

Влияние безалкогольных напитков на основе супернатантов томатов на морфофункциональное состояние отдельных органов животных в эксперименте in vivo

Андрей В. Гребенщиков	¹	serafim10@ya.ru	 0000-0002-0443-9809
Алла Е. Чусова	¹	hycovai@mail.ru	 0000-0003-1237-4870
Виктория А. Иванова	¹	viktoriaivanova@bk.ru	 0009-0000-1405-9327
Алена А. Пронькина	¹	pronkinaalena12@gmail.com	 0000-0002-8183-6082
Олеся П. Проскурина	¹	proskurina-bio@ya.ru	 0000-0001-7963-1646
Людмила И. Василенко	¹	vli2008@yandex.ru	 0000-0003-4038-0549

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Исследование влияния экспериментальных безалкогольных напитков на основе супернатантов томатов на морфофункциональное состояние внутренних органов здоровых половозрелых белых беспородных крыс линии Wistar проводилось в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии» (г. Воронеж) и ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет инженерных технологий. Целью исследования было изучить, как супернатанты томатов влияют на морфофункциональное состояние почек, печени, слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки и ворсинок двенадцатиперстной кишки. Для этого было сформировано четыре группы животных. Первой группе давали напиток на основе супернатанта из сока томатов сорта Волгоградский 5/95, второй группе — напиток на основе супернатанта из сока томатов сорта Оранжевый, а третьей группе — напиток на основе супернатанта из сока томатов сорта Чёрный принц. Также была сформирована контрольная группа, животные которой получали обычный рацион питания. Морфологические показатели органов изучались с помощью общепринятых методов. В результате гистологических и морфометрических исследований были обнаружены различные морфологические изменения в первой и второй группах. В частности, наблюдались зернистость цитоплазмы гепатоцитов, очаги инфильтрации, отслоение эпителия ворсинок и уменьшение длины ворсинок в кишечнике. Хотя эти изменения не являются серьёзными и обратимыми, они могут негативно повлиять на организм животных и требуют коррекции. В то же время в органах животных третьей группы и контрольной группы не было обнаружено никаких изменений, что может указывать на отсутствие негативного воздействия, выявленного в первой и второй группах.

Ключевые слова: морфология, функциональное состояние, почки, печень, слизистая оболочка желудка, двенадцатиперстная кишка, томат, супернатант.

The effect of soft drinks based on tomato supernatant on the morpho-functional state of individual animal organs in vivo experiments

Andrey V. Grebenshchikov	¹	serafim10@ya.ru	 0000-0002-0443-9809
Alla E. Chusova	¹	hycovai@mail.ru	 0000-0003-1237-4870
Victoria A. Ivanova	¹	viktoriaivanova@bk.ru	 0009-0000-1405-9327
Alyona A. Pronkina	¹	pronkinaalena12@gmail.com	 0000-0002-8183-6082
Olesya P. Proskurina	¹	proskurina-bio@ya.ru	 0000-0001-7963-1646
Lyudmila I. Vasilenko	¹	vli2008@yandex.ru	 0000-0003-4038-0549

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The study of the effect of experimental soft drinks based on tomato supernatants on the morphofunctional state of the internal organs of healthy sexually mature white outbred Wistar rats was conducted at the Federal State Budgetary Scientific Institution "ALL-Russian scientific research veterinary institute of pathology, pharmacology and therapy" (g. Voronezh) and Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Voronezh State University of Engineering Technologies". The aim of the study was to study how tomato supernatants affect the morphofunctional state of the kidneys, liver, duodenal mucosa and duodenal villi. For this purpose, four groups of animals were formed. The first group was given a drink based on a supernatant from tomato juice of the Volgogradsky 5/95 variety, the second group was given a drink based on a supernatant from tomato juice of the Orange variety, and the third group was given a drink based on a supernatant from tomato juice of the Black Prince variety. A control group was also formed, the animals of which received the usual diet. Morphological parameters of organs were studied using generally accepted diagnostic methods. As a result of histological and morphometric studies, various morphological changes were found in the first and second groups of patients. In particular, granularity of the cytoplasm of hepatocytes, foci of infiltration, detachment of the villi epithelium and a decrease in the length of villi in the intestine were observed. Although these changes are not serious and reversible, they can negatively affect the animal's body and require correction. At the same time, no changes were found in the organs of animals of the third group and the control group, which may indicate the absence of negative effects detected in the first and second groups of animals.

Keywords: morphology, functional state, kidneys, liver, gastric mucosa, duodenum, tomato, supernatant.

Для цитирования

Гребенщиков А.В., Чусова А.Е., Иванова В.А., Пронькина А.А., Проскурина О.П., Василенко Л.И. Влияние безалкогольных напитков на основе супернатантов томатов на морфофункциональное состояние отдельных органов животных в эксперименте in vivo // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 4. С. 58–67. doi:10.20914/2310-1202-2024-4-58-67

For citation

Grebenshchikov A.V., Chusova A.E., Ivanova V.A., Pronkina A.A., Proskurina O.P., Vasilenko L.I. The effect of soft drinks based on tomato supernatant on the morpho-functional state of individual animal organs in vivo experiments. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 4. pp. 58–67. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-4-58-67

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Стратегическая задача аграрного производства – обеспечить население высококачественной продукцией, богатой витаминами. В связи с этим основная цель государственной политики в области здорового питания – разработка и внедрение продуктов с высоким содержанием питательных веществ [1–7].

В решении этой проблемы большое значение имеет производство напитков на основе томатных супернатантов. Эти напитки обладают ценными свойствами и высоким содержанием биологически активных веществ [8–9].

Производство безалкогольных напитков направлено на сохранение и улучшение качества продукта с длительным сроком хранения. Согласно предыдущим исследованиям и работам других авторов, основными критериями качества безалкогольного напитка на основе супернатанта являются содержание сухих веществ, общего сахара, кислотности, каротина, аскорбиновой кислоты и клетчатки, а также вкус, цвет и запах [10,11,15].

Для производства напитка используются супернатанты из соков, полученных из качественных томатов, которые используются для производства ликопина [14,15].

Разработка нового безалкогольного напитка на основе супернатанта томатов позволит сделать его доступным для различных групп населения. В связи с этим одним из этапов разработки продукта является оценка его биологической активности на лабораторных животных. [12,13,16,19].

Поскольку при производстве напитка на основе томатов используются различные технологии обработки сырья, полученный водный экстракт может содержать разное количество биологически активных веществ и, следовательно, обладать разной биологической активностью [17–20].

