

**ФИТОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА
ОДУВАНЧИКА ЛЕКАРСТВЕННОГО (*TARAXACUM OFFICINALE L.*),
ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Р.А. Джусупова, Д.Д. Суюнғалиева, А.Б. Самиголла, А.К. Кошербаева,
*Н.В. Акатьев

Западно-Казахстанский университет им. М.Утемисова, г. Уральск, Казахстан
*nikolay.akatyev@wku.edu.kz

Аннотация

В настоящей работе исследованы фитохимический состав и антиоксидантная активность водных экстрактов одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale L.*), произрастающего в Западном регионе Казахстана. Оценено количественное содержание фенолов, флавоноидов, танинов, алкалоидов и растительных пигментов в листьях, корнях, соцветиях и цельном растении. Определена общая антиоксидантная и восстанавливающая способность, а также активность по удалению DPPH-, NO-, OH-радикалов и пероксида водорода. Установлено, что корни наиболее богаты фенолами ($38,18 \pm 1,02$ мгGAE/г) и флавоноидами ($40,49 \pm 5,47$ мгQE/г), а листья и соцветия растительными пигментами. Экстракты корней также продемонстрировали высокий уровень общей антиоксидантной ($2,06 \pm 0,21$ ммольАК/г) и восстанавливающей активности ($1,59 \pm 0,35$ ммольАК/г). Среди исследованных экстрактов экстракты цельного растения продемонстрировали самый высокий уровень специфической антиоксидантной активности по удалению DPPH- ($90,21 \pm 3,02\%$), NO- ($90,18 \pm 5,64\%$), OH-радикалов ($31,64 \pm 4,31\%$), а экстракт листьев по поглощению пероксида водорода ($86,17 \pm 5,27\%$). Прямая корреляция общей антиоксидантной и восстанавливающей способности водных экстрактов *T. officinale L.* с содержанием фенольных соединений указывает на их ключевую роль в обеспечении антиоксидантной активности.

Ключевые слова: *Taraxacum officinale L.*, одуванчик лекарственный, анти-

оксидантная активность, фитохимия, фенольные соединения

Введение. Ценность лекарственных растений заключается в их положительном физиологическом действии на организм человека. Одуванчик лекарственный (Рисунок 1.) (*Taraxacum officinale L.*, сем. *Asteraceae*) является фармакопейным растением во многих странах мира. Он может произрастать в самых разных условиях от уровня моря до альпийских возвышенностей, практически на любом типе почвы и даже там, где имело место вмешательство человека: выгоревшие территории, вырубленные леса, заброшенные поля и луга. В Казахстане в качестве фармакопейного растительного сырья зарегистрированы корни *T. officinale L.*, которые применяются в основном как средство, стимулирующее аппетит [1]. Из известных порядка 1000 видов одуванчика на территории Республики Казахстан произрастает 59. Среди них встречаются и эндемичные виды, например *Taraxacum kok-saghyz* - эндемик межгорных долин Тянь-Шаня, который является продуцентом высококачественного каучука [2].

Трава *T. officinale L.* используется в народной медицине в качестве диуретического, желчегонного, противовоспалительного и иммуномодулирующего средства, а также служит источником получения ряда медицинских препаратов (тонзилгон, аристокхол и др.) [3-5]. Первые упоминания терапевтического применения *T. officinale L.* были сделаны ещё арабскими врачами X и XI веков, которые использовали его для лечения печени и селезенки [6].



Рисунок 1. Одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* W.)

В корнях и надземной части *T. officinale* L. содержатся флавоноиды (лютеолин, цинарозид, 7-рамнозилглюкозид лютеолина), гидроксикоричные кислоты и их производные (кофейная, феруловая, хлорогеновая и цикориевые кислоты), тритерпеновые сапонины, стерины и целый ряд других первичных и вторичных метаболитов [7]. Такой обширный фитохимический состав обуславливает не менее широкую фармакологическую активность, включая антиоксидантную, противовоспалительную, химиотерапевтическую, гепатопротекторную, гиполипидемическую, антиатерогенную, гипогликемическую, иммуномодулирующую, антибактериальную, противовирусную, мочегонную и желудочно-кишечную. Фитохимический состав и антиоксидантная активность *T. officinale* L. довольно подробно исследованы в Индии, Китае [8] и Турции [9]. При этом только 12% от общего числа исследовательских работ посвящены непосредственно изучению *T. officinale* L. Доля же исследовательских работ по изучению данного вида (включая морфологию, биологию, генетику, фармакологию и пр.) составляет 35% от общего числа видов рода *Taraxacum* [10]. Несмотря на то, что биоразнообразие флоры Западного региона Казахстана изучено довольно широко, исследования свойств *T. officinale* L. произрастающего на террито-

рии Республики Казахстан, в настоящее время не столь многочисленны. В связи с этим целью настоящего исследования является качественное и количественное изучение фитохимического состава и антиоксидантной активности *T. officinale* L., произрастающего в Западно-Казахстанской области.

Материалы и методы.

Сбор и подготовка растительного материала.

Растения собраны в пригородной зоне г. Уральска, вдали от автомобильных дорог и промышленных предприятий. Растительный материал тщательно промывали под проточной водой, затем 2-3 раза бидистиллированной водой и сушили в проветриваемом затенённом помещении в течение двух недель. Высушенные растения измельчали с помощью электрической мельницы из нержавеющей стали и просеивали через сито с диаметром отверстий 0,5 мм. Полученные образцы использовали для получения экстрактов и фитохимического анализа.

Приготовление экстрактов.

10 г высушенного и измельченного растительного материала трижды экстрагировали в колбе Эрленмейера емкостью 250 мл бидистиллированной водой при 60°C порциями по 100 мл в течение 6 ч. Полученные экстракты объединяли и упаривали. Твердый остаток высушивали при 50°C до постоянной массы. Получен-

ные экстракты хранили в стеклянных флаконах при температуре 4°C и использовали для анализа. Выход экстракции (мг/г) рассчитывали по формуле:

$$\text{Выход экстракции} = \frac{\text{масса экстракта (мг)}}{\text{масса сухого образца (г)}}$$

Определение общего содержания фенолов.

Общее содержание фенолов определяли с использованием реактива Фолина – Чокальтеу [11]. Оптическую плотность измеряли при $\lambda = 760$ нм относительно холостой пробы. Общее содержание фенолов в исследуемых экстрактах определяли по калибровочной кривой галловой кислоты (0-100 $\mu\text{г/мл}$; $y = 0,0497x + 0,0382$; $R^2 = 0,9993$) и выражали в миллиграммах-эквивалентах галловой кислоты (GAE) на грамм массы сухого образца (мгGAE/г). Общее содержание фенолов рассчитывали по формуле:

$$\text{TPC} = \frac{C \cdot V}{M}$$

где, TPC - общее содержание фенолов, мгGAE/г;

C - концентрация галловой кислоты, полученная из калибровочной кривой в (мг/мл);

V - объем экстракта (мл),

M - масса экстракта в (г).

