

## Краткое сообщение / Short communication

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-88-91>  
УДК: 635.9:581.192

Е.В. Соколова\*,  
Т.А. Кроль,  
Д.Н. Балеев

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский Институт Лекарственных и Ароматических Растений» (ФГБНУ ВИЛАР)  
117216, Россия, г. Москва, ул. Грина, д. 7

\*Автор для переписки: [eka9739@yandex.ru](mailto:eka9739@yandex.ru)

**Финансирование.** Работа выполнена согласно Государственному заданию п о теме FGUU 2022-0013.

**Вклад авторов:** Соколова Е.В.: концептуализация, методология, проведение исследования, создание черновика рукописи. Кроль Т.А.: проведение исследования, ресурсы, редактирование рукописи. Балеев Д.Н.: администрирование проекта, ресурсы, редактирование рукописи.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Соколова Е.В., Кроль Т.А., Балеев Д.Н. Водный экстракт листьев *Astilbe chinensis* как потенциальное средство для замедления активности пищеварительных ферментов. *Овощи России*. 2025;(1):88-91. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-88-91>

**Поступила в редакцию:** 21.10.2024

**Принята к печати:** 12.12.2024

**Опубликована:** 28.12.2024

Ekaterina V. Sokolova\*,  
Tatiana N. Krol,  
Dmitry N. Baleev

All-Russian scientific research Institute of medicinal and aromatic plants  
7, Grin street, Moscow, Russia, 117216

\*Correspondence: [eka9739@yandex.ru](mailto:eka9739@yandex.ru)

**Conclusion.** The inhibitory potential of aqueous extract of *A. chinensis* leaves on amylase and lipase suggests a complex effect on key enzymes dysfunctional in a number of human metabolic disorders.

**Funding.** The work was carried out in accordance with the State Assignment on the topic FGUU 2022-0013.

**Authors' Contribution:** Sokolova E.V.: conceptualization, methodology, investigation, writing – original draft. Krol T.N.: resources, investigation, writing – review & editing. Baleev D.N.: project administration, resources, writing – review & editing.

**Conflict of interest.** The authors declare that there are no conflicts of interest.

**For citation:** Sokolova E.V., Krol T.N., Baleev D.N. Aqueous extract of *Astilbe chinensis* leaves as a potential medicine to slow activity of digestive enzymes. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):88-91. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-88-91>

**Received:** 21.10.2024

**Accepted for publication:** 12.12.2024

**Published:** 28.12.2024

# Водный экстракт листьев *Astilbe chinensis* как потенциальное средство для замедления активности пищеварительных ферментов

Check for updates



## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** *Astilbe chinensis* обладает клинической эффективностью в отношении многих заболеваний, что делает это растение потенциальным природным источником для лечения диабета и избыточного веса с мягким, неагрессивным воздействием. В целом, изучение биологических свойств листьев *A. chinensis* в настоящее время только начинается.

**Целью исследования** являлось расширение возможного спектра применения водного экстракта листьев *A. chinensis* в терапевтической практике человека.

**Методы.** Изучен анти-амилазный и анти-липазный потенциал водного экстракта из листьев астильбы китайской как важного представителя на роль природных комплексных веществ с терапевтическим потенциалом. Общее содержание фенольных соединений определяли методом Фолина-Чокальтеу и флавоноидов колориметрическим методом по реакции комплексообразования с хлоридом-алюминия. Влияние водных/чайных экстрактов листьев *A. chinensis* на панкреатические амилазу и липазу изучали в моделях *in vitro* в сравнении акарбозой и орлистатом, соответственно. Для этих тестов использовали искусственные субстраты сложный эфир 1,2-О-дилаурил-рац-глицеро-3-глутаровой кислоты (6-метилрезорурфин) и 2-хлор-4-нитрофенол-олигосахарид.

**Результаты.** Исследование влияния на панкреатические амилазу и липазу водным экстрактом листьев *A. chinensis* показало сравнимый ингибирующий эффект в 18% в отношении обоих ферментов.

