

Определение биотического потенциала в картофеле и яблоках

Анна Э. Джабакова	¹	dzhabakovaae@mgupp.ru	 0000-0002-3341-0722
Татьяна В. Тулякова	¹	fermtec-m@mail.ru	 0000-0003-3778-8068
Наталья В. Фоменко	¹	fomenkonv@mgupp.ru	 0009-0005-5230-2830
Ирина Б. Леонова	²	leonova.ib@rea.ru	 0000-0002-9653-9056

¹ Российский биотехнологический университет, ш. Волоколамское, 11, г. Москва, 125080, Россия

² Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, Стремянный переулок, д.36, г. Москва, 115054, Россия

Аннотация. Исследование посвящено определению биотического потенциала в картофеле и яблоках с использованием инфузорий *Tetrahymena pyriformis*. Из-за необходимости быстро оценивать показатели качества и безопасности, экспресс-методы контроля становятся все более актуальными. *Tetrahymena pyriformis*, благодаря своей высокой чувствительности к изменениям в среде, является удобной тест-системой для биотестирования. Метод биотестирования на инфузориях позволяет быстро и недорого оценить биологическую активность продуктов, их безопасность и общую токсичность. В исследовании использовались образцы картофеля и яблок, измельченные до однородного состояния и внесенные в питательную среду. После инкубации в течении 48 ч подсчитывалось количество микроорганизмов, что позволяло рассчитать значение биотического потенциала. Результаты показали, что наибольший рост микроорганизмов наблюдался во всех образцах с содержанием продукта 1 г. Наименьший рост был зафиксирован при содержании 4 г для образцов с яблоками и 0,5 г для образцов картофелем. Это связано с химическим составом продуктов: в картофеле преобладает крахмал, а в яблоках — простые сахара, что влияет на рост числа инфузорий. Выводы исследования подчеркивают сильную зависимость биотического потенциала от химического состава и количества добавляемых продуктов. Рекомендуется продолжить исследования для формирования математических зависимостей с возможностью применения этих зависимостей для разработки рецептур продуктов с наилучшей усваиваемостью. Использование инфузорий для биотестирования позволяет эффективно контролировать качество продуктов и выявлять потенциальные риски для здоровья потребителей.

Ключевые слова: биотестирование, инфузории, *Tetrahymena pyriformis*, биотический потенциал, овощи, фрукты.

Estimation of biotic potential in potatoes and apples

Anna E. Dzhabakova	¹	dzhabakovaae@mgupp.ru	 0000-0002-3341-0722
Tatiana V. Tulyakova	¹	fermtec-m@mail.ru	 0000-0003-3778-8068
Natalia V. Fomenko	¹	fomenkonv@mgupp.ru	 0009-0005-5230-2830
Irina B. Leonova	²	leonova.ib@rea.ru	 0000-0002-9653-9056

¹ BIOTECH University, 11 Volokolamskoe Shosse, Moscow 125080, Russia

² Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremiany pereylok, Moscow 115054, Russia

Abstract. The study focuses on the determination of biotic potential in potatoes and apples using *Tetrahymena pyriformis* infusoria. Rapid control methods are becoming increasingly important due to the need to rapidly assess quality and safety parameters. *Tetrahymena pyriformis* is a convenient test system for biotesting due to its high sensitivity to changes in the environment. The method of biotesting on infusoria allows rapid and inexpensive evaluation of the biological activity of products, their safety and general toxicity. Samples of potatoes and apples, chopped to homogeneous state and introduced into nutrient medium were used in the study. After incubation for 48 h, the number of microorganisms was counted to calculate the biotic potential value. The results showed that the highest growth of microorganisms was observed in all samples with 1 g product content. The least growth was recorded at 4 g content for apple samples and 0.5 g for potato samples. This is linked to the chemical composition of the products: potatoes are predominantly starchy and apples consist of simple sugars, which affects the growth of the number of infusoria. The findings of the study emphasise the strong dependence of biotic potential on the chemical composition and amount of added products. Further research is recommended to form mathematical correlations with the possibility of applying these correlations to develop formulations of products with the best digestibility. The use of infusoria for biotesting allows effective control of product quality and identification of potential health risks for consumers.

