

Пищевые системы и биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ

Food systems and biotechnology of food and bioactive substances

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-14-22>

УДК 664.66:[615.281:577.1]

© 2024



Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

Определение общей токсичности обогащающей композиции хлебобулочных изделий с использованием культуры *Stylonychia mytilus*

Елена В. Белокурова, Мартин А. Саргсян*, Надежда А. Галочкина,
Наталья М. Дерканосова

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I»; ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087,
Российская Федерация

Аннотация. В целях укрепления здоровья населения необходимо соблюдение основных принципов здорового образа жизни, к которым относятся: поддержание физической активности, рациональное питание, отказ от табака и употребления алкоголя, а также ряд иных мер, направленных на повышение качества и продления продолжительности жизни. В частности, регулярный дисбаланс употребляемых жизненно необходимых нутриентов способствует развитию таких заболеваний, как авитаминозы и микроэлементозы. К наиболее распространенным причинам возникновения микроэлементозов относятся: качество питьевой воды, воздействие антропогенного фактора на окружающую среду и население, особенности почвы в регионе производства продуктов питания и прочие. Одним из механизмов регулирования нарушений элементного статуса населения в регионах с зафиксированным дисбалансом эссенциальных элементов

является коррекция рациона, включающая в себя также и употребление обогащенных продуктов питания. С целью оптимизации технологии производства функциональных продуктов в рамках малых пищевых предприятий и обеспечения развития рынка функциональных хлебобулочных изделий, целесообразен поиск новых методов обогащения жизненно необходимыми микроэлементами основных продуктов питания. Целью исследования является оценка общей токсичности сформированной обогащающей композиции на основе хитозана и цинка, для ее достижения применяли экспресс-метод определения общей токсичности на инфузориях рода *Stylonychia mytilus*. Исследование позволяет сделать вывод о безопасности использования композиции из хитозана и цинка в рецептурах хлеба, приготовленного из муки пшеничной высшего сорта и муки пшеничной цельнозерновой. Результаты направлены на оптимизацию технологии обогащения хлеба путем иммобилизации необходимого эссенциального микроэлемента на поверхности биополимерного носителя.

Ключевые слова: хитозан, цинк, токсичность, *Stylonychia mytilus*, эссенциальные элементы, микроэлементоз, иммобилизация, хлебобулочные изделия

Для цитирования: Белокурова Е.В., Саргсян М.А., Галочкина Н.А. и др. Определение общей токсичности обогащающей композиции с использованием культуры *Stylonychia mytilus*. Новые технологии / New technologies. 2024; 20(2): <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-14-22>

Determination of the general toxicity of the enriching compositions of bakeries using *Stylonychia mytilus* cultures

Elena V. Belokurova, Martin A. Sargsyan*, Nadezhda A. Galochkina,
Natalia M. Derkanosova

FSBEI HE «Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I»;
1 Michurin str., Voronezh, 394087, the Russian Federation

Abstract. In order to improve public health, it is necessary to adhere to the basic principles of a healthy lifestyle, which include maintaining physical activity, a balanced diet, giving up tobacco and alcohol consumption, as well as a number of other measures aimed at improving the quality and extending life expectancy. In particular, a regular imbalance of consumed vital nutrients contributes to the development of diseases such as vitamin deficiency and microelementosis. The most common causes of microelementosis include the quality of drinking water, the impact of anthropogenic factors on the environment and population, soil characteristics in the food production region, and others. One of the mechanisms for regulating violations of the elemental status of the population in regions with a recorded imbalance of essential elements is diet correction, which also includes the use of fortified food products. In order to optimize the technology for the production of functional products within small food enterprises and ensure the development of the market for functional bakery products, it is advisable to search for new methods for enriching basic food products with vital microelements. The purpose of the research was to assess the general toxicity of the formed enriching composition based on chitosan and zinc. To achieve this, an express method to determine the general toxicity on ciliates of the *Stylonychia mytilus*

genus was used. The research allows us to conclude that it is safe to use a composition of chitosan and zinc in the recipes of bread made from premium wheat flour and whole grain wheat flour. The results are aimed at optimizing the technology of bread fortification by immobilizing the necessary essential microelement on the surface of a biopolymer carrier.