**Заключение.** Ингибирующий потенциал для водного экстракта листьев *A. chinensis* в отношении амилазы и липазы позволяет предположить комплексное воздействие на ключевые ферменты дисфункционирующие при ряде метаболических нарушений человека.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Astilbe chinensis*, водный экстракт, фенольные соединения, флавоноиды, амилаза, липаза

# Aqueous extract of *Astilbe chinensis* leaves as a potential medicine to slow activity of digestive enzymes

## ABSTRACT

**Relevance.** *Astilbe chinensis* has clinical efficacy against many diseases, making this plant a potential natural source for treating diabetes and obesity with a mild, non-aggressive effect. Overall, the study of the biological properties of *A. chinensis* leaves is currently in its infancy.

**Aim.** In this study, the anti-amylase and anti-lipase potential of aqueous extract of *Astilbe chinensis* leaves was investigated as an important source of natural complex substances with therapeutic potential.

**Methods.** The total content of phenolic compounds was determined by the Folin-Ciocalteu method and flavonoids by the colorimetric method according to the complexation reaction with aluminum chloride. The effects of aqueous/tea extracts of *A. chinensis* leaves on pancreatic amylase and lipase were studied via *in vitro* models in comparison with acarbose and orlistat, respectively. For these tests, the artificial substrates 1,2-O-dilauryl-rac-glycero-3-glutaric acid ester (6-methylresorufin) and 2-chloro-4-nitrophenol oligosaccharide were used.

**Results.** The study of the effect of aqueous extract of *A. chinensis* leaves on pancreatic amylase and lipase showed a comparable inhibitory effect of 18% on both enzymes.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Astilbe chinensis*, водный экстракт, фенольные соединения, флавоноиды, амилаза, липаза

### Введение

Для лечения таких метаболических заболеваний, как диабет и избыточный вес во всем мире используются традиционные растительные средства и травяные сборы, которые часто считаются свободными от побочных эффектов и менее токсичными, чем синтетические [1]. Всемирная организация здравоохранения перечислила почти 21000 растительных компонентов, которые используют для терапевтического воздействия в отношении различных заболеваний по всему миру [2]. Среди них более 400 растений, которые возможно использовать для лечения диабета, только небольшое количество этих растений прошли научную и медицинскую оценку для оценки их эффективности. *Trigonella foenum-graecum*, *Allium sativum*, *Caesalpinia bonduc*, *Ferula assafoetida* и т.д. являются некоторыми из лекарственных растений, используемых при противодиабетической терапии с наименьшим фактором риска побочных эффектов и острой токсичности [2,3].

*Asilbe chinensis* (Maxim.) Franch. & Sav. является многолетним травянистым растением высотой до 1 м, принадлежащим семейству Saxifragaceae, которое произрастает на высоте 390–3600 м над уровнем моря в ряде стран азиатско-тихоокеанского региона [4]. Встречается во влажных и полутенистых местах вблизи водоемов [5,6]. Исторически подземные части *A. chinensis* (корневище) использовали как в пищу, так и в традиционной медицине. Корневище *A. chinensis* применяется для лечения таких заболеваний, как головные боли и хронический бронхит, артралгия, гастралгия, а также в качестве жаропонижающего и анальгезирующего средства [7–11]. Исследования показывают, что *A. chinensis* обладает клинической эффективностью в регулировании адипогенеза и смягчении метаболических расстройств [12]. Кроме того, предыдущие исследования показали, что тритерпеноиды, выделенные из *A. chinensis*, оказывают *in vitro* цитотоксическое действие на различные клеточные опухолевые линии, что указывает на *A. chinensis* как источник перспективного противоракового средства для преодоления ограничений и снижения побочных эффектов обычных противораковых препаратов [13]. Из последних сообщений о терапевтических свойствах экстрактов *A. chinensis*, стоит отметить исследование, посвященное противовоспалительному и антибактериальному эффектам. Так, в макрофагах RAW 264.7, стимулированных липополисахаридом, этанольный экстракт *A. chinensis* значительно подавлял провоспалительные медиаторы, включая интерлейкин-6, фактор некроза опухоли и оксид азота. Кроме того, экстракт *A. chinensis* подавлял экспрессию циклооксигеназы-2 (COX2) и индуцируемой синтазы оксида азота (iNOS). Примечательно, что этот экстракт проявил селективную антибактериальную активность против ключевых игроков в кариесе зубов и пародонтите *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguinis* и *Porphyromonas gingivalis* [14]. Ингибирование экстрактами из *A. chinensis* таких ферментов желудочно-кишечного тракта как  $\alpha$ -глюкозидаза с IC<sub>50</sub> 30 мкг/мл [12], расширяет спектр действия *A. chinensis* и делает это растение потенциальным природным источником для лечения диабета и избыточного веса с мягким, неагрессивным воздействием. В целом, изучение биологических свойств листьев *A. chinensis* в настоящее время только начинается.

