

УДК 544

DOI: 10.21779/2542-0321-2026-41-2-78–86

Л. Р. Варданян, С. А. Айрапетян

Антиоксидантные свойства экстрактов растений семейства Asteraceae Горисского региона Армении

Государственный университет Гориса; Республика Армения, 3205, г. Горис, ул. Авангарда, 2; luizavardanyan211@gmail.com

Аннотация. В статье дан анализ антиоксидантных свойств этилацетатных экстрактов 13 видов растений семейства Asteraceae, произрастающих в Горисском регионе Армении. Использован метод ингибированного окисления кумола. Определены суммарное содержание антиоксидантных веществ ($f \cdot [InH]$) и антиоксидантная активность (константа скорости реакции k_7) экстрактов. Установлено, что наибольшим содержанием антиоксидантов отличаются экстракты цветков василька лугового (*Centaurea jacea*, $f \cdot [InH] \cdot 10^4 = 1,30$ моль/л) и листьев подсолнечника однолетнего (*Helianthus annuus*, 1,10 моль/л). Наиболее высокая антиоксидантная активность выявлена у рудбекии рассечённой (*Rudbeckia laciniata*, $k_7 \cdot 10^{-4} = 31,30$ л/моль·с) и астры альпийской (*Aster alpinus*, 19,51 л/моль·с). Показано, что высокая антиоксидантная активность не всегда сочетается с высоким суммарным содержанием АО, что свидетельствует о различном качественном составе ингибиторов у разных видов.

Ключевые слова: антиоксидантные вещества, семейство Сложноцветных, ингибированное окисление, кинетический метод, полифенолы, период индукции, Сюникская область.

Введение

Свободнорадикальное окисление органических субстратов является одним из ключевых механизмов патогенеза широкого спектра заболеваний – атеросклероза, онкологических и нейродегенеративных патологий, сахарного диабета [1; 2]. Природные антиоксиданты (АО) растительного происхождения привлекают особое внимание исследователей как эффективные ингибиторы свободнорадикальных процессов, обладающие низкой токсичностью и широкой доступностью [3; 4].

Семейство Asteraceae (Сложноцветные) является одним из крупнейших среди цветковых растений и включает около 23 тыс. видов, многие из которых обладают выраженными антиоксидантными свойствами, обусловленными высоким содержанием полифенолов, флавоноидов, сесквитерпеновых лактонов и эфирных масел [5–8]. Представители семейства – ромашка аптечная (*Matricaria chamomilla* L.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* F. H. Wigg.), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.) и другие – издавна применяются в народной и научной медицине [9–11].

Республика Армения отличается исключительным флористическим разнообразием: на её территории площадью около 30 тыс. кв. км произрастает более 3500 видов сосудистых растений – свыше 58 % флоры всего Кавказа [12]. Горисский регион, рас-

положенный в Сюникской области на высотах 1400–2200 м над уровнем моря, характеризуется уникальными климатическими условиями, способствующими накоплению биологически активных веществ в растениях. Вместе с тем антиоксидантные свойства растений семейства Asteraceae данного региона остаются практически неизученными.

Среди методов оценки антиоксидантной активности (АОА) кинетический волюмометрический метод ингибированного окисления органических субстратов занимает особое место: он позволяет одновременно определять суммарное содержание АО веществ ($f \cdot [InH]$) и их активность (k_7) в условиях, максимально приближённых к реальным процессам перекисного окисления липидов [13; 14].

Нами были изучены антиоксидантные свойства экстрактов 13 видов растений семейства Asteraceae, произрастающих в Горисском регионе Армении, методом ингибированного окисления кумола.

