

Исследование влияния природного антоциана дельфинидина на продолжительность жизни *Drosophila melanogaster*

Е. Ю. Платонова*, Д. А. Голубев*, С. А. Патов**, П. С. Некрасова**, М. В. Шапошников*, А. А. Москалёв*.*.*.*

* Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Сыктывкар

** Институт химии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Сыктывкар

*** Институт молекулярной биологии им. В. А. Энгельгардта РАН, г. Москва

platonova.e.u@ib.komisc.ru
denismeatboy@gmail.com
ser-patov@yandex.ru
polina.nekrasova.98@bk.ru
shaposhnikov@ib.komisc.ru
amoskalev@ib.komisc.ru

Аннотация

Антоцианы – это ярко окрашенные в розовый, красный, синий или фиолетовый цвет пигменты, растворенные в вакуолярном соке эпидермальных тканей цветов, плодов, листьев и стеблей. Дельфинидин – один из наиболее распространенных антоцианов, обладающий геропротекторным потенциалом. В данной работе мы изучили влияние дельфинидина на продолжительность жизни особей обоих полов *Drosophila melanogaster*. Наши результаты показали, что концентрация дельфинидина в 10 мкМ приводит к статистически значимому снижению медианной продолжительности жизни самцов *Drosophila melanogaster* на 5 %, в то время как у самок наблюдается увеличение медианной продолжительности жизни на 4 %. Однако механизм воздействия дельфинидина на организм еще недостаточно изучен, что ограничивает наше понимание его геропротекторных свойств. В этом контексте изучение эффектов дельфинидина на стрессоустойчивость, показатели жизнеспособности и уровень экспрессии, связанных со старением генов у *Drosophila melanogaster*, представляется перспективным направлением для дальнейшего изучения. Такие исследования способны пролить свет на механизмы геропротекции и старения, а также на то, как природные антоцианы, такие как дельфинидин, могут быть использованы для улучшения здоровья и продолжительности жизни человека.

Ключевые слова:

антоцианы, дельфинидин, геропротекторы, *Drosophila melanogaster*, продолжительность жизни

About the influence of the natural anthocyanin delphinidin on the lifespan of *Drosophila melanogaster*

E. Yu. Platonova*, D. A. Golubev*, S. A. Patov**, P. S. Nekrasova**, M. V. Shaposhnikov*, A. A. Moskalev*.*.*.*

* Institute of Biology, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar

** Institute of Chemistry, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar

*** V. A. Engelhardt Institute of Molecular Biology of the Russian Academy of Sciences, Moscow

platonova.e.u@ib.komisc.ru
denismeatboy@gmail.com
ser-patov@yandex.ru
polina.nekrasova.98@bk.ru
shaposhnikov@ib.komisc.ru
amoskalev@ib.komisc.ru

Abstract

Anthocyanins are vividly colored pigments that appear pink, red, blue, or violet and are dissolved in the vacuolar sap of the epidermal tissues of flowers, fruits, leaves, and stems. Delphinidin is one of the most common anthocyanins with the heroprotective potential. In this study, we examined the effect of delphinidin on the lifespan of both male and female *Drosophila melanogaster*. Our results showed that delphinidin concentration of 10 μM causes a statistically significant decrease in the median lifespan of male *Drosophila melanogaster* by 5% and an increase in median lifespan of females by 4%. However, the mechanism of action of delphinidin on the organism is still understudied that limits our understanding of its heroprotective properties. In this context, studying the effects of delphinidin on the stress resistance, viability indicators, and the expression levels of aging-related genes in *Drosophila melanogaster* appears to be a promising direction. Such studies would discover the mechanisms of heroprotection and aging, as well as answer the question how natural anthocyanins like delphinidin can be used to improve human health and enlarge lifespan.

