

## АНТИМУТАГЕННАЯ АКТИВНОСТЬ ПРОБИОТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР И МИКРОБНЫХ КОНСОРЦИУМОВ

И.В. Бояринева<sup>1</sup>, boyarineva.iv@dvfu.ru

И.С. Хамагаева<sup>2</sup>, ikhamagaeva@mail.ru

Н.А. Замбалова<sup>2</sup>, zambalova2015@mail.ru

Т.А. Ершова<sup>1</sup>, ershova.ta@dvfu.ru

Н.Г. Ли<sup>1</sup>, li.ng@dvfu.ru

<sup>1</sup> Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

<sup>2</sup> Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия

**Аннотация.** Природное происхождение пробиотических культур и наличие сведений об их антимутагенной активности определили интерес к изучению антимутагенных свойств у определенных штаммов пробиотиков и их консорциумов, и в дальнейшем, их практического применения. В данной работе были использованы штаммы пропионовокислых бактерий, ацидофильная палочка и кефирная грибковая закваска как самостоятельные тест-объекты, так и в определённом сочетании. Для изучения антимутагенных свойств культур и консорциумов применяли бактериальный тест Эймса. В результате проведенных исследований установлены высокие антимутагенные свойства ацидофильной палочки и штаммов пропионовокислых бактерий *Propionibacterium freundenreichii* subsp. *shermanii* AC-2503, *Propionibacterium freudenreichii* SH-85. Степень ингибирования для *L. acidophilus* составляет 50,9 %, для штамма *Propionibacterium freundenreichii* subsp. *shermanii* AC-2503 – 63,4 %. Максимальный уровень ингибирования отмечен у штамма *Propionibacterium freudenreichii* SH-85 – 65,6 %. Кефирная грибковая закваска, как естественный природный симбиотический кластер, проявляет, безусловно, значительный уровень антимутагенной активности – 39 %. Установлено, что консорциумы имеют более высокую антимутагенную активность по сравнению с монокультурами. Степень ингибирования мутагена консорциумом культур *L. acidophilus* и *Propionibacterium freudenreichii* SH-85 имеет наибольшее значение и составляет 70,5 %. Консорциумы на основе кефирной культуры и *Propionibacterium freundenreichii* subsp. *shermanii* AC-2503, кефирной культуры и *Propionibacterium freudenreichii* SH-85 имеют значения антимутагенной активности 69,3 и 67,5 %, соответственно. Таким образом, пропионовокислые бактерии *Propionibacterium freundenreichii* subsp. *shermanii* AC-2503, *Propionibacterium freudenreichii* SH-85, *L. acidophilus*, кефирная грибковая закваска и консорциумы, созданные на основе этих культур, являются ценными источниками антимутагенов и могут быть рекомендованы для производства бактериальных концентратов и биопродуктов.

**Ключевые слова:** мутагенез, антимутагенез, канцерогенные вещества, антимутагенная активность, пропионовокислые бактерии, ацидофильная палочка, кефирная грибковая закваска

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках соглашения с Минобрнауки России № 075-15-2022-1143 от 07 июля 2022 г.

**Для цитирования:** Антимутагенная активность пробиотических культур и микробных консорциумов / И.В. Бояринева, И.С. Хамагаева, Н.А. Замбалова и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2023. Т. 11, № 3. С. 91–98. DOI: 10.14529/food230311

## ANTIMUTAGENIC ACTIVITY OF PROBIOTIC CULTURES AND MICROBIAL CONSORTIA

I.V. Boyarineva<sup>1</sup>, boyarineva.iv@dvmfu.ru  
I.S. Khamagaeva<sup>2</sup>, ikhamagaeva@mail.ru  
N.A. Zambalova<sup>2</sup>, zambalova2015@mail.ru  
T.A. Ershova<sup>1</sup>, ershova.ta@dvmfu.ru  
N.G. Li<sup>1</sup>, li.ng@dvmfu.ru