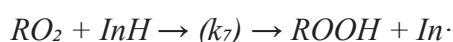
Материалы и методы. В представленной работе суммарное содержание АО веществ в экстрактах растений определяли кинетическим методом на примере модельной реакции инициированного окисления кумола. В качестве источников свободных радикалов служил азодиизобутиронитрил (АИБН), растворителем – хлорбензол. Сбор сырья осуществляли в фазу цветения растения. Сушка сырья и экстракция проводилась по стандартной методике. Для приготовления экстракта высушенное сырьё измельчали в керамической ступке до порошкообразного состояния (размер частиц ≤ 1 мм). К полученному порошку добавляли этилацетат в соотношении 1:20 (на 1 г порошка – 20 мл этилацетата), выдерживали при комнатной температуре 24 часа и отфильтровывали через бумажный фильтр. Из полученного фильтрата растворитель испаряли при комнатной температуре и высушивали экстракт до постоянной массы в вакуумном шкафу.

Опыты по окислению проводили на манометрической установке с автоматическим регулированием давления. За окислением кумола следили методом поглощения кислорода. Объём реакционной смеси во всех опытах составлял 5 мл, концентрация кумола 2,87 моль/л. Использованные реактивы – кумол, хлорбензол, АИБН, этилацетат – очищали по методике, описанной в [14]. Содержание АО в исследованных экстрактах определяли по обнаруженным на кинетических кривых поглощения кислорода периодам индукции (τ) с помощью уравнения (1) [15]:

$$\tau = f \cdot [InH]_0 / V_i, \quad (1)$$

где $[InH]_0$ – содержание АО в данной навеске экстракта; V_i – скорость инициирования; f – стехиометрический коэффициент ингибирования (число радикалов, обрывающихся на одной молекуле ингибитора InH). Поскольку исследованные экстракты содержат два и более АО, параметры f остались неизмеренными, и по этой причине в расчётах приведены не абсолютные, а эффективные содержания АО.

Параметр, характеризующий АОА экстракта, является константой скорости реакции



Связь между константой скорости реакции k_7 (активностью АО) и скоростью реакции окисления, когда все цепи обрываются на АО, описывается уравнением:

$$V(O_2) = k_2[RH] / (f \cdot k_7[InH]_0 / V_i) \quad (2)$$

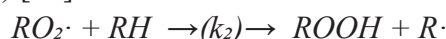
Спрямляя экспериментальные данные в координатах $V(O_2) = f(V_i)$ или $V(O_2) = f([InH]^{-1})$, при известных k_2 и $[RH]$, можно определить параметр АОА. Однако при высоких значениях k_7 ($> 10^5$ л/моль·с) и больших концентрациях InH ($> 10^{-4}$ моль/л) $V(O_2)$ измеряется с большой погрешностью, следовательно, и k_7 будет определяться неточно. Для более точного определения k_7 использовали уравнение (3) [15]:

$$\Delta[O_2] = -(k_2/k_7)[RH] \cdot \ln(1 - t/\tau), \quad (3)$$

где $\Delta[O_2]$ – количество поглощённого кислорода за время $t < \tau$; τ – период индукции, который определяется из кинетической кривой поглощения кислорода по координате точки пересечения двух прямых, для которых тангенсы углов наклона связаны соотношением (4):

$$tg\varphi_1 = 2tg\varphi_2 \quad (4)$$

или $V^\circ(O_2) = 2V(O_2)$, где $V^\circ(O_2)$ – скорость поглощения кислорода после выхода из индукционного периода; $V(O_2)$ – за время периода индукции; $tg\varphi$ – касательная к кинетической кривой в точке, для которой выполняется условие (4). $[RH]$ – концентрация кумола; k_2 – константа скорости реакции продолжения цепи: $k_2 = 4,677 \cdot 10^7 \exp(-9800/RT)$ [14].



Результаты и обсуждение. Опыты показали, что при окислении кумола в присутствии исследованных экстрактов кинетические кривые поглощения кислорода имеют чётко выраженные периоды индукции, что свидетельствует о наличии в экстрактах антиоксидантных веществ. Данные о суммарном содержании АО ($f \cdot [InH]$) и антиоксидантной активности (k_7) приведены в таблице.