Keywords:

anthocyanins, delphinidin, geroprotectors, *Drosophila melanogaster*, lifespan

Введение

Антоцианы – это водорастворимые гликозиды из класса флавоноидов, которые ответственны за красный, фиолетовый и синий цвета многих растений, фруктов, овощей и цветов [1, 2]. Помимо их участия в регуляции роста и развития растений, антоцианы обладают биологическими свойствами, влияющими на клетки живых организмов. Они проявляют мощные антиоксидантные свойства, что помогает защищать клетки от окислительного стресса и повреждения, вызванного свободными радикалами [1]. Это, в свою очередь, может снизить риск развития различных заболеваний, таких как рак, сердечно-сосудистые и нейродегенеративные заболевания [1]. Антоцианы также способствуют улучшению зрения, поддерживают здоровье сосудов и обладают противовоспалительным действием [2]. Основными представителями антоцианов являются цианидин, дельфинидин, пеларгонидин, пеонидин, петунидин и мальвидин [2, 3].

Как известно, экстракты многих плодовых растений содержат большое количество биологически активных веществ (полифенолы, фенольные кислоты, флавоноиды, антоцианы и проантоцианидины), которые обладают герпротекторным потенциалом [4]. Наибольшее количество антоцианов содержится в таких ягодах, как черноплодная рябина (*Aronia melanocarpa*) [5], черника (*Vaccinium ashei*) [6], ежевика (*Rubus fruticosus* L.), вишня (*Prunus cerasus* L.), черешня (*Prunus avium* L.), бузина (*Sambucus nigra* L.) [7], виноград (*Vitis spp.*), черная смородина (*Ribes nigrum*), слива (*Prunus spp.*), жимолость (*Lonicera caerulea*), клюква (*Vaccinium macrocarpon*), клубника (*Fragaria spp.*) [1, 8, 9], клубнях картофеля (*Solanum tuberosum*) и батата (*Ipomoea batatas* L.), корнеплоде черной моркови (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* var. *atrurubens* Alef.) [10], а также в томатах (*Solanum lycopersicum*) [11] и черных соевых бобах (*Glycine max* (L.) Merr) [12].

Например, антоциановый экстракт клюквы (*V. macrocarpon* Ait.) в концентрации 20 мг/мл увеличивал среднюю продолжительность жизни *Drosophila melanogaster* на 10 % [13]. Экстракт терпкой вишни (*Prunus cerasus*), добавляемый в пищу с третьего дня жизни червей N2 дикого типа *Caenorhabditis elegans*, на протяжении всей жизни в концентрациях 6 и 12 мкг/мл увеличивал среднюю продолжительность жизни [14]. Экстракт пурпурного сладкого батата (*Ipomoea batatas* L.) в концентрации 0,5 мг/мл увеличивал среднюю продолжительность жизни самцов *D. melanogaster* на 2,8 %, а 2,0 мг/мл – на 14,5 % [15]. Добавление в питательную среду взрослым (с четвертой по шестую недели) мухам *D. melanogaster* этанольного экстракта черноплодной рябины (*Sorbaronia mitschurinii*) в концентрациях 0,1 и 5 мг/мл увеличивало максимальную продолжительность жизни самцов на 9 % [16]. Ацетоновый экстракт аронии черноплодной (*Aronia melanocarpa*) в концентрации 2,5 мг/мл увеличил на 18 % среднюю продолжительность жизни самцов *D. melanogaster* [17]. Метанольный экстракт пурпурной пшеницы (*Triticum aestivum*), богатый антоцианами, продлил среднюю продолжительность жизни *C. elegans* на 10,5 % [18]. Сок красной капусты (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L. f. *Rubra*) в различных концентрациях: 1 % (5 %), 2 (8), 3 (9) и 5 % (21 %) увеличива-

ет среднюю продолжительность жизни *C. elegans* [19]. Экстракт черники (*Vaccinium spp.*) увеличил среднюю и максимальную продолжительность жизни самцов дрозофил дикого типа *Oregon-RC* на 5 % [20].