<sup>1</sup> Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

<sup>2</sup> East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia

**Abstract.** The natural origin of probiotic cultures, and the availability of information about their antimutagenic activity, determined the interest in studying the antimutagenic properties of certain strains of probiotics and their consortia, and in the future, their practical application. In this work, strains of propionic acid bacteria, *Acidophilus bacillus* and kefir fungal starter culture were used as independent test objects, and in a certain combination. The bacterial Ames test was used to study the antimutagenic properties of cultures and consortia. As a result of the conducted studies, high antimutagenic properties have been established. The degree of inhibition for *L. acidophilus* is 50.9 %, for the *Propionibacterium freudenreichii strain subsp. shermanii AC-2503* – 63.4 %. The maximum level of inhibition was observed in the *Propionibacterium freudenreichii strain SH-85* – 65.6 %. Kefir fungal starter culture, as a natural symbiotic cluster, certainly shows a significant level of antimutagenic activity – 39 %. It was found that consortia have higher antimutagenic activity compared to monocultures. The degree of mutagen inhibition by the consortium of *L. acidophilus* and *Propionibacterium freudenreichii SH-85* cultures is of the greatest importance and is 70.5 %. Consortia based on kefir culture and *Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii AC-2503*, kefir culture and *Propionibacterium freudenreichii SH-85* have antimutagenic activity values of 69.3 % and 67.5 %, respectively. Thus, propionic acid bacteria *Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii AC-2503*, *Propionibacterium freudenreichii SH-85*, *L. acidophilus*, kefir fungal starter culture and consortia created on the basis of these cultures are valuable sources of antimutagens and can be recommended for the production of bacterial concentrates and bio-products.

**Keywords:** mutagenesis, antimutagenesis, carcinogenic substances, antimutagenic activity, propionic acid bacteria, acidophilus bacillus, kefir fungal starter culture

**Acknowledgments.** The work was carried out within the framework of the agreement with the Ministry of Education and Science of Russia No. 075-15-2022-1143 dated July 07, 2022.

**For citation:** Boyarineva I.V., Khamagaeva I.S., Zambalova N.A., Ershova T.A., Li N.G. Antimutagenic activity of probiotic cultures and microbial consortia. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2023, vol. 11, no. 3, pp. 91–98. (In Russ.) DOI: 10.14529/food230311

### Введение

Человек является частью природы. Влияние человека на окружающую среду всегда зависело от периода развития цивилизации, исторических и географических факторов. На текущем этапе развития прогресс сопровождается глобальными экологическими нарушениями и изменениями. Следует отметить, что происходит загрязнение окружающей среды факторами, не свойственными биосфере в норме, оказывающее отрицательное влияние

на здоровье людей, и уже сейчас может нанести ущерб будущим поколениям. Антропогенное загрязнение мутагенами окружающей среды приводит к увеличению частоты мутаций у микроорганизмов, растений, животных и человека. Предотвратить накопление мутационного груза, способного вызвать «взрыв» мутабельности, и тем самым, сохранить наследственность, актуальная и непростая задача, стоящая перед человечеством [1].

Мутагенез можно рассматривать как случайный, в том смысле, что возникновение каждого мутационного события не может быть предсказано с точностью в пространстве или времени [2]. Неверно представление о том, что мутации возникают только под влиянием высокой дозы облучения (доказано, что нет генетически безвредной дозы такового) или химического мутагена. К ним приводят и сбои в обычной жизнедеятельности организма [3].

Мутационные механизмы изменяют ДНК различным образом, что приводит к генетическим паттернам, известным как мутационные сигнатуры. Происхождение мутаций позволяет разделить их на три категории:

1. Прямое повреждение ДНК. Члены микробиоты могут продуцировать белки, молекулы и вторичные метаболиты, которые могут непосредственно вызывать повреждение ДНК. Эти продукты могут напрямую взаимодействовать с ДНК хозяина, тем самым мутируя ее.

2. Повреждение ДНК, вызванное иммунными клетками.

