Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine

J Chem Good Trad Med, Volume 4, Issue 1, 2025 Traditional Medicine

IKKI UYLI GAZANDA (URTICA DIOICA L.) O‘SIMLIGINING ANTIRADIKAL FAOLLIGI VA FENOLLI BIRIKMALAR MIQDORI

Shakhobiddin Xasanboyevich Abdulloyev
Andijon davlat universiteti Andijon davlat universiteti Kimyo kafedrasi professori, kimyo fanlari doktori, O‘zbekiston TABOBAT Akademiyasi a’zosi
https://orcid.org/0000-0002-6069-1785

Allanazar Abdirazokov
Toshkent tibbiyot akademiyasi Termiz filiali tibbiy va biologik kimyo kafedrasi assistenti, kimyo fanlari nomzodi
https://orcid.org/0000-0003-2289-1273

Nozimaxon Ilhomjon qizi Mo'minova
Andijon davlat universiteti Kimyo yo'nalishi talabasi
https://orcid.org/0009-0008-3940-2900
E-mail: mominovanozima0@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol4.iss1.2025.460

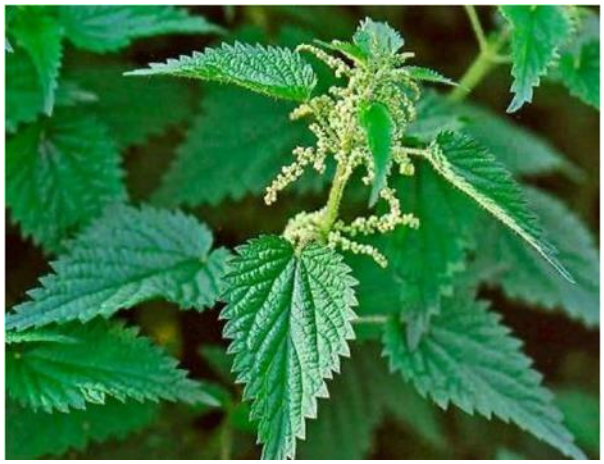
Kalit so'zlar:
Urtica dioica L., ekstraktsiya, antiradikal faollik, difenilpikrilgidrazil, YuSSX, flavanoid, quersetin, rutin

Annotatsiya
Quritilgan va maydalangan ikki uyli gazanda (Urtica dioica L.) o‘simligining yer ustki qismini 20 daqiqa davomida ultratovushli vannada 96 % li etanolda ekstraktsiya qilib olingan ekstraktining antiradikal faolligini difenilpikrilgidrazil (DPPH) erkin radikallarini so`ndirish usulida baholandi va fenolli birikmalar (flafanoidlar) miqdorini yuqori samarali suyuqlik xromagrafiya (YuSSX) metodi bilan aniqlandi. Olingan ekstrakt antiradikal faollik namoyon qilib, uning IC50 ko‘rsatgichi 314,64 mkl hajmni tashkil etdi. Xromatografik analiz quritilgan Urtica dioica L. ning 100 g miqdorida 7.3 mg quertsetin, 6,4 mg rutin, 0,7 mg salitsil kislota va 0.1 mg apigenin flavanoidlari mavjudligi aniqlandi.

Havola uchun
Abdulloyev, S. X., Abdirazokov, A., & Mo’minova, N. I. qizi. IKKI UYLI GAZANDA (URTICA DIOICA L.) O‘SIMLIGINING ANTIRADIKAL FAOLLIGI VA FENOLLI BIRIKMALAR MIQDORI. Tovarlar Kimyosi Va Xalq Tabobati Jurnali, 4(1). https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol4.iss1.2025.460

Kirish. Xalq tabobatida qo‘llaniluvchi shifobaxsh o‘simliklar orasida ikki uyli gazanda (*Urtica dioica L.*) o‘simligi alohida o‘rin tutadi (1-rasm). Ushbu o‘simlik qichitqi o‘tlar oilasiga mansub ko‘p yillik o‘simlik bo‘lib dunyoning turli hududlarida, balandlik, relyef, iqlim va boshqa ekologik omillarga qarab o‘sadi. U asosan Osiyo, Yevropa va Amerika qitasining mo‘tadil iqlimli hududlarida, shuningdek, Afrikaning salqin mintaqalarida uchraydi [1, 2].

Gazandadoshlar, qichitqidoshlar (*Urticaceae*) — ikki urug’ pallali o‘simliklar sinfiga oid oila. Morfologik tuzilishiga ko‘ra tutdoshlar oilasiga yaqin turadi. Ular orasida eng ko‘p tarqalganlari quyidagilar: urtica dioica, urtica urens, urtica hyperborea. Ushbu turlar O‘zbekiston florasi ro‘yxatlarida qayd etilgan bo‘lib, Urtica dioica va Urtica urens – amaliy ahamiyatga ega eng mashhur



va ko‘p o‘rganilgan turlardir [1]. Ikki uyli gazanda (*Urtica dioica L.*) barglari va ildizlarida quyidagi ko‘plab biologik faol moddalar aniqlangan: polifenollar (flavonoidlar, gallik kislotasi, kafeik kislotasi, ellag kislotasi), fitosterollar (beta-sitosterol), terpenoidlar, saponinlar, taninlar, alkaloidlar, vitaminlar (A, C, K, B guruhlari), biogen elemetlar (kalsiy, kaliy, temir, magniy, sink, kremniy, fosfor) va boshqalar. Shu tufayli bu o‘simlikdan tayyorlangan dorivor vositalarda yallig’lanishga qarshi, diuretik, saratonga qarshi, gipertenziyaga qarshi, antioksidant, giperglikemiyaga qarshi va gemorroylar, og’ir menstruatsiya qonashini davolash, anemiya, saraton, siydik pufagidagi toshlar, podagra, bosh aylanishini oldini olish, qon ketishi, artritni davolash, antibakterial, og’riqni kamaytiruvchi, virusga qarshi, kolitga qarshi xususiyatlar mavjud [3, 4, 2].

Ushbu maqolada quritilgan ikki uyli gazanda (*Urtica dioica L.*) o‘simligining yer ustki qismini etanolli ekstraktining antiradikal faolligini difenilpikrilgidrazil (DPPH) erkin radikallarini so‘ndirish usulida baholash va flavanoidlar miqdorini YuSSX metodida aniqlash natijalari keltirilgan.

Materiallar va metodlar.

Antiradikallik faollikni baholash. Etanolli eritmada barqaror binafsha rangli 2,2-difenil-1-pikrilgidrazil radikali (DPPH•) turli antiradikal (antioksidant) xususiyatli birikmalar ta’sirida toq elektronini juftlashtirishi tufayli rangsizlanish xossasiga ega bo‘lganligi uchun, antiradikal faollikni spektrofotometrik baholashda keng qo‘llaniladi [5, 6, 7]. Mazkur ishda Blois [6] tomonidan taklif etilgan DPPH• erkin radikallarini ingibirlashning takomillashtirilgan usulidan [7] foydalanib gazanda ekstraktining antiradikal faolligini aniqladik.

DPPH• ishchi eritmasini tayyorlash. 100 ml hajmli o‘lchov kolbasida etanolda (96 %) 7.92 mM DPPH• eritmasi tayyorlanib, yorug’lik ta’siridan saqlash alyuminiy qog’ozga o‘ralib xona haroratida qorong’u joyda saqlandi.

Urtica dioica L. o‘simligining yer ustki qismi ekstraktini tayyorlash uchun 0.75 g o‘simlik namunasini 25 ml 96 % li etanolda 20 daqiqa ultratovushli vannada ektraksiya qilindi. Olingan ekstrakt tirqishlari diametri 0,45 mkm bo‘lgan shpritsli filtrdan o‘tkazilib [8], antiradikal faollikni va fenolli birikmalar miqdorini aniqlash tajribalari uchun foydalanildi.

