



IF = 9.2

**ANTIRADICAL ACTIVITY OF AQUEOUS EXTRACTS OF
TANACETUM VULGARE L. AND HORSETAIL
(EQUISETUM ARVENSE L.)****Akmaljon Askarov Nodirbek ugli**Andijan State Medical Institute, 2nd-year master's student in
Pharmaceutical Chemistry and Pharmacognosy<https://orcid.org/0009-0001-4654-1094>E-mail: asqarov2541@gmail.com<https://doi.org/10.5281/zenodo.19081690>**ARTICLE INFO**Received: 09th March 2026Accepted: 16th March 2026Online: 17th March 2026**KEYWORDS***Tansy, Equisetum arvense, aqueous extracts, antioxidant activity, DPPH method.***ABSTRACT**

*The antiradical activity of aqueous extracts of mixtures of tansy (*Tanacetum vulgare* L.) and horsetail (*Equisetum arvense* L.) in ratios of 1:1, 1:3, and 3:1 was studied. Extracts were obtained by ultrasonic extraction of the aboveground plant parts with distilled water. Antioxidant activity was assessed by the degree of DPPH radical inhibition ($\lambda = 517$ nm) upon addition of various volumes of extract, followed by calculation of AOF% and IC_{50} . The results were compared with previously studied ethanol extracts.*

**АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ
ПИЖМЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (TANACETUM VULGARE L.) И ХВОЦА
ПОЛЕВОГО (EQUISETUM ARVENSE L.)****Аскарров Акмалжон Нодирбек угли**Андижанский государственный медицинский институт, студент 2 курса
магистратуры по специальности «Фармацевтическая химия и фармакогнозия»<https://orcid.org/0009-0001-4654-1094>E-mail: asqarov2541@gmail.com<https://doi.org/10.5281/zenodo.19081690>**ARTICLE INFO**Received: 09th March 2026Accepted: 16th March 2026Online: 17th March 2026**KEYWORDS***Пижма обыкновенная, хвощ полевой, водные экстракты, антиоксидантная активность, DPPH-метод.***ABSTRACT**

*В работе исследована антирадикальная активность водных экстрактов смесей пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) и хвоща полевого (*Equisetum arvense* L.) при соотношениях 1:1, 1:3 и 3:1. Экстракты получали методом ультразвуковой экстракции надземных частей растений дистиллированной водой. Антиоксидантную активность оценивали по степени ингибирования DPPH-радикала ($\lambda = 517$ нм) при добавлении различных объемов экстракта с последующим расчетом показателей AOF% и IC_{50} . Полученные результаты сопоставлены с ранее изученными спиртовыми экстрактами.*



IF = 9.2

Водные экстракты (настои и отвары) являются наиболее древней и широко используемой формой применения лекарственных растений в народной и официальной медицине. Их популярность обусловлена рядом преимуществ: безопасность (отсутствие органических растворителей), технологичность приготовления, возможность использования в качестве основы для различных лекарственных форм, а также привычность для пациентов [Азаров и др., 2018].

В последние годы наблюдается возрождение интереса к водным извлечениям из лекарственных растений в связи с развитием концепции функционального питания и созданием напитков, обогащенных природными антиоксидантами. Водные экстракты могут быть непосредственно использованы как самостоятельные напитки или служить основой для производства безалкогольных и слабоалкогольных напитков с заданными функциональными свойствами [Shahidi & Ambigaipalan, 2015]. Несмотря на то, что этанол и водно-спиртовые смеси являются более эффективными экстрагентами для большинства фенольных соединений, вода также извлекает значительную часть водорастворимых антиоксидантов из растительного сырья [Dai & Mumper, 2010].

Пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.) содержит водорастворимые формы фенольных соединений, включая гликозиды флавоноидов (лютеолин-7-глюкозид,

апигенин-7-глюкозид), гидроксикоричные кислоты (хлорогеновая, кофейная) в свободной форме, а также дубильные вещества гидролизуемой группы. Эти соединения хорошо растворимы в воде и могут переходить в водные извлечения [Ivănescu et al., 2018].

Хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.) характеризуется высоким содержанием водорастворимых соединений кремния (кремниевые кислоты, силикаты), а также гликозилированных форм флавоноидов (изокверцитрин, кемпферол-3-софорозид), которые значительно лучше растворяются в воде, чем соответствующие агликоны [Mimica-Dukić et al., 2008]. Кроме того, хвощ содержит водорастворимые полисахариды и органические кислоты, которые также могут вносить вклад в общую антиоксидантную активность.

Вопрос о сравнительной эффективности воды и этанола как экстрагентов для получения антиоксидантных экстрактов имеет важное практическое значение. С одной стороны, этанол обеспечивает более полное извлечение фенольных соединений, особенно их агликоновых форм. С другой стороны, вода является более безопасным, дешевым и экологичным растворителем, а получаемые водные экстракты могут быть использованы без дополнительной стадии удаления растворителя [Dai & Mumper, 2010]. В предыдущей работе нами была подробно изучена антирадикальная активность спиртовых экстрактов композиций пижмы и хвоща.



IF = 9.2

Настоящее исследование является логическим продолжением и направлено на сравнительный анализ водных экстрактов тех же композиций.

Цель настоящей работы – исследование антирадикальной активности водных экстрактов смесей пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) и хвоща полевого (*Equisetum arvense* L.) при различных соотношениях компонентов (1:1, 1:3, 3:1) с использованием оптимизированного DPPH-метода и проведение сравнительного анализа с ранее изученными спиртовыми экстрактами.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Получить водные экстракты из смесей пижмы и хвоща в соотношениях 1:1, 1:3 и 3:1 с использованием ультразвуковой экстракции.
2. Исследовать кинетику ингибирования DPPH-радикала водными экстрактами при различных объемах (25-100 мкл) в течение 30 минут.
3. Определить зависимость антиоксидантной активности (AOF%) от объема добавленного экстракта и времени инкубации.
4. Рассчитать значения IC_{50} для каждого образца водных экстрактов.
5. Провести сравнительный анализ активности водных и спиртовых экстрактов и оценить эффективность воды как экстрагента.

Объектами исследования служили надземные части пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.)

и хвоща полевого (*Equisetum arvense* L.), собранные в период цветения (июль-август 2024 года) в Бостанлыкском районе Ташкентской области Республики Узбекистан. Характеристика сырья, его идентификация, сушка, измельчение и хранение подробно описаны в Статье 1.

Для исследования готовили смеси пижмы и хвоща в массовых соотношениях: **Образец А (водный):** пижма : хвощ = 1 : 1; **Образец В (водный):** пижма : хвощ = 1 : 3; **Образец С (водный):** пижма : хвощ = 3 : 1

Точную навеску (1.0000 ± 0.0005 г) каждой растительной смеси помещали в коническую колбу, приливали 25 мл дистиллированной воды и подвергали ультразвуковой экстракции в течение 20 минут при комнатной температуре в ультразвуковой ванне "Sapphire" (Китай) с рабочей частотой 35 кГц и мощностью 100 Вт. Полученные экстракты фильтровали через шприцевые фильтры с диаметром пор 0.45 мкм. В отличие от спиртовых экстрактов, водные экстракты анализировали без разбавления, так как предварительные эксперименты показали, что их активность находится в линейном диапазоне метода.

В работе использовали оптимизированную и валидированную методику DPPH-теста, подробно описанную в Статье 1, с единственным отличием: в качестве экстрагента для контрольных образцов и для доведения объема использовали дистиллированную



воду вместо этанола. Раствор DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил, "Sigma-Aldrich", США, чистота $\geq 95\%$) готовили в концентрации 7.92 мМ в 96% этаноле. Раствор защищали алюминиевой фольгой и выдерживали 30 минут при комнатной температуре в темноте для стабилизации. В кварцевую кювету (4 мл) вносили 3 мл рабочего раствора DPPH и 25, 50, 75 или 100 мкл водного экстракта (неразбавленного). Общий объем доводили до 3.1 мл добавлением дистиллированной воды. Контрольный образец содержал 3 мл DPPH и 100 мкл дистиллированной воды. Оптическую плотность измеряли на спектрофотометре YOKE K7000 (Китай) при длине волны 517 нм непосредственно после добавления экстракта (0 мин), а затем через каждые 5 минут в течение 30 минут (5, 10, 15, 20, 25 и 30 мин). Все измерения проводили в трех повторностях ($n=3$).