Keywords: chitosan, zinc, toxicity, *Stylonychia mytilus*, essential elements, microelementosis, immobilization, bakery products

For citation: Belokurova E.V., Sargsyan M.A., Galochkina N.A. et al. Determination of the general toxicity of the enriching compositions of bakeries using *Stylonychia mytilus* cultures. *Novye tehnologii / New technologies*. 2024; 20(2): <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-14-22>

Введение. Функции всех органов и систем организма человека поддерживаются в динамическом равновесии с окружающей средой. Известно, что загрязнение окружающей среды, вызванное деятельностью человека, значительно влияет на формирование здоровья населения [1, с. 139]. Проблема бедного нутриентного состава питания также может быть связана с региональными условиями произрастания сырьевых источников [2, с. 52]. Развитию ряда осложнений, в частности – микроэлементозов, способствует длительный и регулярный дисбаланс употребляемых нутриентов. Содержание в пище биологически значимых элементов является значимым фактором необходимым для обеспечения здоровья населения. В результате выявленного у населения дисбаланса эссенциальных элементов необходима, помимо прочего, коррекция рациона питания, включающая употребление продуктов, обогащенных необходимыми биологически активными веществами [3, с. 2]. Необходимость в развитии рынка функциональных продуктов питания возникают по причине особенностей биогеохимических провинций. В свете упомянутого, в современной пищевой промышленности актуальным представляется развитие научно-практических направлений, связанных с разработкой и оптимизацией рецептур, обогащенных эссенциальными микроэлементами хлебобулочных изделий [4, с. 2].

Дефицит цинка, как одного из биологически значимых микроэлементов,

представляет собой широко распространенную проблему общественного здравоохранения во многих странах, особенно в регионах с низким и средним уровнем дохода населения [5, с. 2]. В жизнедеятельности организма цинк играет важную роль, поскольку он является составной частью большого количества белков, а также 40 ключевых ферментов, катализирующих гидролиз белков, пептидов, эфиров и альдегидов. Кроме того, цинк участвует в метаболизме алкоголя и процессах всасывания ряда витаминов [6, с. 2]. Обеспечение адекватного уровня цинка играет важную роль в контроле экспрессии определенных генов и стабилизации процессов образования крови. Систематическое употребление продуктов-источников цинка способствует нормализации кислотно-щелочного баланса организма. В регионах, страдающих от зафиксированного дефицита цинка, важным является поиск и развитие технологий производства обогащенных продуктов питания [7, с. 1444].

Одним из способов обогащения возможно использование иммобилизации, нашедшей свое применение и в ряде областей агропромышленного комплекса, включая пищевую промышленность. Иммобилизация в биологии представляет собой любые методы фиксации молекул в пространстве выбранного носителя, не приводящие к потере эффективности закрепляемого компонента. Удержание выбранного объекта достигается путем

адсорбции или хемосорбции. В таком случае, потенциальным носителям необходимо проявлять выраженные гидрофильные свойства, способность к активному участию в реакции [8, с. 2]. К подходящим в качестве носителей относятся полисахариды или белки, такие как: хитозан, целлюлоза, агароза, производные альгиновой кислоты, коллаген, кератин и др. [9, с. 12]. При закреплении на поверхности ряда указанных носителей цинк фиксируется как благодаря физическому, так и благодаря химическому взаимодействию. Образованные таким путем хелатные комплексы представляют собой наиболее стабильные и биодоступные соединения. Из перечисленного, хитозан уже нашел активное применение в качестве носителя ферментов. Данный гидрофильный аминсахарид обладает высокой реакционной способностью, благодаря наличию свободных аминогрупп. Среди прочего, способность к биодegradации и активному растворению в неорганических кислотах выгодно выделяет хитозан на фоне других потенциальных носителей микроэлементов [10, с. 1960]. Данный носитель относится к легко возобновляемым, так как основным источником его добычи в промышленных масштабах является экзоскелет, остающийся в результате промысла представителей членистоногих. Хитозан эффективно адсорбирует не только цинк, но и такие элементы как: хром, медь, железо и другие [11, с. 602].