Keywords: Biotesting, infusoria, *Tetrahymena pyriformis*, biotic potential, vegetables, fruits.

Введение

В современных рыночных условиях важными факторами являются время и быстрота реакции, поэтому в основном применяют экспресс-исследования для определения показателей качества и безопасности в продуктах питания.

Инфузории, в частности *Tetrahymena pyriformis*, благодаря своей высокой чувствительности к различным изменениям среды, являются удобной моделью для проведения биотестов. Использование инфузорий позволяет оценить не только наличие патогенных микроорганизмов, но и общую биологическую

Для цитирования

Джабакова А.Э., Тулякова Т.В., Фоменко Н.В., Леонова И.Б. Определение биотического потенциала в картофеле и яблоках // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87. № 1. С. 168–174. doi:10.20914/2310-1202-2025-1-168-174

For citation

Dzhabakova A.E., Tulyakova T.V., Fomenko N.V., Leonova I.B. Estimation of biotic potential in potatoes and apples. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2025. vol. 87. no. 1. pp. 168–174. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2025-1-168-174

активность продукта, что особенно важно для оценки свежести и качества овощей и фруктов.

Метод биотестирования имеет ряд серьезных преимуществ перед тестированием объектов на животных [1]:

- быстрота проведения анализа [2];
- большой спектр применения (определения безопасности, безвредности, токсичности; биологической активности функциональных ингредиентов, полноценности пищевых продуктов, кормов, неспецифической активности лекарственных составов; биологический мониторинг разнообразных экологических систем) [3–9];
- низкие затраты на реализацию методики;
- возможность улавливать ультрамалые концентрации токсигенов;
- нет этической стороны вопроса при их использовании в исследовании;
- не используется дорогое и специфическое оборудование.

Применение методов биотестирования на инфузориях может позволить не только контролировать качество продуктов на различных этапах их производства и хранения, но и выявлять потенциальные риски для здоровья потребителей. Биотический потенциал, определяемый как совокупность биологически активных веществ и микроорганизмов, способных влиять на здоровье человека, является важным показателем качества продуктов.

Проведение биотестов на инфузориях включает в себя анализ их жизнедеятельности в присутствии исследуемых продуктов, что позволяет оценить влияние различных факторов на их биологическую активность. В частности, изменения в морфологии, подвижности и скорости

размножения инфузорий могут служить индикаторами безопасности, безвредности, токсичности; биологической активности функциональных ингредиентов, полноценности пищевых продуктов и кормов. Кроме этого, можно также оценивать степень усваиваемости компонентов продуктов питания или продукта в целом [10].

Для определения усваиваемости продуктов питания используют сложные и трудоемкие методы, которые подразумевают использование либо дорогостоящего оборудования, либо получения результата нужно ждать долгое время [11].

В качестве альтернативного метода применяют метод биотестирования, в том числе с использованием инфузорий. Определяют качественное значение усваиваемости по количеству прироста микроорганизмов, а также по ряду других показателей.

Цель работы – сравнительная оценка методов определения биотического потенциала продуктов питания на примере яблока и картофеля.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись картофель и яблоки, купленные в магазине. Для определения биотического потенциала в образцах была использована следующая схема исследования рисунок 1. За основу проведения исследования была взята схема методики по ГОСТ 31674 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения общей токсичности» [12] с использованием инфузорий *Tetrahymena pyriformis*. Так как объектом исследования являются фрукты и овощи, поэтому были изменены некоторые этапы из методики. В основном это касается пробоподготовки.