Актуальность работы заключается в отсутствии в доступной научно-технической литературе сведений о микроструктурных характеристиках органов лабораторных крыс при выпаивании им напитков на основе супернатантов, полученных из разных сортов томатов.

Цель работы – оценить реакцию системы гомеостаза у лабораторных крыс при употреблении напитков на основе супернатантов томатов.

Материалы и методы

В качестве тест-систем использовали разнополых здоровых половозрелых белых беспородных крыс линии Wistar. Содержание животных и манипуляции с ними соответствовали European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and other Scientific

Purposes (ETS 123, Strasbourg, 1986) и Директиве 2010/63/EU Европейского парламента и совета Европейского Союза от 22 сентября 2010 года по охране животных, используемых в научных целях. Лабораторные крысы содержались в условиях вивария в соответствии с требованиями ГОСТ 33215–2014 и ГОСТ 33216–2014 [12,13].

В соответствии с дизайном эксперимента, изучение влияния супернатантов полученных из томатов различных сортов проводили на 30 белых крысах-самцах с массой тела 165–185 г. при пероральном введении исследуемого препарата в течение 15 дней согласно «Руководства по проведению доклинических исследований лекарственных средств». Препараты вводили ежедневно один раз в день в дозах 0,1 мл/кг (терапевтическая) и 1,0 мл/кг (в 10 раз превышающая терапевтическую).

Биологический материал (почка, печень, желудок и 12-перстная кишка.) отбирались у крыс после эвтаназии передозировкой углекислого газа в специальной камере через 15 дней от начала опыта. Обработка материала проводилась по стандартной валидированной методике, которая включает фиксацию в 10% формалине, дегидратацию в спиртах, заливке в гистологический парфин, нарезку срезов на микротоме МПС-2, окраску гематоксилином-эозином по валидованному протоколу. Морфометрию проводили с помощью микроскопа биомед-3 и камеры. Для получения фото использовалось программное обеспечение Tour View. Для калибровки использовался морфометрический стандарт [4–6].

Данные, полученные в ходе исследования, были подвергнуты статистической обработке с использованием программы Statistica v10.0 (StatSoft. Inc. США). Были рассчитаны средняя арифметическая, а также стандартная ошибка средней. Достоверность различия между выборками оценивалась с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни. Статистическая гипотеза считалась достоверной при $P < 0,05$.

Результаты

В образцах группы 1 (напиток на основе супернатанта из томатов сорта Волгоградский 5/92) печень имела типичную для крыс архитектуру. В частности дольковое и балочное строение сохранно, междольковые перегородки не визуализировались (рисунок 1). Сосуды органа были неравномерно кровенаполнены, при этом визуализировались мелкие скопления лейкоцитов. Гепатоциты сохраняли свою типичную форму, цитоплазма была окрашена по большей части равномерно, однако у некоторых присутствовали цитоплазматические включения в виде вакуолей или пустот.

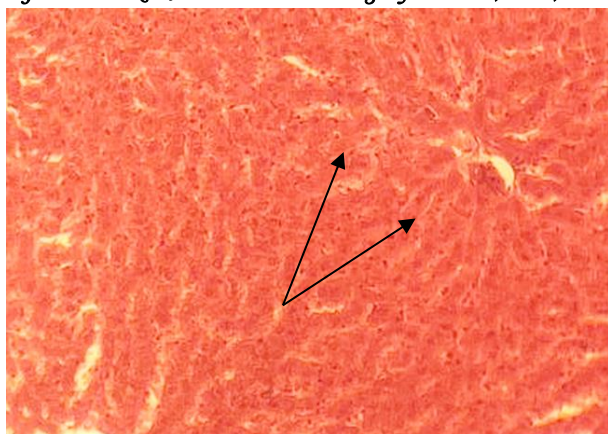


Рисунок 1. Гистологическая структура печени. Дольковое и балочное строение сохранно. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×40

Figure 1. Histological structure of the liver. The lobular and girder structure is preserved. Staining with hematoxylin-eosin. Increase×40

Почка также имела типичное строение, корковое и мозговое вещество были хорошо различимы, сосудистые клубочки обыкновенного вида (рисунок 2).

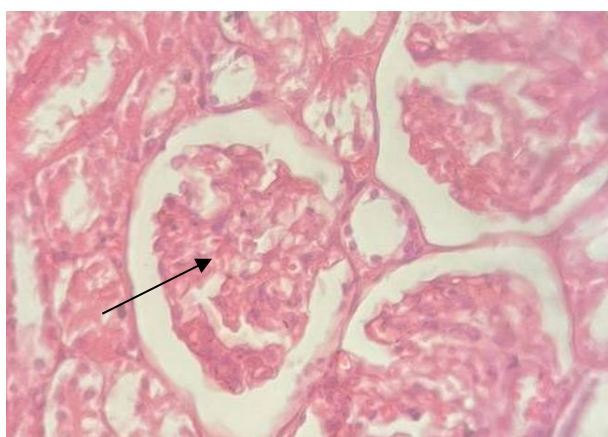


Рисунок 2. Гистологическая структура почки. Типичное строение сосудистого клубочка. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×400

Figure 2. Histological structure of kidney. The typical structure of the vascular glomerulus. Staining with hematoxylin-eosin. Increase×400

Серозная оболочка желудка была представлена слоем мезотелия (снаружи) и подлежащей соединительной тканью. Мышечная оболочка сохранна, представлена тремя слоями гладкой мускулатуры. Подслизистая основа представлена волокнами соединительной ткани, слизистая оболочка представлена кардиальными и фундальными железами. На слизистой в некоторых местах визуализируются участки эрозии.

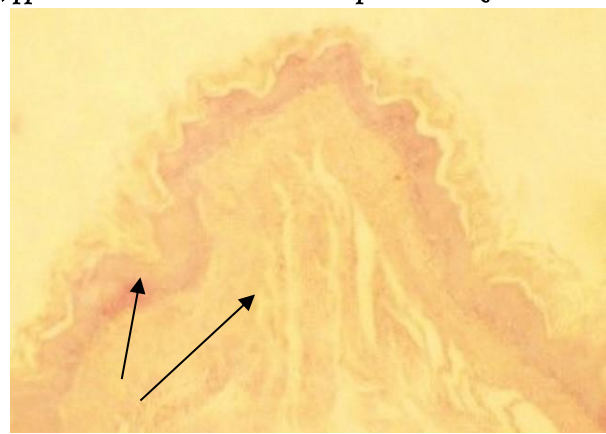


Рисунок 3. Гистологическая структура слизистой оболочки желудка. Подслизистая основа представлена волокнами соединительной ткани, слизистая оболочка представлена кардиальными и фундальными железами. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×40

Figure 3. Histological structure of the gastric mucosa. Glands of the gastric mucosa. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification×40

Двенадцатиперстная кишка имеет обычное строение (рисунок 3). Ворсины длинные, крипты средней глубины, слабо извитые. Эпителий ворсин по большей части имеет сохраненный вид, но у части ворсинок на верхушке эпителий десквамирован.

