 193, N 2. – P. 781–791.
15. New considerations regarding the risk assessment on Tartrazine: an update toxicological assessment, intolerance reactions and maximum theoretical daily intake in France / M. O. Elhkim [et al.] // *Regul. Toxicol. Pharmacol.* – 2007. – Vol. 47, N 3. – P. 308–316. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2006.11.004>
16. Evolution of bactericidal activity of selected food additives against food borne microbial pathogens / S. A. Selim [et al.] // *Biosci. Biotechnol. Res. Asia*. – 2012. – Vol. 9, N 1. – P. 7–17. <https://doi.org/10.13005/bbra/961>
17. Punj, S. Physiological characterization of *Enterococcus faecalis* during azoreductase activity / S. Punj, G. H. John // *Microb. Ecol. Health Dis.* – 2008. – Vol. 20, N 2. – P. 65–73. <https://doi.org/10.1080/08910600802169630>

References

1. Shrikant B. S., Girish P., Harshal P. Degradation of two food colorants tartrazin and carmoizine by intestinal microorganism. *International Journal of Pharmacology and Biological Sciences*, 2010, vol. 4, pp. 23–28.
2. Lukashenko T. M., Pyzh A. E., Yasyuchenya R. N. Analysis of the combined effect of additives used in food products on the regulation of physiological functions of the body in adult rats. *Signal'nye mekhanizmy regulyatsii fiziologicheskikh funktsii: tezisy dokladov 14 s'ezda Belorusskogo obshchestva fiziologov i 3 Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (Minsk, 5 oktyabrya 2017 goda)* [Signaling mechanisms for the regulation of physiological functions: Abstracts of the 14th Congress of the Belarusian Society of Physiologists and the 3rd International scientific conference (Minsk, October 5, 2017)]. Minsk, 2017, p. 67 (in Russian).
3. Kovalenko N. P., Polyanskaya V. P. Food dyes as a factor of influence on the microflora of the human oral cavity. *Razvitie APK na osnove ratsional'nogo pririodopol'zovaniya: ekologicheskii, sotsial'nyi i ekonomicheskii aspekty: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Poltava, 26 dekabrya 2014 goda)* [Development of agriculture based on environmental management: environmental, social and economic aspects: materials of the International scientific and practical conference (Poltava, December 26, 2014)]. Poltava, 2014, pp. 34–41 (in Russian).
4. El-Wahab H. M., Moram G. S. Toxic effects of some synthetic food colorants and/or flavor additives on male rats. *Toxicology and Industrial Health*, 2013, vol. 29, no. 2, pp. 224–232. <https://doi.org/10.1177/0748233711433935>
5. Hurtado R. M. Reacciones adversas a alimentos y sus aditivos. *Pediatría al día*, 1998, vol. 14, no. 3, pp. 128–131.
6. Sandler R. S. Diet and cancer: food additives, coffee and alcohol. *Nutrition and Cancer*, 1982, vol. 4, no. 4, pp. 273–279. <https://doi.org/10.1080/01635588209513768>
7. Pyzh A. E., Kashitskii E. S. The role of food additives in the regulation of intestinal microflora. *Novosti mediko-biologicheskikh nauk = News of Biomedical Sciences*, 2018, vol. 17, no. 2, pp. 17–22 (in Russian).
8. Pyzh A. E., Nikandrov V. N. The effect of copper on the growth and formation of hemolysins by hospital strains of *Pseudomonas aeruginosa*. *Novosti mediko-biologicheskikh nauk = News of Biomedical Sciences*, 2009, no. 3, pp. 70–75 (in Russian).
9. Beriketov A. S. *Pectins in the complex therapy of patients with emergency surgical pathology MU no. 19*. Moscow, 2003. 22 p. (in Russian).
10. Sviderskaya D. S., Klochkova K. S. The effect of chemical food additives on the human intestinal microflora. *Vestnik Innovatsionnogo Evrazijskogo universiteta* [Bulletin of the Innovative Eurasian University], 2014, no. 2, pp. 106–110 (in Russian).
11. Chung K. T., Fulk G. E., Egan M. Reduction of azo dyes by intestinal anaerobes. *Applied and Environmental Microbiology*, 1978, vol. 35, no. 3, pp. 558–562.
12. Feng J., Cerniglia C. E., Chen H. Toxicological significance of azo dye metabolism by human intestinal microbiota. *Frontiers in Bioscience*, 2012, vol. E4, no. 2, pp. 568–586. <https://doi.org/10.2741/e400>
13. Sunny-Roberts E. O., Knorr D. The protective effect of monosodium glutamate on survival of *Lactobacillus rhamnosus* GG and *Lactobacillus rhamnosus* E-97800 (E800) strains during spray-drying and storage in trehalose-containing powders. *International Dairy Journal*, 2009, vol. 19, no. 4, pp. 209–214. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.10.008>

14. Ayengar P., Roberts E., Ramasarma G. B. Rôles of glutamine in growth of *Lactobacillus arabinosus*. *Journal of Biological Chemistry*, 1951, vol. 193, no. 2, pp. 781–791.

15. Elhkim M. O., Héraud F., Bemrah N., Gauchard F., Lorino T., Lambré C., Frémy J. M., Poul J.-M. New considerations regarding the risk assessment on Tartrazine: an update toxicological assessment, intolerance reactions and maximum theoretical daily intake in France. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 2007, vol. 47, no. 3, pp. 308–316. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2006.11.004>

16. Selim S. A., El Alfy S. M., Abdel Aziz M. H., Mashait M. S., Warrad M. F. Evolution of bactericidal activity of selected food additives against food borne microbial pathogens. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 2012, vol. 9, no. 1, pp. 7–17. <https://doi.org/10.13005/bbra/961>

17. Punj S., John G. H. Physiological characterization of *Enterococcus faecalis* during azoreductase activity. *Microbial Ecology in Health and Disease*, 2008, vol. 20, no. 2, pp. 65–73. <https://doi.org/10.1080/08910600802169630>

Информация об авторах

Пыж Анна Эдуардовна – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник. Институт физиологии НАН Беларуси (ул. Академическая, 28, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: viola_25@tut.by

Чуприна Алеся Владимировна – мл. науч. сотрудник. Институт физиологии НАН Беларуси (ул. Академическая, 28, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: lesy-25.03.1995@tut.by

Ясюченя Рита Николаевна – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник. Институт физиологии НАН Беларуси (ул. Академическая, 28, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: rita_yasuchenia@mail.ru

Information about the authors

Anna E. Pyzh – Ph. D. (Biol.), Senior researcher. Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus (28, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: viola_25@tut.by

Alesya V. Chuprina – Junior researcher. Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus (28, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lesy-25.03.1995@tut.by

Rita N. Yasyuchenya – Ph. D. (Biol.), Senior researcher. Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus (28, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: rita_yasuchenia@mail.ru