Таблица. Суммарное содержание антиоксидантов ($f \cdot [InH]$) и антиоксидантная активность (k_7) экстрактов растений семейства Asteraceae Горисского региона Армении (348 К)

№	Растение / Латинское название	Сырьё	Дата сбора 2024 г.	$f \cdot [InH] \cdot 10^4$, моль/л	$k_7 \cdot 10^{-4}$, л/моль·с
1	Амброзия полынно-листная <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Листья	08.08	0,92	5,52
2	Астра альпийская <i>Aster alpinus</i> L.	Листья	15.06	0,65	19,51
3	Астра степная <i>Aster amellus</i> L.	Трава	21.07	0,76	8,47
4	Бархатцы тонколистные <i>Tagetes tenuifolia</i> Cav.	Трава	13.09	0,83	3,40
5	Василёк луговой <i>Centaurea jacea</i> L.	Цветки	10.06	1,30	3,00

6	Василёк синий <i>Centaurea cyanus</i> L.	Листья	10.06	1,17	1,45
7	Лопух большой <i>Arctium lappa</i> L.	Листья	15.04	0,15	19,30
8	Одуванчик лекар- ственный <i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg.	Листья	02.05	0,21	1,47
9	Подсолнечник одно- летний <i>Helianthus annuus</i> L.	Листья	15.06	1,10	8,58
10	Подсолнечник клуб- неносный <i>Helianthus tuberosus</i> L.	Листья	08.08	0,66	15,33
11	Полынь обыкновен- ная <i>Artemisia vulgaris</i> L.	Трава	10.11	0,02	17,00
12	Ромашка аптечная <i>Matricaria chamomilla</i> L.	Цветки	15.06	0,51	5,21
13	Рудбекия рассечённая <i>Rudbeckia laciniata</i> L.	Листья	02.08	0,28	31,30

Анализ данных таблицы показывает, что по суммарному содержанию АО веществ ($f/[InH]$) лидируют цветки василька лугового (*C. jacea*, $1,30 \cdot 10^{-4}$ моль/л), листья василька синего (*C. cyanus*, $1,17 \cdot 10^{-4}$ моль/л) и листья подсолнечника однолетнего (*H. annuus*, $1,10 \cdot 10^{-4}$ моль/л). Сравнение с данными литературы показывает, что высокое содержание антиоксидантов в видах рода *Centaurea* подтверждается и другими исследователями: [15] при изучении этанольных экстрактов *C. kotschyi* и *C. urvillei* (Турция) методом DPPH установили суммарное содержание фенолов на уровне 42,3–68,7 мг ГАЭ/г, а [21] показали, что среди трёх видов рода (*C. cyanus*, *C. jacea*, *C. scabiosa*), произрастающих в России, наибольшую антирадикальную активность проявляет именно *C. jacea* – это полностью согласуется с нашими результатами. Высокое содержание АО в данных видах обусловлено значительными концентрациями лютеолина, апигенина, цикорийной кислоты и антоцианов [18; 19].

По показателю антиоксидантной активности k_7 лидирующие позиции занимают экстракты рудбекии рассечённой (*R. laciniata*, $k_7 \cdot 10^{-4} = 31,30$ л/моль·с), астры альпийской (*A. alpinus*, 19,51 л/моль·с) и лопуха большого (*A. lappa*, 19,30 л/моль·с). Высокие значения k_7 у рудбекии могут быть обусловлены наличием производных кофейной кислоты и полиеновых соединений, обладающих высокой реакционной способностью по отношению к пероксильным радикалам. Это подтверждается данными [17], которые при исследовании *R. laciniata* (Румыния) идентифицировали хлорогеновую кислоту,

дикофеоилхинную кислоту и флавонолгликозиды как основные носители антиоксидантной активности и установили выраженные антибактериальные и антиоксидантные свойства вида. Таким образом, высокая антиоксидантная активность *R. laciniata* Горисского региона согласуется с мировыми данными для этого вида.