3. Диетическое взаимодействие. Рацион хозяина и микробиота кишечника неразрывно связаны. Диета является ключевым модулятором риска развития рака. В некоторых случаях взаимодействие микробиоты и диеты приводит к образованию генотоксических соединений, способных мутировать геном хозяина [4].

Канцерогенные вещества широко распространены во всей окружающей среде и, следовательно, также встречаются в пищевых продуктах. Некоторые из этих соединений встречаются в природе; некоторые из них образуются во время обработки, в том числе при приготовлении пищи. Задействованы различные механизмы, в том числе прямое воздействие на ДНК (генотоксичные канцерогены) [5]. Некоторые высокореактивные генотоксичные канцерогены способны напрямую связываться с ДНК, но большинство канцерогенов требуют метаболической активации [6]. Напротив, негенотоксичные (эпигенетические) канцерогены не взаимодействуют напрямую с ДНК, но вызывают онкологические заболевания другими механизмами [5].

Развитие рака у человека уже давно определяется взаимодействием двух ключевых этиологических факторов: генетики и воздействия окружающей среды. Однако появляется все больше доказательств того, что генетические факторы не могут быть основной причи-

ной развития рака, но что воздействие природных и искусственных химических и физических канцерогенов может оказывать более глубокое воздействие [7]. В настоящее время наблюдается общемировая тенденция к интенсивному изучению антимутагенов как антиканцерогенов [8].

Микроорганизмы оказались особенно полезными объектами для экспериментальных исследований из-за их больших размеров популяции и короткого времени генерации, а также легкости, с которой можно манипулировать их средой и геномами. Экспериментальные исследования микробной эволюции подтвердили основные принципы эволюционной теории, а также дали новое представление о генетике, физиологии и экологии микроорганизмов [9].

Обширный репертуар микробов под общим названием микробиота вызывает повреждение ДНК и является драйвером для соматических мутаций. Некоторые (или, возможно, большинство) членов микробиома могут не взаимодействовать со своим хозяином, а вместо этого являются простыми пассажирами. Понимание мутационных механизмов, обусловленных микробиотой, будет способствовать более полному пониманию происхождения генома рака [10].

Микроорганизмы очень разнообразны и варьируются по эффекту от вредных до полезных. Некоторые из них ответственны за болезни растений и животных, в то время как другие играют важную роль в улучшении систем сельского хозяйства и производства продуктов питания и являются многофункциональными [11].

Для сохранения генома бактерии имеют надежные средства защиты: кроме системы репарации ДНК, они вырабатывают защиту путем синтеза веществ с протекторными, реактивирующими и антимутагенными свойствами, следовательно, могут оказывать положительный эффект для здоровья людей. Поэтому исследование антимутагенных свойств бактерий, которые присутствуют в пище и населяют организм человека, очень перспективно. Ведь, как известно, натуральные природные антимутагены обладают физиологичностью, а также высокой эффективностью и универсальностью.

В настоящее время изучение антимутагенности биопродуктов направлено на выявление новых штаммов, спектра их антимута-

генного действия и возможных механизмов антимуутагенеза.

Молочнокислые микроорганизмы и бифидобактерии являются одомашненными бактериями, ибо их применяют в самых разнообразных традиционных процессах пищевой ферментации, в том числе при изготовлении кисломолочных продуктов.

Использование пропионовокислых бактерий в качестве биологических антимуутагенов имеет ряд преимуществ перед другими источниками. Антимуутагенная активность пропионовокислых культур не ограничивается лишь их сорбционными свойствами, но может включать дополнительные, пока неустановленные механизмы антимуутагенеза. Бактерии являются облигатными составляющими нормальной микрофлоры человека и широко применяются в медицине и биотехнологии.

Естественный микробиологический симбиоз кефирных грибков обуславливает образование стойкой микробной ассоциации, участвующей в создании здорового микробиоценоза, благотворно влияющего на здоровье человека и благоприятствующего замедлению старения организма. Механизмы антимуутагенного действия микроорганизмов кефирной грибковой закваски пока не изучены, но имеются сведения, что грибковая закваска является природным естественным биоантимуутагеном [12].