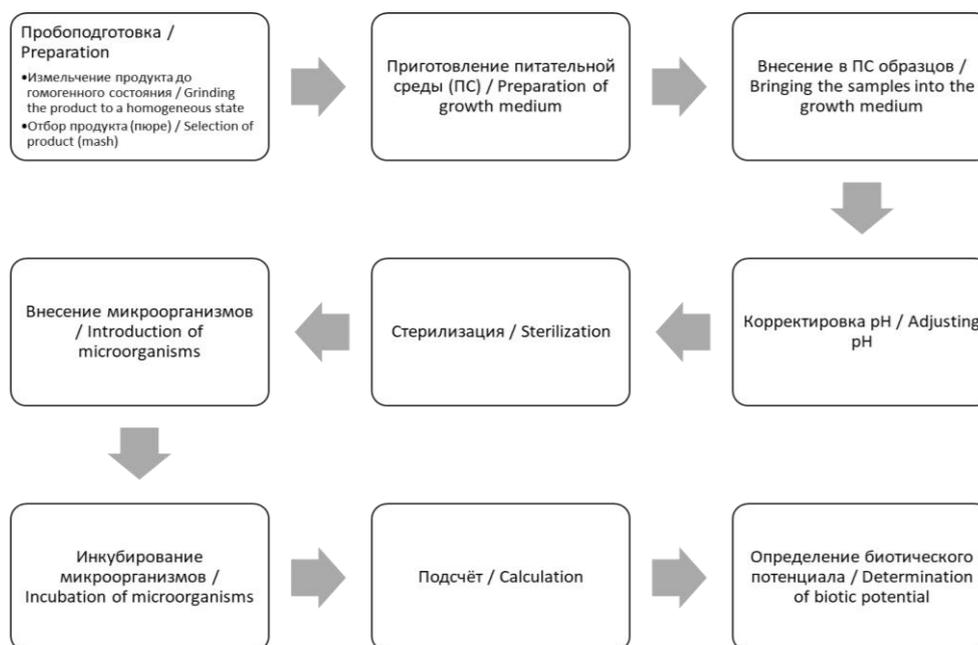


Рисунок 1. Схема проведения исследования

Figure 1. Stages of the study

В этап пробоподготовки входит измельчение продукта до гомогенного состояния и отбор, полученной суспензии (поре). Последние этапы существующей методики были также изменены, так как целью работы было получение данных по биотическому потенциалу (БП). Кроме этого, после приготовления ПС, в нее необходимо внести определенное количество исследуемых образцов. Для определения БП в образцах необходимо получить данные о количестве микроорганизмов после инкубирования.

БП рассчитывается по формуле 1:

$$\text{БП} = \frac{Nt}{2000} / t \quad (1)$$

где Nt – количество микроорганизмов, культивируемых в среде на основе экспериментальных образцов; t – продолжительность инкубирования, ч.

В связи с тем, что основные параметры обмена веществ *Tetrahymena pyriformis* сходны по основным параметрам обмена веществ высших животных, *Tetrahymena pyriformis* можно применять для определения перевариваемости и усвояемости продуктов питания [10]. Применение метода биотестирования позволяет рассчитать такие показатели как БП и стандартизованная относительная биологическая ценность (СОБЦ) продукта.

Получение образцов: для исследования необходимо было измельчить образцы картофеля и яблок по отдельности. Далее отбирали поре в необходимом количестве каждого образца (данные представлены в таблице 1).

Таблица 1.

Получение ПС с экспериментальными образцами картофеля и яблока

Table 1.

Preparation of growth medium with experimental samples of potato and apple

Продукт / Product	Номер образца / Sample number	Количество продукта, добавленного в ПС, г, на 100г питательной среды / Amount of product added to growth medium, g, per 100g of nutrient medium
Яблоко/ Apple	1–1	0,5
	1–2	1
	1–3	2
	1–4	4
Картофель / Potato	2–1	0,5
	2–2	1
	2–3	2
	2–4	4

После приготовления исследуемую среду стерилизовали, переносили в стерильные пробирки по 9 см³ и вносили по 1 см³ ПС с инфузориями. Исследуемую среду готовили

для культивирования микроорганизмов с целью их подсчета после определенного времени инкубирования. Контрольным образцом являлась ПС, которую также стерилизовали и переносили в стерильные пробирки в соотношении ПС: инфузории 9:1 соответственно. Хранение образцов осуществлялось при комнатной температуре в темном месте в течение 48 ч. Подсчет осуществляли микропипетированием с помощью камеры Горяева визуально в десяти полях зрения. При необходимости проводилось разведение образцов для удобства подсчета микроорганизмов. Это также учитывалось при расчете количества инфузорий. Эксперимент повторяли трижды. Для быстрой записи данных на месте и получения графических зависимостей применялось приложение Quality CHECK [13]. Приложение позволило быстро обработать данные, рассчитать необходимые значения и визуализировать, полученную информацию.