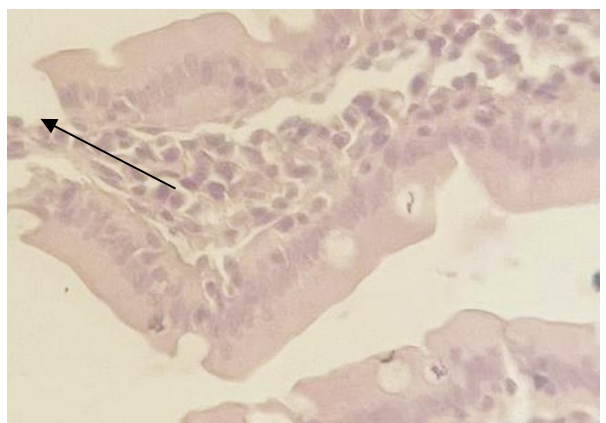


Рисунок 4. Гистологическая структура двенадцатиперстной кишки. Десквамация эпителия. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×400

Figure 4. Histological structure of the duodenum. Desquamation of the epithelium. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification×400

Также в некоторых ворсинках видны мононуклеарные и полиморфоядерные лейкоциты, что указывает на возможное развитие воспалительных процессов.

В образцах группы 2 (напиток на основе супернатанта из томатов сорта Аранж) печень также имела типичное гистологическое строение, балочное строение сохранено, междольковых перегородок не визуализируется, сосуды неравномерно кровенаполнены, капиллярное русло запустевшее (рисунок 5).

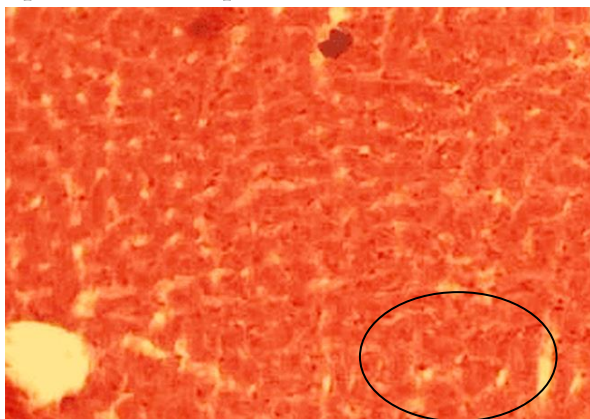


Рисунок 5. Гистологическая структура печени. Очажки мононуклеарной инфильтрации. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×40

Figure 5. Histological structure of liver. Foci of mononuclear infiltration. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification×40

Гепатоциты имеют полигональную форму, встречаются двухядерные клетки. На срезе органа визуализируются мелкие (10–20) клеток очажки мононуклеарной инфильтрации.

В почке архитектоника сохранена, клубочки типичного вида (рисунок 6). Капсула Шумлянскогo слегка расширена, просвет части канальцев слегка сужен, у некоторых канальцев в просвете визуализируются эозинофильные массы, которые скорее всего имеют белковое происхождение. Клетки эпителия канальцев имеют цитоплазматические включения (зерна), а также у части цитоплазма окрашена неравномерно.

Двенадцатиперстная кишка (рисунок 7) имеет обычное строение. Ворсины длинные, крипты средней глубины, слабо извитые. Эпителий ворсин по большей части сохраненного вида, но у единичных ворсин видна десквамация эпителия, что может указывать на негативное влияние кислот и приводить к мальабсорбции.

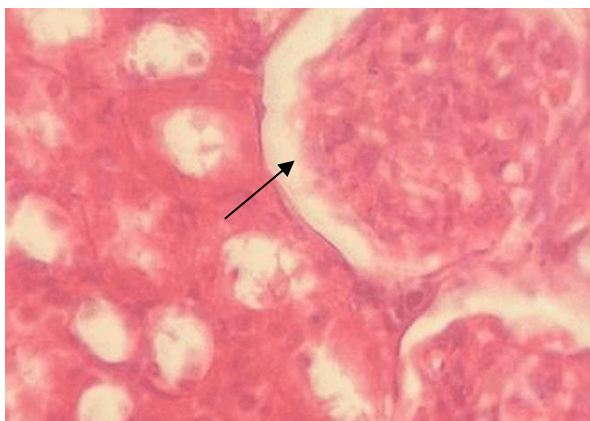


Рисунок 6. Гистологическая структура почки. Расширенная капсула Шумлянскогo. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×400

Figure 6. Histological structure of the kidney. Shumlyansky's expanded capsule. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification×400

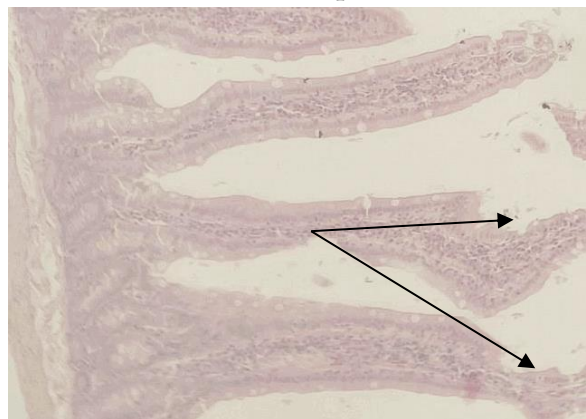


Рисунок 7. Гистологическая структура двенадцатиперстной кишки. Десквамация эпителия. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×100

Figure 7. Histological structure of the duodenum. Desquamation of the epithelium. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification×100

Серозная оболочка желудка (рисунок 8) представлена слоем мезотелия (снаружи) и подлежащей соединительной тканью. Мышечная оболочка сохранна, представлена тремя слоями гладкой мускулатуры.

Подслизистая основа представлена волокнами соединительной ткани, слизистая оболочка представлена кардиальными и фундальными железами, однако видно уменьшение толщины слизистой за счет частичного стирания эпителиального и железистого слоя.