Растения *A. chinensis* ранее были введены в коллекцию Ботанического сада лекарственных растений ФГБНУ ВИЛАР, на территории которого и проводили сбор растительного сырья для данного исследования.

### Методика исследований

Целью исследования являлось расширение возможного спектра применения водного экстракта листьев *A. chinensis* в терапевтической практике человека.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи.

Проанализированы общее содержание фенольных соединений и флавоноидов, методом Фолина-Чокальтеу и колориметрическим методом по реакции комплексообразования с хлоридом алюминия, соответственно. Влияние водных (чайных) экстрактов листьев *A. chinensis* на панкреатические амилазу и липазу изучали в моделях *in vitro* в сравнении акарбозой и орлистатом, соответственно. Для этих тестов использовали искусственные субстраты ДГПР (сложный эфир 1,2-О-дилаурил-рац-глицеро-3-глутаровой кислоты (6-метилрезорфин)) и CNP (2-хлор-4-нитрофенол-олигосахарид). Сбор листьев *A. chinensis* проводили в период массового цветения в 2023 году на территории ботанического сада ФГБНУ ВИЛАР. Навеску лиофилизированных листьев *A. chinensis* (FreeZone 2.5 L, Labconco, США) измельчали в вибрационной мельнице при частоте 20 Гц (MM 400, Rersch, Naan, Германия) с металлическими шариками в течение нескольких минут. После измельчения проводили водную экстракцию в 1 мл очищенной воды в течение 15 мин при 92.5°C, сразу по окончании экстракции образцы охлаждали в ледяной бане и центрифугировали (20 мин, 14000 об/мин) (5430R, Eppendorf, Германия). Замороженный супернатант лиофилизировали (FreeZone 2.5 L, Labconco, США). Полученный сухой экстракт растворяли в деионизованной воде для получения целевой концентрации.

#### Общее содержание фенольных соединений

Общее содержание фенольных соединений определяли методом Фолина-Чокальтеу [15,16]. Реакционная смесь включала 10 мкл образца (1 мг/мл), 100 мкл реагента Фолина-Чокальтеу (10-кратное разведение) и 80 мкл карбоната натрия (1 М). После инкубационного периода (20 мин) при комнатной температуре измеряли оптическую плотность ( $\lambda=630$  нм) (SPECTROstar Nano, BMG LABTECH®, Ортенберг, Германия). Общее содержание фенолов выражали в мг эквивалента галловой кислоты на грамм сухого веса.

#### Содержание флавоноидов

Реакционная смесь состояла из 140 мкл H<sub>2</sub>O, 5 мкл 10% AlCl<sub>3</sub>, 5 мкл 1 М ацетата натрия и 100 мкл образца с концентрацией 1 мг/мл. Инкубационный период при комнатной температуре в темноте составлял 30 мин. В качестве референсного соединения выступал кверцетин, исходный раствор которого готовили в этаноле (2 мг/мл) с последующим приношением калибровочных концентраций в воде. Поглощение оптической плотности измеряли при длине волны 415 нм (SPECTROstar Nano, BMG LABTECH®, Ортенберг, Германия), и результаты выражали в мг эквивалента кверцетина на г сухой массы [17,18].

#### Активность амилазы

Анализ на способность оказывать воздействие на панкреатическую амилазу основан на расщеплении искусственного субстрата 2-хлор-4-нитрофенол-олигосахарид с образованием свободного хромофора (2-хлор-4-нитрофенил, CNP) [19]. Акарбоза при конечной концентрации 3 мкг/мл выступала в качестве положительного контроля, в то время как в качестве отрицательного контроля – вода. По протоколу данная ферментативная реакция должна проводиться при 37°C.