Антиоксидантную активность (AOF%) рассчитывали для каждой временной точки по формуле:

$$AOF\% = \frac{D_1 - D_2}{D_1} \times 100\%$$

где D_1 – оптическая плотность контрольного образца (3 мл DPPH + 100 мкл воды), D_2 – оптическая

плотность опытного образца в соответствующий момент времени.

Для расчета IC_{50} (объема экстракта, вызывающего 50% ингибирование DPPH-радикала) строили калибровочные кривые зависимости AOF% от объема экстракта для временной точки 30 мин. Для оценки относительной эффективности воды и этанола как экстрагентов рассчитывали коэффициент соотношения активностей (K) по формуле:

$$K = \frac{AOF\%_{\text{спирт}}}{AOF\%_{\text{водн}}}$$

для объема 100 мкл и времени 30 мин.

Результаты представлены как среднее арифметическое значение \pm стандартное отклонение (mean \pm SD). Статистическую обработку проводили с использованием программ Microsoft Excel 2019 и OriginPro 2021. Достоверность различий оценивали с использованием t-критерия Стьюдента при уровне значимости $p < 0.05$.

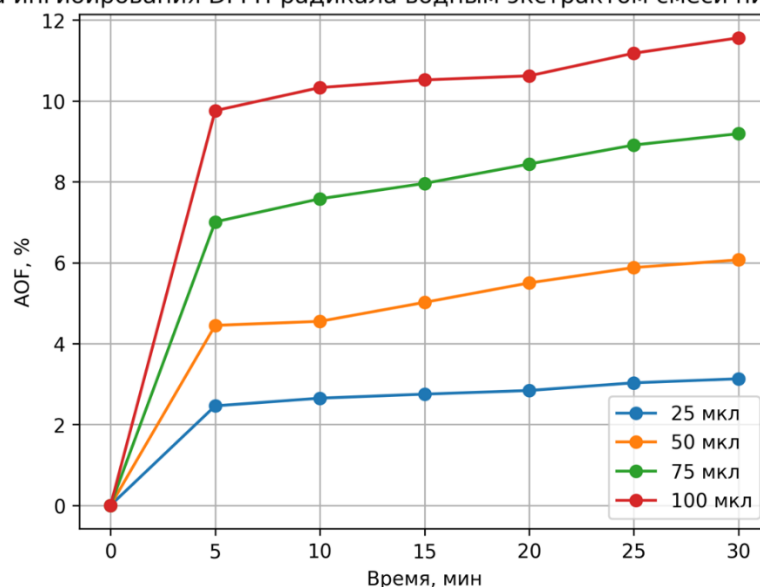
Таблица 1. Оптическая плотность (D_2) и AOF% для водного экстракта смеси пижма:хвощ = 1:1 (mean \pm SD, $n=3$)



Время, мин	25 мкл	АОФ%	50 мкл	АОФ%	75 мкл	АОФ%	100 мкл	АОФ%
0	1.055±0.008	0.00	1.055±0.008	0.00	1.055±0.008	0.00	1.055±0.008	0.00
5	1.029±0.009	2.46±0.13	1.008±0.010	4.45±0.22	0.981±0.011	7.01±0.35	0.952±0.012	9.76±0.45
10	1.027±0.008	2.65±0.14	1.007±0.009	4.55±0.21	0.975±0.010	7.58±0.36	0.946±0.013	10.33±0.48
15	1.026±0.010	2.75±0.15	1.002±0.011	5.02±0.26	0.971±0.012	7.96±0.40	0.944±0.012	10.52±0.49
20	1.025±0.009	2.84±0.14	0.997±0.012	5.50±0.28	0.966±0.013	8.44±0.43	0.943±0.014	10.62±0.52
25	1.023±0.010	3.03±0.16	0.993±0.011	5.88±0.30	0.961±0.014	8.91±0.47	0.937±0.015	11.18±0.55
30	1.022±0.009	3.13±0.15	0.991±0.013	6.07±0.32	0.958±0.015	9.19±0.48	0.933±0.016	11.56±0.57

Рисунок 1.