Определение общего содержания флавоноидов

Общее содержание флавоноидов определяли колориметрически с хлоридом алюминия [12] с использованием кверцетина в качестве стандарта. Оптическую плотность измеряли относительно холостого опыта при $\lambda = 510$ нм. Общее содержание флавоноидов рассчитывали по калибровочному графику ($y = 0,0534x + 0,0508$, $R^2 = 0,9994$) и выражали в мг эквивалентов кверцетина (QE) на г экстракта (мгQE/г).

Определение общего содержания танинов.

Танины определяли по методу Фолина-Чокальтеу [13]. Оптическую плотность измеряли при $\lambda = 725$ нм относительно холостой пробы. Содержание та-

нинов определяли по калибровочной кривой галловой кислоты (0-100 $\mu\text{г/мл}$; $y = 0,0285x + 0,0647$; $R^2 = 0,9997$) и выражали в мгGAE/г.

Определение содержания каротиноидов

Содержание каротиноидов определяли спектрофотометрически в ацетоновой вытяжке воздушно-сухого образца. Оптическую плотность измеряли при 662, 645 и 470 нм в кварцевых кюветах ($l = 1,0$ см) на спектрофотометре СФ-56.

Количество каротиноидов (мкг/г сухой массы) рассчитывали по формулам:

$$C_a \text{ (мкг/г)} = 11,24 \cdot A_{662} - 2,04 \cdot A_{645}$$

$$C_b \text{ (мкг/г)} = 20,13 \cdot A_{645} - 4,19 \cdot A_{662}$$

$$C_k \text{ (мкг/г)} = (1000 \cdot A_{470} - 1,9 \cdot C_a - 63,14 \cdot C_b) / 214$$

где C_a - количество хлорофилла А;

C_b - количество хлорофилла В и

C_k - общее содержание каротиноидов;

A_{470} , A_{645} , A_{662} - поглощение при 470 нм, 645 нм и 662 нм соответственно.

Определение содержания антоцианов

Содержание антоцианов определяли путём измерения оптической плотности 1% солянокислой вытяжки воздушно-сухого образца при 530 и 657 нм [14]. Оптическую плотность измеряли при 530 и 657 нм относительно раствора сравнения. Количество антоцианов (мг/г) рассчитывали по формуле:

$$\text{Антоцианы (мг/г)} = A_{530} - (0,25 \cdot A_{657})$$

где A_{530} , A_{657} -поглощение при 530 нм и 657 нм соответственно.

Определение содержания алкалоидов.

Содержание алкалоидов определяли спектрофотометрически с использованием бромкрезолового зеленого [15]. Оптическую плотность измеряли при $\lambda = 470$ нм относительно холостой пробы. Общее содержание алкалоидов рассчитывали по калибровочному графику ($y = 0,0559x + 0,0271$, $R^2 = 0,9991$) и выражали в мг экви-

валентов хирина (QE) на г экстракта (мгQE/г).

Определение общей антиоксидантной активности.

Общую антиоксидантную активность определяли фосфомолибдатным методом с использованием аскорбиновой кислоты в качестве стандарта [16] при 765 нм. Результат выражали в ммоль аскорбиновой кислоты на г экстракта (ммольАК/г).

Определение общей восстанавливающей способности.

Определение основано на способности антиоксидантов восстанавливать Fe (III) до Fe(II). Количество образующегося Fe(II) определяли фотометрически по образованию берлинской лазури при 700 нм. Общую восстанавливающую способность выражали в ммоль эквивалентов аскорбиновой кислоты на г экстракта (ммольАК/г) [17].

Активность по удалению DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил) радикалов.

Способность растительных экстрактов отдавать атомы водорода определяли с помощью обесцвечивания спиртового раствора DPPH [18]. Оптическую плотность измеряли при 517 нм относительно чистого растворителя. Способность экстрактов поглощать радикал DPPH рассчитывали по уравнению:

$$\text{DPPH активность (\%)} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \cdot 100$$

где A_0 – оптическая плотность контрольной пробы, а A_1 - поглощение экстракта.

Активность по поглощению пероксида водорода.

Активность по поглощению пероксида водорода (H_2O_2) определяли с 1,10-фенантролином и солью Мора при 510 нм [19]. В качестве стандарта использовали аскорбиновую кислоту. Процент поглощения пероксида водорода рассчитывали по следующей формуле:

$$\text{Активность по поглощению } H_2O_2 \text{ (\%)} = \frac{A_{\text{образец}}}{A_0} \cdot 100$$

где $A_{\text{образец}}$ – оптическая плотность

раствора, содержащего экстракт или стандарт, соль Мора и пероксид водорода; A_0 - оптическая плотность раствора, содержащего соль Мора и 1,10-фенантролин.

Активность по поглощению гидроксильного радикала.

Активность экстракта по поглощению гидроксильных радикалов определяли по методике с салицилатом натрия и сульфатом железа(II) [20] с использованием маннита в качестве стандарта. Оптическую плотность салицилатного комплекса измеряли при 562 нм. Активность по поглощению гидроксильных радикалов рассчитывали по формуле:

$$\text{Активность по поглощению } OH \cdot \text{ (\%)} = \frac{1 - (A_1 - A_2)}{A_0} \cdot 100$$

где A_0 – оптическая плотность контрольной пробы (без экстракта), A_1 - оптическая плотность пробы содержащей экстракт, A_2 – оптическая плотность пробы без салицилата натрия.

Активность по поглощению NO-радикалов.

Радикалы $NO \cdot$ самопроизвольно образуются при физиологическом pH в водном растворе из нитропруссид натрия ($Na_2[Fe(CN)_5NO]$). $NO \cdot$ -радикалы взаимодействуют с кислородом с образованием нитрит-ионов (NO_2^-), содержание которых определяли спектрофотометрически с использованием реагента Грисса [21] при 546 нм. Процент ингибирования рассчитывали по следующей формуле:

$$\text{Активность по поглощению } NO \cdot \text{ (\%)} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \cdot 100$$

где A_0 - оптическая плотность контрольной пробы, а A_1 - оптическая плотность пробы, содержащей экстракт или стандарт (аскорбиновую кислоту). Количество нитрита, образующегося в присутствии или отсутствии растительного экстракта, оценивали с использованием калибровочной кривой нитрита натрия ($y = 0,211x - 0,045$, $R^2 = 0,9992$).