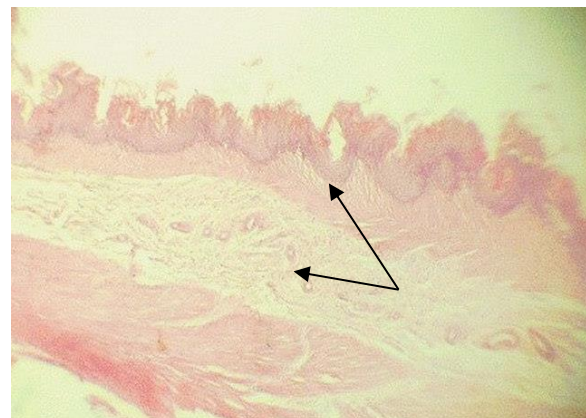


Рисунок 8. Гистологическая структура слизистой оболочки желудка. Уменьшение толщины слизистой за счет частичного стирания эпителиального и железистого слоя. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×40.

Figure 8. Histological structure of the gastric mucosa. Reduction of mucosal thickness due to partial erasure of the epithelial and glandular layer. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification×40.

В образцах группы 3 (напиток на основе супернатанта из томатов сорта Бычий Лоб) печень имеет типичное гистологическое строение (рисунок 9). Сосуды по большей части кровенаполнены равномерно, балочное строение сохранно,

капиллярное русло слабо кровенаполнено. Гепатоциты полигональной формы, визуализируются единичные двоядерные клетки, цитоплазма по большей части окрашена равномерно, но на периферии среза видны клетки с пустотами, а также визуализируются клетки с зернистостью цитоплазмы.

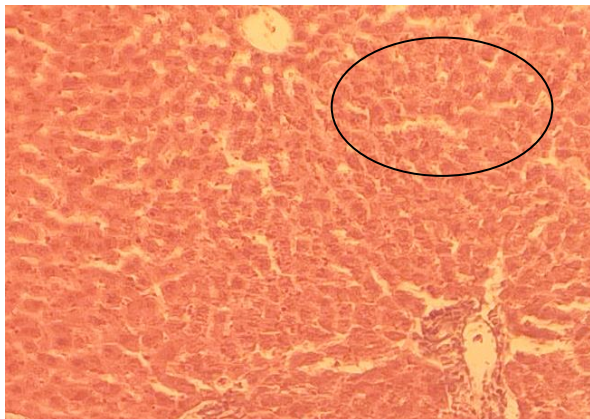


Рисунок 9. Гистологическая структура печени. Клетки с пустотами, а также зернистостью цитоплазмы. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×40

Figure 9. Histological structure of the liver. Cells with voids, as well as granularity of the cytoplasm. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification×40

Около сосудов триад видны небольшие скопления мононуклеарных лейкоцитов.

В почке архитектура сохранена, клубочки обыкновенного вида, капсула Шумлянского слегка расширена, просвет части канальцев слегка сужен, клетки эпителия канальцев имеют цитоплазматические включения (зерна) (рисунок 10).



Рисунок 10. Гистологическая структура почки. Расширенная капсула Шумлянского. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×400

Figure 10. Histological structure of the kidney. Shumlyansky's expanded capsule. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification×400

Двенадцатиперстная кишка имеет типичное строение (рисунок 11). Ворсины длинные, крипты средней глубины и глубокие, слабо извитые, хорошо видна митотическая активность.

Эпителий ворсин по большей части имеет сохранный вид, но у части ворсинок на верхушке и в средней части эпителий десквамирован в значительной степени. Также в единичных ворсинках видны мононуклеарные и полиморфоядерные лейкоциты, что указывает на возможное развитие воспалительных процессов.

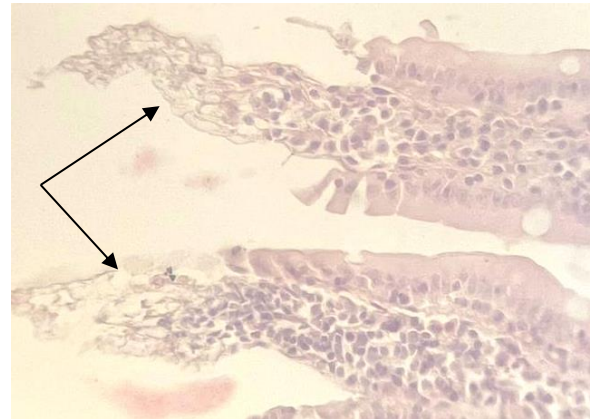


Рисунок 11. Гистологическая структура двенадцатиперстной кишки. Десквамация эпителия значительной части ворсинки. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×100

Figure 11. Histological structure of the duodenum. Desquamation of the epithelium of a significant part of the villi. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification×100

Серозная оболочка желудка представлена слоем мезотелия (снаружи) и подлежащей соединительной тканью (рисунок 12). Подслизистая основа представлена волокнами соединительной ткани, слизистая оболочка представлена кардиальными и фундальными железами, однако видны участки частичной эрозии слизистой и десквамации эпителия.

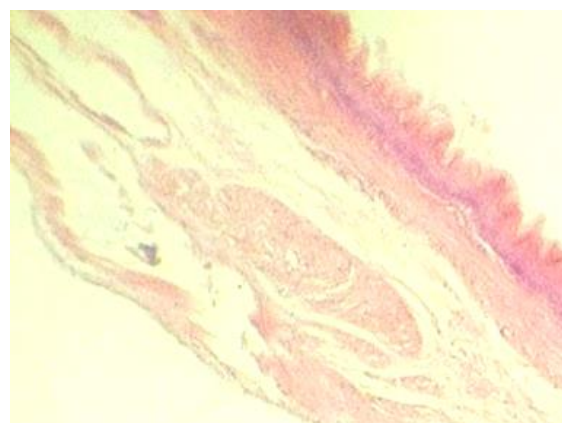


Рисунок 12. Гистологическая структура слизистой оболочки желудка. Участки частичной эрозии слизистой и десквамации эпителия. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×40

Figure 12. Histological structure of the gastric mucosa. Areas of partial erosion of the mucosa and desquamation of the epithelium. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification×40

В образцах группы 4 (напиток на основе супернатанта из томатов сорта Черное сердце америки) печень также имеет типичную архитектуру, гепатоциты полигональной формы, цитоплазма окрашена ярко, равномерно, ядро расположено по центру (рисунок 13). Сосуды умеренно равномерно кровенаполнены, балочное и дольчатое строение сохранно.