В лунки микропланшета последовательно добавляли следующие компоненты реакционной смеси:

- 2,5 мкл раствора амилазы (50 ед/мл), 95 мкл 50 ммоль/л MES-буфера (pH 6,0), содержащего моноклональные антитела против слюнной амилазы и 0,05% азида натрия (Вектор Бест, Новосибирск, Россия)

- 5 мкл раствора образца (конечная концентрация 0,05, 0,1 и 0,2 мг/мл)

- инкубация в течение 5 минут при интенсивном встряхивании (37 °C)

- раствор субстрата (23 мкл, 20 ммоль/мл) в MES-буфере (50 ммоль/мл, pH 6,0) и 0,09% азида натрия (Vector Best, Новосибирск, Россия)

- измерение оптической плотности при  $\lambda = 405$  нм в кинетическом режиме.

#### Активность липазы

Тест по определению активности липазы был основан на ранее разработанной методике [20] с использованием сложного эфира 1,2-О-дилаурил-рац-глицеро-3-глутаровой кислоты (6-метилрезорурфин) (ДГГР) в качестве субстрата, расщепляемого липазой при 37°C. Результатом ферментативного расщепления являлось развитие голубовато-фиолетового окрашивания раствора (580 нм). Для сравнения ингибирующего действия использовали орлитат с конечной концентрацией 100 нг/мл. В лунки микропланшета последовательно добавляли:

- 2 мкл раствора липазы свиного панкреатина в деионизированной воде (60 Е/мл);

- 90 мкл раствора 1 (40 ммоль/л, трис-буфер, pH 8,0, 1 мг/л колипазы, 6,4 ммоль/л натриевой соли дезоксихолата, 3,4 ммоль/л натриевой соли тауродезоксихолата, 0,09 % азида натрия, 7,4 ммоль/л хлорида кальция) («Вектор Бест», Новосибирск, Россия);

- 5 мкл раствора образца в воде с конечной концентрацией в реакционной смеси равной 0,05, 0,1 и 0,2 мг/мл.

- инкубация, 2 мин при встряхивании

- 18 мкл раствора 2, содержащего субстрат ДГГР (1 ммоль/л ДГГР в 7,5 ммоль/л калий-натрий-тарtratном буфере с pH 4,0) (Вектор Бест, Новосибирск, Россия).

- измерение оптической плотности при длине волны 580 нм в кинетическом режиме

#### Статистический анализ

Для сравнения проводили однофакторный дисперсионный анализ. Установленные различия сравниваемых значений считали статистически значимыми при  $p \leq 0,05$ .

#### Результаты и обсуждение

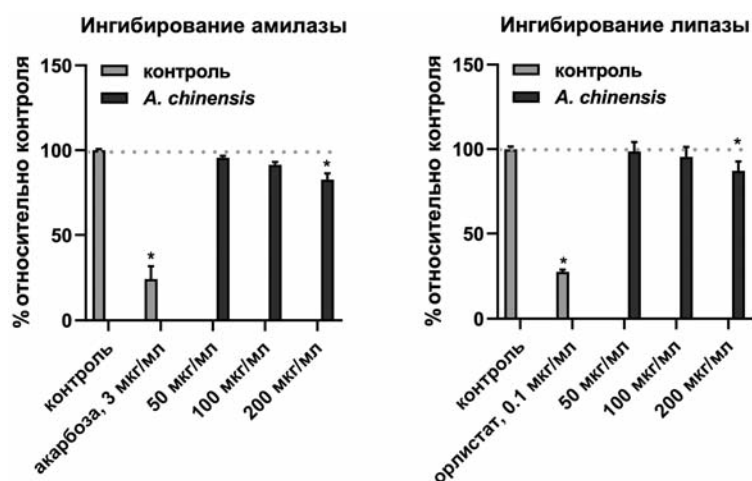
Натуральные продукты, включающие нутрицевтики и фитохимические вещества, полученные из растений, в последнее время стали центром внимания в исследованиях, посвященных изучению их биоактивных эффектов. Активно исследуются в первую очередь антиоксидантные, противовоспалительные и противоопухолевые свойства, что делает их привлекательными кандидатами для дальнейшего тестирования. Синергетические эффекты, возникающие в результате сочетания биоактивных соединений в натуральных продуктах и их доступности, повышают их потенциал для экономически эффективного и широкого использования [21].