Все результаты представлены как среднее арифметическое трёх параллельных определений ($n = 3$) \pm стандартное отклонение с доверительной вероятностью 0,95.

Результаты и обсуждение.

Фитохимический состав

Данные фитохимического анализа ли-

стьев, корней, соцветий и цельного растения *T. officinale* L. представлены в таблице 1.

Таблица 1. Фитохимический состав *T. officinale* L.

	Листья	Корни	Соцветия	Цельное растение
Выход экстракции, мг/г	158.4 ± 17.4	123.7 ± 13.2	148.3 ± 19.5	201.5 ± 22.7
Общее содержание фенолов (мгGAE/г)	19.44 ± 0.31	38.18 ± 1.02	21.20 ± 2.30	36.59 ± 4.51
Общее содержание танинов (мгGAE/г)	13.21 ± 3.21	22.09 ± 5.01	14.05 ± 2.37	19.02 ± 6.26
Доля танинов от общего содержания фенолов, %	67,9	57,9	66,3	52,0
Общее содержание флавоноидов (мгQE/г)	15.07 ± 1.51	40.49 ± 5.47	39.99 ± 6.77	29.20 ± 4.48
Суммарное содержание фенолов и флавоноидов, мг/г	34,51	78,67	61,19	65,79
Общее содержание алкалоидов (мгQE/г)	31.01 ± 1.22	15.30 ± 1.60	18.50 ± 1.81	34.40 ± 3.57
Содержание хлорофилла а (мкг/г)	9.25 ± 1.23	0.88 ± 0.09	1.96 ± 0.31	4.59 ± 0.61
Содержание хлорофилла b (мкг/г)	4.10 ± 0.88	1.56 ± 0.95	1.95 ± 0.89	2.39 ± 1.01
Соотношение хлорофилла/b	2.26	0.56	1.00	1.92
Общее содержание каротиноидов (мкг/г)	2.34 ± 0.32	0.40 ± 0.09	2.03 ± 0.12	1.61 ± 0.48
Общее содержание антоцианов (мг/г)	0.23 ± 0.03	0.08 ± 0.01	0.32 ± 0.08	0.12 ± 0.07

Из данных таблицы 1 следует, что выход экстракции варьировался от 123.7 ± 13.2 мг/г сухого веса (корни) до 201.5 ± 22.7 (цельное растение), что в условиях эксперимента соответствует 12,3 и 20,1% содержания экстрагируемых веществ. В целом выход экстракции увеличивается в порядке: корни < соцветия < листья < цельное. Наименьшее количество фенольных соединений обнаружено в листьях (19.44 ± 0.31 мгGAE/г), а наибольшее—в корнях (38.18 ± 1.02 мгGAE/г). Содержание фенольных соединений в цельном растении составляет 36.59 ± 4.51 мгGAE/г. Данные определения общего содержания флавоноидов подтверждают, что их содержание в растении также варьируется в зависимости от его частей. Наиболее высоким и примерно равным содержанием флавоноидов отличаются соцветия и корни (40.49 ± 5.47 и 39.99 ± 6.77 мгQE/г соответственно). Наименьшее же содержание флавоноидов отмечается в листьях (15.07 ± 1.51 мгQE/г). Сум-

марное содержание фенолов и флавоноидов не превышает 80 мг/г сухой массы. Общее содержание танинов варьирует в не очень широких пределах от 13.21 ± 3.21 (листья) до 22.09 ± 5.01 (корни) мгGAE/г. Доля танинов от общего содержания фенолов составляет 57,9 - 66,3%. Танины могут составлять значительную часть общего содержания фенолов в растениях, которое включает в себя не только танины, но и флавоноиды и фенольные кислоты. В доступной литературе отсутствуют сведения об относительном содержании танинов от общего содержания фенолов в *T. officinale* L. Однако показано, что танины присутствуют в спиртовом экстракте листьев *T. officinale* L. наряду с другими фенольными соединениями, флавоноидами и белками [22]. Также упоминается наличие метаболитов фенольной природы в *T. officinale* L., однако доля танинов от общего содержания фенолов не определялась.

Содержание алкалоидов так же

находится в зависимости от части растения. Наибольшее содержание отмечается в цельных растениях 34.40 ± 3.57 мг/г в пересчёте на хинин. Наименьшее количество обнаружено в корнях 15.30 ± 1.60 мг/г.

Содержание хлорофилла обычно связано с зелёной пигментацией листьев растений, где он играет ключевую роль в фотосинтезе. Однако хлорофилл и его предшественники (например, протохлорофилл) также могут в небольших количествах содержаться в корнях. Соотношение фотосинтезирующих пигментов может варьировать, в зависимости от интенсивности освещения, что можно использовать для быстрого выявления стресса растений в засушливых экосистемах. Из таблицы 1 следует, что наибольшее количество хлорофиллов а и b содержится в листьях (9.25 ± 1.23 и 4.10 ± 0.88 соответственно) и цельных растениях (4.10 ± 0.88 и 2.39 ± 1.01). Содержание же указанных пигментов в корнях очень незначительное. Соотношение хлорофиллов a/b варьирует от 0,56 в корнях до 2,26 в листьях, что довольно типично для растительного мира.

Каротиноиды - природные пигменты, содержащиеся в листьях, плодах, цветах и корнях. При этом их распределение в тканях растений может быть неоднородным. Их роль в жизни растений чрезвычайно важна: содержащиеся в листьях лютеин, зеаксантин и *бета*-каротин защищают растение от фотоокислительного повреждения, а каротиноиды, содержащиеся в цветах, способствуют пигментации цветов и привлечению насекомых-опылителей. Фруктам каротиноиды придают характерный цвет, например, крас-

ный у томатов (ликопин) и оранжевый у апельсинов (*бета*-криптоксантин) [23]. Распределение каротиноидов в *T. officinale L.* может варьировать в разных органах растения и зависит от климата и типа почвы, а также существенно различаться в зависимости от географического положения. По данным таблицы 1, в исследованных образцах *T. officinale L.* каротиноиды преобладают в листьях (2.34 ± 0.32 мкг/кг) и соцветиях (2.03 ± 0.12 мкг/г). В корнях и цельных растениях их содержание незначительно.

Антоцианы выполняют в растениях множество важных функций, среди которых обеспечение устойчивости к биотическому и абиотическому стрессу, защита от УФ-излучения и детоксикация тяжёлых металлов [24]. Данные таблицы 1 свидетельствуют, что в зависимости от части растения содержание антоцианов в *T. officinale L.* различается. Наиболее богаты антоцианами соцветия и листья (0.32 ± 0.08 и 0.23 ± 0.03 мг/г соответственно). Содержание антоцианов в корнях составляет 0.08 ± 0.01 мг/г сухой массы.