Результаты и их обсуждение

Для определения БП для начала осуществляли подсчет микроорганизмов во всех образцах. Данные, полученные по истечении времени культивирования представлены на рисунке 2.

Наибольший рост микроорганизмов среди модифицированных образцов наблюдается там, где содержание продукта составило 1 г. Наименьшее количество микроорганизмов для образцов с яблоком – содержание продукта 4 г, для образцов с картофелем – содержание продукта 0,5 г.

По-видимому, эти различия обусловлены различиями химического состава продуктов, которые были дополнительно внесены в ПС. В основном в яблоках и картофеле присутствуют углеводы, которые стимулируют быстрый рост микроорганизмов. На рисунке 3 представлен химический состав по основным нутриентам картофеля и яблока взятым из открытых источников [14].

Углеводы также присутствуют в составе ПС (глюкоза). Однако в картофеле большая часть углеводной части представлена крахмалом, а в яблоках – группа простых сахаров. Крахмал влияет на повышение вязкости среды, что негативно влияет на подвижность инфузорий. Инфузории подвижные микроорганизмы и наличие физических препятствий в виде волокон, а также увеличение вязкости раствора отрицательно сказывается на их размножении.

После подсчета микроорганизмов были рассчитаны БП для образцов, данные представлены на рисунке 4.