Ранее было установлено, что увеличение потребления зеленых листовых овощей связано с более низким риском развития сахарного диабета второго типа [22,23]. Смягчение постпрандиальной гипергликемии связывали с присутствием фенольных соединений, которые способны поддерживать гомеостаз глюкозы [24]. Таким образом, было выдвинуто предположение, что грамотно выстроенная диетическая стратегия может способствовать задержке прогрессирования сахарного диабета второго типа [25-27].

В результате проведенного анализа суммарное содержание фенольных соединений в экстракте листьев составило  $225,5 \pm 9,0$  мг/г с.в., в то время как содержание флавоноидов –  $29,7 \pm 1,6$  мг/г с.в. В связи с тем, что *A. chinensis* редко попадала в поле зрения исследователей, то сравнить содержание фенольных соединений и флавоноидов в водных экстрактах листьев этого растения не представляется возможным.

Ингибирование водным экстрактом листьев *A. chinensis* на активность пищеварительных ферментов амилазы и липазы *in vitro* показано на **Рисунке**. Наши результаты продемонстрировали, что водный экстракт листьев *A. chinensis* приводит к статистически достоверному снижению активности панкреатической амилазы на 17% при концентрации 0,2 мг/мл. Этот показатель позволяет надеяться на умеренный анти-амилазный или гипогликемический эффект при регулярном применении в виде чайного напитка из листьев *A. chinensis*. По литературным данным ингибирующее действие в отношении амилазы водным экстрактом из *A. chinensis* (10 мг/мл) составила 10,8 % [28].

Еще одним важным показателем, ассоциированным с избыточным весом и другими связанными с ним метаболическими расстройствами, является панкреатическая липаза [29]. Модуляция ее ферментативной активности играет важ-



**Рисунок. Влияние водного экстракта листьев *A. chinensis* на активность панкреатических амилазы и липазы *in vitro***

\* - статистическая достоверность относительно контроля составляет менее 0,05

Figure. Influence of aqueous extracts of *A. chinensis* leaves on activity of pancreatic amylase and lipase *in vitro*

\* - statistical significance relative to control less than 0.05



ную роль в эффективном переваривании липидной (триглицериды) составляющей диеты человека. Наше исследование выявило способность водного экстракта листьев *A. chinensis* ингибировать активность панкреатической липазы *in vitro*. При самой высокой концентрации водного экстракта (0,2 мг/мл) ингибирующее действие в отношении этого фермента составляло 18%. При этом согласно литературным данным с использованием другой экспериментальной модели сообща-

лось о слабом анти-липазном эффекте водных экстрактов *A. chinensis* [28].

Таким образом, ингибирующий потенциал для изучаемого водного экстракта листьев *A. chinensis* в среднем одинаков как в отношении амилазы, так и липазы, что позволяет предположить комплексное воздействие на ключевые ферменты дисфункционирующие при ряде метаболических нарушений человека.