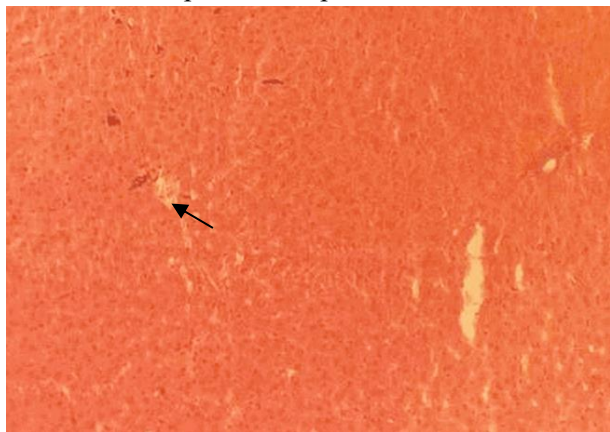


Рисунок 13. Гистологическая структура печени. Кровенаполненные кровеносные сосуды. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×40

Figure 13. Histological structure of the liver. Blood-filled blood vessels. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification×40

В почке хорошо различимы корковое и мозговое вещество (рисунок 14).

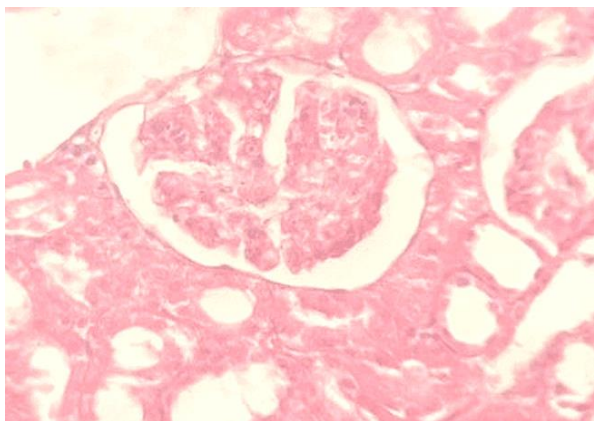


Рисунок 14. Гистологическая структура почки. Свободный просвет извитых канальцев. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×400

Figure 14. Histological structure of the kidney. Free lumen of the convoluted tubules. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification×400

Клубочки типичного строения, слабо кровенаполнены, капсула Шумлянского типичного вида, четко визуализируется. Проксимальные и дистальные канальца также имеют обычное строение, просвет свободный, эпителий канальцев типичного строения.

Исследование двенадцатиперстной кишки не выявляло отклонений от типичной архитектуры органа (рисунок 15).

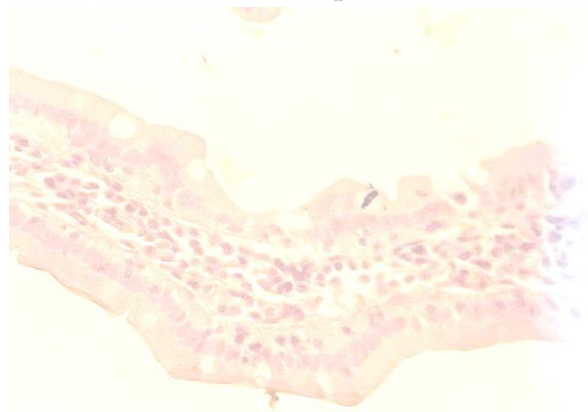


Рисунок 15. Гистологическая структура двенадцатиперстной кишки. Сохранившийся эпителий ворсинок. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×100

Figure 15. Histological structure of the duodenum. The preserved epithelium of the villi. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification×100

Ворсины длинные, слабо извитые, крипты средней глубины и глубокие, слабо извитые, визуализируется митотическая активность. Эпителий ворсин сохранного вида, визуализируются бокаловидные энтероциты.

Желудок имел обычную гистологическую структуру (рисунок 16). Серозная оболочка сохранного вида, мышечная оболочка сохранна, представлена тремя слоями гладких мышечных волокон.

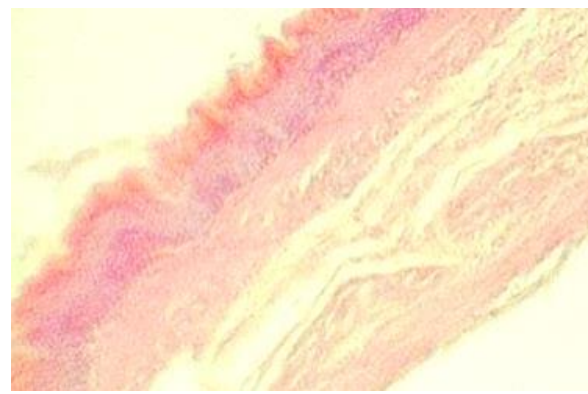


Рисунок 16. Гистологическая структура слизистой оболочки желудка. Отсутствие деструктивных изменений в стенке желудка. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×40

Figure 16. Histological structure the structure of the gastric mucosa. Absence of destructive changes in the stomach wall. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification×40

Подслизистая основа представлена волокнами соединительной ткани, слизистая оболочка представлена кардиальными и фундальными железами.

В образцах группы 5 (Контроль) печень сохраняла типичное гистологическое строение.

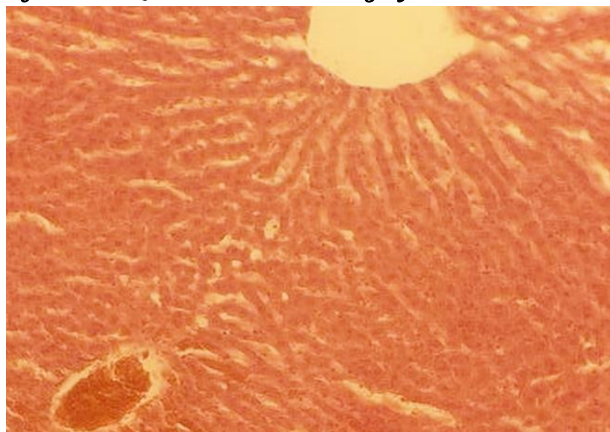


Рисунок 17. Гистологическая структура печени. Кровенаполненные кровеносные сосуды. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×40

Figure 17. Histological structure of the liver. Blood-filled blood vessels. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification×40

Балочная и дольчатая структуры сохранены, сосуды всех калибров равномерно кровенаполнены, гепатоциты обычной формы, ближе к центру долек визуализируются единичные клетки с зернами в цитоплазме.