O‘simlikning antiradikallik xususiyatini aniqlash. Qalinligi 10 mm bo‘lgan 4 ml hajmli kvarts kyuvetaga 3 ml DPPH etanoldagi eritmasiga 100 mkl etanol qo‘shib, spektrofotometrga joylashtirildi va YOKE K7000 spektrofotometridan foydalanib, 30 daqiqa davomida, har 5 daqiqada, 517 nm to‘lqin uzunlikda optik zichlik (D1) qiymatlari o‘lchandi. O‘lcangan D1 qiymati vaqt davomida o‘zgarmadi va 1,067 ni tashkil etdi.

Sinaluvchi Urtica dioica L. ekstraktining antiradikallik xususiyatini baholash, aynan yuqoridagi kabi qalinligi 10 mm bo‘lgan 4 ta alohida kyuvetalarga hajmi 25, 50, 75, 100 mkl filtrlangan o‘simlik ekstrakti quyilib, ularning har biriga 3 ml dan DPPH eritmasi qo‘silib aralashtirildi va etanol bilan umumiy hajmi 4,1 ml ga yetkazildi. Hosil bo‘lgan kyuvetadagi eritma zudlik bilan aralashtirilib yuqorida bayon qilingan tartibda, 517 nm to‘lqin uzunlikdagi optik zichligi (D2) o‘lchandi. O‘lchangan optik zichliklar qiymatlari va ular asosida quyidagi formula

$$ARF, \% = \frac{D_1 - D_2}{D_1} \cdot 100$$

yordamida hisoblab topilgan Urtica dioica L. o‘simligining etanolli ekstraktining antiradikal faolligi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. DPPH eritmasiga har xil hajmda qo‘shilgan Urtica dioica L. o‘simligining yer ustki qismini spirtli ektraktining 517 nm to‘lqin uzunlikda o‘lchangan optik zichligi qiymatlari va hisoblangan antiradikallik faolligi (ARF).

Ekstrakt hajmi, mkl	Vaqt, daq.	Optik zichlik, D_2	ARF%	Ekstrakt hajmi, mkl	Vaqt, daq.	Optik zichlik, D_2	ARF%
25	0	1,067	0,00	75	0	1,067	0,0
	5	1,02	4,40		5	0,95	11,0
	10	1,019	4,50		10	0,946	11,3
	15	1,018	4,59		15	0,941	11,8
	20	1,016	4,78		20	0,934	12,5
	25	1,016	4,78		25	0,932	12,7
	30	1,016	**4,78**		**30**	0,93	**12,8**
50	0	1,067	0,00	100	0	1,067	0,00
	5	0,986	7,59		5	0,927	13,12
	10	0,983	7,87		10	0,921	13,68
	15	0,981	8,06		15	0,915	14,25
	20	0,977	8,43		20	0,905	15,18
	25	0,976	8,53		25	0,902	15,46
	30	0,975	**8,62**		**30**	0,9	**15,65**

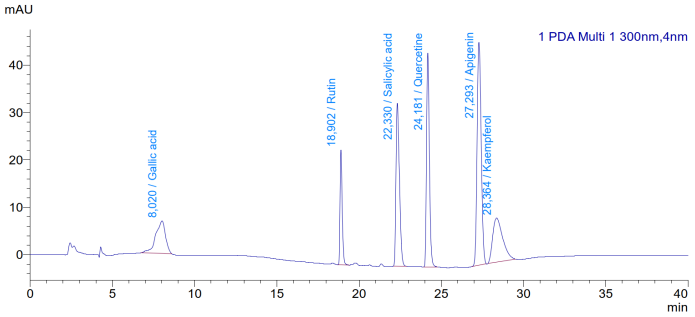
Xromatografik analiz. Urtica dioica L. o‘simligining yer ustki qismining spirtli ekstrakti tarkibidagi fenolli birikmalar miqdorini Shimadzu LC-40 Nexera Lite yuqori samarali suyuqlik xromatografida amalga oshirildi [9].

Fenolli birikmalarni xromatografik aniqlash uchun standart eritmalar, Urtica dioica L. ekstrakti ekstraktining xromatografik analizi Shim pack GIST C18 (150 × 4,6 mm; 5 mkm, Shimadzu) teskari fazali kolonkasidan foydalangangan holda, atsetonitril (A) va sirka kislotaning suvdagi 0,5 % li eritmasidan (B) tashkil topgan gradiyentli harakatchan faza (2-jadval) qo‘llanilib amalga oshirildi.

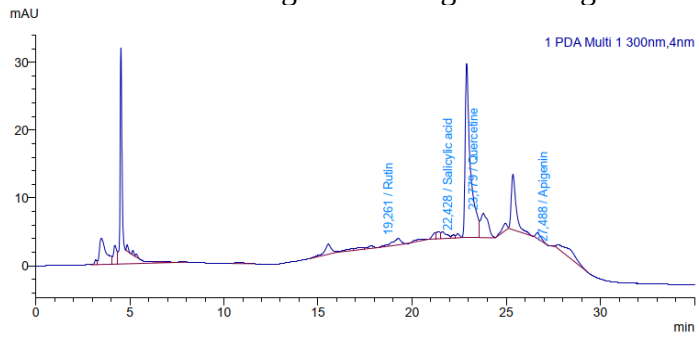
2-jadval. Harakatchan faza gradiyent dasturi.

Vaqt	Atsetonitril (A), %	0,5 % li sirka kislota (B), %
0	5	95
5	5	95
17	40	60
22	40	60
22,1	5	95
40	Tugatish	

Inektsiya hajmi 10 mkl, oqim tezligi 0,5 ml/min va kolonka termostati 40 oC etib belgilandi. Fenolli birikmalarning standart eritmalari aralashmasi va o‘rganilayotgan o‘simlik ekstrakti xromatogrammalari ultrabiafsha detector yodamida 300 nm to‘lqin uzunlikda qayd etildi (2 va 3-rasmlar).



2-rasm. Standartlarning 300 nm dagi xromatogrammasi

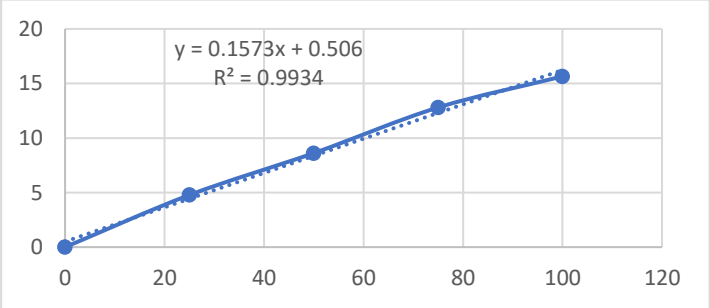


3-rasm. Namuna ekstrakti tarkibidagi polifenollarni aniqlash xromatogrammasi.

Natijalar va ularning muhokamasi.

Antiradikal faollikni aniqlash natijalari. Urtica dioica L. o‘simligining yer ustki qismining spirtli ekstrakrtining antiradikalligini baholash bo‘yich olingan natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

Namunalarning IC_{50} – DPPH eritmasining 50 % gacha ingibirlash konsentratsiyasini hisoblash uchun har bir tajribada 30-daqiqadagi antiradikallik faolliklari (ARF,%) qiymatlari va qo‘shilgan namuna hajmi asosida quyidagi grafik tuzildi hamda unga o‘tkazilgan trend chizig’i funktsiyasi asosida hisoblab topildi.