Общезвестный факт, что ацидофильная палочка, вводимая в организм в виде кисломолочных продуктов, оказывает выраженный иммуномодулирующий эффект, проявляющийся в усилении фагоцитарной активности макрофагов, моноцитов и гранулоцитов, синтеза цитокинов (например, интерферона), стимуляции клеточных иммунных механизмов, включая противоопухолевую защиту.

Введение в рацион питания кисломолочных биопродуктов с использованием ацидофильной палочки и пропионовокислых бактерий в качестве антимуутагенных факторов имеет важное значение для улучшения здоровья людей.

Цель исследования имеет многоплановый характер. На первом этапе создаются микробные композиции на основе ацидофильной палочки, кефирной культуры и пропионовокислых бактерий в определенном соотношении. В дальнейшем необходимо изучить их пробиотические свойства, в том числе антимуутагенную активность. Подобный скрининг ори-

ентирован на идентификацию пробиотических культур с высоким уровнем антимуутагенного воздействия, и, несомненно, является преимуществом перед другими культурами и определяет их широкое практическое применение.

Количественное определение и актуальность тестов, которые измеряют мутагенез и канцерогенез, чрезвычайно сложны. Тест Эймса является наиболее широко используемым краткосрочным тестом на мутагенез и единственным краткосрочным тестом, который считается полностью валидированным. В нем рассматривается превращение мутантного штамма *Salmonella typhimurium* обратно в нативный штамм, поскольку химические вещества, которые увеличивают частоту возврата к нативному состоянию, с высокой вероятностью могут быть канцерогенными [13].

#### Объекты и методы исследований

Исследования проводились на базе кафедры «Технология молочных продуктов. Товароведение и экспертиза товаров» и малого инновационного предприятия ООО «МИП Бифивит» Института пищевой инженерии и биотехнологии ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления».

Объектами исследований в эксперименте служили пропионовокислые бактерии (ПКБ) *Propionibacterium freundenreichii subsp. shermanii* AC-2503, *Propionibacterium freundenreichii* SH-85, полученные из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов ФГУП ГосНИИ «Генетика», активизированные биотехническим методом, разработанным в ВСГУТУ; *Lactobacillus acidophilus* штамм вязкой расы ВНИМИ; кефирная грибковая закваска ОСТ 10-02-02-48.

В данном исследовании с целью определения антимуутагенной активности применяли тест Эймса. В ходе эксперимента смешивали в равных пропорциях культуру *Salmonella typhimurium*, испытуемый мутаген и образец в качестве антимуутагена. Полученную смесь выливали на поверхность минимальной агаризованной среды (нижнего агара) в чашки Петри и инкубировали в течение 48 ч при температуре 37 °С. Одновременно ставили позитивную контрольную пробу, в которой присутствовал мутаген, но не было антимуутагена, и отрицательную контрольную пробу, в которой не было мутагена, но присутствовал потенциальный антимуутаген. Общий объем

смеси доводили до 0,4 мл с помощью 0,2 М фосфатного буфера pH 7,4. После инкубирования культуры производили подсчет ревертантов в чашках. Эксперименты ставили в трех повторностях и проводили статическую обработку данных.

### Результаты и их обсуждение

Изучена антимутагенная активность пробиотических культур и консорциумов данных культур (рис. 1, 2). В дальнейшей работе полученные консорциумы будут использованы в технологии биологически активных добавок и бактериальных концентрированных заквасок.

Полученные данные свидетельствуют о том, что наиболее антимутагенно-активными оказались штаммы пропионовокислых бактерий, которые в сочетании с ацидофильной палочкой и кефирной грибковой закваской усиливают антимутагенный эффект.