Почка типичного гистологического строения, представлена корковым и мозговым слоем.

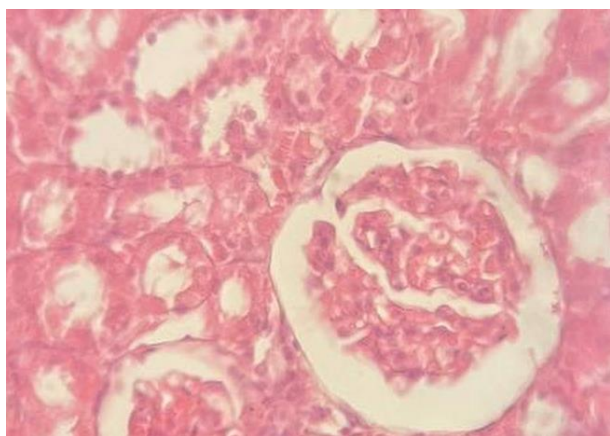


Рисунок 18. Гистологическая структура почки. Свободный просвет извитых канальцев. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×400

Figure 18. Histological structure of the kidney. Free lumen of the convoluted tubules. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification×400

Капсула Шумлянско-го хорошо видна, клубочки сохранного вида, сосудистая сеть умерено кровенаполнена, канальца обыкновенного вида, эпителий канальцев сохранён. Просвет канальцев свободный.

Двенадцатиперстная кишка имеет стандартное гистологическое строение (рисунок 19).

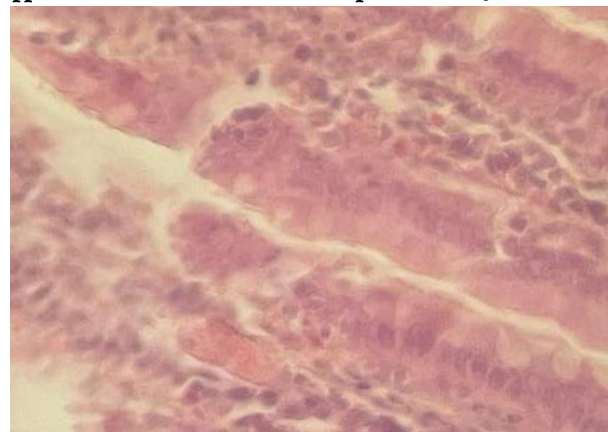


Рисунок 19. Гистологическая структура двенадцатиперстной кишки. Сохранившийся эпителий ворсинок. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×100

Figure 19. Histological structure of the duodenum. The preserved epithelium of the villi. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification×100

Ворсины длинные, слабо извитые, крипты средней глубины и глубокие, слабо извитые, визуализируется митотическая активность. Эпителий ворсин сохранного вида, визуализируются бокаловидные энтероциты.

Желудок имеет типичное строение (рисунок 20). Серозная оболочка сохранного вида, мышечная оболочка сохранна, представлена тремя слоями гладких мышечных волокон. Подслизистая основа представлена волокнами соединительной ткани, слизистая оболочка представлена кардиальными и фундальными железами.

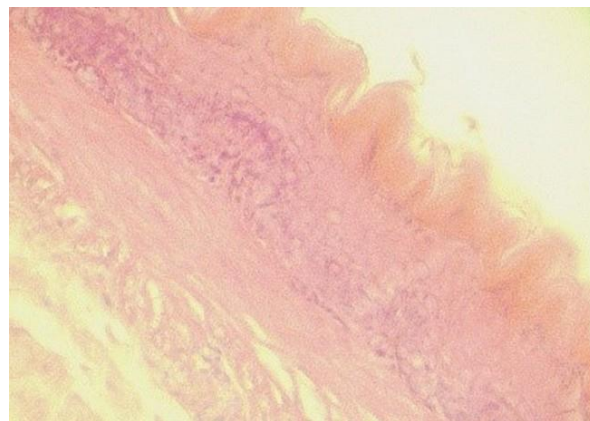


Рисунок 20. Гистологическая структура слизистой оболочки желудка. Отсутствие деструктивных изменений в стенке желудка. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение×40

Figure 20. Histological structure of the gastric mucosa. Absence of destructive changes in the stomach wall. Staining with hematoxylin-eosin. Magnification×40

При проведении морфометрии гепатоцитов в печени выявляли, что диаметр гепатоцитов в контрольной группе и группе 4 не имел существенных различий. В то же время в группах 1,

2 и 3 этот показатель был в среднем на 15,1% меньше, чем в группе 4 и контрольной группе. В данном случае увеличение размеров гепатоцитов могло указывать на активное функционирование печени и более активные процессы депонирования гликогена.

Морфометрия стенки желудка выявила, что в группе 2 толщина слизистой оболочки была наименьшей, различия с группой 5 составили 50,2%. В группах 3, 4 и 5 толщина слизистой оболочки не имела статистически значимых различий. В группе 1 толщина слизистой оболочки меньше, чем в группе 3, 4 и 5 на 8,8%, 12,2% и 13,3% соответственно. Мышечная оболочка имела самую мощную стенку в группе 4. Разница составила в среднем 9,5% относительно группы 3 и 5, а относительно групп 1 и 2 – 25,4 и 40,6% соответственно. Толщина серозной оболочки во всех группах не имела достоверных различий.

При проведении морфометрии двенадцатиперстной кишки учитывалась длина ворсин, ширина ворсин, глубина крипт и ширина крипт. Ворсины наибольшей величины были выявлены в группе 1. Разница относительно группы 1 и 2 составила 19,6% ($p < 0,01$). Ширина ворсин была наименьшей в группе 1. Разница между группой 1 и группой 5 составляла 10,4% ($p < 0,05$). Глубина крипт в группе 4 и группе 5 различалась на 3,4% ($p < 0,05$). Ширина крипт была наименьшей в группе 1 и различалась с группой 5 на 30,6% ($p < 0,05$).

При проведении морфометрии почек было отмечено, что диаметр почечных клубочков различался в 4 и 5 группе на 3,5% ($p < 0,01$),

в то время как в группах 1, 2, 3 различия составляли 19,5 и 26,4% ($p < 0,01$), 13,3% относительно контрольной группы. Диаметр почечных канальцев в исследуемых группах различался менее чем на 5%.