Кинетика ингибирования DPPH-радикала водным экстрактом смеси пижма:хвощ = 1:1



Водный экстракт смеси 1:1 проявляет умеренную антиоксидантную активность. При добавлении 100 мкл экстракта через 30 минут АОФ% составляет $11.56 \pm 0.57\%$. Для сравнения, спиртовой экстракт того же состава при аналогичных условиях показывал активность 14.12%. Кинетические кривые имеют типичный двухфазный

характер с быстрым ростом активности в первые 10 минут и последующим замедлением. К 30 минутам реакция практически достигает плато (изменение АОФ% за последние 5 минут менее 0.4%).

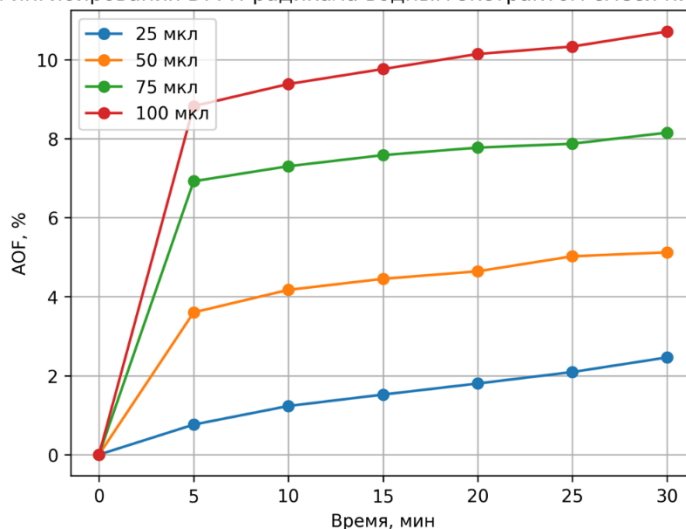
Таблица 2. Оптическая плотность (D_2) и АОФ% для водного экстракта смеси пижма:хвощ = 1:3 (mean \pm SD, n=3)



Время, мин	25 мкл	АОФ%	50 мкл	АОФ%	75 мкл	АОФ%	100 мкл	АОФ%
0	1.055±0.008	0.00	1.055±0.008	0.00	1.055±0.008	0.00	1.055±0.008	0.00
5	1.047±0.009	0.76±0.04	1.017±0.011	3.60±0.19	0.982±0.012	6.92±0.35	0.962±0.013	8.82±0.44
10	1.042±0.010	1.23±0.07	1.011±0.010	4.17±0.21	0.978±0.013	7.30±0.38	0.956±0.014	9.38±0.47
15	1.039±0.009	1.52±0.08	1.008±0.012	4.45±0.24	0.975±0.012	7.58±0.39	0.952±0.015	9.76±0.50
20	1.036±0.011	1.80±0.10	1.006±0.011	4.64±0.23	0.973±0.014	7.77±0.41	0.948±0.016	10.14±0.53
25	1.033±0.010	2.09±0.11	1.002±0.013	5.02±0.27	0.972±0.013	7.87±0.40	0.946±0.015	10.33±0.51
30	1.029±0.012	2.46±0.13	1.001±0.014	5.12±0.28	0.969±0.015	8.15±0.44	0.942±0.017	10.71±0.56

Рисунок 2.

Кинетика ингибирования DPPH-радикала водным экстрактом смеси пижма:хвоц = 1:3



Водный экстракт смеси 1:3 проявляет наименьшую активность среди всех исследованных водных образцов. При добавлении 100 мкл экстракта через 30 минут АОФ% составляет всего $10.71 \pm 0.56\%$, что на 7.4% ниже, чем для смеси 1:1, и на 38% ниже, чем для спиртового экстракта того же состава. Особенно заметна

низкая активность этого образца при малых объемах: при 25 мкл АОФ% составляет лишь 2.46%, что близко к пределу обнаружения метода.