Как видно, фитохимический состав *T. officinale L.*, произрастающего в Западном регионе Казахстана, довольно обширен как в качественном, так и в количественном отношении и включает в себя широкий спектр первичных и вторичных метаболитов, характерных для растительного мира.

Антиоксидантная активность

Значения общей антиоксидантной активности и общей восстанавливающей способности водных экстрактов *T. officinale L.* представлены в таблице 2.

Таблица 2. Общая антиоксидантная активность и общая восстанавливающая способность водных экстрактов *T. officinale L.*

Часть растения	Общая антиоксидантная активность, (ммольАК/г) *	Общая восстанавливающая способность, (ммольАК/г)
Листья	$1,57 \pm 0,15$	$0,88 \pm 0,27$
Корни	$2.06 \pm 0,21$	$1.59 \pm 0,35$
Соцветие	$1,73 \pm 0,12$	$1.29 \pm 0,21$
Цельное растение	$1.91 \pm 0,18$	$1.54 \pm 0,23$

*1 г чистой аскорбиновой кислоты соответствует 5,67 ммоль.

В сравнении с чистой аскорбиновой кислотой, водные экстракты *T. officinale* L. демонстрируют средние значения обоих показателей. Экстракты корней показывают наибольшее значение общей антиоксидантной активности ($2,06 \pm 0,21$ ммольАК/г), а экстракты листьев – наименьшее ($1,57 \pm 0,5$ ммольАК/г). Общая восстанавливающая способность де-

монстрирует аналогичную тенденцию и снижается в ряду: корни > целое растение > соцветия > листья.

Результаты определения активности водных экстрактов листьев, корней, соцветий и целого растения *T. officinale* L. по удалению радикалов DPPH, в сравнении с чистой аскорбиновой кислотой, показаны на рисунке 2.

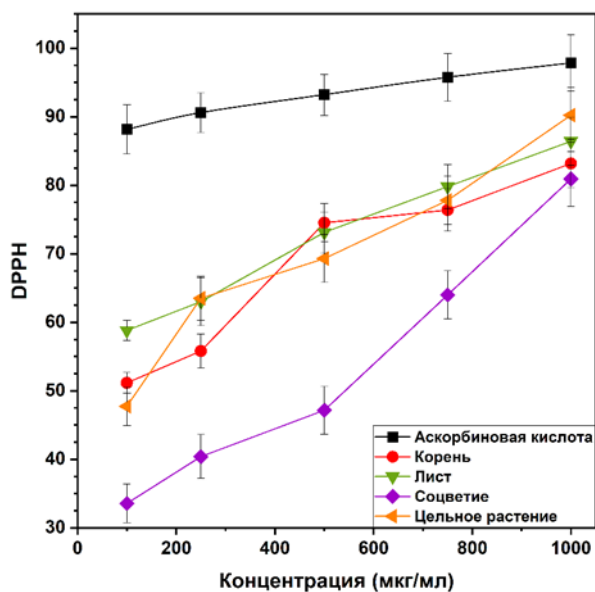


Рисунок 2. Активность водных экстрактов *T. officinale* L. по поглощению DPPH радикалов

Как видно из рисунка 2, активность экстрактов *T. officinale* L. по удалению DPPH-радикалов очень высока, особенно при высоких концентрациях, где данный показатель близок к чистой аскорбиновой кислоте. Способность экстрактов поглощать DPPH-радикалы варьировалась от $33,6 \pm 0,5$ % для экстракта соцветий при 100 мкг/мл до самого высокого значения в $90,2 \pm 11,3\%$ 1000 мкг/мл, обнаруженного для водного экстракта целого растения. В целом, активность по поглощению DPPH возрастает в ряду: соцветие < корни < листья < целое.

Результаты определения активности водных экстрактов *T. officinale* L. по поглощению пероксида водорода показаны на рисунке 3.

Полученные результаты указывают, что значения активности по поглощению пероксида водорода для экстрактов не превышают таковых для чистой аскорбиновой кислоты. При концентрации 1000

мкг/мл активность по поглощению пероксида водорода составляет 70,6, 86,2, 69,8, 81,5% для корней, листьев, цветов и целого растения соответственно. Результаты показывают, что независимо от концентрации, активность исследуемых экстрактов по поглощению пероксида водорода увеличиваются в порядке: соцветие < корни < листья < целое растение.

Гидроксильный радикал ($\cdot\text{OH}$) является наиболее реакционноспособной и самой опасной активной формой кислорода и одним из самых мощных окислителей, способных к неселективным быстрым реакциям с окружающими химическими веществами практически любой химической природы [25]. Поэтому определение активности растительных экстрактов по удалению гидроксильных радикалов имеет ключевое значение при исследовании антиоксидантных свойств. Результаты определения активности водных экстрактов *T. officinale* L. по погло-

щению гидроксильных радикалов в сравнении с маннитом в качестве стандарта представлены на рисунке 4.

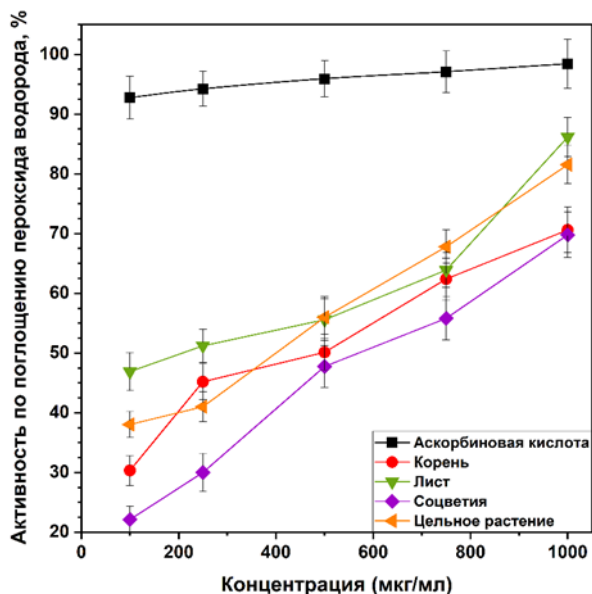


Рисунок 3. Активность водных экстрактов *T. officinale* L. по поглощению пероксида водорода