3-rasm. Urtica dioica L. spirtli estraktining 30-daqiqada aniqlangan ARF% qiymatlari va hajmlari o‘rastidagi bog’liqlik grafigi, unga mos keluvchi eng yaqin to‘g’ri chiziq va funktsiyasi hamda to‘g’ri chiziqning erksperimental nuqtalarga yaqinligini ko‘rsatuvchi R2 qiymati.

Grafikga o‘tkazilgan trend chizig’i funksiya formulasi y=mx+b dan 50 % ARF (%) namoyon qiluvchi ekstrakt hajmni (IC50) x=(y-b)/m formula asosida hisoblandi [10]:

$$IC_{50} = \frac{(50 - 0.506)}{0{,}1573} = 314{,}64\ mkl$$

Fenolli birikmalar miqdorini xromatografik aniqlash natijalari. 2- va 3-rasmlarda ko‘rsatilgan xromatogrammalarni tahlil qilish asosida fenol birikmalarning ushlanish vaqtlari, analiz uchun olingan ekstraktdagi konsentratsiyalari va quyidagi formula

$$X = \frac{C_{phen} \cdot V_{ekstrakt}}{m_{namuna}} \cdot 100\ g$$

bilan hisoblangan 100 g quritilgan *Urtica dioica L.* o‘simligining yer ustki qismi tarkibidagi miqdorlari 3-jadvalda keltirildi.

Yuqoridagi formulada, X – 100 gram quritilgan Urtica dioica L. tarkibidagi fenol birikmalarning miqdori, mg; Cphen – o‘simlik ekstrakti tarkibidagi fenol birikmaning YuSSX usuli bilan aniqlangan konsentratsiyasi, mg/l; Vekstrakt – o‘simlik ekstraktining hajmi, l; mnamuna – ekstrakt tayyorlash uchun olingan namuna massasi g.

3-jadval. Ekstraktdagi fenolli birikmalarning miqdori va ushlanish vaqtlari.

Fenolli birikma nomi	Ushlanish vaqti, daqiqa	Konsentratsiya, mg/l	Miqdor, mg/100 g
Gall kislota	Aniqlanmadi	0	0,0
Rutin	19,261	2,56	6,4
Salitsyl kislota	22,428	0,263	0,7
Quersetin	23,779	2,898	7,3
Apigenin	27,488	0,036	0,1
Kaemferol	Aniqlanmadi	0	0,0

3-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, Urtica dioica L. o‘simligining tarkibida fenolli birikmalardan gall kislotasi va kaempeferol to‘planmagan. Lekin, apigenin, salitsil kislotasi, quersetin va rutin mavjud. Ayniqsa, ikki uyli gazanda o‘simligida quersetin va rutin ko‘p miqdorda to‘plangan bo‘lib, bu biologik faol moddalar mos ravishda 6.4 va 7.3 mg ni tashkil qiladi. Hindistonlik olimlar [11] ham Shimoliy Himolay tog’ yonbag’irlaridan terib olingan Urtica dioica L. tarkibini xromatografik analiz qilib, bu o‘simlikda rutin va quersetinning ko‘p to‘planganligini ta’kidlashgan. Barcha polifenollar orasida quercetin va rutin odatda kundalik ovqatimizda mavjud bo‘lgan flavonoidlarning asosiy qismini tashkil qiladi. Ekstraktlarda mavjud bo‘lgan quercetin va rutin ularning terapevtik samaradorligini isbotlaydi. Urtica dioica L. o‘simligda ushbu muhim biologik faol birikmalarning mavjudligi nutratsevtik moddalarning farmakologik ta’siriga yordam berishi mumkin.

Xulosa. Ikki uyli gazanda (*Urtica dioica L.*) o‘simligining antiradikallik xususiyatini difenilpikrilgidrazil erkin radikalini so‘ndirish usulida baholsh uning antiradikal faollikga ega ekanligini ko‘rsatib o‘simlik spirtli ekstraktining radikallarni 50 % ga so‘nishi ta’minlaydigan eng kichik hajmi (IC_{50}) 314,64 mkl ni tashki etdi. Bu o‘simlikning shifobaxsh xususiyatlarga ega ekanligidan dalolat beradi. Ikki uyli gazanda o‘simligining fenolli birikmalarini aniqlash natijalari uning yer ustki qismi quercetin va rutin kabi flafanoidlarga boy ekanligini ko‘rsatdi. Shu asosda Urtica dioica L. yer ustki qismidan, diabet, yallig’lanish, prostata saratoni, jigar kasalliklari tabobatida qo‘llashni tavsiya etamiz.

Adabiyotlar

1. Dogan A., Dönmez F., Battal A. Novel Drug Targets With Traditional Herbal Medicines. Chapter Urtica dioica L. First Online: 30 September 2022.- pp 553–563. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07753-1_36.
2. Xojimatov O.K., Haydarov X.Q., Xamrayeva D.T., Xujanov A.N. O'zbekiston dorivor o'simliklar atlasi. O'quv qo'llanma. – Samarqand: SamDU nashryoti, 2021. – 199-201 bb.
3. Асқаров И.Р. Табобат қомуси. Т.: "Мумтоз сўз". – 2019. – Б. 1142.
4. Abeer A.M. Potential benefits of urtica dioica and its combination with vitamin E in experimental diabetes. Journal of Medicinal and Pharmaceutical Chemistry. 2025,January,764-772. DOI:10.48309/JMPCR.2025.466825.1325 .
5. Gulcin, I.; Beydemir, S.; Sat, I.G.; Kufrevioglu, O.I. Evaluation of antioxidant activity of cornelian cherry (Cornus mas L.). Acta Aliment. Hung. 2005, 34, 193–202.
6. Blois, M.S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 1958, 181, 1199–1200.

7. Abdullaev, S. S. Antiradical activity of food additives "Askarun" and "Askarufen". Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine, 3(4). -128-133 pp. https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol3.iss4.2024.349.
8. Askarov I. R., Abdullaev, S. S. Mamatkulova, S. A.бAbdulloev O. S. (2024). Antioxidant activity and elemental composition of mixtures of fig and common unabi fruits. Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine, 3(3), 179–205 pp., https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol3.iss3.2024.320.
9. NEXERA жидкостные хроматографы (серия LC-40). https://fortek.uz/ru/khromatografy-zhidkostnye/682-nexera-xr-zhidkostnyj-khromatograf.html.
10. Charnes, A.; Frome, E. L.; Yu, P. L. (1976). "The Equivalence of Generalized Least Squares and Maximum Likelihood Estimates in the Exponential Family". Journal of the American Statistical Association. 71 (353): 169–171.,https://doi.org/10.1080%2F01621459.1976.10481508.
11. Yousuf S, Shabir S, Kauts S, Minocha T, Obaid AA, Khan AA, Mujalli A, Jamous YF, Almaghrabi S, Baothman BK, Hjazi A, Singh SK, Vamanu E, Singh MP. Appraisal of the Antioxidant Activity, Polyphenolic Content, and Characterization of Selected Himalayan, Herbs: Anti-Proliferative Potential in HepG2 Cells. Molecules. 2022 Dec 6;27(23):8629. doi: 10.3390/molecules27238629.

Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine

J Chem Good Trad Med, Volume 4, Issue 1, 2025 Traditional Medicine

АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДВУДОМНОЙ КРАПИВЫ (URTICA DIOICA L.)