Заключение

В результате проведенных гистологических и морфометрических исследований было установлено, что в группах 1, 2 и 3 присутствовали различные морфологические изменения – зернистость цитоплазмы гепатоцитов, очажки инфильтрации, десквамация эпителия ворсин, уменьшение длины ворсин в кишечнике. Что свидетельствовало о наличии агрессивного компонента корма, в частности напитков на основе супернатантов из томатов сортов Волгоградский 5/95, Аранж и Бычий Лоб. Несмотря на то, что изменения не носят серьезный характер и являются обратимыми, они могут оказать неблагоприятное влияние на макроорганизм, особенно при длительном использовании, ввиду чего нуждаются в коррекции. В то же время в группе 4 изменений не было выявлено, что в данном случае может указывать на отсутствие неблагоприятного действия, которое было выявлено в группах 1, 2, 3. Следовательно, напитки на основе супернатанта из томатов сорта Чёрное сердце Америки могут быть рекомендованы разным группам населения без существенных ограничений.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00217, <https://rscf.ru/project/23-26-00217/>.

Литература

- 1 Овсянников Ю. А. Основные направления улучшения питания населения России // АВУ. 2017. №6. С. 77-81.
- 2 Камилов М.К., Камилова П.Д., Камилова З.М., Эминова Э.М. Органическая продукция сельского хозяйства – одно из актуальных направлений экологизации АПК // РППЭ. 2017. № 5. С. 20-30.
- 3 Elvira-Torales LI, Navarro-González I, González-Barrio R, Martín-Pozuelo G et al. Tomato Juice Supplementation Influences the Gene Expression Related to Steatosis in Rats. *Nutrients*. 2018. V. 10. №9. P.1215. doi: 10.3390/nu10091215
- 4 Martín-Pozuelo G, Navarro-González I, González-Barrio R, Santaella M et al. The effect of tomato juice supplementation on biomarkers and gene expression related to lipid metabolism in rats with induced hepatic steatosis. *Eur J Nutr*. 2015. V. 54. №6. P. 933–944. doi: 10.1007/s00394–014–0770–4
- 5 Periago MJ, Martín-Pozuelo G, González-Barrio R, Santaella M, et al. Effect of tomato juice consumption on the plasmatic lipid profile, hepatic HMGCR activity, and fecal short chain fatty acid content of rats. *Food Funct*. 2016. V. 7. №10. P. 4460–4467. doi: 10.1039/c6fo00344c
- 6 García-Alonso FJ, González-Barrio R, Martín-Pozuelo G, Hidalgo N. et al. A study of the prebiotic-like effects of tomato juice consumption in rats with diet-induced non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD). *Food Funct*. 2017. V. 8. №10. P. 3542–3552. doi: 10.1039/c7fo00393e
- 7 Sahin, K., Gencoglu, H., Bilir, B., Kucuk, O. Protective role of lycopene against oxidative stress in liver //The liver. Academic Press.2018. P. 155-167.
- 8 Гребенщиков А.В., Чусова А.Е., Глаголева Л.Э., Корчагин В.И. и др. Изучение состава супернатанта из томатов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2023. Т. 85. № 4. С. 57–62.
- 9 Kolman, O. Y., Ivanova, G. V., Glotova, M. V., Perestoronina, A. N. Development of waste-free production technologies for the food industry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022.V. 981. № 2. P. 022017.
- 10 Гаджиева А. М., Алиева М. Г. Получение и рациональное использование вторичных ресурсов сырья на основе комплексной переработки томатов //Совершенствование технологических процессов в пищевой промышленности. 2016. С. 37-43.

- 11 KS G., John J. A. Functional beverages: Special focus on anti-diabetic potential //Journal of Food Processing and Preservation. 2021. V. 45. № 11. P.15974.
- 12 Włodarczyk K., Smolińska B., Majak I. Tomato allergy: the characterization of the selected allergens and antioxidants of tomato (*solanum lycopersicum*)—a review //Antioxidants. 2022. V. 11. № 4. P. 644.
- 13 Likidkarnchanakornkij J, Jindatip D, Wannaprasert T. Morphology of the digestive system of the lesser bamboo rat (*Cannomys badius*). Anat Histol Embryol. 2023. V. 52. P. 944-955. doi: 10.1111/ahe.12954
- 14 Shikh E.V., Elizarova E.V., Makhova A.A., Bragina T.V. The role of tomatoes and products from them in healthy human nutrition // Nutrition issues. 2021. V. 90, № 4. P. 129–137.
- 15 Чусова А.Е., Жаркова И.М., Гребенщиков А.В., Коркина А.В. и др. Оценка биологической активности осветленного томатного сока. Сборник научных статей и докладов X Международной научно-технической конференции. Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений. X международная науч.-техн. конф., Воронеж, 2022. С. 80-84.
- 16 Valic M.S., Halim M., Schimmer P., Zheng G. Guidelines for the experimental design of pharmacokinetic studies with nanomaterials in preclinical animal models. J Control Release. 2020. V. 323. P.83-101. doi: 10.1016/j.jconrel.2020.04.002
- 17 Иванова Н. Н., Хомич Л. М., Бекетова Н. А. Нутриентный профиль томатного сока. Вопросы питания. 2018. Т. 87. № 2. С. 53-64. doi:10.24411/0042-8833-2018-10019
- 18 Dai T., McClements DJ., Niu X., Guo X. et al. Whole tomato juice produced by a novel industrial-scale microfluidizer: Effect on physical properties and in vitro lycopene bioaccessibility. Food Res Int. 2022. V. 159 P. 111608. doi: 10.1016/j.foodres.2022.111608
- 19 Wu X, Yu L, Pehrsson P.R. Are Processed Tomato Products as Nutritious as Fresh Tomatoes? Scoping Review on the Effects of Industrial Processing on Nutrients and Bioactive Compounds in Tomatoes. Adv Nutr. 2022. V. 13(1) P. 138-151. doi: 10.1093/advances/nmab109
- 20 Landrier JF, Breniere T, Sani L, Desmarchelier C. et al. Effect of tomato, tomato-derived products and lycopene on metabolic inflammation: from epidemiological data to molecular mechanisms. Nutr Res Rev. 2023 V. 18 P.1-17. doi: 10.1017/S095442242300029X

