

DOI: 10.12731/2658-6649-2025-17-6-1-1366

EDN: GECDRZ

УДК 57.084.1



Научная статья

**ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТОВ СОЦВЕТИЙ
БАРХАТЦЕВ РАСПРОСТЕРТЫХ (*TAGETES PATULA* L.)
НА СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ ИНФУЗОРИЙ
*PARAMECIUM CAUDATUM***

*К.Ш. Казимова, Ф.Ю. Ахмадуллина,
Ю.В. Щербакова, Г.Г. Шуматбаев*

Аннотация

Обоснование. Для сегодняшнего дня характерно снижение содержания нативных биологически активных нутриентов в рационе человека из-за специфики современных технологий обработки сельско-хозяйственного сырья и производства продуктов питания, в результате наблюдается резко возрастающий интерес к расширению ассортимента альтернативных биологически активных препаратов на основе нетрадиционного отечественного фитосырья, что диктует необходимость привлечения новых методов аналитического контроля для получения более достоверной информации об их антиоксидантном статусе. Для повышения валидированности экспериментальных данных требуется реализация комплексного подхода, подразумевающего использование методов аналитического контроля, дополняющих информацию друг друга. В этом случае наиболее перспективно использование биологического метода, основанного на тест-реакции биомодели, позволяющего получить более достоверную оценку об интегральной антиоксидантной активности исследуемого объекта, благодаря высокой чувствительности биотеста.

Цель – исследование интегральной антиоксидантной активности препаратов соцветий бархатцев распростертых *Tagetes patula* L. методом биотестирования с использованием в качестве биотеста равновесных инфузорий *Paramecium caudatum*.

Материалы и методы. Объектами исследования являются водные экстракты соцветий бархатцев распростертых сорта «Кармен», полученные при следующих условиях экстрагирования: экстрагент – дистиллированная вода,

соотношение сырья и экстрагента - 1:50, интенсивность перемешивания - 500 об/мин, температурный режим - 70 °С, продолжительность экстракции 90 мин. Бархатцы выращивали в экологическом чистом районе Республики Татарстан, сбор сырья проводили в фазе цветения (август-сентябрь). Для их консервирования использовали воздушно-теневой способ сушки с целью обеспечения максимально возможной сохранности антиоксидантов фитосырья. Для оценки показателя стрессоустойчивости использовали метод биотестирования на биомодели равноресничной инфузории *Paramecium caudatum*. В качестве стрессоров применяли пероксид водорода и этиловый спирт, характеризующих антиоксидантный потенциал и мембраностабилизирующие свойства изучаемых фитоэкстрактов соответственно.

Результаты. На основании серии экспериментальных исследований определено влияние концентраций изучаемого фитоэкстракта в диапазоне 0,0076-0,435 мг/мл на прирост биотеста. Показано, что все исследованные концентрации водного экстракта бархатцев распротертых не только не ингибируют, но и в ряде случаев стимулируют рост инфузорий, что особенно характерно для двух- и трехсуточных экспериментов. Установлены оптимальные концентрации стрессоров, соответственно равные 1,5% - для пероксида водорода и 7% - для этанола. Выявлено, что водный экстракт соцветий бархатцев распротертых повышают стрессоустойчивость тест-объекта, наиболее выраженное по отношению к пероксиду водорода.

Заключение. В результате серии проведенных экспериментальных исследований установлены оптимальные условия проведения биотестирования при использовании в качестве тест-объекта равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum* для оценки антиоксидантного потенциала водных экстрактов сушеных соцветий бархатцев распротертых сорта «Кармен». Предложено использование следующих концентраций стрессоров: 1,5% - для пероксида водорода; 7% - для этанола. Время обездвиживания инфузорий при обработке пероксидом водорода и этанолом составляет соответственно $1 \pm 0,01$ и $1,2 \pm 0,01$ минут. Установлены концентрации изучаемого фитоэкстракта, не ингибирующие тест-объект. Показано их ростстимулирующее влияние на биотест, обусловленное наличием белковой и углеводной составляющих в исследуемом объекте. Выявлено, что водные экстракты соцветий бархатцев распротертых проявляют антиоксидантный и мембраностабилизирующий эффекты в диапазоне концентраций 0,03-0,435 мг/мл по сухому веществу экстракта.