Следует особо подчеркнуть, что значительный вклад в повышение антимутагенных свойств консорциумов вносят не только пропионовокислые бактерии, но и кефирная грибковая закваска и ацидофильная палочка, где наблюдается достаточно высокая степень ингибирования антимутагенных веществ. Ко-

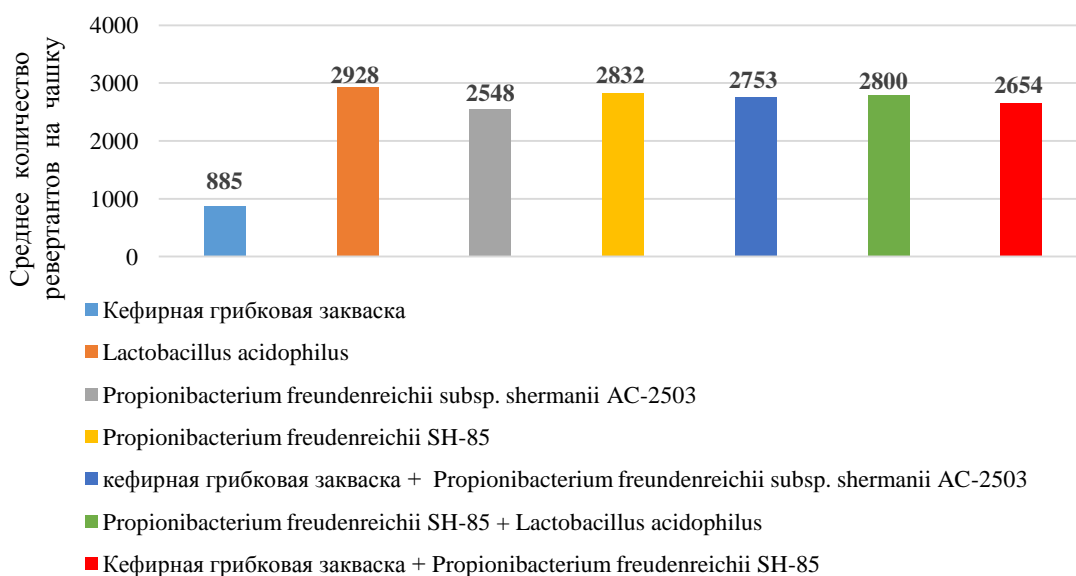


Рис. 1. Результаты антимутагенной активности микроорганизмов и консорциумов (количество ревертантов)

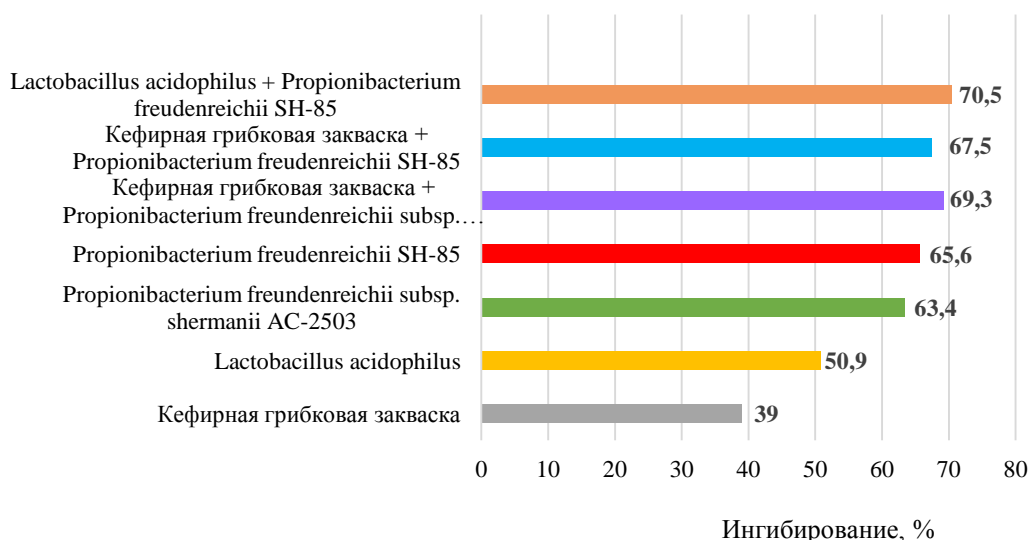


Рис. 2. Результаты антимутагенной активности микроорганизмов и консорциумов (степень ингибирования)

личество продуцируемых антимуtagenных веществ составляет у пропионовокислых бактерий более 60 %, у ацидофильной палочки – 50,9 %, у кефирной грибковой закваски – 39 %. Необходимо отметить, что совместное культивирование пробиотических микроорганизмов приводит к значительному росту антимуtagenной биоактивности.