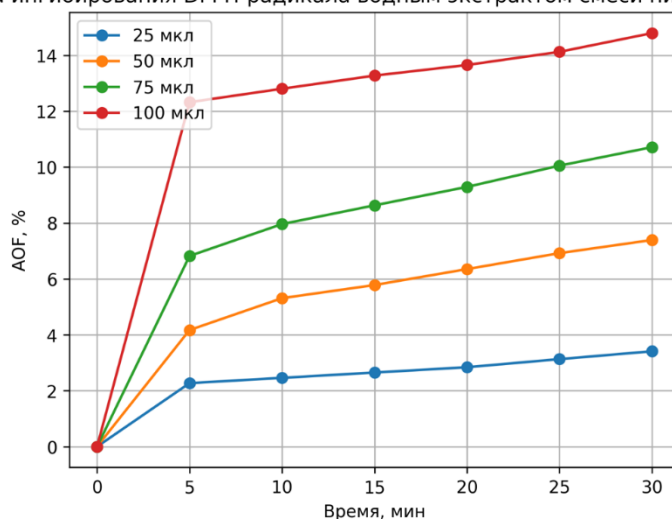
Таблица 3. Оптическая плотность (D_2) и АОФ% для водного экстракта смеси пижма:хвоц = 3:1 (mean \pm SD, n=3)



Время, мин	25 мкл	АОФ%	50 мкл	АОФ%	75 мкл	АОФ%	100 мкл	АОФ%
0	1.055±0.008	0.00	1.055±0.008	0.00	1.055±0.008	0.00	1.055±0.008	0.00
5	1.031±0.010	2.27±0.12	1.011±0.012	4.17±0.22	0.983±0.013	6.82±0.35	0.925±0.015	12.32±0.60
10	1.029±0.009	2.46±0.13	0.999±0.011	5.31±0.27	0.971±0.014	7.96±0.41	0.920±0.016	12.80±0.65
15	1.027±0.011	2.65±0.14	0.994±0.013	5.78±0.30	0.964±0.015	8.63±0.45	0.915±0.017	13.27±0.68
20	1.025±0.010	2.84±0.15	0.988±0.014	6.35±0.34	0.957±0.016	9.29±0.49	0.911±0.018	13.65±0.71
25	1.022±0.012	3.13±0.17	0.982±0.015	6.92±0.38	0.949±0.017	10.05±0.54	0.906±0.019	14.12±0.75
30	1.019±0.013	3.41±0.18	0.977±0.016	7.39±0.41	0.942±0.018	10.71±0.57	0.899±0.020	14.79±0.78

Рисунок 3.

Кинетика ингибирования DPPH-радикала водным экстрактом смеси пижма:хвощ = 3:1



Водный экстракт смеси 3:1 проявляет наибольшую активность среди всех исследованных водных образцов. При добавлении 100 мкл экстракта через 30 минут АОФ% составляет $14.79 \pm 0.78\%$, что в 1.28 раза выше, чем для смеси 1:1, и в 1.38 раза выше, чем для смеси 1:3. Интересно отметить, что активность водного экстракта 3:1 (14.79%) практически сравнялась с

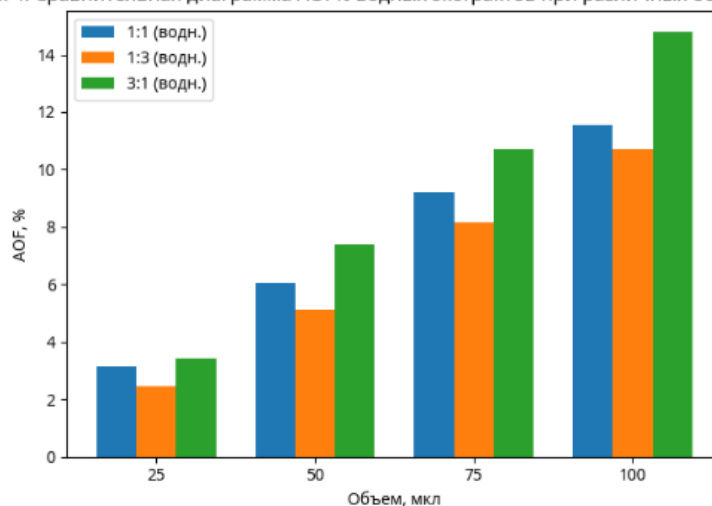
активностью спиртового экстракта 1:1 (14.12%) и даже несколько превысила активность спиртового экстракта 1:3 (13.08%). Однако она все же значительно уступает активности спиртового экстракта 3:1 (21.33%).