Ключевые слова: *Tagetes patula* L.; экстракция; мацерация; антиоксидантная активность; биотестирование

Для цитирования. Казимова, К. Ш., Ахмадуллина, Ф. Ю., Щербаклова, Ю. В., & Шуматбаев, Г. Г. (2025). Влияние экстрактов соцветий бархатцев распростертых (*Tagetes patula* L.) на стрессоустойчивость инфузорий *Paramecium caudatum*. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(6-1), 136-152. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-6-1-1366>

Original article

EFFECT OF EXTRACTS OF INFLORESCENCE *TAGETES PATULA* L. ON STRESS RESISTANCE OF *PARAMECIUM CAUDATUM* INFUSORIAE

*C.Sh. Kazimova, F.Yu. Akhmadullina,
Yu.V. Shcherbakova, G. G. Shumatbaev*

Abstract

Background. Today, the content of native biologically active nutrients in the human diet is decreasing due to the specifics of modern technologies for processing agricultural raw materials and food production, as a result, there is a sharply increasing interest in expanding the range of alternative biologically active drugs based on non-traditional domestic herbal raw materials, which dictates the need to involve new analytical control methods to obtain more reliable information about their antioxidant status. To improve the validity of experimental data, it is necessary to implement an integrated approach that involves the use of analytical control methods that complement each other's information. In this case, the most promising is the use of a biological method based on a test reaction of a biotest, which allows you to get a more reliable assessment of the integral antioxidant activity of the object under study, due to the high sensitivity of the biotest.

Purpose is to study of integral antioxidant activity of preparations of inflorescence preparations of *Tagetes patula* L. by biotesting method using as a biotest the equispecific infusoria *Paramecium caudatum*.

Materials and methods. The objects of the study are aqueous extracts of inflorescences of the inflorescences of the prostrate variety 'Carmen', obtained under the following extraction conditions: extractant - distilled water, ratio of raw materials and extractant - 1:50, stirring intensity - 500 rpm, temperature regime - 70 °C, duration of extraction - 90 min. Velvet plants were grown in ecologically clean area of the Republic of Tatarstan, raw materials were collected in the flowering phase

(August-September). Air-shade drying method was used for their preservation in order to ensure maximum possible preservation of antioxidants of phyto raw materials. To evaluate the stress tolerance index, the biotesting method was used on the biomodel of the equidisturbance infusoria *Paramecium caudatum*. Hydrogen peroxide and ethyl alcohol were used as stressors, characterising the antioxidant potential and membrane-stabilising properties of the studied phytoextracts, respectively.

Results. Based on a series of experimental studies, the effect of concentrations of the studied phytoextract in the range of 0.0076-0.435 mg/ml on biotest growth was determined. It was shown that all the studied concentrations of aqueous extract of Prostrate Velvet not only do not inhibit, but in some cases stimulate the growth of infusoria, which is especially characteristic of two- and three-day experiments. The optimum concentrations of stressors were found to be 1.5 per cent for hydrogen peroxide and 7 per cent for ethanol, respectively. It was revealed that the aqueous extract of inflorescences of velvet flowers increased stress resistance of the test subject, the most pronounced in relation to hydrogen peroxide.

Conclusion. As a result of a series of experimental studies, the optimal conditions for biotesting have been established when using as a test object the equidiferous infusoria *Paramecium caudatum* to evaluate the antioxidant potential of aqueous extracts of dried inflorescences of the 'Carmen' variety. The use of the following concentrations of stressors was proposed: 1.5% for hydrogen peroxide; 7% for ethanol. The time of immobilisation of infusoria during treatment with hydrogen peroxide and ethanol is 1 ± 0.01 and 1.2 ± 0.01 minutes, respectively. The concentrations of the studied phytoextract not inhibiting the test-object were determined. Their growth-stimulating effect on the biotest was shown due to the presence of protein and carbohydrate components in the studied object. It was revealed that aqueous extracts of inflorescences of *Tagetes* show antioxidant and membrane-stabilising effects in the concentration range of 0.03-0.435 mg/ml on dry matter of the extract.

Keywords: *Tagetes patula* L.; extraction; maceration; antioxidant activity; biotesting

For citation. Kazimova, S. Sh., Akhmadullina, F. Yu., Shcherbakova, Yu. V., & Shumatbaev, G. G. (2025). Effect of extracts of inflorescence *Tagetes patula* L. on stress resistance of *Paramecium caudatum* infusoria. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(6-1), 136-152. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-6-1-1366>

Введение

Как показали ранее проведенные исследования, экстракты бархатцев распростертых являются источником разнообразных биологически активных компонентов, содержание которых зависит от селективности исполь-

зуемых экстрагентов [3]. В экстрактах соцветий бархатцев распростертых найдены: аскорбиновая кислота ($1,78 \pm 0,05$ % в пересчете на сухое вещество), кверцетин (40,4-62,52 мг), галловая кислота (14,47 мг), рутин (9,65 мг), лютеин (8,975 мг), зеаксантин (0,285 мг), патулитрин (5,11-5,64% в пересчете на сухое вещество), патулетин (0,0023-0,0143 % в пересчете на сухое вещество)[8, 10]. Кроме того, бархатцы распростертые – перспективное сырье для фармакопеи, учитывая их неприхотливость, засухоустойчивость, высокую динамику роста, факторы, необходимые для производства биопрепаратов в промышленных масштабах.