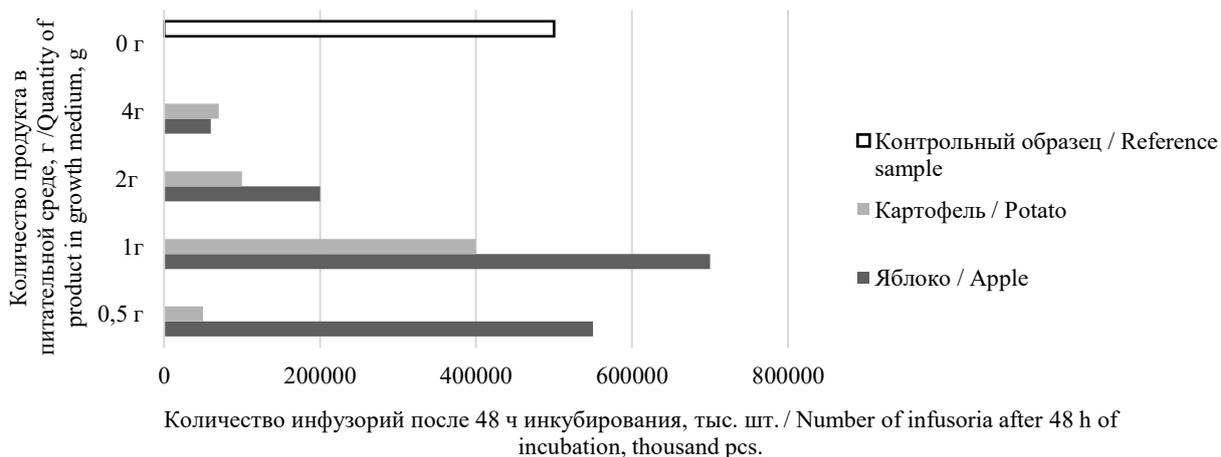


Рисунок 2. Количество микроорганизмов в модифицированных ПС

Figure 2. Number of microorganisms in modified growth medium

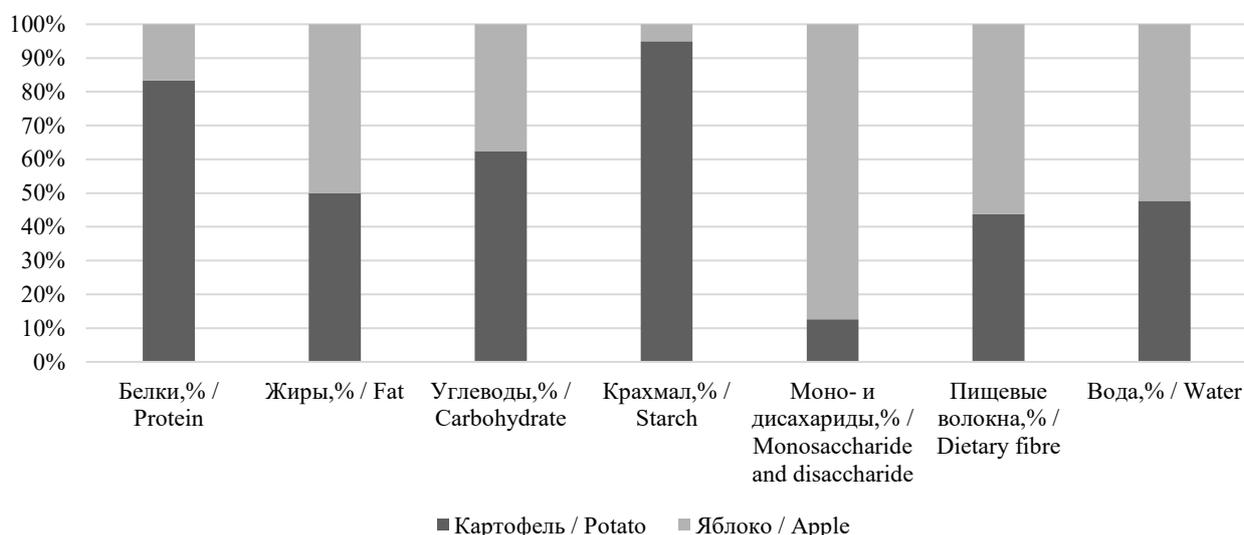


Рисунок 3. Химический состав картофеля и яблока

Figure 3. Chemical composition of potato and apple

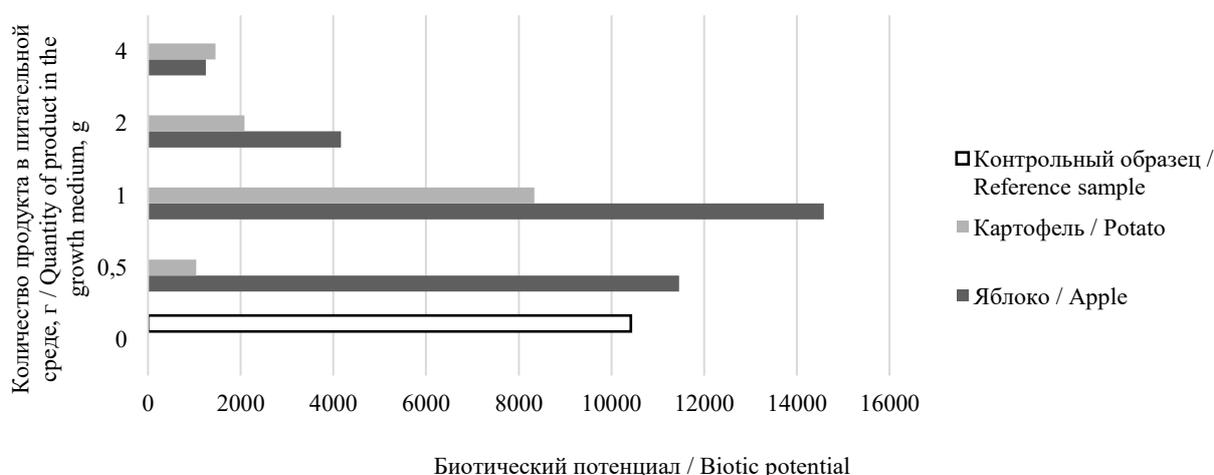


Рисунок 4. Биотический потенциал в модифицированных ПС

Figure 4. Biotic potential in modified growth medium

Значение БП в прямой корреляции от количества микроорганизмов, получившихся после инкубации по формуле 1. Поэтому очертания графиков на рисунках 2 и 4 совпадают по всем образцам между собой. Аналогичная зависимость наблюдается в графиках между образцами с картофелем и яблоком, однако количественные оценки не совпадают.