Шахобидин Хасанбоевич Абдуллоев
Андижанский государственный университет Профессор кафедры химии Андижанского государственного университета, доктор химических наук, член Академии наук Республики Узбекистан
https://orcid.org/0000-0002-6069-1785

Алланазар Абдиразоков
Термезский филиал Ташкентской медицинской академии доцент кафедры медицинской и биологической химии, кандидат химических наук
https://orcid.org/0000-0003-2289-1273

Нозимахон Илхомжоновна Мўминова
Андижанский государственный университет Студентка химического факультета
https://orcid.org/0009-0008-3940-2900
E-mail: mominovanozima0@gmail.com

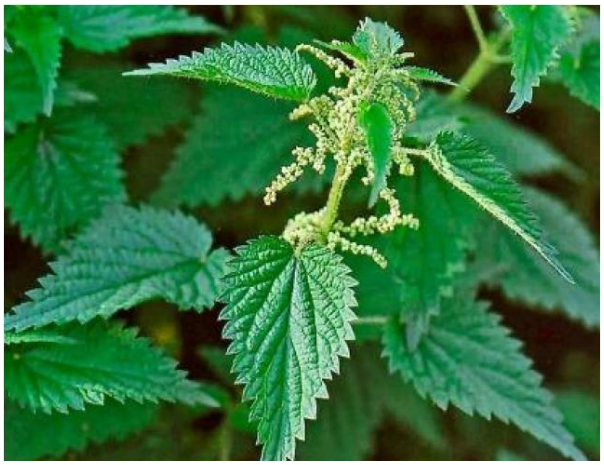
DOI: https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol4.iss1.2025.460

Ключевые слова:
Urtica dioica L., экстракция, антирадикальная активность, дифенилпикрилгидразил, ВЭЖХ, флавоноид, кверцетин, рутин

Аннотация
Антирадикальная активность экстракта, полученного из высушенной и измельчённой надземной части двудомной крапивы (Urtica dioica L.) путём экстракции в 96% этаноле в ультразвуковой ванне в течение 20 минут, была оценена методом подавления свободных радикалов дифенилпикрилгидразилом (DPPH). Количественное содержание фенольных соединений (флавоноидов) было определено методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Полученный экстракт проявил антирадикальную активность, при этом показатель IC_{50} составил 314,64 мкл. Хроматографический анализ показал, что в 100 г высушенной крапивы Urtica dioica L. содержится 7,3 мг кверцетина, 6,4 мг рутина, 0,7 мг салициловой кислоты и 0,1 мг апигенина.

Как цитировать
Абдуллоев, Ш. . Х., Абдиразоков, А., & Мўминова, Н. И. АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДВУДОМНОЙ КРАПИВЫ (URTICA DIOICA L.). Журнал химии товаров и народной медицины, 4(1). https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol4.iss1.2025.460

Введение. Среди лекарственных растений, используемых в народной медицине, двудомная крапива (*Urtica dioica L.*) занимает особое место (1-рисунок.). Это многолетнее растение семейства крапивных, которое растет в различных регионах мира, в зависимости от высоты, рельефа, климата и других экологических факторов. Оно встречается преимущественно в умеренных климатических зонах Азии, Европы и Северной Америки, а



также в прохладных регионах Африки [1, 2]. Семейство крапивных (*Urticaceae*) относится к классу двудомных растений. По морфологической структуре оно близко к семейству тутовых. Среди них наиболее распространены следующие виды: Urtica dioica, Urtica urens, Urtica hyperborea. Эти виды зарегистрированы в флоре Узбекистана, при этом Urtica dioica и Urtica urens — самые известные и широко исследованные виды с практическим значением[1].

Двудомная крапива (Urtica dioica L.) содержит большое количество биологически активных веществ в своих листьях и корнях: полифенолы (флавоноиды, галловая кислота, кафеиновая кислота, эллаговая кислота), фитостеролы (бета-ситостерол), терпеноиды, сапонины, таннины, алкалоиды, витамины (A, C, K, группы B), биогенные элементы (кальций, калий, железо, магний, цинк, кремний, фосфор) и другие. Благодаря этому препараты из этого растения обладают противовоспалительными, диуретическими, противораковыми, антигипертензивными, антиоксидантными свойствами, а также могут использоваться для лечения геморроя, обильных менструальных кровотечений, анемии, рака, камней в мочевом пузыре, подагры, предотвращения головокружения, кровотечений, артрита, обладают антимикробными, анальгезирующими, противовирусными и противоколитовыми свойствами [3, 4, 2].

В данной статье представлены результаты оценки антирадикальной активности этанолово-экстракта надземной части двудомной крапивы (*Urtica dioica L.*) с использованием метода погашения свободных радикалов дифенилпикрилилгидразилом (DPPH) и определения содержания флавоноидов методом ВЭЖХ.

Материалы и методы.

Оценка антирадикальной активности. В этаноловом растворе стабильный фиолетовый радикал 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (DPPH•) обладает свойством обесцвечивания под действием различных антирадикальных (антиоксидантных) соединений, благодаря тому, что он способен спаривать свой неспаренный электрон. Это свойство широко используется при спектрофотометрической оценке антирадикальной активности [5, 6, 7]. В данной работе для определения антирадикальной активности экстракта крапивы использован усовершенствованный метод ингибирования свободных радикалов DPPH•, предложенный Блуа [6] и усовершенствованный в [7].

Приготовление рабочей раствора DPPH•. В мерной колбе объемом 100 мл был приготовлен раствор DPPH• концентрацией 7,92 мМ в этаноле (96%), который был защищен от воздействия света и сохранен в темном месте при комнатной температуре, обернутый в алюминиевую фольгу.

Приготовление экстракта надземной части растения *Urtica dioica L.* Для подготовки экстракта 0,75 г растительного материала экстрагировались в 25 мл 96%-го этанола в ультразвуковой ванне в течение 20 минут. Полученный экстракт был пропущен через шприцевой фильтр с диаметром пор 0,45 мкм [8] и использован для экспериментов по определению антирадикальной активности и содержания фенольных соединений.

Определение антирадикальной активности растения. В кварцевую кювету с толщиной стенки 10 мм объемом 4 мл было добавлено 3 мл этанольного раствора DPPH и 100 мкл этанола. После этого кювета была помещена в спектрофотометр, и с использованием спектрофотометра YOKE K7000 проводились измерения оптической плотности (D1) на длине

волны 517 нм каждые 5 минут в течение 30 минут. Измеренная величина D1 не изменялась в процессе времени и составила 1,067.

Оценка антирадикальной активности экстракта Urtica dioica L. Для оценки антирадикальной активности экстракта растения *Urtica dioica L.* в 4 отдельных кюветы с толщиной стенки 10 мм было добавлено 25, 50, 75, 100 мкл фильтрованного растительного экстракта, к каждому из которых добавлено по 3 мл раствора DPPH, смесь была тщательно перемешана и доведена до общего объема 4,1 мл с помощью этанола. Полученные растворы в кюветах сразу же перемешивались, и затем измерялась оптическая плотность при длине волны 517 нм (D2) согласно вышеописанному методу. Измеренные значения оптической плотности и на основе их расчет с использованием следующей формулы:

$$ARF, \% = \frac{D_1 - D_2}{D_1} \cdot 100$$

антирадикальная активность этанолово-экстракта Urtica dioica L. была рассчитана и приведена в таблице 1.

Таблица 1. Значения оптической плотности экстракта надземной части растения Urtica dioica L., добавленного в различные объемы раствора DPPH, при длине волны 517 нм, и рассчитанная антирадикальная активность (ARF).