Таким образом, исследованные штаммы пробиотических культур и их консорциумов проявили достаточно высокий уровень антимуtagenной активности, что доказывает их выраженные пробиотические свойства и большую значимость в технологии пробиотических биологически-активных добавок и бактериальных концентратов.

### **Список литературы**

1. Галец Иннеса, Гончарова Роза, Кужир Татьяна, Рябоконт Надежда. Антимутагены на благо здоровья // В мире науки. 2010. № 4(86). С. 25–30.
2. Suzana P. Gelova, Kin Chan. Mutagenesis induced by protonation of single-stranded DNA is linked to glycolytic sugar metabolism // *Microbiology*. 2023. Vol. 826 (111814). P. 1–12.
3. Мороз В.В., Смирнова С.Г., Иванова О.В., Порошенко Г.Г. Мутации и антимутагены в медицине критических состояний // *Общая реаниматология*, 2017. № 3. С. 5–6. URL: [https://www.researchgate.net/publication/279153843\\_Mutations\\_and\\_Antimutagens\\_in\\_Emergency\\_Medicine](https://www.researchgate.net/publication/279153843_Mutations_and_Antimutagens_in_Emergency_Medicine) (дата обращения: 13 мая 2023).
4. Maurice Barrett, Collette K. Hand, Fergus Shanahan, Thomas Murphy, Paul W. O’Toole. Mutagenesis by Microbe: the Role of the Microbiota in Shaping the Cancer Genome // *Trends in Cancer*. 2020. Vol. 6, Issue 4. P. 277–287. ISSN 2405-8033. DOI: 10.1016/j.trecan.2020.01.019. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405803320300583>.
5. Anderson D., Marrs T.C. Carcinogenic: Carcinogenic Substances in Food. Editor(s): Benjamin Caballero, Paul M. Finglas, Fidel Toldrá. *Encyclopedia of Food and Health*. Academic Press, 2016. P. 651–657. ISBN 9780123849533. DOI: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00117-3. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123849472001173>.
6. Annette M. Krais, Rajinder Singh, Volker M. Arlt, Carcinogen – DNA Adducts. Editor(s): Paolo Boffetta, Pierre Hainaut. *Encyclopedia of Cancer (Third Edition)*. Academic Press, 2019. P. 282–295. ISBN 9780128124857. DOI: 10.1016/B978-0-12-801238-3.65219-4. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128012383652194>.
7. Pogribny Igor P. Environmental Exposures and Epigenetic Perturbations. Editor(s): Paolo Boffetta, Pierre Hainaut, *Encyclopedia of Cancer (Third Edition)*. Academic Press, 2019. P. 574–584. ISBN 9780128124857. DOI: 10.1016/B978-0-12-801238-3.65062-6. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128012383650626>.
8. Hipkiss A.R. Camosine and its possible roles in nutrition and health // *Adv Food Nutr Res*. Chapter 3. 2009. Vol. 57. P. 87–154.
9. Lenski R.E., Wiser M.J. Evolution Theory and Experiments with Microorganisms, Editor(s): Moselio Schaechter, *Encyclopedia of Microbiology (Third Edition)*. Academic Press, 2009. P. 550–564. ISBN 9780123739445. DOI: 10.1016/B978-012373944-5.00012-2. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123739445000122>.
10. Michiel Vos. Accessory microbiomes // *Microbiology*. 2023. Vol. 169 (5) : 001332. DOI : 10.1099/mic.0.001332.
11. Preetmoninder Lidder, Andrea Sonnino. Chapter 1 – Biotechnologies for the Management of Genetic Resources for Food and Agriculture. Editor(s): Stephen F. Goodwin, Theodore Friedmann, Jay C. Dunlap, *Advances in Genetics*. Academic Press, vol. 78, 2012. P. 1–167. ISSN 0065-2660, ISBN 9780123943941. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394394-1.00001-8>.
12. Бояринаева И.В., Замбалова Н.А., Качанина Л.М. Исследование внеклеточных метаболитов, продуцируемых микробным консорциумом на основе молочнокислых и пропионовокислых бактерий // *Пищевая промышленность*. 2023. № 3. С. 42–45. DOI: 10.52653/PPI.2023.3.3.008. URL : <http://foodprom.ru/journals/pischevaya-promyshlennost/1944-pischevaya-promyshlennost-3-2023>.