Заключение

В результате проведенных исследований выявлена возможность оценки биотического потенциала пищевых продуктов, используя в качестве параметра оценки количество инфузорий после 48 ч инкубирования. Целесообразно продолжить исследование по определению БП конкретных ингредиентов или продуктов для

формирования математических зависимостей, которые можно будет использовать при разработке рецептур продуктов растительного происхождения, оценки их ценности, а также выявления среди образцов продукта с наилучшей усвояемостью.

Благодарности

Выражается огромная благодарность Леоновой Ирине Борисовне за предоставленные образцы микроорганизмов, за помощь в работе с микроорганизмами. Выражается огромная благодарность Шабуровой Любови Николаевне за помощь в осуществлении исследований, за предоставление оборудования, а также за проявленный живой интерес к проведению исследований с инфузориями.

Литература

- 1 Карпенко Ю.В., Кращенко В.В. Биотестирование рыбной кулинарной продукции с использованием *Tetrahymena pyriformis* // Вестник астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 3. С. 132–140.
- 2 Сороколетов О.Н., Гаптар С.Л., Бгатов А.В. Применение биотестирования для оценки биологической ценности пищевых продуктов // Инновации и продовольственная безопасность. 2022. Т. 38, № 4. С. 31–36. doi: 10.31677/2311-0651-2022-38-4-31-36
- 3 Application of Paramecium caudatum for the assessment of energy costs for food raw materials and products digestibility // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 640. № 6. P. 062006. doi: 10.1088/1755-1315/640/6/062006
- 4 Бондарук А.М., Цыганков В.Г., Журихина Л.Н., Федорович С.В., Гулин В.В. Оценка биологической ценности и безвредности пищевых продуктов с целью разработки рационов для туристско-оздоровительной деятельности // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2016. № 1 (183). С. 225–230.
- 5 Плотникова И.В., Жаркова И.М., Гребенщиков А.В., Рогов К.О., Плотников В.Е. Исследование биологической активности водных суспензий бобовых культур как альтернативы яичному белку в кондитерских изделиях пенообразной структуры // Вопросы детской диетологии. 2021. Т. 19. № 2. С. 99–106. doi: 10.20953/1727-5784-2021-2-99-106
- 6 Gerhardt, A., Ud-Daula, A., Schramm, K. – W. *Tetrahymena* spp. (Protista, Ciliophora) as Test Species in Rapid Multilevel Ecotoxicity Tests // Acta Protozoologica. 2010. Vol. 49. № 4. P. 271–280.
- 7 Luan, F., Wang, T., Tang, L., Zhang, S., Cordeiro, M.N.D.S. Estimation of the Toxicity of Different Substituted Aromatic Compounds to the Aquatic Ciliate *Tetrahymena pyriformis* by QSAR Approach // Molecules. 2018. Vol. 23, № 5. P. 1002–1017. doi: 10.3390/molecules23051002
- 8 Коровина Н.С. Разработка пробиотического кисломолочного продукта антиоксидантной направленности // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2024. Т. 12. № 1. С. 34–42. doi: 10.14529/food240104
- 9 Леонова И.Б., Бабанина В.И. Изучение возможности использования биотестирования для сравнительной оценки качества соков // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019 Том 9 № 1А. С. 419–427.
- 10 Перфилова О.В., Брыксина К.В., Гребенщиков А.В. Оценка биотического потенциала и биологической ценности ржано-пшеничного хлеба с фруктовой и овощной пастами // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2022. № 4. С. 39–44.
- 11 ГОСТ 24230–80. Корма растительные. Метод определения переваримости *in vitro*. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. 4 с.
- 12 ГОСТ 31674–2012. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения общей токсичности. М.: Стандартинформ, 2014. 39 с.
- 13 Quality CHECK – приложение для пищевых производств: официальный сайт. – Москва, 2023. – URL: <https://quality-check.ru/> (Дата обращения 12.02.25).
- 14 Nicoletto C. et al. Vegetables quality and biotic stress // Plant Health Under Biotic Stress: Volume 1: Organic Strategies. 2019. P. 107–128.
- 15 El-Refaie R.M. и др. Biotic potential of generalized herbivore insects depending on host plants – Spodoptera littoralis case // Preprint. 2023. 16 с. doi: 10.21203/rs.3.rs-3223926/v1