Однако при создании новых биопрепаратов, отличающихся высоким антиоксидантным потенциалом, необходимо достоверное знание их восстановительных свойств, что требует комплексного подхода. Это связано с тем, что для оценки антиоксидантного потенциала при разработке биопрепаратов используется ряд косвенных методов аналитического контроля, в которых антиоксидантная активность оценивается по количеству вещества-стандарта соответствующей индикаторной системы, которое в данных условиях обеспечивает эквивалентный антиоксидантный эффект. Различие применяемых индикаторных систем и соответственно стандартов может являться причиной несоответствия величин антиоксидантной активности исследуемого объекта, определяемой разными методами. Для получения объективной информации целесообразно использование биологического метода экспресс-диагностики, отличающегося высокой чувствительностью, интегральностью, хорошей воспроизводимостью. Данный прием хорошо зарекомендовал себя при изучении антиоксидантной активности биопрепаратов на основе фитоэкстрактов [15; 16]. Как показал анализ научно-технической информации, в настоящее время предпочтение отдается биотестированию при использовании в качестве тест-объекта – простейших, учитывая их достоинства [2].

Цель – исследование интегральной антиоксидантной активности препаратов соцветий бархатцев распростертых *Tagetes patula* L. методом биотестирования с использованием в качестве биотеста равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum*.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являются водные экстракты соцветий бархатцев распростертых сорта «Кармен», полученные при следующих условиях экстрагирования: экстрагент – дистиллированная вода, соотношение сырья и экстрагента - 1:50, интенсивность перемешивания - 500 об/мин, температурный режим - 70 °С, продолжительность экстракции 90 мин [3]. Бархат-

цы выращивали в экологическом чистом районе Республики Татарстан, сбор сырья проводили в фазе цветения (август-сентябрь). Для их консервирования использовали воздушно-теневого способ сушки [11] с целью обеспечения максимально возможной сохранности антиоксидантов нативного фитосырья.

Предмет исследования – стрессоустойчивость биотеста по отношению к двум стрессорам – пероксиду водорода и этиловому спирту, характеризующих антиоксидантный потенциал и мембраностабилизирующие свойства изучаемых фитоэкстрактов соответственно.

Определение оптимальных концентраций стрессоров осуществляли на контрольной группе парameций (без добавления экстракта).

В качестве тест-объекта использовали равноресничные инфузории *Paramecium caudatum*.

Экспериментальные исследования проводили поэтапно, включая подготовку культуры инфузорий *Paramecium caudatum* к биотестированию; определение оптимальных концентраций экстрактов, не ингибирующих рост тест-объекта и определение стрессоустойчивости инфузорий согласно [15; 16]. Эксперименты проводили в трех повторностях.

Результаты и обсуждение

Выбор метода биотестирования для оценки антиоксидантного потенциала изучаемых водного экстракта был обусловлен:

- простотой и доступностью постановки опытов;
- высокой чувствительностью тест-организмов к минимальным концентрациям биологически активных веществ;
- экспрессностью;
- низкой затратностью [5].

Что касается биотеста - равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum*, их выбор был осуществлён исходя из требований, предъявляемых к биомоделям:

- обладают свойствами отдельного организма;
- высокая скорость размножения;
- относительно быстрая адаптация к окружающей среде;
- относительно большая поверхность соприкосновения;
- легкость визуализации;
- низкая затратность [13; 14].

Учитывая возможное проявление изучаемыми экстрактами как антиоксидантных, так антимикробных свойств, эксперименты проводили по следующей схеме.

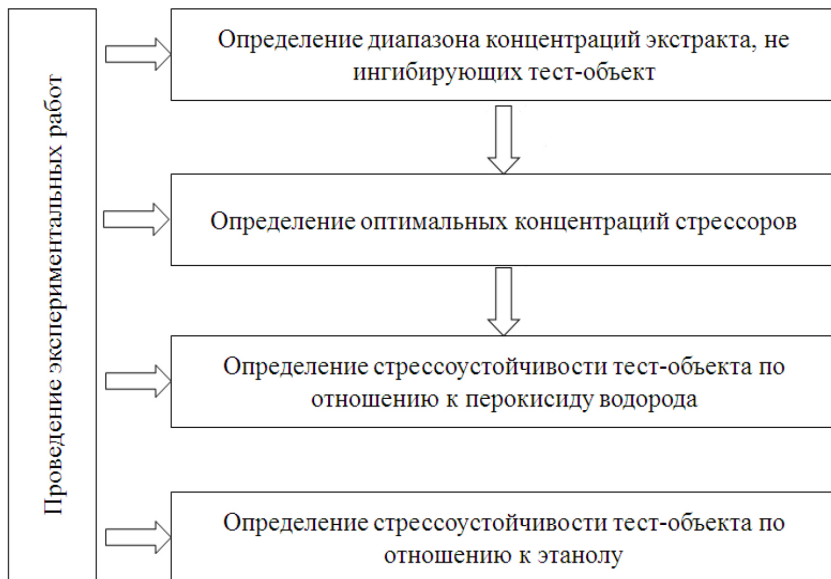


Рис. 1. Схема экспериментальных исследований

Результаты по первому этапу эмпирических работ обобщены в таблице 1.

Таблица 1.