References

- 1 Ovsyannikov Yu. A. The main directions of improving the nutrition of the Russian population // AVU. 2017. no. 6. pp. 77-81. (in Russian).
- 2 Kamilov M.K., Kamilova P.D., Kamilova Z.M., Eminova E.M. Organic agricultural products are one of the topical directions of agro-industrial complex ecologization. 2017. no. 5. pp. 20-30. (in Russian).
- 3 Elvira-Torales LI, Navarro-González I, González-Barrio R, Martín-Pozuelo G. et al. Tomato Juice Supplementation Influences the Gene Expression Related to Steatosis in Rats. Nutrients. 2018. Vol. 10. no. 9. pp. 1215. doi: 10.3390/nu10091215
- 4 Martín-Pozuelo G, Navarro-González I, González-Barrio R, Santaella M, et al. The effect of tomato juice supplementation on biomarkers and gene expression related to lipid metabolism in rats with induced hepatic steatosis. Eur J Nutr. 2015. Vol. 54. no.6. pp. 933–944. doi: 10.1007/s00394-014-0770-4
- 5 Periago MJ, Martín-Pozuelo G, González-Barrio R, Santaella M et al. Effect of tomato juice consumption on the plasmatic lipid profile, hepatic HMGCR activity, and fecal short chain fatty acid content of rats. Food Funct. 2016. Vol. 7. no. 10. pp. 4460–4467. doi: 10.1039/c6fo00344c.
- 6 García-Alonso FJ, González-Barrio R, Martín-Pozuelo G, Hidalgo N et al. A study of the prebiotic-like effects of tomato juice consumption in rats with diet-induced non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD). Food Funct. 2017. Vol. 8(10). pp. 3542–3552. doi: 10.1039/c7fo00393e
- 7 Sahin, K., Gencoglu, H., Bilir, B., Kucuk, O. Protective role of lycopene against oxidative stress in liver //The liver. Academic Press.2018. pp. 155-167.
- 8 Grebenshchikov A.V., Chusova A.E., Glagoleva L.E., Korchagin V.I. et al. Studying the composition of a tomato supernatant // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2023. Vol. 85. no. 4. pp. 57–62. (in Russian).
- 9 Kolman, O. Y., Ivanova, G. V., Glotova, M. V., Perestoronina, A. N. Development of waste-free production technologies for the food industry. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 981. no. 2, pp. 022017.
- 10 Gadzhieva A. M., Aliyeva M. G. Obtaining and Rational Use of Secondary Raw Material Resources Based on the Comprehensive Processing of Tomatoes // Improvement of Technological Processes in the Food Industry. 2016. pp. 37-43 (in Russian).
- 11 KS G., John J. A. Functional beverages: Special focus on anti-diabetic potential //Journal of Food Processing and Preservation. 2021. Vol. 45. no. 11. pp.15974.
- 12 Włodarczyk K., Smolińska B., Majak I. Tomato allergy: the characterization of the selected allergens and antioxidants of tomato (*solanum lycopersicum*)—a review //Antioxidants. 2022. Vol. 11. no. 4. pp. 644
- 13 Likidkarnchanakornkij J, Jindatip D, Wannaprasert T. Morphology of the digestive system of the lesser bamboo rat (*Cannomys badius*). Anat Histol Embryol. 2023. Vol. 52. pp. 944-955. doi: 10.1111/ahe.12954
- 14 Shikh E.V., Elizarova E.V., Makhova A.A., Bragina T.V. The role of tomatoes and products from them in healthy human nutrition// Nutrition issues. 2021. Vol. 90, no. 4. pp. 129–137. (in Russian).
- 15 Chusova A.E., Zharkova I.M., Grebenshchikov A.V., Korkina A.V. Assessment of the biological activity of clarified tomato juice the collection: New in technology and technology of functional food products based on biomedical views. Voronezh, 2022. pp. 80–84.
- 16 Valic M.S., Halim M., Schimmer P., Zheng G. Guidelines for the experimental design of pharmacokinetic studies with nanomaterials in preclinical animal models. J Control Release. 2020. Vol. 10. no. 323. pp. 83-101. doi: 10.1016/j.jconrel.2020.04.002
- 17 Ivanova N.N., Khomich L.M., Beketova N.A. Tomato juice nutritional profile. Vopr Pitan. 2018. Vol. 87(2). pp. 53-64. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10019 (in Russian).

18 Dai T., McClements D.J., Niu X., Guo X. et al. Whole tomato juice produced by a novel industrial-scale microfluidizer: Effect on physical properties and in vitro lycopene bioaccessibility. Food Res Int. 2022. Vol. 159. pp. 111608. doi: 10.1016/j.foodres.2022.111608

19 Wu X, Yu L, Pehrsson PR. Are Processed Tomato Products as Nutritious as Fresh Tomatoes? Scoping Review on the Effects of Industrial Processing on Nutrients and Bioactive Compounds in Tomatoes. Adv Nutr. 2022. Vol. 13(1). pp. 138-151. doi: 10.1093/advances/nmab109

20 Landrier JF, Breniere T, Sani L, Desmarchelier C. et al. Effect of tomato, tomato-derived products and lycopene on metabolic inflammation: from epidemiological data to molecular mechanisms. Nutr Res Rev. 2023 Vol. 18 pp.1-17. doi: 10.1017/S095442242300029X

Сведения об авторах

Андрей В. Гребенщиков к.в.н., доцент, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, serafim10@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0443-9809>

Алла Е. Чусова к.т.н., доцент, кафедра технологии броидильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, hycovai@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1237-4870>

Виктория А. Иванова обучающийся, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, viktoriiainanova@bk.ru

 <https://orcid.org/0009-0000-1405-9327>

Алена А. Пронкина обучающийся, кафедра технологии броидильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, pronkinaalena12@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8183-6082>

Олеся П. Проскурина к.т.н., доцент, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, proskurina-bio@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7963-1646>

Людмила И. Василенко к.т.н., доцент, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции 19, Воронеж, 394036, Россия, vli2008@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4038-0549>

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

Andrey V. Grebenshchikov Cand. Sci. (Veterinary), assistant professor, Bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, serafim10@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0443-9809>

Alla E. Chusova Cand. Sci. (Technical), assistant professor, technologies of fermentation and sugar production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, hycovai@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1237-4870>

Victoria A. Ivanova Student, Bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, viktoriiainanova@bk.ru

 <https://orcid.org/0009-0000-1405-9327>

Alyona A. Pronkina Student, technologies of fermentation and sugar production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, pronkinaalena12@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8183-6082>

Olesya P. Proskurina Cand. Sci. (Technical), assistant professor, Bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, proskurina-bio@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7963-1646>

Lyudmila I. Vasilenko Cand. Sci. (Technical), assistant professor, Bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, vli2008@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4038-0549>

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 22/10/2024	После редакции 15/11/2024	Принята в печать 29/11/2024
Received 22/10/2024	Accepted in revised 15/11/2024	Accepted 29/11/2024