13. Chapter 6 – Biocompatibility and Tissue Reaction to Biomaterials. Editor(s): Ronald L. Sakaguchi, John M. Powers, Craig's Restorative Dental Materials (Thirteenth Edition). Mosby. 2012. P. 109–133. ISBN 9780323081085. DOI: 10.1016/B978-0-323-08108-5.10006-4. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323081085100064>.

### References

1. Golets Inessa, Goncharova Rosa, Kuzhir Tatiana, Ryabokon Nadezhda / Antimutagens for the benefit of health. *In the world of science*, 2010, no. 4(86), pp. 25–30. (In Russ.)
2. Suzana P. Gelova, Kin Chan. Mutagenesis induced by protonation of single-stranded DNA is linked to glycolytic sugar metabolism. *Microbiology*, 2023, vol. 826 (111814), pp. 1–12.
3. Moroz V.V., Smirnova S.G., Ivanova O.V., Poroshenko G.G. Mutations and antimutagens in critical condition medicine. *General Resuscitation*, 2017, no. 3, pp. 5–6. (In Russ.) URL: [https://www.researchgate.net/publication/279153843\\_Mutations\\_and\\_Antimutagens\\_in\\_Emergency\\_Medicine](https://www.researchgate.net/publication/279153843_Mutations_and_Antimutagens_in_Emergency_Medicine) (accessed May 13, 2023).
4. Maurice Barrett, Collette K. Hand, Fergus Shanahan, Thomas Murphy, Paul W. O'Toole. Mutagenesis by Microbe: the Role of the Microbiota in Shaping the Cancer Genome. *Trends in Cancer*, 2020, vol. 6, issue 4, pp. 277–287. ISSN 2405-8033. DOI: 10.1016/j.trecan.2020.01.019. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405803320300583>.
5. Anderson D., Marrs T.C. *Carcinogenic: Carcinogenic Substances in Food*. Editor(s): Benjamin Caballero, Paul M. Finglas, Fidel Toldrá, Encyclopedia of Food and Health. Academic Press, 2016, pp. 651–657. ISBN 9780123849533. DOI: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00117-3. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123849472001173>.
6. Annette M. Kraiss, Rajinder Singh, Volker M. Arlt. *Carcinogen – DNA Adducts*. Editor(s): Paolo Boffetta, Pierre Hainaut, Encyclopedia of Cancer (Third Edition). Academic Press, 2019, pp. 282–295. ISBN 9780128124857. DOI: 10.1016/B978-0-12-801238-3.65219-4. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128012383652194>.
7. Pogribny Igor P. *Environmental Exposures and Epigenetic Perturbations*. Editor(s): Paolo Boffetta, Pierre Hainaut, Encyclopedia of Cancer (Third Edition). Academic Press, 2019, pp. 574–584. ISBN 9780128124857. DOI: 10.1016/B978-0-12-801238-3.65062-6. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128012383650626>.
8. Hipkiss A.R. Camosine and its possible roles in nutrition and health. *Adv Food Nutr Res.*, Chapter 3, 2009, vol. 57, pp. 87–154.
9. Lenski R.E., Wisner M.J. *Evolution Theory and Experiments with Microorganisms*. Editor(s): Moselio Schaechter, Encyclopedia of Microbiology (Third Edition). Academic Press, 2009, pp. 550–564. ISBN 9780123739445. DOI: 10.1016/B978-0-12-373944-5.00012-2. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123739445000122>.
10. Michiel Vos. Accessory microbiomes. *Microbiology*, 2023, vol. 169 (5) : 001332. DOI: 10.1099/mic.0.001332.
11. Preetmoninder Lidder, Andrea Sonnino. *Chapter 1 – Biotechnologies for the Management of Genetic Resources for Food and Agriculture*. Editor(s): Stephen F. Goodwin, Theodore Friedmann, Jay C. Dunlap, Advances in Genetics. Academic Press, vol. 78, 2012. p. 1–167. ISSN 0065-2660, ISBN 9780123943941. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394394-1.00001-8>.
12. Boyarineva I.V., Zambalova N.A., Kachanina L.M. Investigation of extracellular metabolites produced by a microbial consortium based on lactic acid and propionic acid bacteria. *Food industry*, 2023, no. 3, pp. 42–45. DOI: 10.52653/PI.2023.3.3.008. URL: <http://foodprom.ru/journals/pischevaya-promyshlennost/1944-pischevaya-promyshlennost-3-2023>.
13. Chapter 6 – Biocompatibility and Tissue Reaction to Biomaterials. Editor(s): Ronald L. Sakaguchi, John M. Powers, Craig's Restorative Dental Materials (Thirteenth Edition). Mosby. 2012, pp. 109–133. ISBN 9780323081085. DOI: 10.1016/B978-0-323-08108-5.10006-4. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323081085100064>.