Влияние концентрации экстракта на прирост биогеста

| Эксперимент № 1 | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------|----------|---------|----------|----------|-------------|-------|----------|
| Сутки | Концентрация экстракта мг/мл | | | | | | | |
| | К | 0,0076 | 0,071 | 0,13 | 0,235 | 0,27 | 0,32 | 0,435 |
| Количество живых инфузорий (мёртвых) | | | | | | | | |
| 1 сутки | 1/2/1 | 4/3/2 | 3/4/3 | 4/3/4 | 4/4/1 | 2/3/4 | 4/3/4 | 3/2/2 |
| 2 сутки | 1/1/(1) | 2/2/1 | 2/2/(1) | 1/3(3)/1 | (1)/2/4 | 1/-/4(1) | 1/2/1 | 2/-/2 |
| 3 сутки | 1/2/- | 6/7/4 | 3/4/4 | 4/4/4 | 4(1)/4/4 | 4(1)/4(1)/4 | 2/3/2 | 2/6/2 |
| Эксперимент № 2 | | | | | | | | |
| Сутки | Концентрация экстракта мг/мл | | | | | | | |
| | К | 0,0076 | 0,071 | 0,13 | 0,235 | 0,27 | 0,32 | 0,435 |
| Количество живых инфузорий (мёртвых) | | | | | | | | |
| 1 сутки | 2/(1)/8 | 2/3(1)/2 | 2/3/3 | 3/2/2 | 2/6/4 | 3/4/2 | 2/2/2 | 2/2/2(1) |
| 2 сутки | 2/4/2 | 3/2/1 | 2/3/4 | 3/3/3 | 2/2/2 | 2/4/3 | 2/3/3 | 2/2/4 |
| 3 сутки | 1/3/4 | 4/3/4 | 3/3/3 | 3/3(1)/2 | 2/3/4 | 2/2/3 | 4/3/3 | 4/2/3 |

| Эксперимент № 3 | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------|----------|-------|----------|----------|-------|-------------|----------------|
| Сутки | Концентрация экстракта мг/мл | | | | | | | |
| | К | 0,0076 | 0,071 | 0,13 | 0,235 | 0,27 | 0,32 | 0,435 |
| Количество живых инфузорий (мёртвых) | | | | | | | | |
| 1 сутки | 3/4/2 | 1(1)/3/4 | 2/2/2 | 3/4/1 | 4/4/1 | 4/4/2 | 2(2)/2/1(1) | 1(3)/3(1)/2(1) |
| 2 сутки | 3/4/2 | 4/4/3 | 7/7/4 | 4/4/- | 4(1)/4/1 | 5/6/8 | 4/5/4 | 4/4/4 |
| 3 сутки | 7/7(1)/6 | 7/5(2)/4 | 3/4/4 | 6/7/7 | 2\4/7 | 6/7/7 | 7/4(1)/5 | 4/7/4 |
| Эксперимент № 4 | | | | | | | | |
| Сутки | Концентрация экстракта мг/мл | | | | | | | |
| | К | 0,0076 | 0,071 | 0,13 | 0,235 | 0,27 | 0,32 | 0,435 |
| Количество живых инфузорий (мёртвых) | | | | | | | | |
| 1 сутки | 2/2/1 | 2/2/3 | 2/2/2 | 2/2/2 | 2/2/3 | 2/3/3 | 2/4/2 | 2/4/2 |
| 2 сутки | 5/6/4 | 7/7/4 | 7/7/8 | 5/7/12 | 4/8/8 | 7/8/8 | 7/8/8 | 8/8/14 |
| 3 сутки | 6/7(1)/6 | 4/4(1)/7 | 6/4/4 | 4/8/9(1) | 8/8/7 | 7/7/8 | 6/7/7 | 7/6/7 |

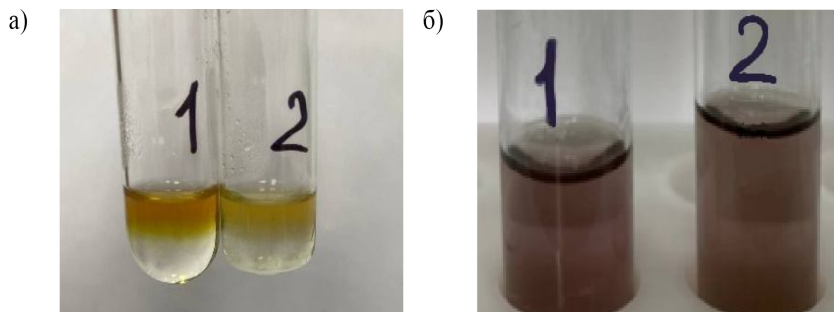


Рис. 2. Качественные реакции на: а) углеводы: реакция Молиша; б) белки: реактив Бредфорда.