Методы исследования. В целях предварительного определения общей токсичности композиции из хитозана и цинка был применен метод биотестирования кормов на стилонихиях (*Stylonychia mytilus*) в соответствии с ГОСТ 31674-2012 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения общей токсичности». В качестве носителя использовался нерастворимый хитозан торговой марки «ZHEJIANG AOXING BIOTECHNOLOGY CO., LTD» с иммобили-

зованным на его поверхности сульфатом цинка с расчетом на содержание Zn в композиции, соответствующим 20 мг [12, с. 193].

Используемый метод основан на извлечении из исследуемого образца корма различных фракций токсических веществ путем параллельного использования ацетонового и водного экстракта. Результаты эксперимента оценивали по изменениям активности и выживаемости инфузорий в водных растворах перечисленных экстрактов по достижению заданного времени экспозиции.

В качестве исследуемых образцов выступала мука пшеничная цельнозерновая и мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта российских производителей. Сравнение выживаемости инфузорий производилось между контрольными образцами муки и смеси муки с обогащающей композицией в соотношении 200х1.

Исследование проводилось в рамках научно-исследовательской работы кафедры товароведения и экспертизы товаров ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ.

Результаты. Результат биотеста оценивали по реакции гибели инфузорий при одновременном параллельном исследовании в массе ацетонового и водного экстракта. Через 1 ч экспозиции при анализе водного раствора ацетонового экстракта испытуемых образцов и через 3 ч при анализе водного экстракта вторично подсчитывали численность стилонихий. Параллельно с биотестированием пробы, с целью определения качества водных растворов экстрактов, проводили контрольные тесты. Для этого в лунки помещали стилонихии и заливали их предварительно приготовленными в соответствии с ГОСТ 31674-2012 водными растворами экстрактов без добавления анализируемых проб (контроль). Данные, полученные в результате подсчета количества инфузорий после экспозиции в водном экстракте представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты выживаемости стилонихий в растворе водного экстракта

Table 1

The results of survival of stilonychia in a solution of aqueous extract

Наименование образца водного экстракта	№ повторности	Количество инфузорий в начале опыта	Количество инфузорий в конце опыта	Средняя выживаемость, %
Контроль	1	12	12	100
	2	15	15	
	3	12	12	
	4	13	13	
	5	12	12	
Мука пшеничная высшего сорта, обогащенная композицией, содержащей 20 мг Zn	1	12	11	86,76
	2	15	12	
	3	12	11	
	4	18	16	
	5	11	9	
Мука пшеничная высшего сорта	1	16	12	80,82
	2	14	11	
	3	16	13	
	4	15	13	
	5	12	10	
Мука пшеничная цельнозерновая, обогащенная композицией, содержащей 20 мг Zn	1	13	10	80,52
	2	14	11	
	3	16	13	
	4	16	12	
	5	18	16	
Мука пшеничная цельнозерновая	1	14	11	73,44
	2	11	7	
	3	13	10	
	4	14	10	
	5	12	9	

Данные, полученные в результате подсчета количества инфузорий после экспозиции в водном растворе ацетонового экстракта, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты выживаемости стилонихий в водном растворе ацетонового экстракта

Table 2

The results of survival of stilonychia in an aqueous solution of acetone extract

Наименование образца водного раствора ацетонового экстракта	№ повторности	Количество инфузорий в начале опыта	Количество инфузорий в конце опыта	Средняя выживаемость, %
Контроль	1	15	15	100
	2	12	12	
	3	13	13	
	4	12	12	
	5	15	15	
Мука пшеничная высшего сорта, обогащенная композицией, содержащей 20 мг Zn	1	13	12	85,71
	2	12	11	
	3	17	15	
	4	12	9	
	5	16	13	
Мука пшеничная высшего сорта	1	13	11	80,00
	2	16	14	
	3	14	10	
	4	12	9	
	5	10	8	
Мука пшеничная цельнозерновая, обогащенная композицией, содержащей 20 мг Zn	1	15	11	80,28
	2	11	9	
	3	15	12	
	4	17	14	
	5	13	11	
Мука пшеничная цельнозерновая	1	16	12	74,24
	2	10	8	
	3	11	7	
	4	13	11	
	5	16	11	

После достижения заданного времени экспозиции, помимо подсчета численности стилонихий, оценивали изменение

формы и характер движения простейших в каждой лунке.