Более того, исследования показали, что отдельные биологически активные вещества, содержащиеся в растениях, также могут оказывать положительное влияние на продолжительность жизни модельных организмов. Например, антоциан цианидин-3-глюкозид (С3G) в концентрациях 10 и 100 мкМ увеличивает максимальную продолжительность жизни самцов на 3 и 8 % соответственно у *D. melanogaster* [21]. Пеонидин-3-глюкозид в концентрации 50 мкг/мл увеличивал продолжительность жизни *C. elegans* на 14 %. Кроме того, этот антоциан повышал устойчивость червя к неблагоприятным условиям внешней среды, таким как ультрафиолетовое излучение (UVA), гипертермия и перекись водорода. При воздействии UVA и термическом стрессе устойчивость червя повышалась на 25 %, а при окислительном стрессе – на 48 % [22].

Антоцианы представляют собой большой класс соединений, которые мы регулярно употребляем с пищей, и изучение вызываемых ими биологических эффектов является важным шагом для определения потенциальных герпротекторов, которые могут быть использованы для разработки целевых стратегий улучшения здоровья и продления жизни. В настоящем исследовании мы предложили гипотезу о том, что природный антоциан дельфинидин обладает высоким потенциальным герпротекторным эффектом, и проверили ее в исследовании на модельном организме *Drosophila melanogaster*.

Материалы и методы

Выделение природного антоциана из плодов. Выделение дельфинидина-3-О-глюкозида проводили из плодов жимолости Палласа (*Lonicera pallacii* L.). Для получения экстракта жимолости Палласа 10 г размороженных ягод были раздавлены стеклянной палочкой и помещены в коническую колбу объемом 250 мл. Далее к ним был добавлен раствор 10%-ной соляной кислоты с 5%-ным этиловым спиртом (100 мл). Экстракцию сырья осуществляли три раза, обрабатывая ягодную массу раствором 10%-ной соляной кислоты в соотношении 10 частей раствора на 1 часть сырья. Экстракцию проводили в темном месте при температуре +25 °C в течение суток. Полученные элюаты отфильтровывали, объединяли и упаривали на роторном испарителе (Heidolph, Германия) при температуре 35–40 °C до консистенции густого сиропа, после чего лиофильно высушивали. Полученный сухой экстракт представлял аморфное порошкообразное вещество темно-красного цвета.

Получение дельфинидин-3-О-глюкозида. Для разделения суммарного экстракта антоцианов жимолости колонку, заполненную сорбентом с обращенной фазой Диасорб 130С16Т, промывали начальным элюентом – 10%-ным раствором дегазированной муравьиной кислоты. После чего вносили экстракт массой 1 г, растворенный в 10%-ном растворе муравьиной кислоты, и проводили хроматографическое разделение на фракции растворами ацетонитрила в воде (10%-ный раствор муравьиной кислоты) в соотношениях 0:100, 2:98, 4:96, 6:94, 8:92, 10:90, 12:88. В ходе

разделения суммарного экстракта получены: дельфинидин-3-О-глюкозид. Структуры выделенных веществ были доказаны физико-химическими методами исследования (ЯМР, ВЭЖХ-МС). Полученный дельфинидин был передан для биохимического испытания. В дальнейших экспериментах с применением дельфинидина-3-О-глюкозида и его различных концентраций в качестве разбавителя использовали дистиллированную воду.

Условия содержания *Drosophila melanogaster*. В экспериментах использовали линию *Drosophila melanogaster* дикого типа *Canton-S* (#64349, Блумингтон, США). Мух содержали в камере постоянного климата Binder KBF720-ICH (Binder, Германия) при температуре +25 °С и относительной влажности 60 %, с режимом освещения 12 ч свет: 12 ч темнота. Питательная среда, на которой жили мухи, содержала воду – 1 л, кукурузную муку – 92 г, сухие дрожжи – 32,1 г, агар-агар – 5,2 г, глюкозу – 136,9 г. Для предотвращения роста плесени и бактерий на 1 л среды добавляли 10 мл 10%-ного раствора нипагина (метил 4-гидроксibenзоат, Merck, США) в этаноле и 10 мл 50%-ной пропионовой кислоты (Merck, США). Водные растворы дельфинидина в концентрациях 1, 10 и 100 мкМ наносили непосредственно на поверхность свежей застывшей питательной среды в объеме 30 мкл. На поверхность питательной среды контрольных вариантов наносили 30 мкл воды. Далее поверхность среды просушивали под вентилятором.