Контрольный опыт проводили без добавления фитоэкстракта. Как видно из табличных данных, все выбранные для исследования концентрации водного экстракта бархатцев распротертых не только не ингибируют, но и в ряде случаев стимулируют рост инфузорий, что особенно характерно для двух- и трехсуточных экспериментов. С наибольшей вероятностью наблюдаемый факт можно объяснить наличием в изучаемых экстрактах компонентов, являющихся биологическими стимуляторами роста, таких как витамин С, глютаминовая и аспаргиновая кислоты [1]. Кроме того, проведенный качественный анализ фитоэкстракта на содержание белков и углеводов, которые могут быть использованы инфузориями в качестве субстрата, подтвердил их наличие (рис. 2) [12; 9].

Следующий этап работы заключался в определении оптимальных концентраций стрессоров (табл. 2).

Согласно литературным данным [6; 7], для оценки стрессоустойчивости использовали пероксид водорода в диапазоне концентраций 1-3%, этиловый спирт в интервале концентраций 5-14%.

Таблица 2.

Влияние концентраций стрессоров на время обездвиживания инфузорий *Paramecium caudatum*

| Стрессор | Концентрация стрессора | Время обездвиживания, мин. | | |
|-------------------|------------------------|----------------------------|-----------|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Пероксид водорода | 3% | Мгновенно | Мгновенно | Мгновенно |
| | 2% | 0,20 | 0,19 | 0,20 |
| | 1,5% | 1 | 1 | 1,1 |
| | 1% | >3 | >3 | >3 |
| Этиловый спирт | 14% | Мгновенно | Мгновенно | Мгновенно |
| | 10% | Мгновенно | Мгновенно | Мгновенно |
| | 7% | 1 | 1,2 | 1,1 |
| | 5% | >3 | >3 | >3 |

а)



б)

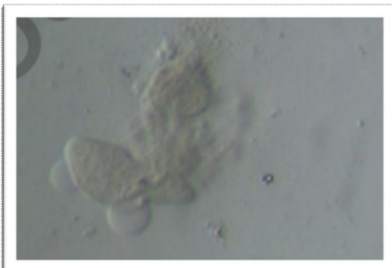


Рис. 3. Лизис клетки *Paramecium caudatum*: а) до воздействия стрессора; б) после воздействия стрессора

Согласно полученным данным, установлена рациональная концентрация стрессора пероксида водорода 1,5%, а этилового спирта - 7%. При увеличении концентрации стрессоров для пероксида водорода выше 1,5%, а для этанола выше 7% наблюдалось почти мгновенное обездвиживание инфузорий, сопровождающееся грубыми морфологическими изменениями клеток парамеций, как показало их микрокопирование до и после воздействия стрессоров (рис. 3).

После воздействия пероксида водорода наблюдали структурные нарушения мембран в виде округлых выпячиваний, которые приводили к лизису простейших, что согласуется с литературными данными [4]. При добавлении в среду культивирования этилового спирта клетки инфузорий приобретали округлую форму и спускались на дно лунки. При уменьшении концентрации стрессоров наблюдалась обратная картина.

В качестве главного критерия при оценке стрессоустойчивости тест-объекта служило время обездвиживания инфузорий при воздействии стрессора.

Результаты по влиянию пероксида водорода и этанола на тест-объект при добавлении в среду культивирования изучаемых экстрактов в диапазоне концентраций 0,03-0,435 мг/мл приведены в таблице 3.

Таблица 3.

| Время обездвиживания парameций при воздействии стрессоров | | | | | | |
|--|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Эксперимент № 1 | | | | | | |
| Стрессор | Концентрация экстракта мг/мл | | | | | |
| | К | 0,03 | 0,071 | 0,13 | 0,235 | 0,435 |
| Время гибели инфузорий под действием стрессора, мин | | | | | | |
| C ₂ H ₅ OH | 0,24±0,043 | 0,17±0,04 | 0,31±0,03 | 0,38±0,04 | 0,87±0,09 | 0,87±0,09 |
| H ₂ O ₂ | 0,63±0,06 | 1,95±0,05 | 2,92±0,01 | 3,63±0,01 | 4,27±0,16 | 4,27±0,16 |
| Эксперимент № 2 | | | | | | |
| Стрес-сор | Концентрация экстракта мг/мл | | | | | |
| | К | 0,03 | 0,071 | 0,13 | 0,235 | 0,435 |
| Время гибели инфузорий под действием стрессора, мин | | | | | | |
| C ₂ H ₅ OH | 0,32±0,04 | 0,57±0,11 | 0,77±0,04 | 0,8±0,06 | 0,88±0,04 | 0,80±0,18 |
| H ₂ O ₂ | 0,76±0,26 | 2,88±0,18 | 3,6±0,37 | 4,18±0,11 | 4,75±0,09 | 5,17±0,24 |
| Эксперимент № 3 | | | | | | |
| Стрес-сор | Концентрация экстракта мг/мл | | | | | |
| | К | 0,03 | 0,071 | 0,13 | 0,235 | 0,435 |
| Время гибели инфузорий под действием стрессора, мин | | | | | | |
| C ₂ H ₅ OH | 0,33±0,08 | 0,44±0,08 | 0,57±0,05 | 0,71±0,08 | 0,56±0,07 | 0,94±0,16 |
| H ₂ O ₂ | 0,63±0,06 | 1,48±0,15 | 3,18±0,03 | 3,55±0,06 | 4,15±0,06 | 4,72±0,17 |

Усредненные результаты позволяют получить более наглядную информацию о влиянии водного экстракта соцветий бархатцев распростертых на стрессоустойчивость биомодели (рис. 4).