Объем экстракта, мкл	Время, мин.	Оптическая плотность, D2	ARF%	Объем экстракта, мкл	Время, мин.	Оптическая плотность, D2	ARF%
25	0	1,067	0,00	75	0	1,067	0,0
	5	1,02	4,40		5	0,95	11,0
	10	1,019	4,50		10	0,946	11,3
	15	1,018	4,59		15	0,941	11,8
	20	1,016	4,78		20	0,934	12,5
	25	1,016	4,78		25	0,932	12,7
	30	1,016	**4,78**		**30**	0,93	**12,8**
50	0	1,067	0,00	100	0	1,067	0,00
	5	0,986	7,59		5	0,927	13,12
	10	0,983	7,87		10	0,921	13,68
	15	0,981	8,06		15	0,915	14,25
	20	0,977	8,43		20	0,905	15,18
	25	0,976	8,53		25	0,902	15,46
	30	0,975	**8,62**		**30**	0,9	**15,65**

Хроматографический анализ. Для определения содержания фенольных соединений в этаноловом экстракте надземной части растения Urtica dioica L. был использован высокоэффективный жидкостной хроматограф Shimadzu LC-40 Nexera Lite [9].

Для хроматографического анализа фенольных соединений использовались стандартные растворы, а анализ экстракта Urtica dioica L. проводился с использованием обратной фазовой колонки Shim pack GIST C18 (150 × 4,6 мм; 5 мкм, Shimadzu), с градиентной подвижной фазой, состоящей из ацетонитрила (A) и 0,5% водного раствора уксусной кислоты (B) (2-я таблица).

Таблица 2. Градиентная программа подвижной фазы

Время	Ацетонитрил (A), %	0,5% раствор уксусной кислоты (B), %

0	5	95
5	5	95
17	40	60
22	40	60
22,1	5	95
40	Заключение	

Объем инъекции был установлен на 10 мкл, скорость потока – 0,5 мл/мин, а температура термостата колонки – 40 °C. Хроматограммы смеси стандартных растворов фенольных соединений и экстракта исследуемого растения были записаны с использованием ультрафиолетового детектора при длине волны 300 нм (рисунки 2 и 3).

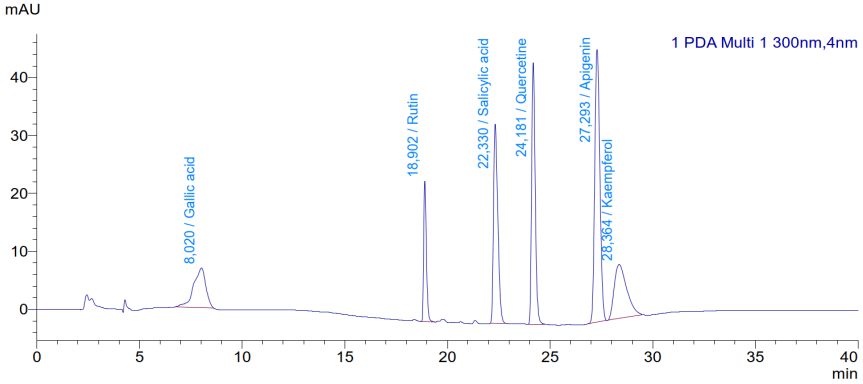


Рисунок 2. Хроматограмма стандартов при 300 нм.

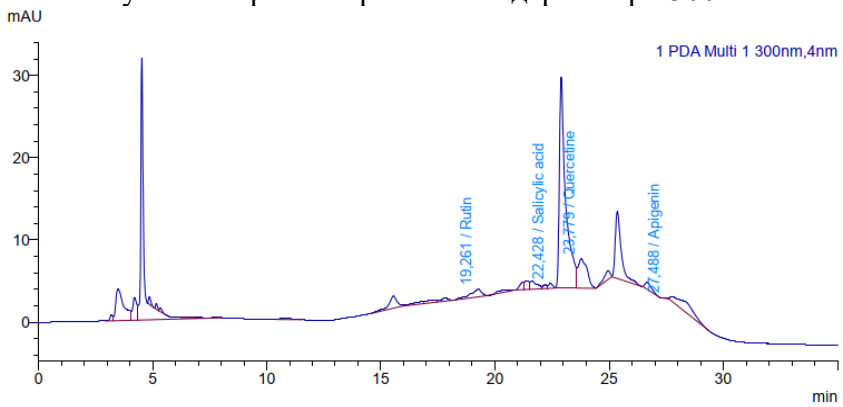


Рисунок 3. Хроматограмма для определения полифенолов в экстракте образца.

Результаты и их обсуждение.

Результаты определения антирадикальной активности. Полученные результаты оценки антирадикальной активности этанолово-экстракта надземной части растения Urtica dioica L. приведены в таблице 2.

Для расчета IC_{50} — концентрации, ингибирующей 50 % DPPH раствора, был построен график на основе значений антирадикальной активности (ARF, %) через 30 минут и объема добавленного образца, а также на основе функции трендовой линии, проведенной через данные.

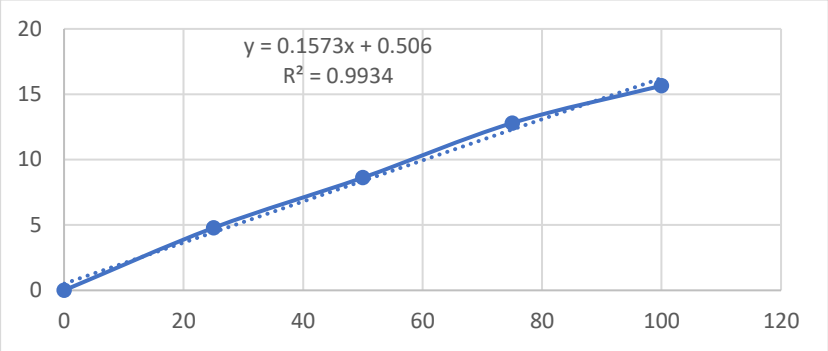


Рисунок 3. График зависимости между значениями ARF% и объемами экстракта Urtica dioica L., определенными через 30 минут, с ближайшей подходящей прямой и функцией трендовой линии, а также значением R2, которое демонстрирует близость прямой к экспериментальным точкам

Функция трендовой линии на графике имеет вид y=mx+b, и объем экстракта, который проявляет 50% ARF (%), был рассчитан по формуле (IC_{50}) x=(y-b)/m [10]:

$$IC_{50} = \frac{(50 - 0.506)}{0{,}1573} = 314{,}64\ mkl$$

Этот показатель свидетельствует о наличии антирадикальной активности в этаноловом экстракте Urtica dioica L., что, в свою очередь, подтверждает наличие целебных свойств растения.

Количество фенольных соединений в экстракте было определено хроматографическим методом. На основе анализа хроматограмм, показанных на рисунках 2 и 3, были определены времена удерживания фенольных соединений, их концентрации в экстракте и рассчитанные с использованием следующей формулы:

$$X = \frac{C_{phen} \cdot V_{\text{екстракт}}}{m_{\text{образец}}} \cdot 100\ g$$

где X — количество фенольных соединений в 100 г высушенной части растения Urtica dioica L., мг;

C_{phen} — концентрация фенольных соединений в экстракте растения, определенная методом ВЭЖХ, мг/л;

$V_{екстракт}$ — объем экстракта растения, л; mобразец — масса образца, использованного для приготовления экстракта, г.

Результаты расчетов содержат данные о количестве фенольных соединений в экстракте и их временах удерживания, приведенные в таблице 3.