Анализ продолжительности жизни. Для анализа продолжительности жизни (далее – ПЖ) имаго разделяли по полу, на каждый вариант эксперимента отбирали по 150 особей, помещая по 30 особей в каждую пробирку. Самцов и самок содержали отдельно. Эксперименты проводили в двух независимых повторностях. Рассчитывали медианную и максимальную (возраст 90 % смертности особей) продолжительность жизни.

Статистический анализ полученных результатов. Для анализа статистических различий в функциях выживаемости между контрольной и экспериментальной группой использовали модифицированный критерий Колмогорова-Смирнова. Критерии Гехана-Бреслоу-Вилкоксона и Манталя-Кокса применяли для анализа статистической значимости различий по медианной продолжительности жизни. Для оценки различий в возрасте 90 % смертности использовали тест Ванг-Эллисона [23]. Статистический анализ данных был выполнен с использованием программного обеспечения R, версии 2.15.1 (The R Foundation, США), Excel (Microsoft, США) и OASIS 2 (Online Application for Survival Analysis 2) [24].

Результаты и их обсуждение

Известно, что старение происходит планомерно, но при воздействии различных неблагоприятных факторов продолжительность жизни может резко сократиться за счет активации внутренних воспалительных процессов и накопления повреждений ДНК, приводящих к усугублению разнообразных заболеваний [25]. Поэтому для улучшения и продления здорового состояния организма применяют биологически активные вещества, обладающие геропротекторным потенциалом (<http://geroprotectors.org/>). К основным критериям геропротекторов относят: положи-

тельный эффект на продолжительность жизни модельных организмов, улучшение биомаркеров старения и качества жизни, низкую токсичность и минимальные побочные эффекты [26]. В качестве дополнительных критериев геропротекторов рассматривают эволюционно консервативные механизмы эффектов, воспроизводимые на различных моделях, способность отсрочивать развитие возрастных заболеваний и повышать устойчивость организма к неблагоприятным факторам окружающей среды [26].

Нами установлено, что природный антоциан дельфинидин вызывает статистически значимое снижение медианной продолжительности жизни самцов на 5 и 4 % при концентрациях 10 и 100 мкМ соответственно, что отображается сдвигом кривых влево по отношению к контрольной линии (рисунок А, таблица). При этом, дельфинидин в концентрации 10 мкМ увеличивал медианную продолжительность жизни самок на 4 %, в подтверждение этому отмечен сдвиг кривой смертности данного варианта эксперимента вправо по отношению к контрольной кривой (рисунок Б, таблица).

Ранее обнаружено, что дельфинидин-3-глюкозид увеличивает среднюю продолжительность жизни и улучшает состояние здоровья (увеличение средней скорости сокращения глоточного насоса) *C. elegans*, даже в условиях окислительного стресса, вызванного H₂O₂ [27]. А также выявлено, что дельфинидин-3-рутинозид, выделенный из плодов черной смородины (*Ribes nigrum*), облегчает расслабление цилиарной мышцы, тем самым отсрочивая