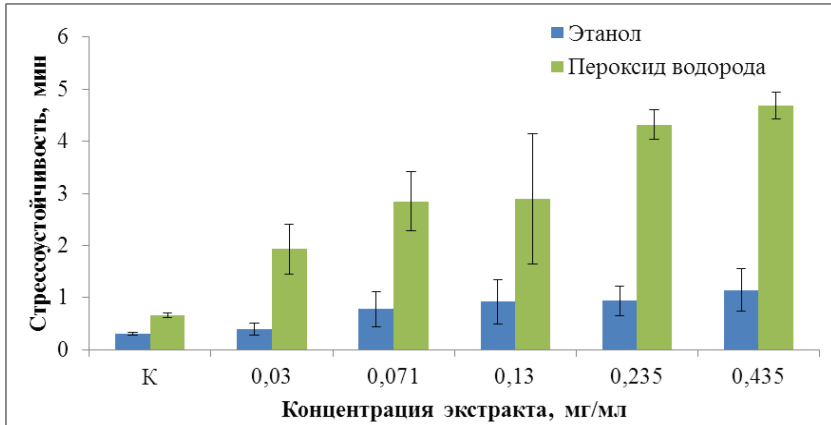


Рис. 4. Влияние водного экстракта из соцветий *Tagetes patula L* на стрессоустойчивость инфузорий *Paramecium caudatum*

Как видно из приведенного графического материала, водный экстракт из соцветий бархатцев распростертых повышают стрессоустойчивость тест-объекта, наиболее выраженное по отношению к перексиду водорода. При этом увеличение концентраций изучаемых экстрактов приводит к росту стрессоустойчивости инфузорий парамеций.

Что касается этилового спирта, не во всех экспериментах низкие концентрации фитоэкстракта (до 0,13 мг/мл) были эффективны. Возможно, это связано с тем, что спирт является более жестким стрессором, а также, способностью ферментов клетки простейших разлагать перексид водорода, что облегчает задачу для антиоксидантов экстракта.

Заключение

В результате серии проведенных экспериментальных исследований установлены оптимальные условия проведения биотестирования при использовании в качестве тест-объекта равноресничных инфузории *Paramecium caudatum* для оценки антиоксидантного потенциала водных экстрактов сушеных соцветий бархатцев распростертых сорта «Кармен». Предложено использование следующих концентраций стрессоров: 1,5% - для пероксида водорода; 7% - для этанола. Время обездвиживания инфузорий при обработке перексидом водорода и этанолом составляет соответственно $1 \pm 0,01$ и $1,2 \pm 0,01$ минут. Установлены концентрации изучаемого фитоэкстракта, не ингибирующие тест-объект. Показано их ростстимулирующее влияние на биотест, об-

условленное наличием белковой и углеводной составляющих в исследуемом объекте. Выявлено, что водные экстракты соцветий бархатцев распростертых проявляют антиоксидантный и мембраностабилизирующий эффекты в диапазоне концентраций 0,03-0,435 мг/мл по сухому веществу экстракта.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Вахитов, Т. Я. (2012). Регуляторные функции аминокислот и их сочетаний у прокариот и в тканях высших организмов. *Успехи современной биологии*, (6), 596–602. EDN: <https://elibrary.ru/PHGCNV>
2. Габышева, А. Н., & Сон, В. В. (2014). Инфузории как тест-объекты для определения качества среды. В: *Перспективы развития фундаментальных наук: материалы XI Международной конференции студентов и молодых учёных* (с. 322–324). Томск. EDN: <https://elibrary.ru/TUAOGZ>
3. Казимова, К. Ш., Ахмадуллина, Ф. Ю., Акулов, А. Н., Щербакова, Ю. В., & Никитин, Е. Н. (2024). Скрининг параметров извлечения биологически активных веществ из цветов бархатцев распростёртых (*Tagetes patula*) и оценка антиоксидантной активности их водных экстрактов. *Химия растительного сырья*, (3), 250–258. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20240313383>. EDN: <https://elibrary.ru/GWNKRG>
4. Карпухина, О. В. (2013). Действие антиоксидантов в модели оксидантного стресса, индуцированного солями тяжёлых металлов. *Биологические науки*, (11), 671–674.
5. Ляшенко, О. А. (2012). *Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды: учебно-методическое пособие*. СПб.: СПб ГТУРП, 64 с.
6. Мелехова, О. П. (2010). *Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование*. М.: Издательский центр «Академия», 288 с. ISBN: 978-5-7695-7033-9. EDN: <https://elibrary.ru/QKSVCN>
7. Огай, М. А., Степанова, Э. Ф., Холодов, Д. Б., & Николаевский, В. А. (2011). Антиоксидантный и мембраностабилизирующий эффект таурина. *Вестник ВГУ. Серия: химия, биология, фармация*, (1), 186–191. EDN: <https://elibrary.ru/MQXLCS>
8. Папаяни, О. И. и др. (2012). Изучение химического состава и антимикробной активности сухого экстракта из цветков бархатцев распространённых (*Tagetes patula* L.). *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, (14), 742–744. EDN: <https://elibrary.ru/QAQVJR>

