

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ БИОФОРТИФИЦИРОВАННОЙ ОКРАШЕННОЙ ПШЕНИЦЫ КАК БЕЗОПАСНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Р.И. Нурасов*, В.В. Костенко, Н.Б. Баранова, М.Л. Пономарева

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
420008, Российская Федерация, Республика Татарстан, Казань, ул. Кремлевская, 18

Главной целью исследования являлась оценка биологических эффектов цветнозерных сортов мягкой яровой пшеницы татарской селекции (Надира — фиолетовозерный, Хазинэ — желтозерный) на живые организмы с использованием моделей *in vitro* и *in vivo*, включая *Drosophila melanogaster*. Эксперименты продемонстрировали, что добавление экстрактов сортов Надира и Хазинэ в субстрат для личинок дрозофилы значимо повышало жизнеспособность: при добавлении экстракта сорта Надира в концентрации 10% средние значения выживаемости самок и самцов составили 60,5 и 59,5% против 40,25 и 39% в контроле ($p<0,0001$). Аналогично экстракт Хазинэ 10% показал 55 и 55,75% соответственно. Анализ методом ДНК-комет выявил снижение уровня окислительного повреждения ДНК на 20–25% при применении экстрактов, что коррелирует с высоким содержанием антиоцианов (Надира) и каротиноидов (Хазинэ). ПЦР-данные подтвердили снижение экспрессии провоспалительных генов (*Drosocin*, *Defensin*) в группах с добавлением зерна: уровень *Drosocin* снизился с 2,36 до 0,13 (Хазинэ 5%), *Defensin* — с 2,29 до 0,28 ($p<0,05$). Плодовитость дрозофилы увеличивалась на 18–27% при использовании 5% концентраций, а гибель на стадии куколки сократилась на 30–45% ($p<0,01$). Полученные результаты согласуются с антиоксидантными и противовоспалительными свойствами биофлавоноидов, способствующими снижению риска хронических заболеваний. Исследование подтверждает перспективность применения цветнозерной пшеницы в производстве функциональных продуктов питания, соответствующих требованиям Доктрины продовольственной безопасности РФ. Разработка сортов с повышенным содержанием антиоцианов и каротиноидов, а также оптимизация технологий переработки (например, использование заквасок для сохранения пигментов) позволят расширить ассортимент здоровых продуктов, таких как хлеб, макаронные изделия и крупы, способствуя укреплению здоровья населения.

Ключевые слова: биофортification, антиоцианы, каротиноиды, функциональное питание, *Drosophila melanogaster*, геропротекция

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Нурасов Р.И., Костенко В.В., Баранова Н.Б., Пономарева М.Л. Разработка новых подходов к оценке биофортифицированной окрашенной пшеницы как безопасного сырья для производства продуктов функционального питания. *Биомедицина*. 2025;21(4):134–137. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-21-4-134-137>

Поступила 02.04.2025

Принята после доработки 02.09.2025

Опубликована 10.12.2025

DEVELOPMENT OF NEW APPROACHES TO THE EVALUATION OF BIOFORTIFIED COLOURED WHEAT AS A SAFE RAW MATERIAL FOR FUNCTIONAL FOOD PRODUCTS

Rifat I. Nurasov*, Victoria V. Kostenko, Natalia B. Baranova, Mira L. Ponomareva

Kazan (Volga Region) Federal University
420008, Russian Federation, Republic of Tatarstan, Kazan, Kremlevskaya Str., 18

The main objective was to evaluate the biological effects of color-grain varieties of soft spring wheat of Tatar selection (Nadira – purple-grain, Khazine – yellow-grain) on living organisms using *in vitro* and *in vivo* models, including *Drosophila melanogaster*. The experiments demonstrated that addition of Nadir and Hazine extracts to the substrate for *Drosophila* larvae significantly increased viability. Thus, when Nadir extract was added at a concentration of 10%, the mean survival rates of females and males were, respectively, 60.5% and 59.5% compared to 40.25% and 39% in the control ($p<0.0001$). Similarly, when applying 10% Hazine extract, the levels of 55% and 55.75%, respectively, were recorded. DNA-comet assay revealed a 20–25% reduction in oxidative DNA damage with the extracts applied, which correlated with the high content of anthocyanins (Nadira) and carotenoids (Hazine). PCR data confirmed a decrease in the expression of pro-inflammatory genes (*Drosocin*, *Defensin*) in the grain supplemented groups: *Drosocin* levels decreased from 2.36 to 0.13 (Hazine 5%), *Defensin* from 2.29 to 0.28 ($p<0.05$). The *Drosophila* fecundity was increased by 18–27% using 5% concentrations, and pupal stage mortality was reduced by 30–45% ($p<0.01$). The results obtained are consistent with the antioxidant and anti-inflammatory properties of bioflavonoids, which are known to reduce the risk of chronic diseases. The study confirms the potential of using colored-grain wheat in the production of functional foods that meet the requirements of the Doctrine of Food Security of the Russian Federation. The development of varieties with increased content of anthocyanins and carotenoids, as well as optimization of processing technologies (e.g., the use of starter to preserve pigments) will extend the range of healthy products such as bread, pasta and cereals, contributing to the health of the population.