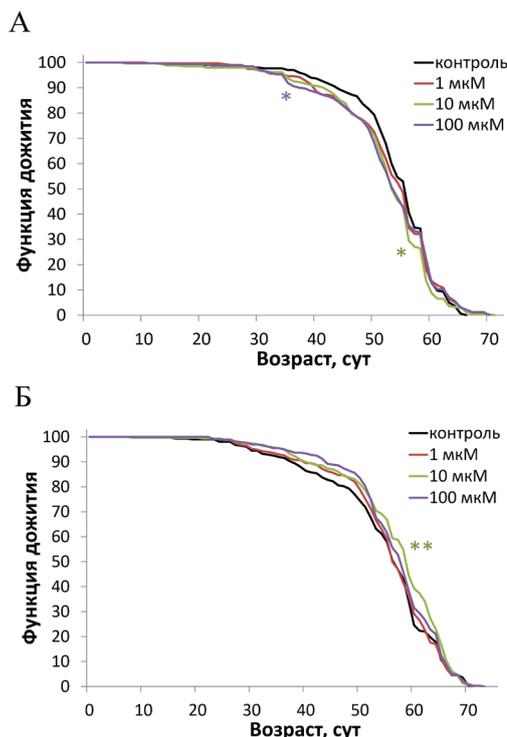


Рисунок. Влияние природного антоциана дельфинидина на продолжительность жизни самцов (А) и самок (Б) *Drosophila melanogaster*. Условные обозначения. Критерий Колмогорова-Смирнова для кривых выживаемости: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Figure. Influence of the natural anthocyanin delphinidin on the lifespan of male (A) and female (B) *Drosophila melanogaster*. Keys: the Kolmogorov-Smirnov criterion for survival curves at * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

Influence of the natural anthocyanin delphinidin on the lifespan of *Drosophila melanogaster*

Концентрация	Пол	М сут	dM %	90% сут	d90 %	пол	М сут	dM %	90% сут	d90 %
Контроль	♂	56		61		♀	57		66	
1 мкМ	♂	55	-1.8	63	3.3	♀	56	-1.8	66	0
10 мкМ	♂	54	-4.5*#	60	-1.6	♀	59	3.5*#	67	1.5
100 мкМ	♂	54	-3.6*#	63	-3.3	♀	58	1.8	66	0

Условные обозначения. М – медианная продолжительность жизни; 90 % – возраст 90 % смертности (максимальная продолжительность жизни); dM – разница в медианной продолжительности жизни; d90 % – разница смертности в возрасте 90 %; ♂ – самцы; ♀ – самки; * $p < 0,05$ критерий Мантеля-Кокса; # $p < 0,05$ критерий Гехана-Бреслоу-Вилкоксона для медианной ПЖ.

Keys: M – median lifespan; 90 % – 90 % mortality age (maximum lifespan); dM – difference in median lifespan; d90 % – difference in mortality at 90 % age; ♂ – males; ♀ – females. * $p < 0.05$ – the Mantel-Cox criterion; # $p < 0.05$ – the Gehan-Breslow-Wilcoxon criterion for median lifespan.

развитие близорукости у крупного рогатого скота [28]. У мышей, получавших диету с высоким содержанием жиров одновременно с цианидином и дельфинидином в дозе 40 мг/кг в условиях окислительного стресса, повышались уровни экспрессии белков, участвующих в регуляции процессов воспаления (NF-κB), апоптоза (JNK) и метаболизма (PTP1B). Кроме того, у самцов мышей цианидин и дельфинидин улучшали показатели дислипидемии и инсулинорезистентности на диете с высоким содержанием жиров [29]. Дельфинидин и цианидин оказывали цитотоксическое действие на клетки линий колоректального рака LoVo и LoVo/ADR. При этом дельфинидин вызывал незначительное повышение, а цианидин – снижение количества активных форм кислорода (далее – АФК) в клетках [30]. Было показано, что дельфинидин оказывает антипролиферативное действие в отношении различных видов рака (простаты, колоректального рака, рака яичников, кожи, молочной железы, мочевого пузыря, первичной опухоли головного мозга и остеосаркомы) [31].

Перечисленные, а также полученные нами результаты подчеркивают необходимость дальнейших исследований для понимания механизмов, лежащих в основе различных биологических эффектов дельфинидина и выяснения возможностей его потенциального применения в терапии возраст-зависимых заболеваний.

Заключение

Таким образом, в нашем исследовании мы обнаружили достоверный разнонаправленный эффект природного антоциана дельфинидина на медианную продолжительность жизни особей обоих полов *Drosophila melanogaster*.