9. Потапова, Д. А., & Рендюк, Т. Д. (2016). Изучение химического состава капусты брокколи (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) как пищевого и лекарственного растения. В: *Лекарственные растения Ботанического сада* (с. 96). EDN: <https://elibrary.ru/WNGXPZ>
10. Савельева, А. Е. (2023). *Фармакогностическое исследование бархатцев отклонённых (Tagetes patula L.): автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата фармацевтических наук: 3.4.2*. Самара, 25 с. EDN: <https://elibrary.ru/BZMUDC>
11. Саякова, Г. М., Датхаев, У. М., & Кисличенко, В. С. (2019). *Фармакогнозия*. М., 225 с.
12. Шленёва, В. А. и др. (2019). Качественная и количественная оценка содержания углеводов во фруктовых соках. В: *Актуальные вопросы современной медицины* (с. 368–370). EDN: <https://elibrary.ru/OGXJFV>
13. Щербакова, Ю. В. и др. (2020). Метод биотестирования для контроля качества молочного сырья при промышленных режимах термообработки. *Химическая безопасность*, 4(2), 282–292. <https://doi.org/10.25514/CHS.2020.2.18020>. EDN: <https://elibrary.ru/PCMCTH>
14. Щербакова, Ю. В., Ахмадуллина, Ф. Ю., & Егорова, Е. А. (2019). Перспективы использования метода гальваностатической кулонометрии для оценки интегральной антиоксидантной активности молока и кисломолочной продукции. Казань: КНИТУ, 132 с.
15. Kazimova, K., Rastegaev, E., Akhmadullina, F., Shcherbakova, Y., Shumatbaev, G., & Zakirov, R. (2024). Влияние способа консервирования на антиоксидантный потенциал экстрактов на основе плодов аронии черноплодной (*Aronia melanocarpa*). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 16(5), 38–59. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2024-16-5-914>. EDN: <https://elibrary.ru/INFPBU>
16. Sirotina, K., Kazimova, K., Shcherbakova, Y., Akhmadullina, F., & Nikitin, E. (2022). Study of the antioxidant activity of rowan extracts (*Sorbus aucuparia*) by biotesting method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 949, 012032. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/949/1/012032>. EDN: <https://elibrary.ru/NTEVNN>

References

1. Vakhitov, T. Ya. (2012). Regulatory functions of amino acids and their combinations in prokaryotes and in tissues of higher organisms. *Advances in Modern Biology*, (6), 596–602. EDN: <https://elibrary.ru/PHGCNV>
2. Gabysheva, A. N., & Son, V. V. (2014). Ciliates as test objects for environmental quality assessment. In: *Prospects for the development of fundamental sciences:*

- proceedings of the XI International Conference of students and young scientists* (pp. 322–324). Tomsk. EDN: <https://elibrary.ru/TUAOGZ>
3. Kazimova, K. Sh., Akhmadullina, F. Yu., Akulov, A. N., Shcherbakova, Yu. V., & Nikitin, E. N. (2024). Screening of extraction parameters for biologically active substances from marigold flowers (*Tagetes patula*) and evaluation of antioxidant activity of their aqueous extracts. *Chemistry of Plant Raw Material*, (3), 250–258. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20240313383>. EDN: <https://elibrary.ru/GWNKRG>
 4. Karpukhina, O. V. (2013). The effect of antioxidants in a model of oxidative stress induced by heavy metal salts. *Biological Sciences*, (11), 671–674
 5. Lyashenko, O. A. (2012). *Bioindication and biotesting in environmental protection: educational and methodological guide*. St. Petersburg: SPb GTURP, 64 p.
 6. Melekhova, O. P. (2010). *Biological monitoring of the environment: bioindication and biotesting*. Moscow: Publishing Center “Academy”, 288 p. ISBN: 978-5-7695-7033-9. EDN: <https://elibrary.ru/QKSVCH>
 7. Ogay, M. A., Stepanova, E. F., Kholodov, D. B., & Nikolaevsky, V. A. (2011). Antioxidant and membrane-stabilizing effect of taurine. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry, Biology, Pharmacy*, (1), 186–191. EDN: <https://elibrary.ru/MQXLCS>
 8. Papayani, O. I. et al. (2012). Study of the chemical composition and antimicrobial activity of dry extract from common marigold flowers (*Tagetes patula* L.). *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, (14), 742–744. EDN: <https://elibrary.ru/QAQVJR>
 9. Potapova, D. A., & Rendyuk, T. D. (2016). Study of the chemical composition of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) as a food and medicinal plant. In: *Medicinal plants of the Botanical Garden* (p. 96). EDN: <https://elibrary.ru/WNGXPZ>
 10. Savelyeva, A. E. (2023). *Pharmacognostic study of French marigold (Tagetes patula L.): abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Pharmaceutical Sciences: 3.4.2*. Samara, 25 p. EDN: <https://elibrary.ru/BZMUDC>
 11. Sayakova, G. M., Datkhaev, U. M., & Kislichenko, V. S. (2019). *Pharmacognosy*. Moscow, 225 p.
 12. Shleneva, V. A. et al. (2019). Qualitative and quantitative assessment of carbohydrate content in fruit juices. In: *Topical issues of modern medicine* (pp. 368–370). EDN: <https://elibrary.ru/OGXJFV>
 13. Shcherbakova, Yu. V. et al. (2020). Biotesting method for quality control of milk raw materials under industrial heat treatment conditions. *Chemical Safety*, 4(2), 282–292. <https://doi.org/10.25514/CHS.2020.2.18020>. EDN: <https://elibrary.ru/PCMCTH>