Обсуждение. В образце муки пшеничной высшего сорта с обогащающей композицией выживаемость составила 86,76% для водного экстракта и 85,71% для водного раствора ацетонового экстракта. Инфузории проявляли высокую активность, средняя выживаемость 86,23%, образец нетоксичный. Наряду с этим в образце с чистой мукой пшеничной высшего сорта выживаемость составила 80,82% для водного экстракта и 80,00% для водного раствора ацетонового экстракта. Инфузории проявляли высокую активность, средняя выживаемость 80,41%, образец нетоксичный.

В образце муки пшеничной цельнозерновой с обогащающей композицией выживаемость составила 80,52% для водного экстракта и 80,28% для водного раствора ацетонового экстракта. Инфузории проявляли высокую активность, средняя выживаемость 80,40%, образец нетоксичный. В то же время, в образце с чистой мукой пшеничной цельнозерновой выживаемость составила 73,44% для водного экстракта и 74,24% для водного раствора ацетонового экстракта. Инфузории проявляли умеренную активность, средняя выживаемость 73,84%, образец слаботоксичный.

При повторном подсчете не было об-

наружено изменений формы и характера движений стилонихий. Значение общей токсичности муки пшеничной цельнозерновой может быть обусловлено особенностями почвы в месте произрастания пшеницы, а также процессом производства, в результате которого сохраняются поверхностные оболочки и зародыш зерна.

Полученные данные демонстрируют повышение процента выживаемости инфузорий при внесении обогащающей композиции из хитозана и цинка. Установленный результат представляет собой предварительное определение безопасности обогащающей композиции и направлен на демонстрацию актуальности ее дальнейшего исследования. В целях подтверждения безопасности обогащающей композиции и эффективности ее усвоения в организме человека необходимо дальнейшее исследование с применением пищеварительных ферментов, а также наблюдение с использованием в качестве модельных объектов лабораторных животных. В настоящий момент кафедрой товароведения и экспертизы товаров ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ ведется исследование эффективности применения обогащающей композиции из хитозана и цинка в рецептурах функциональных хлебобулочных изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Евстропов В.М., Старченко С.В., Климов А.С. Факторы, влияющие на здоровье человека. Молодой исследователь Дона. 2019; 3(18):138-141.
2. Потапова Е.В., Васильева О.В. Факторы, влияющие на здоровье человека. Заметки ученого. 2021; 5(2):51-53.
3. Mehri Aliasgharpour. Trace elements in human nutrition (II)—an update. International journal of preventive medicine. 2020; 11(2):1-17.
4. Chen Canxi, Abhishek Chaudhary, Alexander Mathys. Dietary change scenarios and implications for environmental, nutrition, human health and economic dimensions of food sustainability. Nutrients. 2019; 11(856):1-21.
5. Berhe Kidanemariam, Freweini Gebrearegay, Hadush Gebremariam. Prevalence and associated factors of zinc deficiency among pregnant women and children in Ethiopia: a systematic review and meta-analysis. BMC public health. 2019; 19: 1-11.
6. Khan S.T., Malik A., Alwarthan A. et al. The enormity of the zinc deficiency problem and available solutions; an overview. Arabian Journal of Chemistry. 2022; 15(3):1-31.

7. Chasapis C.T., Ntouna P.S.A., Spiliopoulou C.A. et al. Recent aspects of the effects of zinc on human health. *Archives of toxicology*. 2020; 94:1443-1460.
8. Khan Mohammad Rafiq. Immobilized enzymes: a comprehensive review. *Bulletin of the National Research Centre*. 2021; 45:1-13.
9. Глотова И.А., Галочкина Н.А. Обоснование условий получения функциональных биомодифицированных коллагеновых субстанций. *Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова*. 2014; 10(1): 12-19.
10. Ribeiro Eduardo Silveira, Bruna Silva de Farias, Tito Roberto Sant'Anna Cadaval Junior, Luiz Antonio de Almeida Pinto, Patricia Silva Diaz. Chitosan-based nanofibers for enzyme immobilization. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021; 183: 1959-1970.
11. Скотникова Д.С., Мочалова А.Е., Смирнова Л.А. Сорбция ионов металлов сополимерами хитозана с виниловыми мономерами. *Журнал прикладной химии*. 2019; 92(5): 599-604.
12. Белокурова Е.В., Саргсян М.А. Возможность обогащения хлебобулочных изделий биологической композицией «цинк и хитозан». *Известия Дагестанского ГАУ*. 2024; 1(21): 193-197.