Таблица 3. Количество фенольных соединений в экстракте и времена удерживания

Название фенольного соединения	Время удерживания, мин	Концентрация, мг/л,	Количество, мг/100 г
Галловая кислота	Не определено	0	0,0
Рутин	19,261	2,56	6,4
Салициловая кислота	22,428	0,263	0,7
Кверцетин	23,779	2,898	7,3
Апигенин	27,488	0,036	0,1
Каемпферол	Не определено	0	0,0

Из таблицы 3 видно, что в составе растения *Urtica dioica L*. не обнаружены фенольные соединения, такие как галловая кислота и каемпферол. Однако апигенин, салициловая кислота, кверцетин и рутин присутствуют. Особенно в растении двудомной крапивы содержится много кверцетина и рутина, их биологически активные вещества составляют соответственно 6,4 и 7,3 мг. Индийские ученые [11] также провели хроматографический анализ растения *Urtica dioica L.,* собранного в северных предгорьях Гималаев, и отметили высокое содержание рутина и кверцетина в этом растении. Среди всех полифенолов кверцетин и рутин обычно составляют основную часть флавоноидов, присутствующих в нашей повседневной пище. Кверцетин и рутин, содержащиеся в экстрактах, подтверждают их терапевтическую эффективность. Наличие этих важных биологически активных соединений в растении *Urtica dioica L*. может способствовать фармакологическому действию нутрацевтических веществ.

Вывод. Оценка антирадикальной активности растения *Urtica dioica L*. методом нейтрализации свободных радикалов дифенилпикрилгидразила показала его антирадикальную активность, при этом наименьший объем экстракта, обеспечивающий 50% ингибирование радикалов (IC_{50}), составил 314,64 мкл. Это подтверждает целебные свойства данного растения. Результаты определения фенольных соединений показали, что надземная часть *Urtica dioica L*. богата такими флавоноидами, как кверцетин и рутин. На основе этого мы рекомендуем использовать надземную часть *Urtica dioica L.* в лечении диабета, воспалений, рака предстательной железы и заболеваний печени.

Литературы

1. Dogan A., Dönmez F., Battal A. Novel Drug Targets With Traditional Herbal Medicines. Chapter Urtica dioica L. First Online: 30 September 2022.- pp 553–563. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07753-1_36.
2. Xojimatov O.K., Haydarov X.Q., Xamrayeva D.T., Xujanov A.N. O'zbekiston dorivor o'simliklar atlasi. O'quv qo'llanma. – Samarqand: SamDU nashryoti, 2021. – 199-201 bb.
3. Асқаров И.Р. Табобат қомуси. Т.: "Мумтоз сўз". – 2019. – Б. 1142.
4. Abeer A.M. Potential benefits of urtica dioica and its combination with vitamin E in experimental diabetes. Journal of Medicinal and Pharmaceutical Chemistry. 2025,January,764-772. DOI:10.48309/JMPCR.2025.466825.1325 .
5. Gulcin, I.; Beydemir, S.; Sat, I.G.; Kufrevioglu, O.I. Evaluation of antioxidant activity of cornelian cherry (Cornus mas L.). Acta Aliment. Hung. 2005, 34, 193–202.
6. Blois, M.S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 1958, 181, 1199–1200.
7. Abdullaev, S. S. Antiradical activity of food additives "Askarun" and "Askarufen". Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine, 3(4). -128-133 pp. https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol3.iss4.2024.349.
8. Askarov I. R., Abdullaev, S. S. Mamatkulova, S. A.бAbdulloev O. S. (2024). Antioxidant activity and elemental composition of mixtures of fig and common unabi fruits. Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine, 3(3), 179–205 pp., https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol3.iss3.2024.320.
9. NEXERA жидкостные хроматографы (серия LC-40). https://fortek.uz/ru/khromatografy-zhidkostnye/682-nexera-xr-zhidkostnyj-khromatograf.html.
10. Charnes, A.; Frome, E. L.; Yu, P. L. (1976). "The Equivalence of Generalized Least Squares and Maximum Likelihood Estimates in the Exponential Family". Journal of the American Statistical Association. 71 (353): 169–171.,https://doi.org/10.1080%2F01621459.1976.10481508.
11. Yousuf S, Shabir S, Kauts S, Minocha T, Obaid AA, Khan AA, Mujalli A, Jamous YF, Almaghrabi S, Baothman BK, Hjazi A, Singh SK, Vamanu E, Singh MP. Appraisal of the Antioxidant

Activity, Polyphenolic Content, and Characterization of Selected Himalayan, Herbs: Anti-Proliferative Potential in HepG2 Cells. Molecules. 2022 Dec 6;27(23):8629. doi: 10.3390/molecules27238629.

Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine

J Chem Good Trad Med, Volume 4, Issue 1, 2025 Traditional Medicine

ANTIRADICAL ACTIVITY AND CONTENT OF PHENOLIC COMPOUNDS OF STINGING NETTLE (URTICA DIOICA L.)

Shakhobiddin Kh. Abdulloyev
Andijan state university Professor at the Department of Chemistry, Andijan State University, Doctor of Chemical Sciences, Member of the Academy of Traditional Medicine of Uzbekistan
https://orcid.org/0000-0002-6069-1785

Allanazar Abdirazokov
Termiz Branch of Tashkent Medical Academy Assistant Professor of the Department of Medical and Biological Chemistry, Candidate of Chemical Sciences
https://orcid.org/0000-0003-2289-1273

Nozimakhan I. Mominova
Andijan state university Student of chemistry
https://orcid.org/0009-0008-3940-2900
E-mail: mominovanozima0@gmail.com

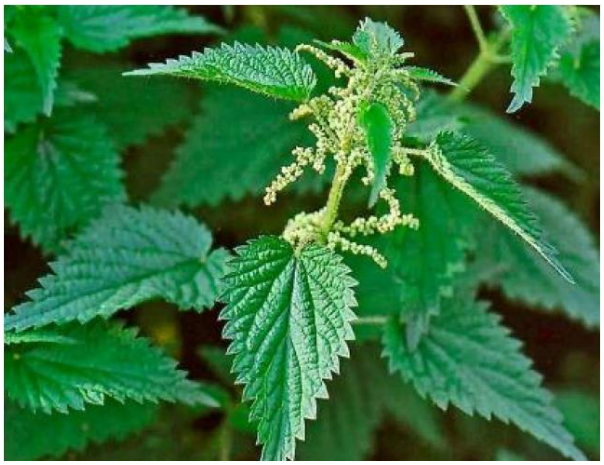
DOI: https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol4.iss1.2025.460

Keywords:
Urtica dioica L., extraction, antiradical activity, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, HPLC, flavonoid, quercetin, rutin

Annotation
The antiradical activity of an extract obtained from the dried and ground aerial part of the dioecious nettle (Urtica dioica L.) by extraction in 96% ethanol using an ultrasonic bath for 20 minutes was evaluated using the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging method. The quantitative content of phenolic compounds (flavonoids) was determined by high-performance liquid chromatography (HPLC). The resulting extract exhibited antiradical activity, with an IC_{50} value of 314.64 µL. Chromatographic analysis showed that 100 g of dried Urtica dioica L. contains 7.3 mg of quercetin, 6.4 mg of rutin, 0.7 mg of salicylic acid, and 0.1 mg of apigenin.

How to Cite
Abdulloyev, S. K., Abdirazokov, A., & Mominova, N. I. ANTIRADICAL ACTIVITY AND CONTENT OF PHENOLIC COMPOUNDS OF STINGING NETTLE (URTICA DIOICA L.). Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine, 4(1). https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol4.iss1.2025.460

Introduction. Among the medicinal plants used in traditional medicine, stinging nettle (*Urtica dioica L.*) occupies a special place (figure 1). It is a perennial plant of the nettle family that grows in various regions of the world, depending on altitude, terrain, climate, and other environmental factors. It is predominantly found in temperate climate zones of Asia, Europe, and North America, as well as in cooler regions of Africa [1, 2]. The nettle family (*Urticaceae*) belongs to the class of dioecious plants. In terms of morphological structure, it is closely related to the mulberry family. Among its members, the following species are the most widespread: Urtica dioica, Urtica urens, and Urtica hyperborea. These species have been recorded in the flora of Uzbekistan, with Urtica dioica and Urtica urens being the most well-known and widely studied species with practical significance [1].