14. Shcherbakova, Yu. V., Akhmadullina, F. Yu., & Egorova, E. A. (2019). *Prospects of using the galvanostatic coulometry method for assessing the integral antioxidant activity of milk and fermented dairy products*. Kazan: KNITU, 132 p.
15. Kazimova, K., Rastegaev, E., Akhmadullina, F., Shcherbakova, Y., Shumatbaev, G., & Zakirov, R. (2024). Effect of preservation method on the antioxidant potential of extracts based on chokeberry fruits (*Aronia melanocarpa*). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 16(5), 38–59. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2024-16-5-914>. EDN: <https://elibrary.ru/INFPBU>
16. Sirotina, K., Kazimova, K., Shcherbakova, Y., Akhmadullina, F., & Nikitin, E. (2022). Study of the antioxidant activity of rowan extracts (*Sorbus aucuparia*) by biotesting method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 949, 012032. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/949/1/012032>. EDN: <https://elibrary.ru/NTEVNN>

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors contributed equally to this article.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Казимова Камила Шухратовна, младший научный сотрудник лаборатории переработки растительного сырья для экологически чистого агрохозяйства

*Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
ФИЦ Казанский научный центр РАН*

*ул. Академика Арбузова, 8, г. Казань, 420088, Республика Татарстан, Российская Федерация
camilakazimova@yandex.ru*

Ахмадуллина Фарида Юнусовна, старший преподаватель кафедры «Промышленной биотехнологии»

Казанский национальный исследовательский технологический университет

*ул. Карла Маркса, 72В, г. Казань, 420015, Республика Татарстан, Российская Федерация
AkhmadullinaFYu@corp.knrtu.ru*

ЩербакOVA ЮлиЯ Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Промышленной биотехнологии»
Казанский национальный исследовательский технологический университет
ул. Карла Маркса, 72В, г. Казань, 420015, Республика Татарстан, Российская Федерация
balakirevajulia3@mail.ru

Шуматбаев Георгий Геннадьевич, инженер исследователь лаборатории переработки растительного сырья для экологически чистого агрохозяйства
Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ Казанский научный центр РАН
ул. Академика Арбузова, 8, г. Казань, 420088, Республика Татарстан, Российская Федерация
g-shumatbaev@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Kamila Sh. Kazimova, Junior Researcher, Laboratory of Processing of Plant Raw Materials for Ecological Agriculture
Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences
8, Akademika Arbuzova Str., Kazan, 420088, Republic of Tatarstan, Russian Federation
camilakazimova@yandex.ru
SPIN-code: 9769-3201
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5442-0620>
ResearcherID: HGU-5633-2022
Scopus Author ID: 57433671500

Farida Yu. Akhmadullina, Senior Lecturer at the Department of Industrial Biotechnology
Kazan National Research Technological University
72, Karla Marksa Str., Kazan, 420029, Republic of Tatarstan, Russian Federation
AkhmadullinaFYu@corp.knrtu.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6538-5616>

Yulia V. Shcherbakova, PhD in Biological sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Biotechnology

*Kazan National Research Technological University
72, Karla Marksa Str., Kazan, 420029, Republic of Tatarstan, Russian
Federation
balakirevajulia3@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7534-7119>*

Georgiy G. Shumatbaev, Research Engineer of Processing of Plant Raw Materials for Ecological Agriculture
*Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences
8, Akademika Arbuzova Str., Kazan, 420088, Republic of Tatarstan, Russian Federation
g-shumatbaev@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1199-3178>
ResearcherID: A-7886-2019
Scopus Author ID: 56471945300*

Поступила 20.05.2025

После рецензирования 23.06.2025

Принята 27.06.2025

Received 20.05.2025

Revised 23.06.2025

Accepted 27.06.2025