Сопоставление двух параметров – $f \cdot [InH]$ и k_7 – выявило, что высокая антиоксидантная активность не всегда сопровождается высоким суммарным содержанием АО (рис). Характерный пример – полынь обыкновенная (*A. vulgaris*) и лопух большой (*A. lappa*): при минимальных значениях $f \cdot [InH]$ ($0,02$ и $0,15 \cdot 10^{-4}$ моль/л соответственно) они демонстрируют высокую активность ($k_7 \cdot 10^{-4} = 17,00$ и $19,30$ л/моль·с).

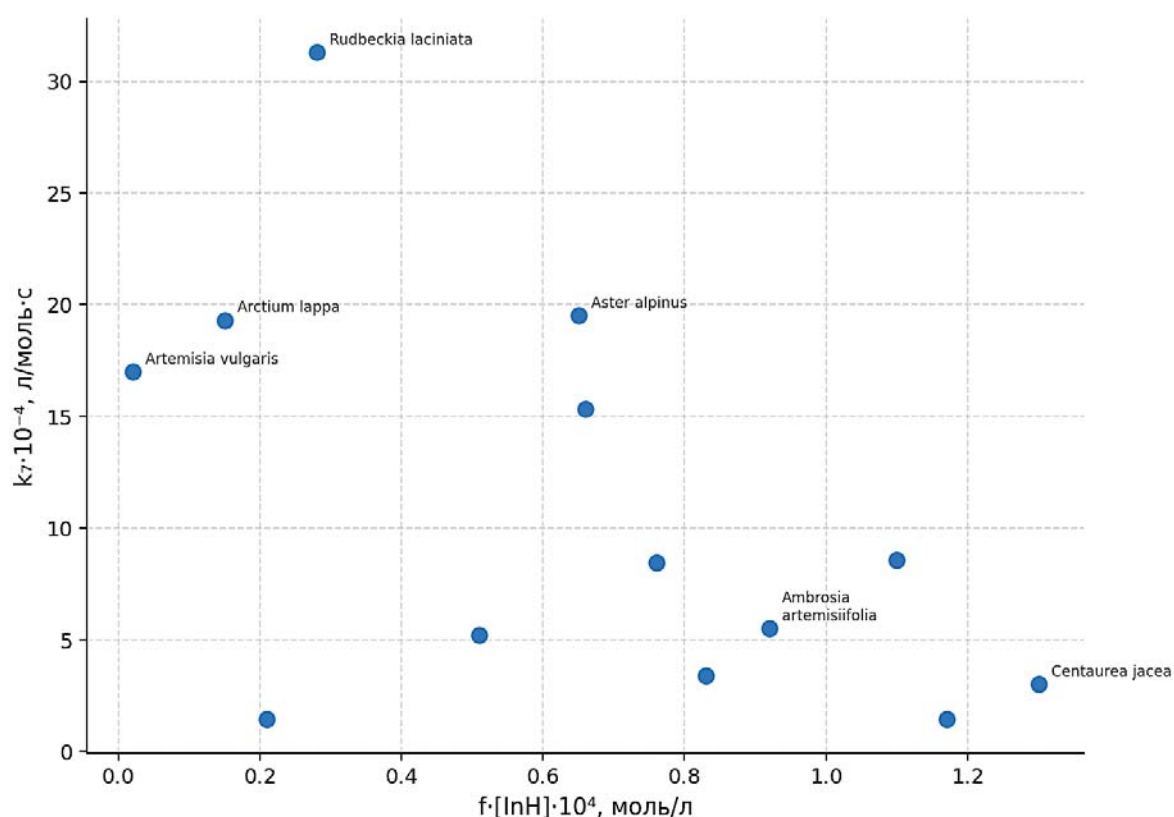


Рис. Соотношение суммарного содержания АО ($f \cdot [InH]$) и антиоксидантной активности (k_7) в экстрактах Asteraceae

Схожая закономерность отмечается и в литературе. При исследовании видов рода *Artemisia* (Тунис и Марокко) авторы [20] показали, что высокая антирадикальная активность экстрактов обеспечивается преимущественно терпеноидными компонентами (артемизинин, туйон, камфора), а не полифенолами, что объясняет несоответствие между суммарным содержанием АО и их активностью. Для *A. lappa* [22] установили, что арктигенин и хлорогеновая кислота – соединения с высокой реакционной способностью к пероксильным радикалам – определяют высокую активность при относительно низком общем содержании антиоксидантов. Это полностью согласуется с картиной, наблюдаемой нами для растений Горисского региона. Как видим, в данных экстрактах

присутствует небольшое количество высокоактивных ингибиторов с высокой константой k_7 , но суммарная «ёмкость» ингибирования мала. В противоположность этому, экстракты василька лугового и синего содержат большое количество АО со средней активностью.