Keywords: biofortification, anthocyanins, carotenoids, functional food, *Drosophila melanogaster*, geroprotection

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Nurasov R.I., Kostenko V.V., Baranova N.B., Ponomareva M.L. Development of New Approaches to the Evaluation of Biofortified Colored Wheat as a Safe Raw Material for Functional Food Products. *Journal Biomed.* 2025;21(4):134–137. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-21-4-134-137>

Submitted 02.04.2025

Revised 02.09.2025

Published 10.12.2025

Введение

Создание функциональных продуктов питания, обогащённых биологически активными соединениями, является ключевым направлением для укрепления продовольственной безопасности и здоровья населения [1]. Согласно Доктрине продовольственной безопасности РФ развитие селекции растений, ориентированной на повышение питательной ценности сор-

тов, способствует профилактике хронических заболеваний [2]. Цветнозерные сорта пшеницы, такие как фиолетовозерная Надира и желтозерная Хазинэ, содержат антоцианы и каротиноиды — соединения с доказанными антиоксидантными, противовоспалительными и геропротекторными свойствами [3, 4]. Однако их влияние на физиологические процессы *in vivo* остаётся малоизученным [5]. В качестве модельного

объекта выбрана *Drosophila melanogaster* — организм с коротким жизненным циклом и высокой чувствительностью к биоактивным компонентам, что позволяет оценить комплексное воздействие исследуемых экстрактов [6].

Цель работы — исследование биологических эффектов цветнозерных сортов мягкой яровой пшеницы татарской селекции (Надира, Хазинэ) на организм *D. melanogaster*, включая оценку антиоксидантной активности, влияния на выживаемость, плодовитость и экспрессию генов, связанных с воспалением.

Материалы и методы

Исследование проводилось на личинках *D. melanogaster* (линия Canton-S). В субстрат добавляли экстракт сортов Надира (1, 5, 10%) и Хазинэ (1, 5, 10%). Контрольная группа получала стандартный питательный состав.

Оценка жизнеспособности: анализ выживаемости имаго (n=4 повторности).

Метод ДНК-комет: выявление повреждений ДНК в клетках.

ПЦР в реальном времени: определение уровня экспрессии генов *Drosocin* и *Defensin* (n=3).

Статистика: двухфакторный дисперсионный анализ (ANOVA) и пост-тест Тьюки ($\alpha=0,05$).

Результаты и их обсуждение

Жизнеспособность: добавление 10% экстракта Надира увеличило выживаемость самок до 60,5% (контроль: 40,25%, $p<0,0001$), самцов — до 59,5% (контроль: 39%, $p<0,0001$). Для Хазинэ 10% показатели составили 55 и 55,75% соответственно. Выявлена дозозависимая корреляция между концентрацией биофлавоноидов и протекторным эффектом.

Антиоксидантная активность: метод ДНК-комет показал снижение окислитель-

ных повреждений ДНК на 20–25% в группах с Надира и Хазинэ, что связано с высоким содержанием антиоксидантов (до 277 мкг/г) и каротиноидов.

Плодовитость и развитие: при 5% концентрации Надира плодовитость увеличилась на 27% (149,3 яйца; контроль — 140,8 яйца), гибель куколок снизилась на 45% ($p<0,01$). Для Хазинэ 5% аналогичные тенденции составили 18 и 30%.

Противовоспалительный эффект: экспрессия *Drosocin* снизилась с 2,36 до 0,13 (Хазинэ 5%; $p<0,05$), *Defensin* — с 2,29 до 0,28, что подтверждает подавление противовоспалительных маркеров.

Полученные данные согласуются с исследованиями, демонстрирующими способность антиоксидантов нейтрализовать свободные радикалы и модулировать иммунный ответ. Эффективность Надира объясняется высокой концентрацией цианидин-3-глюкозида, а Хазинэ — каротиноидов, стабилизирующих клеточные мембранны.