Таблица 4. Сравнение АОФ% водных экстрактов при различных объемах (30 мин инкубации)

Объем, мкл	1:1 (водн.)	1:3 (водн.)	3:1 (водн.)
25	3.13 ± 0.15	2.46 ± 0.13	3.41 ± 0.18
50	6.07 ± 0.32	5.12 ± 0.28	7.39 ± 0.41
75	9.19 ± 0.48	8.15 ± 0.44	10.71 ± 0.57
100	11.56 ± 0.57	10.71 ± 0.56	14.79 ± 0.78

Рисунок 4.

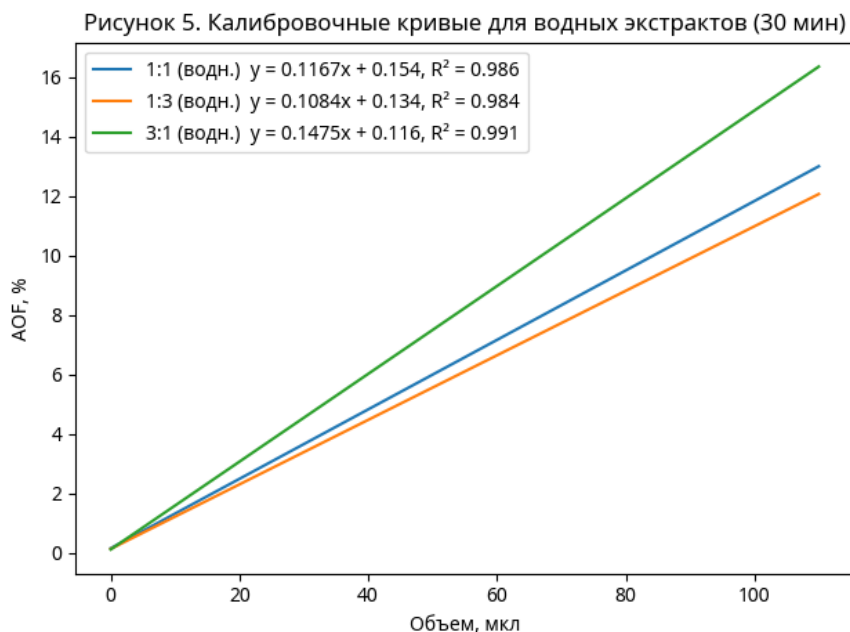
Рисунок 4. Сравнительная диаграмма AOF% водных экстрактов при различных объемах (30 мин)



Как видно из представленных данных, для всех исследованных объемов водный экстракт с соотношением компонентов 3:1 демонстрирует статистически значимо более высокую антиоксидантную активность ($p < 0.05$). Экстракт с соотношением 1:1 занимает промежуточное положение,

а экстракт 1:3 проявляет наименьшую активность.

Для количественной оценки антиоксидантной активности строили калибровочные кривые зависимости AOF% от объема экстракта для временной точки 30 мин.



Высокие значения коэффициентов детерминации ($R^2 > 0.98$) подтверждают линейность зависимости в исследуемом

диапазоне объемов и для водных экстрактов.

Таблица 5. Значения IC_{50} для водных экстрактов

Образец	Уравнение регрессии	R^2	IC_{50} , мкл
1:1 (водн.)	$y = 0.1167x + 0.154$	0.986	427.13
1:3 (водн.)	$y = 0.1084x + 0.134$	0.984	460.02
3:1 (водн.)	$y = 0.1475x + 0.116$	0.991	367.89

Полученные значения IC_{50} полностью коррелируют с данными по AOF%: наименьшее значение IC_{50} (наибольшая активность) соответствует образцу 3:1, наибольшее значение IC_{50} (наименьшая активность) – образцу 1:3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований изучена антирадикальная активность водных

экстрактов смесей пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) и хвоща полевого (*Equisetum arvense* L.) при соотношениях компонентов 1:1, 1:3 и 3:1 с использованием оптимизированного DPPH-метода. Установлено, что все исследованные водные экстракты проявляют дозозависимую антирадикальную активность, возрастающую с увеличением объема добавленного экстракта и времени