Таким образом, кинетический метод позволяет дифференцировать антиоксидантный потенциал экстрактов по двум независимым параметрам – «ёмкости» ($f[InH]$) и «скорости» (k_7) ингибирования, что принципиально важно при выборе растительного сырья для конкретных практических целей [20; 22]. Прямое сравнение полученных кинетических параметров ($f[InH]$ и k_7) с данными литературы затруднено ввиду использования разных методов оценки АОА. Тем не менее, качественное сопоставление показывает, что антиоксидантный потенциал растений семейства Asteraceae Горисского региона Армении в целом не уступает таковому для растений этого семейства из других регионов мира. Так, для видов рода *Centaurea* из Турции, России и Польши [15; 21; 23] характерны высокое содержание флавоноидов и выраженная антирадикальная активность, что согласуется с нашими данными для *C. jacea* и *C. cyanus*. Высокая активность *R. laciniata* подтверждается исследованиями румынских авторов [17]. Уникальность Горисского региона состоит в специфических высотных и климатических условиях (1400–2200 м над ур. м.), способствующих накоплению биологически активных веществ в растениях, что может обуславливать особенности качественного состава антиоксидантных комплексов изученных видов по сравнению с популяциями из других регионов.

Выводы

1. Методом ингибированного окисления кумола изучены антиоксидантные свойства экстрактов 13 видов растений семейства Asteraceae, произрастающих в Горисском регионе Армении. Все исследованные виды содержат антиоксидантные вещества, на что указывают чётко выраженные периоды индукции на кинетических кривых поглощения кислорода.

2. Наибольшим суммарным содержанием АО ($f[InH]$) обладают экстракты цветков василька лугового (*Centaurea jacea*, $1,30 \cdot 10^{-4}$ моль/л), листьев василька синего (*Centaurea cyanus*, $1,17 \cdot 10^{-4}$ моль/л) и листьев подсолнечника однолетнего (*Helianthus annuus*, $1,10 \cdot 10^{-4}$ моль/л).

3. Максимальная антиоксидантная активность (k_7) выявлена у рудбекии расщеплённой (*Rudbeckia laciniata*, $k_7 \cdot 10^{-4} = 31,30$ л/моль·с), астры альпийской (*Aster alpinus*, $19,51$ л/моль·с) и лопуха большого (*Arctium lappa*, $19,30$ л/моль·с).

4. Установлено, что высокая антиоксидантная активность (k_7) не всегда коррелирует с высоким суммарным содержанием АО ($f[InH]$). Это свидетельствует о существенных различиях в качественном составе антиоксидантных веществ у разных видов семейства Asteraceae.

5. Растения семейства Asteraceae Горисского региона – особенно василёк луговой, рудbeckия расщеплённая и астра альпийская – являются перспективными источниками природных антиоксидантов для создания функциональных продуктов и препаратов.