#### • Литература / References

1. Sivajothi V., Dey A., Jayakara B., Raj Kapoor B. Antihyperglycemic, antihyperlipidemic and antioxidant effect of *Phyllanthus rheedii* on streptozotocin induced diabetic rats. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*. 2008;7(1):53-59.
2. Kumar S., Mittal A., Babu D., Mittal A. Herbal medicines for diabetes management and its secondary complications. *Current diabetes reviews*. 2021;17(4):437-56. <https://doi.org/10.2174/1573399816666201103143225>
3. Singh J.K., Chakraborty S., Nagpal M., Aggarwal G. Herbal Approach for Diabetic Cure and Futuristic Dimension. *Current Drug Research Reviews Formerly: Current Drug Abuse Reviews*. 2023;15(3):207-21. <https://doi.org/10.2174/2589977515666230217114449>
4. Seo C., Jeong W., Lee J.E., Kwon J.G., Kim J.K., Hong S.S. Flavonoids from the aerial parts of *Astilbe rubra*. *Chemistry of Natural Compounds*. 2019;55(6):1153-5. <https://doi.org/10.1007/s10600-019-02919-w>
5. Gil T.Y., Jin B.R., Hong C.H., Park J.H., An H.J. *Astilbe Chinensis* ethanol extract suppresses inflammation in macrophages via NF- $\kappa$ B pathway. *BMC Complementary Medicine and Therapies*. 2020;20:1-1. <https://doi.org/10.1186/s12906-020-03073-5>
6. Zhang Y., Wang J., Guo H. Ultrasound-assisted extraction of bergenin from *Astilbe chinensis*. *Genetic resources and crop evolution*. 2014;61:893-9. <https://doi.org/10.1007/s10722-014-0117-2>
7. Zhang X.H., Wang Z., Kang B.G., Hwang S.H., Lee J.Y., Lim S.S., Huang B. Antiobesity effect of *Astilbe chinensis* Franch. et savet. Extract through regulation of adipogenesis and AMP-activated protein kinase pathways in 3T3-L1 adipocyte and high-fat diet-induced C57BL/6N obese mice. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2018;2018(1):1347612. <https://doi.org/10.1155/2018/1347612>
8. Xue Y., Xu X.M., Yan J.F., Deng W.L., Liao X. Chemical constituents from *Astilbe chinensis*. *Journal of Asian natural products research*. 2011;13(02):188-91. <https://doi.org/10.1080/10286020.2010.546355>
9. Nho J.H., Jang J.H., Jung H.K., Lee M.J., Sim M.O., Jeong D.E., Cho H.W. Ethanol extracts from *Astilbe chinensis* (Maxim.) Franch. Et Savat. exhibit inhibitory activities on oxidative stress generation and viability of human colorectal cancer cells. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 2018;26(2):141-7. <https://doi.org/10.7783/KJMCS.2018.26.2.141>
10. Jeon B.R., Irfan M., Lee S.E., Lee J.H., Rhee M.H. *Astilbe chinensis* modulates platelet function via impaired MAPK and PLC $\gamma$ 2 expression. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2018;2018(1):3835021. <https://doi.org/10.1155/2018/3835021>
11. Chen C., Yang M., Chen Y., Wang Y., Wang K., Li T., Hu Q., Zhang W., Xia J. Astilbin-induced inhibition of the PI3K/AKT signaling pathway decelerates the progression of osteoarthritis. *Experimental and Therapeutic Medicine*. 2020;20(4):3078-83. <https://doi.org/10.3892/etm.2020.9048>
12. Sancheti S., Sancheti S., Lee S.H., Lee J.E., Seo S.Y. Screening of Korean medicinal plant extracts for  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activities. *Iranian journal of pharmacology and therapeutics*. 2011;10(2):261. PMID: 24250352
13. Lim J.S., Kyung S.Y., Jeon Y., Kim I.S., Kwak J.H., Kim H.S. Anticancer effects of the HDAC inhibitor, 3 $\beta$ , 6 $\beta$  dihydroxyurs 12 en 27 oic acid, in MCF 7 breast cancer cells via the inhibition of Akt/mTOR pathways. *Oncology Reports*. 2023;49(2):1-2. <https://doi.org/10.3892/or.2023.8480>
14. Han J.M., Yun I., Yang K.M., Kim H.S., Kim Y.Y., Jeong W., Hong S.S., Hwang I. Ethanol extract from *Astilbe chinensis* inflorescence suppresses inflammation in macrophages and growth of oral pathogenic bacteria. *Plos one*. 2024;19(7):e0306543. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0306543>
15. Singleton V.L., Rossi J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*. 1965;16(3):144-58. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
16. Ojha S., Raj A., Roy A., Roy S. Extraction of total phenolics, flavonoids and tannins from *Paederia foetida* L. Leaves and their relation with antioxidant activity. *Pharmacognosy Journal*. 2018;10(3). <https://doi.org/10.5530/pj.2018.3.88>