Наблюдаемое у самок дрозофил увеличение продолжительности жизни после кормления дельфинидин-3-глюкозидом подчеркивает его потенциал в качестве натуральной добавки для замедления старения. Однако необходимы дальнейшие исследования влияния дельфинидина на связанные со старением параметры жизнеспособности организма, такие как стрессоустойчивость и двигательная активность на модели *Drosophila melanogaster*. Также необходимо провести анализ изменения экспрессии генов (таких как *Sirt1*, *Keap1*, *NRF2*, *Sod1*, *HIF1*, *Clk*, *per*), чтобы выяснить молекулярные механизмы, лежащие в основе наблюдаемых эффектов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. Chemistry, pharmacology and health benefits of anthocyanins / A. Smeriglio [et al.]. – *Phytotherapy Research*. – 2016. – № 30 (8). – P. 1265–86.
2. Anthocyanins: promising natural products with diverse pharmacological activities / J. Liu [et al.]. – *Molecules*. – 2021. – № 26 (13).
3. Anthocyanins: a comprehensive review of their chemical properties and health effects on cardiovascular and neurodegenerative diseases / R. Mattioli [et al.]. – *Molecules*. – 2020. – № 25 (17).
4. Polyphenols as potential geroprotectors / E. Proshkina [et al.]. – *Antioxidants & Redox Signaling*. – 2024. – № 40 (7–9). – P. 564–593.
5. Kulling, S. E. Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) – a review on the characteristic components and potential health effects / S. E. Kulling, H. M. Rawel. – *Planta Medica*. – 2008. – № 74 (13). – P. 1625–34.
6. Optimization and application of HPLC for simultaneous separation of six well-known major anthocyanins in blueberry / Y. Zhou [et al.]. – *Preparative Biochemistry and Biotechnology*. – 2021. – № 51 (10). – P. 961–970.
7. Total content of phenols and anthocyanins in edible fruits from Bosnia / Z. Rimpapa [et al.]. – *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences*. – 2007. – № 7 (2). – P. 117–20.
8. Classification of fruits based on anthocyanin types and relevance to their health effects / J. Fang. – *Nutrition*. – 2015. – № 31 (11–12). – P. 1301–6.
9. Berry derived constituents in suppressing viral infection: potential avenues for viral pandemic management / P. Shahagadkar [et al.]. – *Clinical Nutrition ESPEN*. – 2021. – № 46. – P. 14–20.
10. Zaim, M. Black carrot anthocyanins exhibit neuroprotective effects against MPP+ induced cell death and cytotoxicity via inhibition of oxidative stress mediated apoptosis / M. Zaim, I. Kara, A. Muduroglu. – *Cytotechnology*. – 2021. – № 73 (6). – P. 827–840.
11. Anthocyanin-rich vegetables for human consumption – focus on potato, sweetpotato and tomato / A. K. Mattoo [et al.]. – *International Journal of Molecular Sciences*. – 2022. – № 23 (5). – P. 2634.
12. Cyanidin-3-glucoside derived from black soybeans ameliorate type 2 diabetes through the induction of differentiation of preadipocytes into smaller and insulin-sensitive