REFERENCES:

1. Evstropov V.M., Starchenko, S.V., Klimov, A.S. Factors influencing human health. *Young researcher of the Don*. 2019; 3(18): 138-141. (In Russ).
2. Potapova E.V., Vasilyeva O.V. Factors influencing human health. *Notes from a scientist*. 2021; 5(2): 51-53. (In Russ).
3. Mehri Aliasgharpour. Trace elements in human nutrition (II)—an update. *International journal of preventive medicine*. 2020; 11(2): 1-17.
4. Chen Canxi, Abhishek Chaudhary, Alexander Mathys. Dietary change scenarios and implications for environmental, nutrition, human health and economic dimensions of food sustainability. *Nutrients*. 2019; 11(856): 1-21.
5. Berhe Kidanemariam, Freweini Gebrearegay, Hadush Gebremariam. Prevalence and associated factors of zinc deficiency among pregnant women and children in Ethiopia: a systematic review and meta-analysis. *BMC public health*. 2019; 19: 1-11.
6. Khan S.T., Malik, A., Alwarthan A. et al. The enormity of the zinc deficiency problem and available solutions; an overview. *Arabian Journal of Chemistry*. 2022; 15(3): 1-31.
7. Chasapis C.T., Ntouna P.S.A., Spiliopoulou C.A. et al. Recent aspects of the effects of zinc on human health. *Archives of toxicology*. 2020; 94:1443–1460.
8. Khan Mohammad Rafiq. Immobilized enzymes: a comprehensive review. *Bulletin of the National Research Center*. 2021; 45: 1-13.
9. Glotova, I.A., Galochkina, N.A. Justification of the conditions for obtaining functional biomodified collagen substances// *Bulletin of Biotechnology and physical-chemical Biology named after Yu.A. Ovchinnikov*. 2014; 10(1): 12-19. (In Russ).
10. Ribeiro Eduardo Silveira, Bruna Silva de Farias, Tito Roberto Sant'Anna Cadaval Junior, Luiz Antonio de Almeida Pinto, Patricia Silva Diaz. Chitosan-based nanofibers for enzyme immobilization. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021; 183: 1959-1970.
11. Skotnikova D.S., Mochalova A.E., Smirnova L.A. Sorption of metal ions by chitosan copolymers with vinyl monomers. *Journal of Applied Chemistry*. 2019; 92(5): 599-604. (In Russ).

12. Belokurova E.V., Sargsyan M.A. Possibility of enriching bakery products with «Zinc and chitosan» biological composition. News of the Dagestan State Agrarian University. 2024; 1(21): 193-197. (In Russ).

Информация об авторах / Information about the authors

Елена Владимировна Белокурова, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»
zvezdamal@mail.ru

Elena V. Belokurova, PhD (Engineering), Associate Professor, the Department of Commodity Science and Examination of Goods, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I.
zvezdamal@mail.ru

Мартин Александрович Саргсян, аспирант кафедры товароведения и экспертизы товаров, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»
mrmartinok@mail.ru

Martin A. Sargsyan, Postgraduate Student, the Department of Commodity Science and Examination of Goods, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I
mrmartinok@mail.ru

Надежда Алексеевна Галочкина, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»
Galochkina.na@mail.ru

Nadezhda A. Galochkina, PhD (Engineering), Associate Professor, the Department of Commodity Science and Examination of Goods, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I
Galochkina.na@mail.ru

Наталья Митрофановна Дерканосова, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой товароведения и экспертизы товаров, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»
Kommerce05@list.ru

Natalia M. Derkanosova, Dr Sci. (Engineering), Professor, Head of the Department of Commodity Science and Examination of Goods, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I
Kommerce05@list.ru

Заявленный вклад соавторов

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Claimed contribution of co-authors

All authors of this research were directly involved in the design, execution, and analysis of the research. All authors of this article have read and approved the final version submitted

Поступила в редакцию 03.04.2024; поступила после рецензирования 06.05.2024; принята к публикации 07.05.2024

Received 03.04.2024; Revised 06.05.2024; Accepted 07.05.2024