*Информация об авторах*

**Бояринаева Ирина Валерьевна**, доктор технических наук, профессор базовой кафедры «Биоэкономики и продовольственной безопасности» Инновационного технологического центра Передовой инженерной школы «Института биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия, boyarineva.iv@dvfu.ru

**Хамагаева Ирина Сергеевна**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология продуктов животного происхождения», Институт пищевой инженерии и биотехнологии, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия, ikhamagaeva@mail.ru

**Замбалова Наталья Александровна**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Технологии продуктов общественного питания, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия, zambalova2015@mail.ru

**Ершова Татьяна Анатольевна**, кандидат технических наук, доцент, заведующий базовой кафедрой «Пищевой и клеточной инженерии» Инновационного технологического центра Передовой инженерной школы «Института биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия, ershova.ta@dvfu.ru

**Ли Наталья Гаврошевна**, кандидат технических наук, доцент базовой кафедры «Пищевой и клеточной инженерии» Инновационного технологического центра Передовой инженерной школы «Института биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия, li.ng@dvfu.ru

*Information about the authors*

**Irina V. Boyarineva**, Doctor of Technical Sciences, professor of the “Basic Department of Bioeconomics and Food Security” of the Innovative Technological Center of the Advanced Engineering School of the “Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems”, Federal State Autonomous educational institution of higher education “Far Eastern Federal University”, Vladivostok, Russia, boyarineva.iv@dvfu.ru

**Irina S. Khamagaeva**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of “Technology of Animal Products”, Institute of Food Engineering and Biotechnology, East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia, ikhamagaeva@mail.ru

**Natalia A. Zambalova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology, East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia, zambalova2015@mail.ru

**Tatyana A. Ershova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Basic Department of “Food and Cellular Engineering” of the Innovative Technological Center of the Advanced Engineering School of the “Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems”, Federal State Autonomous educational institution of higher education “Far Eastern Federal University”, Vladivostok, Russia, ershova.ta@dvfu.ru

**Natalia G. Li**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Basic Department of “Food and Cellular Engineering” of the Innovative Technological Center of the Advanced Engineering School of the “Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems”, Federal State Autonomous educational institution of higher education “Far Eastern Federal University”, Vladivostok, Russia, li.ng@dvfu.ru

*Статья поступила в редакцию 19.05.2023*

*The article was submitted 19.05.2023*