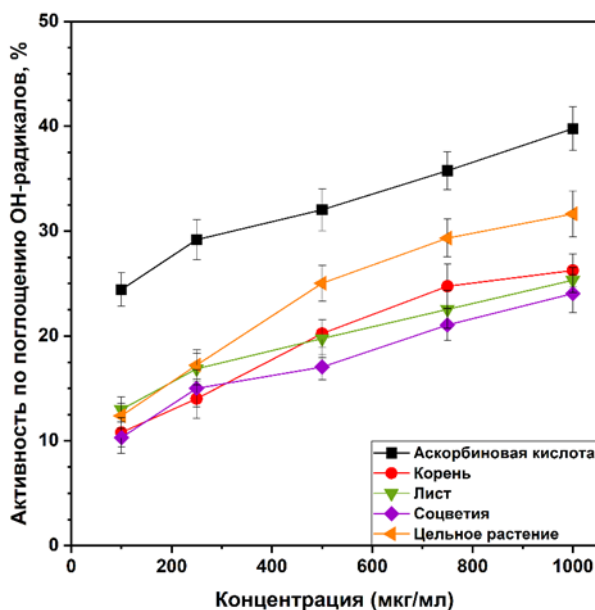


Рисунок 4. Активность водных экстрактов *Taraxacum officinale* L. по поглощению ОН-радикалов

Способность водных экстрактов *T. officinale* L. поглощать гидроксильные радикалы несколько ниже, чем аналогичная способность относительно DPPH-радикалов и пероксида водорода, и варьирует от $10,3 \pm 0,6$ % для экстракта соцветий при 100 мкг/мл до самого высокого уровня в $31,6 \pm 10,5$ %, обнаруженного

для экстракта цельного растения 1000 мкг/мл. Активность по поглощению гидроксильного радикала увеличивается в ряду соцветие < листья < корни < цельное растение.

Радикалы оксида азота (NO-радикалы) участвуют в перекисном окислении липидов и вовлечены в патогенез

хронических воспалительных процессов. Следовательно, экстракты, которые могли бы действовать, как поглотители NO· или ингибиторы его выработки, особенно с соответствующей низкой цитотоксичностью, могли бы быть с успехом исполь-

зованы для борьбы с воспалительными процессами в организме.

Результаты оценки активности водных экстрактов *T. officinale L.* по удалению NO·-радикалов показаны на рисунке 5.

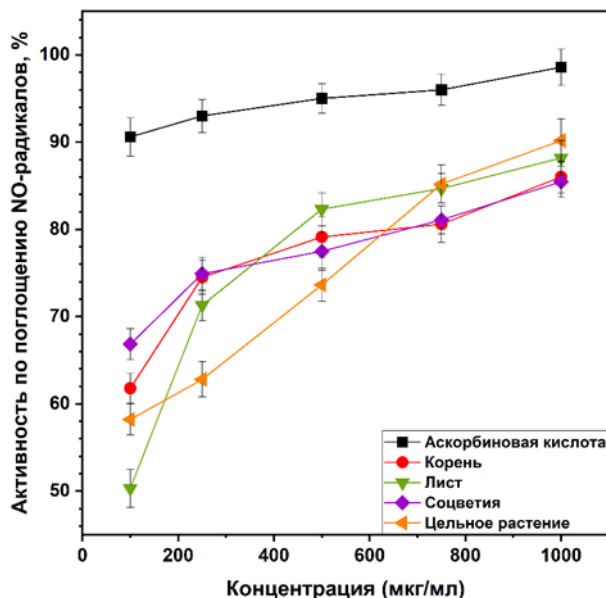


Рисунок 5. Активность водных экстрактов *T. officinale L.* по поглощению NO-радикалов

Способность водных экстрактов *T. officinale L.* поглощать NO·-радикалы, как и в случаях других видов специфической антиоксидантной активности, имеет прямую концентрационную зависимость, с наибольшими значениями при максимально высокой концентрации. Наилучшей способностью удалять NO·-радикалы обладает водный экстракт цельного растения ($90,2 \pm 9,3\%$ при 1000 мкг/мл), а экстракты корней и соцветий наименьшей.

Корреляция антиоксидантных свойств водных экстрактов T. officinale L. с фитохимическим составом.

Очевидно, что практически полезные свойства растительных экстрактов, в том числе и антиоксидантные, определяет их фитохимический состав. Для *T. officinale L.* ранее уже отмечалась корреляция антиоксидантной активности водных экстрактов с содержанием фенолов [26].

В настоящей работе выявлены довольно чёткие корреляции общей антиок-

сидантной и восстанавливающей активности водных экстрактов *T. officinale L.* с общим содержанием фенольных соединений, танинов и суммарным содержанием фенолов и флавоноидов (рисунок 6.)

Выявленные зависимости однозначно демонстрируют ключевую роль фенольных соединений в общей антиоксидантной и восстанавливающей активности водных экстрактов *T. officinale L.* При этом отсутствует видимая корреляция с общим содержанием флавоноидов, однако очевидно, что эти фитоконпоненты также принимают непосредственное участие в обеспечении общей антиоксидантной активности исследуемых экстрактов. При этом какая-либо отчётливая корреляция фитохимического состава и специфической антиоксидантной активности не выявлена, что, по-видимому, обусловлено тем, что активность водных экстрактов *T. officinale L.* по поглощению DPPH-, NO· и OH·-радикалов, а также пероксида водорода определяется целым комплексом фитоконпонентов различной природы,