- adipocytes / T. Matsukawa [et al.]. – The Journal of Nutritional Biochemistry. – 2015. – № 26 (8). – P. 860–7.
13. Cranberry anthocyanin extract prolongs lifespan of fruit flies / L. Wang [et al.]. – Experimental Gerontology. – 2015. – № 69. – P. 189–95.
 14. Tart cherry increases lifespan in *Caenorhabditis elegans* by altering metabolic signaling pathways / S. Jayarathne [et al.]. – Nutrients. – 2020. – № 12 (5).
 15. Purple sweet potato extract extends lifespan by activating autophagy pathway in male *Drosophila melanogaster* / Y. Han [et al.]. – Experimental Gerontology. – 2021. – № 144. – P. 111190.
 16. Geroprotective effects of *Sorbaronia mitschurinii* fruit extract on *Drosophila melanogaster* / E. Platonova [et al.]. – Journal of Berry Research. – 2021. – № 12. – P. 1–19.
 17. Effects of aronia extract on lifespan and age-related oxidative stress in *Drosophila melanogaster* / A. R. Jo, J. Y. Imm. – Food Science and Biotechnology. – 2017. – № 26 (5). – P. 1399–1406.
 18. Anthocyanin-rich purple wheat prolongs the life span of *Caenorhabditis elegans* probably by activating the DAF-16/FOXO transcription factor / W. Chen [et al.]. – Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2013. – № 61 (12). – P. 3047–53.
 19. Red cabbage rather than green cabbage increases stress resistance and extends the lifespan of *Caenorhabditis elegans* / N. Zhang, S. Jiao, P. Jing. – Antioxidants (Basel). – 2021. – № 10 (6).
 20. Blueberry extract prolongs lifespan of *Drosophila melanogaster* / C. Peng [et al.]. – Experimental Gerontology. – 2012. – № 47 (2). – P. 170–8.
 21. Honeysuckle extract (*Lonicera pallasii* L.) exerts antioxidant properties and extends the lifespan and healthspan of *Drosophila melanogaster* / D. Golubev [et al.]. – Biogerontology. – 2022. – № 23 (2). – P. 215–235.
 22. Nas, J. S. Peonidin-3-glucoside extends the lifespan of *Caenorhabditis elegans* and enhances its tolerance to heat, UV, and oxidative stresses / J. S. Nas, R. V. Manalo, P. M. Medina. – ScienceAsia. – 2021. – № 47. – P. 457.
 23. Exploring the neuroprotective effects of chokeberry (*Sorbaronia mitschurinii*) extract on *Drosophila melanogaster* model of Alzheimer's disease / N. V. Zemskaya [et al.]. – Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences. – 2023. – № (0). – P. 7.
 24. OASIS portable: user-friendly offline suite for secure survival analysis / S. K. Han [et al.]. – Molecules and Cells. – 2024. – № 47 (2). – P. 100011.
 25. Nutrient-response pathways in healthspan and lifespan regulation / A. Dabrowska, J. Kumar, C. Rallisю – Cells. – 2022. – № 11 (9).
 26. Developing criteria for evaluation of geroprotectors as a key stage toward translation to the clinic / A. Moskalev [et al.]. – Aging Cell. – 2016. – № 15 (3). – P. 407–415.
 27. Nas, J. S. Delphinidin-3-glucoside prolongs lifespan and healthspan in *Caenorhabditis elegans* with and without environmental stress / J. S. Nas, P. Medina. – Journal of Applied Pharmaceutical Science. – 2023.
 28. Delphinidin-3-rutinoside relaxes the bovine ciliary smooth muscle through activation of ETB receptor and NO/cGMP pathway / H. Matsumoto [et al.]. – Experimental Eye Research. – 2005. – № 80 (3). – P. 313–22.
 29. Cyanidin and delphinidin modulate inflammation and altered redox signaling improving insulin resistance in high fat-fed mice / E. Daveri [et al.]. – Redox Biology. – 2018. – № 18. – P. 16–24.
 30. Oxidative stress-based cytotoxicity of delphinidin and cyanidin in colon cancer cells / J. Cvorovic [et al.]. – Archives of Biochemistry and Biophysics. – 2010. – № 501 (1). – P. 151–7.
 31. Delphinidin and its glycosides' war on cancer: preclinical perspectives / A. Sharma [et al.]. – International Journal of Molecular Sciences. – 2021. – № 22 (21).

Благодарность (госзадание):

Исследования выполнены в рамках государственного задания Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Генетические и функциональные исследования эффектов геропротекторных интервенций на модели *Drosophila melanogaster*» (№ 122040600022-1).

Acknowledgements (state task):

The research was performed within the framework of the state task of the Institute of Biology FRC Komi SC UB RAS under the theme "Genetic and functional studies of the effects of heroprotective interventions on *Drosophila melanogaster* model" (№ 122040600022-1).

Информация об авторах:

Платонова Елена Юрьевна – младший научный сотрудник Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 57217200914; ORCID 0000-0002-4632-2385 (167000, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28; e-mail: platonova.e.u@ib.komisc.ru).