Литература

1. Pizzino, G. Oxidative Stress: Harms and Benefits for Human Health / G. Pizzino, N. Irrera, M. Cucinotta [et al.] // *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2017. Vol. 2017. – Art. 8416763. – DOI: 10.1155/2017/8416763.
2. Forman, H. J. Targeting oxidative stress in disease: promise and limitations of antioxidant therapy / H. J. Forman, H. Zhang // *Nature Reviews Drug Discovery*. 2021. Vol. 20. – Pp. 689–709. – DOI: 10.1038/s41573-021-00233-1.
3. Tungmunnithum, D. Flavonoids and Other Phenolic Compounds from Medicinal Plants for Pharmaceutical and Medical Aspects / D. Tungmunnithum, A. Thongboonyou, A. Pholboon, A. Yangsabai // *Medicines*. 2018. Vol. 5, № 3. – P. 93. – DOI: 10.3390/medicines5030093.
4. Petruk, G. Antioxidants from Plants Protect against Skin Photoaging / G. Petruk, R. Del Giudice, M. M. Rigano, D. M. Monti // *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2018. Vol. 2018. – Art. 1454936. – DOI: 10.1155/2018/1454936.
5. Vojvodić, S. A Preliminary Insight into Under-Researched Plants from the Asteraceae Family in the Balkan Peninsula: Bioactive Compound Diversity and Antioxidant Potential / S. Vojvodić, D. Božović, M. Aćimović [et al.] // *Plants*. 2025. Vol. 14. – P. 2904. – DOI: 10.3390/plants14182904.
6. Ydyrys, A. The Systematic Assessment of the Membrane-Stabilizing and Antioxidant Activities of Several Kazakhstani Plants in the Asteraceae Family / A. Ydyrys, G. Zhamanbayeva, N. Zhaparkulova [et al.] // *Plants*. 2024. Vol. 13. – P. 96. – DOI: 10.3390/plants13010096.
7. Sharma, A. Response of Phenylpropanoid Pathway and the Role of Polyphenols in Plants under Abiotic Stress / A. Sharma, B. Shahzad, A. Rehman [et al.] // *Molecules*. 2019. Vol. 24. – P. 2452. – DOI: 10.3390/molecules24132452.
8. Srivastava, J. K. Chamomile: A herbal medicine of the past with bright future / J. K. Srivastava, E. Shankar, S. Gupta // *Molecular Medicine Reports*. 2010. Vol. 3, no. 6. – Pp. 895–901. – DOI: 10.3892/mmr.2010.377.
9. Schütz, K. Taraxacum – a review on its phytochemical and pharmacological profile / K. Schütz, R. Carle, A. Schieber // *Journal of Ethnopharmacology*. 2006. Vol. 107. – Pp. 313–323. – DOI: 10.1016/j.jep.2006.07.021.
10. Tahtadjian, A. L. Outline of the classification of flowering plants (Magnoliophyta) / A. L. Tahtadjian // *Botanical Review*. 1980. Vol. 46. – Pp. 225–359.
11. Денисов, Е. Т. Ингибирование цепных реакций / Е. Т. Денисов, В. В. Азатян. – Черноголовка: ИПХФ РАН, 1997. – 267 с.
12. Варданян, Л. Р. Антиоксидантные свойства биоантиоксидантов лекарственных растений. Кинетика и механизм: дис. ... д-ра хим. наук / Л. Р. Варданян. – Ереван: ИХФ НАН РА, 2016. – 285 с.
13. Denisov, E. T. Handbook of Antioxidants / E. T. Denisov, T. G. Denisova. – 2nd ed. – Boca Raton: CRC Press, 2000. – 544 p.
14. Гордон А. Дж. Спутник химика / А. Дж. Гордон, Р. А. Форд. – Москва: Мир, 1976. – 541 с.