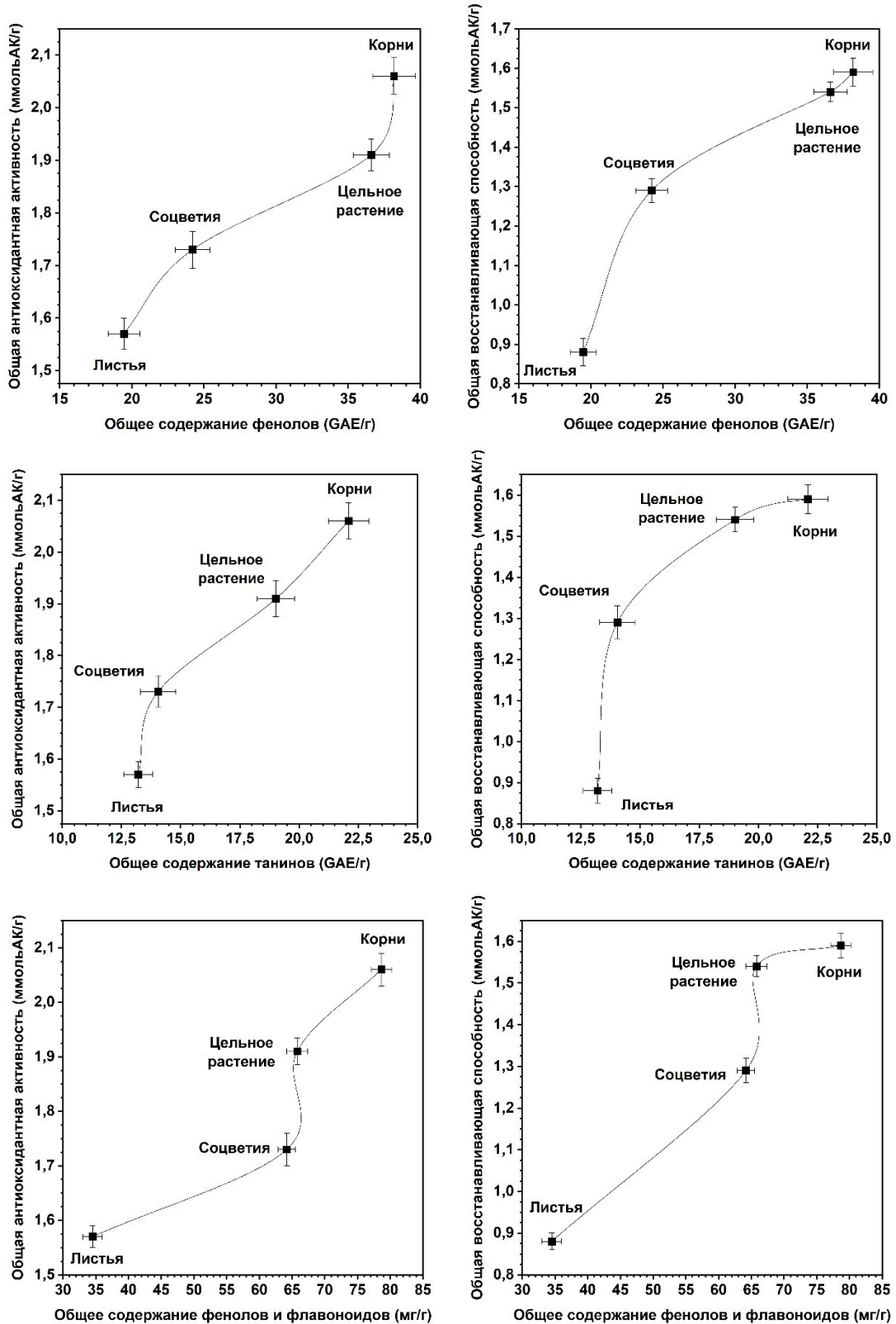


Рисунок 6. Корреляция общей антиоксидантной активности и общей восстанавливающей способности водных экстрактов *T. officinale* W. с общим содержанием фенолов (А), общим содержанием танинов (Б) и суммарным содержанием фенолов и флавоноидов (В).

причём для каждого вида антиоксидантной активности качественный и количественный состав этого комплекса значительно отличается.

Заключение. На сегодняшний день одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* L.) является одним из наиболее фармакологически важных лекарственных растений. Практически повсеместная доступность позволяет рассматривать его как один из первостепенных объектов для исследования и использования в фармакологических целях. В настоящем исследовании комплексно изучен фитохимический состав и антиоксидантная активность водных экстрактов *T. officinale* L. в зависимости от частей растения. Результаты показали, что *T. officinale* L., произрастающий на территории Западно-Казахстанской области, обладает достаточным содержанием биологически активных веществ и чрезвычайно важным и разнообразным спектром антиоксидантных свойств, что определяет его как ценное сырьё для производства дешёвых, доступных и эффективных лекарственных фитопрепаратов.

Список использованных источников

1. Платонов В. В. и др. Химический состав гексанового экстракта корней дикорастущего одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg., семейство Астровые–*Asteraceae*) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2022. – Т. 16. – №. 2. – С. 106-126.
2. Uteulin, Kairat & Bari, Gabit & Zheksenbai, A. (2020). Dandelion kok-saghyz (*taraxacum kok-saghyz* l. Rodin) as a one-year culture developed under conditions of southeast kazakhstan. The bulletin. – №. 3. – С. 36-42.
3. Азнагулова А. В. Особенности стандартизации нового вида лекарственного растительного сырья – травы одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg) // Аспирантский вестник Поволжья. -2014. - №5. - С. 150-151
4. González-Castejón M., Visioli F., Rodriguez-Casado A. Diverse biological activities of dandelion //Nutrition reviews. – 2012. – Т. 70. – №. 9. – С. 534-547.
5. Yang Y, Tian K, Hao J, Pei SJ, Yang YX (2004) Biodiversity and biodiversity conservation in Yunnan, China. *Biodivers Conserv* 13:813–826
6. Orhan I et al. Two isoflavones and bioactivity spectrum of the crude extracts of *Iris germanica* rhizomes. *Phytother Res* 2003; 17(5): 575–7.
7. Martinez M. et al. *Taraxacum officinale* and related species - An ethnopharmacological review and its potential as a commercial medicinal plant //Journal of Ethnopharmacology. – 2015. – Т. 169. – С. 244-262.
8. Grauso L. et al. Common dandelion: A review of its botanical, phytochemical and pharmacological profiles // *Phytochemistry Reviews*. – 2019. – Vol. 18. – №. 4. – С. 1115-1132.
9. Wolanin M. et al. Taxonomy and distribution of *Taraxacum* sect. *Erythrosperma* (*Asteraceae*) in Poland // *PhytoKeys*. – 2023. – №1. 224. – С. 1-88
10. González-Castejón M., Visioli F., Rodriguez-Casado A. Diverse biological activities of dandelion //Nutrition reviews. – 2012. – Vol. 70. – №. 9. – С. 534-547.
11. Ivanov I. G. Polyphenols content and antioxidant activities of *Taraxacum officinale* FH Wigg (dandelion) leaves //Int. J. Pharmacogn. Phytochem. Res. – 2014. – Т. 6. – С. 889-893.
12. Jia Zhishen. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. / Jia Zhishen, Tang Mengcheng, Wu Jianming. // *Food chemistry*. –1999. – № 64. – С. 555–559.
13. CI K. C., Indira G. Quantitative estimation of total phenolic, flavonoids, tannin and chlorophyll content of leaves of *Strobilanthes Kunthiana* (Neelakurinji) //J. Med. Plants. – 2016. – Т. 4. – С. 282-286.
14. Khodabande S.Z. Antioxidant activity of *Chelidonium majus* extract at phenological stages // *Applied Biological Chemistry*. – 2017. – № 60. – P. 497-503.
15. Tambe V. D., Bhambar R. S. Estimation of total phenol, tannin, alkaloid and flavonoid in *Hibiscus tiliaceu* // *Advances in Bioscience and Biotechnology*, Vol.10

No.12, P. 10-18.

16. Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C.L.W.T. (1995) Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *LWT-Food Science and Technology*, №. 28, C. 25-30.

17. Govindan, P., Muthukrishnan, S. (2013). Evaluation of total phenolic content and free radical scavenging activity of *Boerhavia erecta*. *Journal of Acute Medicine*, №. 3, C. 103–109.

18. B. Hazra, S. Biswas, N. Mandal. (2008) Antioxidant and free radical scavenging activity of *Spondias pinnata*. *BMC Complement. Altern. Med.*, №. 8, Article 63.

19. D. Mukhopadhyay, P. Dasgupta, D. Sinha Roy, S. Palchoudhuri, I. Chatterjee, S. Ali, S. Ghosh Dastidar. (2015) A Sensitive In vitro Spectrophotometric Hydrogen Peroxide Scavenging Assay using 1,10-Phenanthroline. *Free Radicals Antioxidants*, №. 6, C. 124–132.

20. Saeed N., Khan M. R., Shabbir M. *BMC Complement. In vitro antiplasmodial, antileishmanial and antitrypanosomal activities of selected medicinal plants used in the traditional Arabian Peninsular region/ N. Saeed// Altern. Med.* – 2012. - № 12. C. 49.

21. Sreejayan, Rao M.N. (1997) Nitric oxide scavenging by curcuminoids. *J. Pharm. Pharmacol.*, vol. 49, №. 1, C. 105–107.

22. Dawande V., Gurav R. Total phenolics, flavonoids content and antioxidant activities of 31 some *Eulophia* species / Varsha Dawande // *J. Med. plants Study*. - 2017. - № 5. - C. 106 -111.

23. Hazra B., Biswas S. & Mandal N. Antioxidant and free radical scavenging activity of *Spondias pinnata*/B. Hazra // *BMC Complement Altern Med.* – 2008. - № 8: 63.

24. Kováčik J. et al. Dandelion *Taraxacum linearisquameum* does not reflect soil metal content in urban localities // *Environmental pollution*. – 2016. – T. 218. – C. 160-167.

25. G. Samak, R. P. Shenoy, S. M. Manjunatha, K. S. Vinayak. (2009) Superoxide and hydroxyl radical scavenging actions of botanical extracts of *Wagatea spicata*. *Food Chem.*, №. 115, C. 631–634.

26. Petkova, Nadezhda Traycheva, Ivan Ivanov, Stanka Topchieva, Panteley

Denev, u Atanas Pavlov. «Biologically Active Substances and in Vitro Antioxidant Activity of Different Extracts from Dandelion (*Taraxacum officinale*) Roots». *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*, Vol. XIX. – 2022. – T. 230. – C. 110-120.

References

1. Platonov V. V. i dr. Himicheskiy sostav geksanovogo ekstrakta kornej dikorastushchego oduvanchika lekarstvennogo (*Taraxacum officinalis* Wigg., semejstvo Astrovye–Asteraceae) // *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij. Elektronnoe izdanie*. – 2022. – T. 16. – №. 2. – P. 106-126.

2. Uteulin, kairat & bari, gabit & zheksenbai, a.. (2020). Dandelion koksaghyz (*taraxacum kok-saghyz* l. Rodin) as a one-year culture developed under conditions of southeast kazakhstan. *The bulletin*. № 3. P. 36-42.

3. Aznagulova A. V. Osobennosti standartizacii novogo vida lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya – travy oduvanchika lekarstvennogo (*Taraxacum officinale* Wigg) // *Aspirantskiy vestnik Povolzh'ya*. 2014. №5. P. 150-151

4. González-Castejón M., Visioli F., Rodriguez-Casado A. Diverse biological activities of dandelion // *Nutrition reviews*. – 2012. – T. 70. – №. 9. – C. 534-547.

5. Yang Y, Tian K, Hao J, Pei SJ, Yang YX (2004) Biodiversity and biodiversity conservation in Yunnan, China. *Biodivers Conserv* 13:813–826

6. Orhan I et al. Two isoflavones and bioactivity spectrum of the crude extracts of *Iris germanica* rhizomes. *Phytother Res* 2003; 17(5): 575–7.

7. Martinez M. et al. *Taraxacum officinale* and related species - An ethnopharmacological review and its potential as a commercial medicinal plant // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2015. – T. 169. – C. 244 -262.

8. Grauso L. et al. Common dandelion: A review of its botanical, phytochemical and pharmacological profiles // *Phytochemistry Reviews*. – 2019. – Vol. 18. – №. 4. – C. 1115-1132.

9. Wolanin M. et al. Taxonomy and distribution of *Taraxacum* sect. *Erythrosperma* (Asteraceae) in Poland // *PhytoKeys*. –

– 2023. – №1. 224. – С. 1-88

10. González-Castejón M., Visioli F., Rodríguez-Casado A. Diverse biological activities of dandelion // *Nutrition reviews*. – 2012. – Vol. 70. – №. 9. – С. 534-547.

11. Ivanov I. G. Polyphenols content and antioxidant activities of *Taraxacum officinale* FH Wigg (dandelion) leaves // *Int. J. Pharmacogn. Phytochem. Res.* – 2014. – Т. 6. – С. 889-893.

12. Jia Zhishen. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. / Jia Zhishen, Tang Mengcheng, Wu Jianming. // *Food chemistry*. – 1999. – № 64. – С. 555–559.

13. CI K. C., Indira G. Quantitative estimation of total phenolic, flavonoids, tannin and chlorophyll content of leaves of *Strobilanthes Kunthiana* (Neelakurinji) // *J. Med. Plants*. – 2016. – Т. 4. – P. 282-286.

14. Khodabande S.Z. Antioxidant activity of *Chelidonium majus* extract at phenological stages // *Applied Biological Chemistry*. – 2017. – № 60. – P. 497-503.

15. Tambe V. D., Bhambar R. S. Estimation of total phenol, tannin, alkaloid and flavonoid in *Hibiscus tiliaceu* // *Advances in Bioscience and Biotechnology*, Vol.10 No.12, P. 10-18.

16. Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C.L.W.T. (1995) Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *LWT-Food Science and Technology*, №. 28, P. 25-30.

17. Govindan, P., Muthukrishnan, S. (2013). Evaluation of total phenolic content and free radical scavenging activity of *Boerhavia erecta*. *Journal of Acute Medicine*, №. 3, P. 103–109.

18. B. Hazra, S. Biswas, N. Mandal. (2008) Antioxidant and free radical scavenging activity of *Spondias pinnata*. *BMC Complement. Altern. Med.*, №. 8, Article 63.