Stinging nettle (*Urtica dioica L.*) contains a large number of biologically active compounds in its leaves and roots, including polyphenols (flavonoids, gallic acid, caffeic acid, ellagic acid), phytosterols (beta-sitosterol), terpenoids, saponins, tannins, alkaloids, vitamins (A, C, K, B group), and biogenic elements (calcium, potassium, iron, magnesium, zinc, silicon, phosphorus), among others. Because of these components, preparations made from this plant exhibit anti-inflammatory, diuretic, anticancer, antihypertensive, and antioxidant properties. They can also be used in the treatment of hemorrhoids, heavy menstrual bleeding, anemia, cancer, bladder stones, gout, and for the prevention of dizziness, bleeding, arthritis, and possess antimicrobial, analgesic, antiviral, and anticolitic effects [3, 4, 2].

This article presents the results of evaluating the antiradical activity of the ethanol extract from the aerial parts of Urtica dioica L. using the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) free radical scavenging method and determining the flavonoid content using the UV-Vis spectrophotometric method.

Materials and Methods

Assessment of Antiradical Activity. In ethanol solution, the stable purple radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH•) has the property of discoloration when exposed to various antiradical (antioxidant) compounds, due to its ability to pair its unpaired electron. This property is widely used in the spectrophotometric evaluation of antiradical activity [5, 6, 7]. In this study, an improved method of DPPH• free radical inhibition, originally proposed by Blois [6] and further modified in [7], was used to determine the antiradical activity of the nettle extract.

Preparation of the Working DPPH• Solution. A 7.92 mM solution of DPPH• in 96% ethanol was prepared in a 100 mL volumetric flask. The solution was protected from light and stored in a dark place at room temperature, wrapped in aluminum foil.

Preparation of the Extract from the Aerial Part of Urtica dioica L. To prepare the extract, 0.75 g of plant material was extracted in 25 mL of 96% ethanol using an ultrasonic bath for 20 minutes. The resulting extract was filtered through a syringe filter with a pore size of 0.45 µm [8] and used for experiments to determine antiradical activity and phenolic compound content.

Determination of the Plant's Antiradical Activity. Into a 4 mL quartz cuvette with a wall thickness of 10 mm, 3 mL of the ethanolic DPPH solution and 100 µL of ethanol were added. The cuvette was then placed into a spectrophotometer, and measurements of optical density (D_1) at a wavelength of 517 nm were taken every 5 minutes over 30 minutes using a YOKE K7000 spectrophotometer. The measured D_1 value remained unchanged over time and was recorded as 1.067.

Evaluation of the Antiradical Activity of the Urtica dioica L. Extract. To evaluate the antiradical activity of the Urtica dioica L. extract, four separate cuvettes (10 mm path length) were prepared, each containing 25, 50, 75, or 100 µL of the filtered plant extract. To each cuvette, 3 mL of the DPPH solution was added. The mixtures were thoroughly stirred and brought to a total volume of 4.1 mL using ethanol. The resulting solutions in the cuvettes were immediately mixed, and the optical density at 517 nm (D_2) was measured using the abovementioned method. The measured optical density values were then used to calculate the antiradical activity using the following formula:

$$ARF, \% = \frac{D_1 - D_2}{D_1} \cdot 100$$

The antiradical activity of the ethanol extract of Urtica dioica L. was calculated and is presented in table 1.

Table 1. Values of optical density of the extract from the aerial parts of Urtica dioica L. added to various volumes of the DPPH solution at a wavelength of 517 nm, and the calculated antiradical activity (ARF).

Volume of the extract, µL	Time, min	Optical density, D2	ARF%	Volume of the extract, µL	Time, min	Optical density, D2	ARF%
25	0	1,067	0,00	75	0	1,067	0,0
	5	1,02	4,40		5	0,95	11,0
	10	1,019	4,50		10	0,946	11,3
	15	1,018	4,59		15	0,941	11,8
	20	1,016	4,78		20	0,934	12,5
	25	1,016	4,78		25	0,932	12,7
	30	1,016	**4,78**		**30**	0,93	**12,8**
50	0	1,067	0,00	100	0	1,067	0,00
	5	0,986	7,59		5	0,927	13,12
	10	0,983	7,87		10	0,921	13,68
	15	0,981	8,06		15	0,915	14,25
	20	0,977	8,43		20	0,905	15,18
	25	0,976	8,53		25	0,902	15,46
	30	0,975	**8,62**		**30**	0,9	**15,65**

Chromatographic Analysis. To determine the content of phenolic compounds in the ethanol extract from the aerial parts of Urtica dioica L., a Shimadzu LC-40 Nexera Lite high-performance liquid chromatograph was used [9]. For the chromatographic analysis of phenolic compounds, standard solutions were employed, and the analysis of the Urtica dioica L. extract was performed using a Shim pack GIST C18 reverse-phase column (150 × 4.6 mm; 5 µm, Shimadzu) with a gradient mobile phase consisting of acetonitrile (A) and a 0.5% aqueous solution of acetic acid (B) (Table 2).

Table 2. Gradient program for the mobile phase

Tim	Acetonitrile (A), %	0.5% acetic acid solution (B), %
0	5	95
5	5	95
17	40	60
22	40	60
22,1	5	95
40	Finish	

The injection volume was 10 µL, the flow rate was 0.5 mL/min, and the column thermostat temperature was 40 °C. Chromatograms of the mixture of standard phenolic compound solutions and the extract of the studied plant were recorded using a UV detector at a wavelength of 300 nm (Figures 2 and 3).

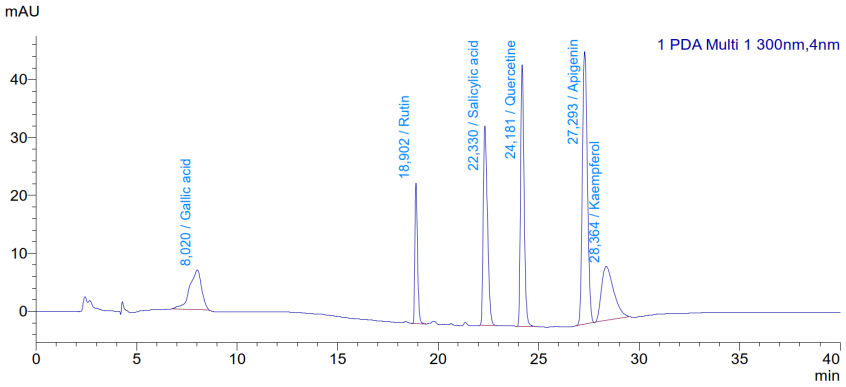


Figure 2. Chromatogram of standards at 300 nm

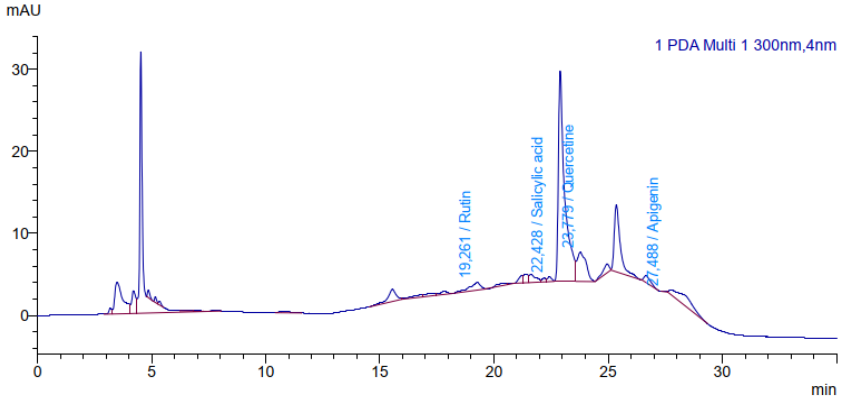


Figure 3. Chromatogram for the determination of polyphenols in the sample extract

Results and Discussion

Results of Determining Antiradical Activity. The obtained results of the evaluation of the antiradical activity of the ethanol extract of the aerial part of the plant Urtica dioica L. are presented in Table 2. To calculate the IC_{50} — the concentration that inhibits 50% of the DPPH solution — a graph was plotted based on the values of antiradical activity (ARF, %) after 30 minutes and the volume of the added sample, as well as using the trendline function drawn through the data.