Голубев Денис Анатольевич – младший научный сотрудник Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 57223300036; ORCID 0000-0003-0570-8211 (167000, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28; e-mail: denismeatboy@gmail.com).

Патов Сергей Александрович – кандидат химических наук, научный сотрудник Института химии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (167000, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 48; e-mail: ser-patov@yandex.ru).

Некрасова Полина Сергеевна – младший научный сотрудник Института химии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (167000, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 48; e-mail: nekrasova.polina@bk.ru).

Шапошников Михаил Вячеславович – доцент, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 7004704906; ORCID 0000-0002-4625-6488 (167000, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28; e-mail: shaposhnikov@ib.komisc.ru).

Москалёв Алексей Александрович – доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий лабораторией геропротекторных и радиопротекторных технологий Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (167000, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28; e-mail: amoskalev@ib.komisc.ru); ведущий научный сотрудник Института молекулярной биологии им. В. А. Энгельгардта; Scopus Author ID 7003730453, <https://orcid.org/0000-0002-3248-1633> (119991, Российская Федерация, г. Москва, ул. Вавилова, д. 32; e-mail: amoskalev@ib.komisc.ru).

About the authors:

Elena Yu. Platonova – Junior Researcher at the Institute of Biology, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Scopus Author ID: 57217200914, ORCID 0000-0002-4632-2385 (28 Kommunisticheskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, 167982 Russian Federation; e-mail: platonova.e.u@ib.komisc.ru).

Denis A. Golubev – Junior Researcher at the Institute of Biology, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Scopus Author ID: 57223300036, ORCID 0000-0003-0570-8211 (28 Kommunisticheskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, 167982 Russian Federation; e-mail: denismeatboy@gmail.com).

Sergey A. Patov – Candidate of Sciences (Chemistry), Researcher at the Institute of Chemistry, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (48 Pervomayskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, 167000 Russian Federation; e-mail: ser-patov@yandex.ru).

Polina S. Nekrasova – Junior Researcher at the Institute of Chemistry, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (48 Pervomayskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, 167000 Russian Federation; e-mail: nekrasova.polina@bk.ru).

Mikhail V. Shaposhnikov – Candidate of Sciences (Biology), Associate Professor, Leading Researcher at the Institute of Biology, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Scopus Author ID: 7004704906, ORCID 0000-0002-4625-6488 (28 Kommunisticheskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, 167982 Russian Federation; e-mail: shaposhnikov@ib.komisc.ru).

Aleksey A. Moskalev – Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Sciences (Biology), Head of the Laboratory of Geroprotective and Radioprotective Technologies at the Institute of Biology, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID:7003730453; <https://orcid.org/0000-0002-3248-1633> (28 Kommunisticheskaya st., Syktyvkar 167000, Komi Republic, Russian Federation; e-mail: amoskalev@ib.komisc.ru).

Для цитирования:

Платонова, Е. Ю. Исследование влияния природного антоциана дельфинидина на продолжительность жизни *Drosophila melanogaster* / Е. Ю. Платонова, Д. А. Голубев, С. А. Патов [и др.] // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Экспериментальная биология и экология». – 2024. – № 9 (75). – С. 92–97.

For citation:

Platonova, E. Yu. Issledovanie vliyaniya prirodnogo antociana delfinidina na prodolzhitel'nost zhizni *Drosophila melanogaster* [About the influence of the natural anthocyanin delphinidin on the lifespan of *Drosophila melanogaster*] / E. Yu. Platonova, D. A. Golubev, S. A. Patov, P. S. Nekrasova, M. V. Shaposhnikov, A. A. Moskalev // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Experimental Biology and Ecology". – 2024. – № 9 (75). – P. 92–97.

Дата поступления статьи: 14.06.2024

Прошла рецензирование: 16.07.2024

Принято решение о публикации: 20.08.2024

Received: 14.06.2024

Reviewed: 16.07.2024

Accepted: 20.08.2024