- 16 Avdiu V. и др. The Impact of Abiotic and Biotic Factors on the Productivity of Apple Cultivars (*Malus domestica*) // Polish Journal of Environmental Studies. 2023. Vol. 32. № 4.
- 17 Agrahari S., Dubey A. Nanoparticles in plant growth and development // Biogenic nano-particles and their use in agro-ecosystems. 2020. P. 9–37.
- 18 Burns K. M. *Vegetal Forms: How Plants Cultivate Life in Literature and Science* : дис. – Duke University, 2022.
- 19 Schickore J. *Controlled Experiments*. Cambridge: Cambridge University Press, 2024. doi: <https://doi.org/10.1017/9781009348966>
- 20 Котельников А.В., Золотокопова С.В., Неваляная А.А. Биотестирование овощных снеков // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2023. Т. 85, № 1. С. 162–166. doi: 10.20914/2310-1202-2023-1-162-166

References

- 1 Karpenko Yu. V., Krashchenko V.V. Biotesting of fish culinary products using *Tetrahymena pyriformis*. Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Fishery. 2019. no. 3. pp. 132–140. (in Russian).
- 2 Sorokoletov O.N., Gaptar S.L., Bgatov A.V. Application of Biotesting for Assessment of Biological Value of Food Products. Innovations and Food Safety. 2022. vol. 38. no. 4. pp. 31–36. doi: 10.31677/2311-0651-2022-38-4-31-36. (in Russian).
- 3 Application of Paramecium caudatum for the assessment of energy costs for food raw materials and products digestibility. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. vol. 640. no. 6. pp. 062006. doi: 10.1088/1755-1315/640/6/062006.
- 4 Bondaruk A.M., Tsygankov V.G., Zhurikhina L.N., Fedorovich S.V., Gulin V.V. Assessment of biological value and harmlessness of food products in order to develop rations for tourism and recreational activities. Proceedings of BSTU. Series 1: Forestry, nature management and processing of renewable resources. 2016. no. 1 (183). pp. 225–230. (in Russian).
- 5 Plotnikova I.V., Zharkova I.M., Grebenshchikov A.V., Rogov K.O., Plotnikov V.E. Study of biological activity of aqueous suspensions of legume cultures as an alternative to egg white in confectionery products of foamy structure. Voprosy Children's Dietetics. 2021. vol. 19. no. 2. pp. 99–106. doi: 10.20953/1727-5784-2021-2-99-106. (in Russian).
- 6 Gerhardt A., Ud-Daula A., Schramm K.–W. *Tetrahymena* spp. (Protista, Ciliophora) as test species in rapid multilevel ecotoxicity tests. Acta Protozoologica. 2010. vol. 49. no. 4. pp. 271–280.
- 7 Luan F., Wang T., Tang L., Zhang S., Cordeiro M.N.D.S. Estimation of the toxicity of various substituted aromatic compounds to aquatic ciliate *Tetrahymena pyriformis* using QSAR approach. Molecules. 2018. vol. 23. no. 5. pp. 1002–1017. doi: 10.3390/molecules23051002.
- 8 Korovina N.S. Development of a probiotic fermented milk product with antioxidant properties. Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2024. vol. 12. no. 1. pp. 34–42. doi: 10.14529/food240104. (in Russian).
- 9 Leonova I.B., Babanina V.I. Study of biotesting as a tool for comparative juice quality evaluation. Economics: Yesterday, Today and Tomorrow. 2019. vol. 9. no. 1A. pp. 419–427. (in Russian).
- 10 Perfilova O.V., Bryksina K.V., Grebenshchikov A.V. Evaluation of the biotic potential and biological value of rye-wheat bread with fruit and vegetable pastes. Technologies of Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex – Healthy Nutrition Products. 2022. no. 4. pp. 39–44. (in Russian).
- 11 State Standard 24230–80. Vegetable Feeds. Method for Determination of In Vitro Digestibility. Moscow, IPK Izdatel standards Publ., 2003. 4 p. (in Russian).
- 12 State Standard 31674–2012. Fodders, Mixed Fodders, Mixed Fodder Raw Materials. Methods of Determination of General Toxicity. Moscow, Standartinform Publ., 2014. 39 p. (in Russian).
- 13 Quality CHECK – Application for Food Production: Official Site. Moscow, 2023. URL: <https://quality-check.ru/> (accessed 12.02.25).
- 14 Nicoletto C. et al. Vegetables quality and biotic stress // Plant Health Under Biotic Stress: Volume 1: Organic Strategies. 2019. pp. 107-128.
- 15 El-Refaie, R. M., et al. "Is the Biotic Potential, Expressed as Life-History Features and Nutritional Indices, of Generalized Herbivore Insects a Function of Host Plants?—Spodoptera Littoralis as a Case Study." 2023, 16 p. doi: 10.21203/rs.3.rs-3223926/v1.
- 16 Avdiu, V., et al. "The Impact of Abiotic and Biotic Factors on the Productivity of the Apple Cultivars (*Malus domestica*)." Polish Journal of Environmental Studies, 2023. vol. 32. no. 4.
- 17 Agrahari, S., and A. Dubey. "Nanoparticles in Plant Growth and Development." Biogenic Nanoparticles and Their Use in Agro-Ecosystems. 2020. pp. 9–37.
- 18 Burns, K. M. *Vegetal Forms: How Plants Cultivate Life in Literature and Science*. Dissertation, Duke University, 2022.
- 19 Schickore, J. *Controlled Experiments*. Cambridge University Press, 2024. doi: 10.1017/9781009348966.
- 20 Kotelnikov, A.V., S.V. Zolotokopova, and A.A. Nevalennaya. "Biotesting of Vegetable Snacks." Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies. 2023, vol. 85. no. 1. pp. 162–166. doi: 10.20914/2310-1202-2023-1-162-166.