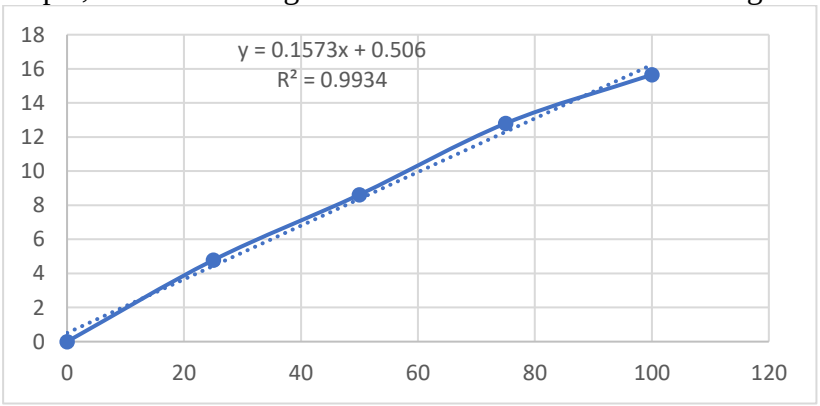


Figure 3. Graph showing the relationship between ARF% values and the volumes of Urtica dioica L. extract measured after 30 minutes, including the best-fitting straight line and the trendline function, as well as the R^2 value, which indicates the closeness of the fit to the experimental data points

The trendline function on the graph has the form y = mx + b, and the volume of extract exhibiting 50% ARF (%) was calculated using the formula (IC_{50}):x = (y - b) / m [10]:

$$IC_{50} = \frac{(50 - 0.506)}{0{,}1573} = 314{,}64\ mkl$$

This value indicates the presence of antiradical activity in the ethanol extract of Urtica dioica L., which in turn confirms the plant's medicinal properties.

The amount of phenolic compounds in the extract was determined using chromatographic analysis. Based on the chromatograms shown in Figures 2 and 3, the retention times of the phenolic compounds, their concentrations in the extract, and the calculated values were determined using the following formula:

$$X = \frac{C_{phen} \cdot V_{extra}}{m_{sample}} \cdot 100\ g$$

Where: X — the amount of phenolic compounds in 100 g of the dried aerial part of Urtica dioica L., in mg;

C_{phen} — the concentration of phenolic compounds in the plant extract determined by HPLC, in mg/L;

V_{extra} — volume of the plant extract, in L;

m_{sample} — the mass of the sample used for extract preparation, in g.

The calculation results include data on the amount of phenolic compounds in the extract and their retention times, as presented in table 3.

Table 3. Content of Phenolic Compounds in the Extract and Their Retention Times

Name of Phenolic Compound	Retention Time, min	Concentration, mg/L	Amount, mg/100 g
Gallic acid	Not detected	0	0,0
Rutin	19,261	2,56	6,4
Salicylic acid	22,428	0,263	0,7
Quercetin	23,779	2,898	7,3
Apigenin	27,488	0,036	0,1
Kaempferol	Not detected	0	0,0

Based on Table 3, it can be seen that phenolic compounds such as gallic acid and kaempferol were not detected in Urtica dioica L. However, apigenin, salicylic acid, quercetin, and rutin were present. Notably, quercetin and rutin were found in higher amounts in stinging nettle (*Urtica dioica*), with their biologically active content being 7.3 mg and 6.4 mg, respectively.

Indian researchers [11] also performed chromatographic analysis of Urtica dioica L. collected in the northern foothills of the Himalayas and reported a high content of rutin and quercetin in the plant. Among all polyphenols, quercetin and rutin generally constitute the major portion of flavonoids found in our daily diet. Their presence in extracts confirms their therapeutic efficacy.

The presence of these key bioactive compounds in Urtica dioica L. may contribute to the pharmacological effects of nutraceuticals derived from this plant.

Conclusion. The evaluation of the antiradical activity of Urtica dioica L. using the DPPH free radical scavenging method showed that the plant exhibits antiradical activity. The minimum extract volume required to inhibit 50% of radicals (IC_{50}) was 314.64 µL, confirming the medicinal properties of the plant.

The analysis of phenolic compounds revealed that the aerial parts of Urtica dioica L. are rich in flavonoids such as quercetin and rutin. Based on these findings, we recommend the use of the aerial part of Urtica dioica L. for the treatment of diabetes, inflammation, prostate cancer, and liver diseases.

References

1. Dogan A., Dönmez F., Battal A. Novel Drug Targets With Traditional Herbal Medicines. Chapter Urtica dioica L. First Online: 30 September 2022.- pp 553–563. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07753-1_36.
2. Xojimatov O.K., Haydarov X.Q., Xamrayeva D.T., Xujanov A.N. O'zbekiston dorivor o'simliklar atlasi. O'quv qo'llanma. – Samarqand: SamDU nashryoti, 2021. – 199-201 bb.
3. Асқаров И.Р. Табобат қомуси. Т.: "Мумтоз сўз". – 2019. – Б. 1142.
4. Abeer A.M. Potential benefits of urtica dioica and its combination with vitamin E in experimental diabetes. Journal of Medicinal and Pharmaceutical Chemistry. 2025,January,764-772. DOI:10.48309/JMPCR.2025.466825.1325 .
5. Gulcin, I.; Beydemir, S.; Sat, I.G.; Kufrevioglu, O.I. Evaluation of antioxidant activity of cornelian cherry (Cornus mas L.). Acta Aliment. Hung. 2005, 34, 193–202.
6. Blois, M.S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 1958, 181, 1199–1200.
7. Abdullaev, S. S. Antiradical activity of food additives "Askarun" and "Askarufen". Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine, 3(4). -128-133 pp. https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol3.iss4.2024.349.
8. Askarov I. R., Abdullaev, S. S. Mamatkulova, S. A.бAbdulloev O. S. (2024). Antioxidant activity and elemental composition of mixtures of fig and common unabi fruits. Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine, 3(3), 179–205 pp., https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol3.iss3.2024.320.
9. NEXERA жидкостные хроматографы (серия LC-40). https://fortek.uz/ru/khromatografy-zhidkostnye/682-nexera-xr-zhidkostnyj-khromatograf.html.
10. Charnes, A.; Frome, E. L.; Yu, P. L. (1976). "The Equivalence of Generalized Least Squares and Maximum Likelihood Estimates in the Exponential Family". Journal of the American Statistical Association. 71 (353): 169–171.,https://doi.org/10.1080%2F01621459.1976.10481508.
11. Yousuf S, Shabir S, Kauts S, Minocha T, Obaid AA, Khan AA, Mujalli A, Jamous YF, Almaghrabi S, Baothman BK, Hjazi A, Singh SK, Vamanu E, Singh MP. Appraisal of the Antioxidant Activity, Polyphenolic Content, and Characterization of Selected Himalayan, Herbs: Anti-Proliferative Potential in HepG2 Cells. Molecules. 2022 Dec 6;27(23):8629. doi: 10.3390/molecules27238629.