19. D. Mukhopadhyay, P. Dasgupta, D. Sinha Roy, S. Palchoudhuri, I. Chatterjee, S. Ali, S. Ghosh Dastidar. (2015) A Sensitive In vitro Spectrophotometric Hydrogen Peroxide Scavenging Assay using 1,10-Phenanthroline. *Free Radicals Antioxidants*, №. 6, P. 124–132.

20. Saeed N., Khan M. R., Shabbir M. *BMC Complement. In vitro antiplasmodial, antileishmanial and antitrypanosomal activ-*

ities of selected medicinal plants used in the traditional Arabian Peninsular region/ N. Saeed// Altern. Med. – 2012. - № 12. P. 49.

21. Sreejayan, Rao M.N. (1997) Nitric oxide scavenging by curcuminoids. *J. Pharm. Pharmacol.*, vol. 49, №. 1, P. 105–107.

22. Dawande V., Gurav R. Total phenolics, flavonoids content and antioxidant activities of 31 some *Eulophia* species / Varsha Dawande // *J. Med. plants Study*. - 2017. - № 5. - P. 106 -111.

23. Hazra B., Biswas S. & Mandal N. Antioxidant and free radical scavenging activity of *Spondias pinnata*/B. Hazra // *BMC Complement Altern Med.* – 2008. - № 8: 63.

24. Kováčik J. et al. Dandelion *Taraxacum linearisquameum* does not reflect soil metal content in urban localities // *Environmental pollution*. – 2016. – Т. 218. – P. 160-167.

25. G. Samak, R. P. Shenoy, S. M. Manjunatha, K. S. Vinayak. (2009) Superoxide and hydroxyl radical scavenging actions of botanical extracts of *Wagatea spicata*. *Food Chem.*, №. 115, P. 631–634.

26. Petkova, Nadezhda Traycheva, Ivan Ivanov, Stanka Topchieva, Panteley Denev, u Atanas Pavlov. «Biologically Active Substances and in Vitro Antioxidant Activity of Different Extracts from Dandelion (*Taraxacum officinale*) Roots». *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*, Vol. XIX. – 2022. – Т. 230. – P. 110-120.

**Материал поступил в редакцию
15.05.2024**

Батыс Қазақстан облысында өсетін дәрілік бақбақтың (*Taraxacum officinale* W.) фитохимиялық құрамы және антиоксиданттық қасиеттері

Аңдатпа

Бұл жұмыста Қазақстанның Батыс аймағында өсетін бақбақтың (*Taraxacum officinale* W.) сулы сығындыларының фитохимиялық құрамы мен антиоксиданттық белсенділігі зерттелді. Жапырақтардағы, тамырлардағы, гүлшоғырлардағы және тұтас өсімдіктегі фенолдардың, флавоноидтардың, таниндердің, алкалоидтардың және өсімдік пигменттерінің сандық құрамы бағаланды. Жалпы антиокси-

данттық және қалпына келтіру қабілеті, сонымен қатар DPPH-, NO-, OH-радикалдарын және сутегі асқын тотығын жою белсенділігі анықталды. Тамыры фенолдарға ($38,18 \pm 1,02$ мгGAE/г) және флавоноидтарға ($40,49 \pm 5,47$ мгQE/г) ең бай, ал жапырағы мен гүлшоғы өсімдік пигменттеріне ең бай екені анықталды. Тамыр сығындылары сонымен қатар жалпы антиоксиданттың ($2,06 \pm 0,21$ ммольАК/г) және қалпына келтіру белсенділігінің ($1,59 \pm 0,35$ ммольАК/г) жоғары деңгейін көрсетті. Зерттелген сығындылардың ішінде тұтас өсімдік сығындылары DPPH- ($90,21 \pm 3,02\%$), NO- ($90,18 \pm 5,64\%$), OH-радикалдары ($31,64 \pm 4,31\%$) және сутегі асқын тотығын сіңіру бойынша жапырақ сығындысы ($86,17 \pm 5,27\%$). *T. officinale* W. сулы сығындыларының жалпы антиоксиданттық және қалпына келтіру қабілетінің фенолдық қосылыстармен тікелей байланысы олардың антиоксиданттық белсенділікті қамтамасыз етудегі негізгі рөлін көрсетеді.

Түйінді сөздер: *Taraxacum officinale* W., бақбақ, антиоксиданттық белсенділік, фитохимия, фенолды қосылыстар

Материал баспаға 15.05.24 түсті

Phytochemical composition and antioxidant properties of dandelion (Taraxacum officinale W.) locally grown in the West Kazakhstan region

Summary

*In this work, the phytochemical composition and antioxidant activity of aqueous extracts of dandelion (*Taraxacum officinale* L.), growing in the West Kazakhstan region, were studied. The content of phenols, flavonoids, tannins, alkaloids and plant pigments in leaves, roots, inflorescences and the whole plant was established. Total antioxidant and reducing capacity, as well as the activity to scavenge DPPH-, NO-, OH-radical and hydrogen peroxide, were also determined. The highest concentrations of flavonoids (40.49 ± 5.47 mgQE/g) and phenolics (38.18 ± 1.02 mgGAE/g) were found in the roots, while the highest concentrations of plant pigments were found in the leaves and inflorescences. Root extracts showed high levels of total antioxidant (2.06 ± 0.21 mmolAA/g) and reducing activity (1.59 ± 0.35 mmolAA/g). Among the examined extracts, whole plant extracts showed the highest level of specific antioxidant activity in scavenging DPPH- ($90.21 \pm 3.02\%$), NO- ($90.18 \pm 5.64\%$), OH-radicals ($31.64 \pm 4.31\%$), and extracts from leaves show the highest level of hydrogen peroxide scavenging activity ($86.17 \pm 5.27\%$). A direct correlation of the total antioxidant and reducing capacity of aqueous extracts of *T. officinale* L. with the content of phenolic compounds indicates their crucial role in providing antioxidant activity.*

Keywords: *Taraxacum officinale* L., dandelion, antioxidant activity, phytochemistry, phenolic compounds

Material received on 15.05.24

Вклад авторов. Наибольший вклад распределен следующим образом: **Акатъев Николай Владимирович** – идея работы, общее руководство выполнением работы, написание введения, аннотации, заключения; **Джусупова Римма Алексеевна, Самиголла Альбина Булатқызы** – сбор и подготовка растительного материала, получение экстрактов, проведение фитохимического анализа и обработка результатов, написание раздела «Фитохимический состав»; **Суянгалиева Даниля Дауреновна,**

Көшербаева Аружан Қанатқызы – исследование антиоксидантной активности экстрактов, обработка результатов, поиск и описание корреляций антиоксидантных свойств и фитохимического состава, написание раздела «Антиоксидантная активность».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.