15. Uysal, A. Chemical profiles and biological activities of two *Centaurea* species / A. Uysal, G. Zengin, A. Aktumsek [et al.] // *Journal of Functional Foods*. 2015. Vol. 17. – Pp. 900–913. – DOI: 10.1016/j.jff.2015.06.038.
16. Olennikov, D. N. New and Known Iridoid and Phenolic Compounds from *Centaurea cyanus* / D. N. Olennikov, N. I. Kashchenko // *Natural Product Communications*. 2017. Vol. 12, no. 10. – Pp. 1551–1556.
17. Burlou-Nagy, C. *Rudbeckia laciniata* L.: An Invasive Plant with Relevant Biological Properties / C. Burlou-Nagy, F. Bănică, T. Jurca [et al.] // *Plants*. 2022. Vol. 11, no. 10. – P. 1300. – DOI: 10.3390/plants11101300.
18. Apak, R. Comparative Evaluation of Various Total Antioxidant Capacity Assays Applied to Phenolic Compounds with the CUPRAC Assay / R. Apak, K. Güçlü, B. Demirata [et al.] // *Molecules*. 2007. Vol. 12. – Pp. 1496–1547.
19. Milinčić, D. D. Phenolic compounds in dandelion (*Taraxacum officinale*) and their antioxidant activity / D. D. Milinčić, A. Ž. Kostić, B. D. Špirović-Trifunović [et al.] // *Food Chemistry*. 2023. Vol. 408. – P. 135210. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.135210.
20. Mzid, M. Phytochemical Analysis, Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Artemisia* species / M. Mzid, H. Ben Khaled, A. Allaoui [et al.] // *Chemistry & Biodiversity*. 2023. Vol. 20, no. 3. – P. e202200795. – DOI: 10.1002/cbdv.202200795.
21. Sharonova, N. Comparative Assessment of the Phytochemical Composition and Biological Activity of Extracts of Flowering Plants of *Centaurea cyanus* L., *Centaurea jacea* L. and *Centaurea scabiosa* L. / N. Sharonova, E. Nikitin, D. Terenzhev [et al.] // *Plants*. 2021. Vol. 10. – P. 1279. – DOI: 10.3390/plants10071279.
22. Bauer, C. M. Flavonoid and Terpenoid Metabolites in *Helianthus annuus* Tissues / C. M. Bauer, M. R. Glasenapp, C. Schürmann [et al.] // *Molecules*. 2021. Vol. 26. – P. 5738. – DOI: 10.3390/molecules26195738.
23. Pietrzak, W. Antioxidant Potential of Flower Extracts from *Centaurea* spp. Depends on Their Content of Phenolics, Flavonoids and Free Amino Acids / W. Pietrzak, R. Nowak, A. Wiater, M. Pleszczyńska // *Molecules*. 2021. Vol. 26. – Art. 7465. – DOI: 10.3390/molecules26247465.
24. Predes, F. S. Antioxidative and in vitro antiproliferative activity of *Arctium lappa* root extracts / F. S. Predes, A. L. T. G. Ruiz, J. E. Carvalho, M. A. Foglio, H. Dolder // *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 2011. Vol. 11. – Art. 25. – DOI: 10.1186/1472-6882-11-25.

Поступила в редакцию 4 мая 2026 г.

Принята 22 мая 2026 г.

UDC 544

DOI: 10.21779/2542-0321-2026-41-2-78–86

Antioxidant Properties of Plant Extracts from the Asteraceae Family of the Goris Region of Armenia

L. R. Vardanyan, S. A. Hayrapetyan

*Goris State University; Republic of Armenia, 3205, Goris, Avangard st., 2;
luizavardanyan211@gmail.com*

Abstract. The antioxidant properties of ethyl acetate extracts from 13 plant species of the Asteraceae family growing in the Goris region of Armenia were studied using the inhibited cumene oxidation method. The total antioxidant content ($f \cdot [InH]$) and antioxidant activity (rate constant k_7) of the extracts were determined. It was established that the highest antioxidant content was found in extracts of meadow cornflower flowers (*Centaurea jacea*, $f \cdot [InH] \cdot 10^4 = 1.30$ mol/L) and annual sunflower leaves (*Helianthus annuus*, 1.10 mol/L). The highest antioxidant activity was detected in cutleaf coneflower (*Rudbeckia laciniata*, $k_7 \cdot 10^{-4} = 31.30$ L/mol·s) and alpine aster (*Aster alpinus*, 19.51 L/mol·s). It was shown that high antioxidant activity does not always correlate with high total antioxidant content, indicating significant differences in the qualitative composition of inhibitors among different species

Keywords: antioxidant substances, Compositae family, inhibited oxidation, kinetic method, polyphenols, induction period, Syunik region.

Received 4 May, 2026

Accepted 22 May, 2026