инкубации. Кинетика ингибирования DPPH-радикала имеет двухфазный характер с выходом на плато к 30 минутам. Выявлено, что среди водных экстрактов наибольшей антиоксидантной активностью обладает образец с соотношением пижма:хвощ = 3:1. При добавлении 100 мкл этого экстракта через 30 минут инкубации AOF% составляет $14.79 \pm 0.78\%$, что в 1.28 раза выше, чем для смеси 1:1 (11.56%), и в 1.38 раза выше, чем для смеси 1:3 (10.71%). Рассчитаны значения IC_{50} для водных экстрактов: 1:1 – 427.13 мкл; 1:3 – 460.02 мкл; 3:1 – **367.89 мкл**. Наименьшее значение IC_{50} (наибольшая активность) соответствует образцу с

преобладанием пижмы. Проведен сравнительный анализ водных и спиртовых экстрактов. Установлено, что спиртовые экстракты превосходят водные по активности в 1.22-1.44 раза. Наибольшая разница ($K = 1.44$) наблюдается для образца 3:1, что указывает на преобладание спирторастворимых антиоксидантов в пижме. Несмотря на более низкую активность, водные экстракты, особенно образец 3:1, представляют практический интерес для создания функциональных напитков и мягких лекарственных форм благодаря безопасности, технологичности и возможности непосредственного использования.

References:

1. Blois, M.S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 1958, 181, 1199–1200.
2. Gulcin, I., Beydemir, S., Sat, I.G., Kufrevioglu, O.I. Evaluation of antioxidant activity of cornelian cherry (*Cornus mas* L.). *Acta Alimentaria Hung*, 2005, 34, 193–202.
3. Askarov I.R., Muminov M.M., Yusupov M.A. Study of antiradical properties of artichoke (*Cynara scolymus* L.) and milk thistle (*Silybum marianum* L.) vegetable oils. *NamDU Ilmiy Axborotnomasi*, 2024, 11, 173-177.
4. Askarov, I.R., Abdullaev, S.S., Mamatkulova, S.A., & Abdulloev, O.S. Antioxidant activity and elemental composition of mixtures of fig and common unabi fruits. *Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine*, 2024, 3(3), 179–205.
5. Dai, J., Mumper, R.J. Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 2010, 15(10), 7313-7352.
6. Shahidi, F., Ambigaipalan, P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 2015, 18, 820-897.
7. Ivănescu, B., Tuchiluş, C., Corciovă, A., et al. Antioxidant and antimicrobial potential of *Tanacetum vulgare* L. extracts. *Farmacia*, 2018, 66(3), 456-461.
8. Mimica-Dukić, N., Simin, N., Cvejić, J., et al. Phenolic compounds in *Equisetum arvense* L. and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, 56(15), 6630-6636.



9. Stajner, D., Popović, B.M., Čanadanović-Brunet, J., et al. Antioxidant and scavenging activities of Equisetum arvense L. extracts. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 2009, 74(1), 21-31.
10. Nagai, T., Myoda, T., Nagashima, T. Antioxidative activities of water extract and ethanol extract from field horsetail (Equisetum arvense L.). *Food Chemistry*, 2005, 91(3), 389-394.
11. Канарская, З.А., Канарский, А.В., Семакина, Н.В. Исследование антиоксидантной активности экстрактов хвоща полевого. *Вестник Казанского технологического университета*, 2017, 20(14), 151-154.
12. Азаров, О.И., Бачурин, П.Я., Горяинова, И.И. Водные извлечения из лекарственного растительного сырья: современное состояние и перспективы. *Фармация*, 2018, 67(3), 8-12.
13. Molyneux, P. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakar Journal of Science and Technology*, 2004, 26(2), 211-219.
14. Prior, R.L., Wu, X., Schaich, K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53(10), 4290-4302.
15. Mishra, K., Ojha, H., Chaudhury, N.K. Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Food Chemistry*, 2012, 130(4), 1036-1043.
16. Государственная фармакопея СССР. XI издание, выпуск 2. М.: Медицина, 1990, 400 с.