17. Chang C.C., Yang M.H., Wen H.M., Chern J.C. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*. 2002;10(3).
18. Mammen D., Daniel M. A critical evaluation on the reliability of two aluminum chloride chelation methods for quantification of flavonoids. *Food chemistry*. 2012;135(3):1365-8. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.109>
19. Morishita Y., Iinuma Y., Nakashima N., Majima K., Mizuguchi K., Kawamura Y. Total and pancreatic amylase measured with 2-chloro-4-nitrophenyl-4-O- $\beta$ -D-galactopyranosylmaltoside. *Clinical chemistry*. 2000;46(7):928-33. <https://doi.org/10.1093/clinchem/46.7.928>
20. Panteghini M., Bonora R., Pagani F. Measurement of pancreatic lipase activity in serum by a kinetic colorimetric assay using a new chromogenic substrate. *Annals of clinical biochemistry*. 2001;38(4):365-70. <https://doi.org/10.1258/0004563011900876>
21. Zhang Y., Xie J. Targeting ferroptosis regulators by natural products in colorectal cancer. *Frontiers in Pharmacology*. 2024;15:1374722. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1374722>
22. Kumar D.A., Anusha S.V., Oruganti S., Deshpande M., Zehra A., Tiwari A.K. Raw versus cooked vegetable juice: Effect on parameters of glycaemic overload and oxidative stress *in vitro*. *Nutrafods*. 2015;14:27-38. <https://doi.org/10.1007/s13749-014-0066-6>
23. Tiwari A.K., Jyothi A.L., Tejeswini V.B., Madhusudana K., Kumar D.A., Zehra A., Agawane S.B. Mitigation of starch and glucose-induced postprandial glycemic excursion in rats by antioxidant-rich green-leafy vegetables' juice. *Pharmacognosy Magazine*. 2013;9(Suppl1):S66. <https://doi.org/10.4103/0973-1296.117872>
24. Aghajanyan A., Nikoyan A., Trchounian A. Biochemical activity and hypoglycemic effects of *Rumex obtusifolius* L. seeds used in Armenian traditional medicine. *BioMed Research International*. 2018;2018(1):4526352. <https://doi.org/10.1155/2018/4526352>
25. Podsedek A., Majewska I., Kucharska A.Z. Inhibitory potential of red cabbage against digestive enzymes linked to obesity and type 2 diabetes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2017;65(33):7192-9. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02499>
26. Savran A., Zengin G., Aktumsek A., Mocan A., Glamoclija J., Ćirić A., Soković M. Phenolic compounds and biological effects of edible *Rumex* scutatus and *Pseudosempervivum sempervivum*: potential sources of natural agents with health benefits. *Food & function*. 2016;7(7):3252-62. <https://doi.org/10.1039/C6FO00695G>
27. Spinola V., Llorent-Martínez E.J., Castilho P.C. Inhibition of  $\alpha$ -amylase,  $\alpha$ -glucosidase and pancreatic lipase by phenolic compounds of *Rumex maderensis* (Madeira sorrel). Influence of simulated gastrointestinal digestion on hyperglycaemia-related damage linked with aldose reductase activity and protein glycation. *Lwt*. 2020;118:108727. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108727>
28. Kim H.Y., Lim S.H., Park Y.H., Ham H.J., Lee K.J., Park D.S., Kim K.H., Kim S.M. Screening of  $\alpha$ -amylase,  $\alpha$ -glucosidase and lipase inhibitory activity with Gangwon-do wild plants extracts. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 2011;40(2):308-15. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2011.40.2.308>
29. Kumar A., Chauhan S. Pancreatic lipase inhibitors: The road voyaged and successes. *Life Sciences*. 2021;271:119115. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2021.119115>

#### Об авторах:

**Екатерина Владимировна Соколова** – кандидат биол. наук, SPIN-код: 3578-1374, автор для переписки, eka9739@yandex.ru

**Татьяна Анатольевна Кроль** – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-4642-651X>, SPIN-код: 1620-2290, tatianakroll1@gmail.com

**Дмитрий Николаевич Балеев** – кандидат с.-х. наук, зав. лаб., <https://orcid.org/0000-0002-1228-0594>, SPIN-код: 5487-2926, dbaleev@gmail.com

#### About the Authors:

**Ekaterina V. Sokolova** – Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, SPIN- code: 3578-1374, Correspondence Author, eka9739@yandex.ru

**Tatiana A. Krol** – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-4642-651X>, SPIN-code: 1620-2290, tatianakroll1@gmail.com

**Dmitry N. Baleev** – Cand. Sci. (Agriculture), <https://orcid.org/0000-0002-1228-0594>, SPIN-code: 5487-2926, dbaleev@gmail.com