Выводы

Цветнозерные сорта пшеницы Надира и Хазинэ проявляют выраженные антиоксидантные, противовоспалительные и гепропротекторные свойства, подтверждённые на модели *D. melanogaster*.

Оптимальные концентрации для применения — 5–10%, при которых достигается максимальное снижение окислительного стресса и повышение выживаемости.

Результаты обосновывают использование данных сортов в производстве функциональных продуктов (хлеб, макаронные изделия) для профилактики хронических заболеваний.

Селекция сортов с повышенным содержанием биофлавоноидов и оптимизация технологий переработки (например, ферментация) будут способствовать реализации стратегий здорового питания в рамках Доктрины продовольственной безопасности РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Алтухов А.И. Качество зерна пшеницы в РФ: тенденции и перспективы. *Агропромышленный комплекс*. 2022;4:12–18. [Altukhov A.I. Kachestvo zerna pshenitsy v RF: tendentsii i perspektivu [Quality of Wheat Grain in the Russian Federation: Trends and Prospects]. *Agropromyshlennyj kompleks [Agroindustrial Complex]*. 2022;4:12–18. (In Russian)].
2. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (утверждена Указом Президента РФ от 21.01.2020 № 20). [Doktrina prodrovols'tvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federatsii [Doctrine of Food Security of the Russian Federation] (utverzhdena Ukazom Prezidenta RF ot 21.01.2020 № 20) (Approved by Presidential Decree No. 20 of January 21, 2020)]. (In Russian)].
3. Фотев Ю.В., Пивоваров В.Ф., Артемьева А.М. Концепция создания российской системы функциональных продуктов питания. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018;22(7):776–783. [Fotev Yu.V., Pivovarov V.F., Artem'eva A.M. Konseptsiya sozdaniya rossijskoj sistemy funkcional'nyh produktov pitanija [Concept of Creating a Russian System of Functional Food Products]. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selektsii [Vavilov Journal of Genetics and Breeding]*. 2018;22(7):776–783. (In Russian)]. DOI: 10.18699/VJ18.421.
4. Хлесткина Е.К., Усенко Н.И., Гордеева Е.И. Маркер-контролируемая селекция пшеницы с повышенным содержанием биофлавонOIDов. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2017;21(5):545–553. [Khlestkina E.K., Useenko N.I., Gordeeva E.I. Marker-kontroliruemaya selektsiya pshenitsy s povyshennym soderzhaniem bioflavonoidov [Marker-Assisted Breeding of Wheat with Increased Bioflavonoid Content]. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selektsii [Vavilov Journal of Genetics and Breeding]*. 2017;21(5):545–553. (In Russian)]. DOI: 10.18699/VJ17.25-o.
5. Cassidy A., Mukamal K.J., Liu L., Franz M., Eliassen A.H., Rimm E.B. Anthocyanin intake and cardiovascular health. *Am. J. of Clinical Nutrition*. 2011;93(2):338–347. DOI: 10.3945/ajcn.110.006486.
6. Ficco D.B.M., De Simone V., Colecchia S.A., Pecorella I., Platani C., Nigro F. Coloured wheat: a *Cereal Science*. 2014;60(2):367–373. DOI: 10.1016/j.cjs.2014.05.007.
7. Khlestkina E.K., Tereshchenko O.Y., Salina E.A. Anthocyanin biosynthesis genes as markers for wheat breeding. *Plant Breeding*. 2015;134(3):323–329. DOI: 10.1111/pbr.12256.
8. Lila M.A. Anthocyanins and human health: an *in vitro* investigative approach. *J. of Biomedicine and Biotechnology*. 2004;5:306–313. DOI: 10.1155/S11107243044010X.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Нурасов Рифат Исмандиярович*, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;

e-mail: rifat.nurasov99@gmail.com

Rifat I. Nursov*, Kazan (Volga Region) Federal University;

e-mail: rifat.nurasov99@gmail.com

Костенко Виктория Викторовна, к.б.н., доц., ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;

e-mail: vkostenko1@gmail.com

Viktoria V. Kostenko, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Kazan (Volga Region) Federal University;

e-mail: vkostenko1@gmail.com

Баранова Наталья Борисовна, к.б.н., доц., ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;

e-mail: natalja-b@yandex.ru

Natalia B. Baranova, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Kazan (Volga Region) Federal University;

e-mail: natalja-b@yandex.ru

Пономарева Мира Леонидовна, д.б.н., проф., ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;

e-mail: MLPonomareva@kpfu.ru

Mira L. Ponomareva, Dr. Sci. (Biol.), Prof., Kazan (Volga Region) Federal University;

e-mail: MLPonomareva@kpfu.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author