Сведения об авторах

Анна Э. Джабакова старший преподаватель, кафедра пищевая безопасность, Российский биотехнологический университет, Волоколамское ш., д. 11, г. Москва, 125080, Россия, dzhabakovaae@mgupp.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3341-0722>

Татьяна В. Тулякова д.т.н., профессор, кафедра пищевая безопасность, Российский биотехнологический университет, Волоколамское ш., д. 11, г. Москва, 125080, Россия, fermtec-m@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3778-8068>

Наталья В. Фоменко к.т.н., доцент, кафедра Пищевая безопасность, Российский биотехнологический университет, Волоколамское ш., д. 11, г. Москва, 125080, Россия, fomenkonv@mgupp.ru

 <https://orcid.org/0009-0005-5230-2830>

Ирина Б. Леонова к.т.н., доцент, кафедра товарной экспертизы и таможенного дела, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, д.36, г. Москва, 115054, Россия, leonova.ib@rea.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9653-9056>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Anna E. Dzhabakova senior lecturer, food safety department, BIOTECH University, 11 Volokolamskoe Shosse, Moscow, 125080, Russia, dzhabakovaae@mgupp.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3341-0722>

Tatiana V. Tulyakova Dr. Sci. (Tech.), professor, food safety department, BIOTECH University, 11 Volokolamskoe Shosse, Moscow, 125080, Russia, fermtec-m@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3778-8068>

Natalia V. Fomenko Cand. Sci. (Tech.), associate professor, food safety department, BIOTECH University, 11 Volokolamskoe Shosse, Moscow, 125080, Russia, fomenkonv@mgupp.ru

 <https://orcid.org/0009-0005-5230-2830>

Irina B. Leonova Cand. Sci. (Tech.), associate professor, Department of Commodity Expertise and Customs Affairs, Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremiany pereylok, Moscow 115054, Russia, leonova.ib@rea.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9653-9056>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 06/01/2025	После редакции 03/03/2025	Принята в печать 17/03/2025
Received 06/01/2025	Accepted in revised 03/03/2025	Accepted 17/03/2025