

**СОДЕРЖАНИЕ И АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТОВ  
ЭТИЛАЦЕТАТНЫХ ЭКСТРАКТОВ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ  
В ГОРИССКОМ РЕГИОНЕ АРМЕНИИ**

**С. А. АЙРАПЕТЯН, Л. Р. ВАРДАНЯН и Р. Л. ВАРДАНЯН**

Горисский государственный университет  
Армения, 3205, Горис, ул. Авангарда, 4  
факс (24810); E-mail: vrazmik@rambler.ru

Поступило 9 III 2014

На примере модельной реакции окисления кумола исследовано антиоксидантное действие этилацетатных экстрактов из 42 лекарственных и пряно-ароматических растений, произрастающих в Горисском регионе Армении. Кинетическим методом определено суммарное содержание антиоксидантных веществ в исследованных экстрактах и их антиоксидантная активность в интервале температур 328-348 К. Установлено, что из исследованных экстрактов наибольшее количество антиоксидантных веществ содержится в листьях платана восточного –  $2 \cdot 10^{-4}$  моль/л в 1 мг экстракта. Определена температурная зависимость для констант скоростей реакции линейного обрыва цепей на ингибиторах, характеризующих антиоксидантную активность исследованных экстрактов. По антиоксидантной активности отличаются экстракты из перца овощного, листьев подсолнечника клубненосного и кольквиции приятной ( $k_2 > 1.5 \cdot 10^5$  л/моль·с).

Рис. 4, табл. 2, библиографические ссылки 10.

В последние десятилетия большое внимание уделяется исследованию антиоксидантных свойств эфирных масел и экстрактов растений. Это связано с тем, что с целью защиты от внешних воздействий (УФ облучение, радиация, температура и т.д.) растения вырабатывают в достаточном количестве вещества, обладающие антиоксидантными и антирадикальными свойствами. Причем лечебные свойства лекарственных растений во многом зависят от количественного содержания этих веществ – фенольные соединения, витамины, дубильные вещества, лигнин и т.д. Интерес к антиоксидантам растительного происхождения более всего связан с тем, что они являются нетоксичными и быстроус-

вояемыми организмом человека веществами. Эти соединения обладают высокой антиоксидантной активностью и с успехом могут быть использованы в технологии получения полимеров, при переработке нефтяных продуктов, с целью стабилизации различных органических веществ [1], в защите живых организмов от вредного воздействия кислорода, света, радиоактивного излучения и т.д. [2].

Образование и накопление в растениях фармакологически активных веществ, в том числе и антиоксидантов, является динамическим процессом, изменяющимся в онтогенезе растения, а также зависящим от многочисленных факторов внешней среды [3,4]. Поэтому изучение содержания антиоксидантных веществ и их антиоксидантной активности для экстрактов или эфирных масел лекарственных растений, произрастающих в данной географической зоне, представляет большой интерес.

Целью данной работы является изучение содержания и активности антиоксидантов экстрактов растений, произрастающих в Горисском регионе Армении, отличающемся высокой экологической чистотой.

### **Экспериментальная часть**

Для исследования были выбраны растения различных семейств, широко распространенные в Армении. Образцы растений собраны в 2012-2013гг. в фазу цветения, за исключением листьев дуба восточного, вишни птичьей, сирени широколистной, клена грузинского, платана восточного и перца овощного. Собранные образцы высушивали при температуре 313К до постоянного веса и растирали в керамической ступке до порошкообразного состояния (размер частиц  $\leq 1$  мм). К полученному порошку добавляли дважды перегнанный этилацетат с соотношением 1:20 (на 1 г порошка 20 мл этилацетата), выдерживали при комнатной температуре в течение суток и затем отфильтровывали через бумажный фильтр. После испарения растворителя при комнатной температуре экстракт высушивали до постоянного веса в вакуумном шкафу.

Антиоксидантные свойства полученных экстрактов и их количественное содержание определяли кинетическим методом. В качестве модельной реакции использовали инициированное азо-ди-изобутиронитрилом (АИБН) окисление кумола. Опыты по окислению проводили на газометрической установке с автоматическим регулированием давления [5]. Концентрация кумола во всех опытах составляла 2.87 моль/л, объем реакционной смеси – 5 мл. Растворителем служил хлорбензол. Использованные реактивы (кумол, АИБН, хлорбензол) очищали по стандартной методике [6].

## Обсуждение результатов

Окисление кумола в присутствии всех исследованных экстрактов протекает с четко выраженными периодами индукции. Это свидетельствует о том, что экстракты содержат в достаточном количестве вещества, обладающие антиоксидантными свойствами. Для иллюстрации на рис. 1 представлены кинетические кривые поглощения кислорода окисляющегося кумола соответственно в отсутствие (1) и в присутствии (2, 3) экстракта из листьев платана восточного. Полученные экспериментальные значения периодов индукции описываются (рис. 2 а, б) уравнением (1)%

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

где  $[InH]_0$  — исходная концентрация антиоксидантных веществ в исследованных экстрактах;  $V_i$  — скорость инициирования;  $f$  — стехиометрический коэффициент ингибирования (число радикалов, обрывающихся на одной молекуле ингибитора), по которому вычисляли содержание антиоксидантных веществ.

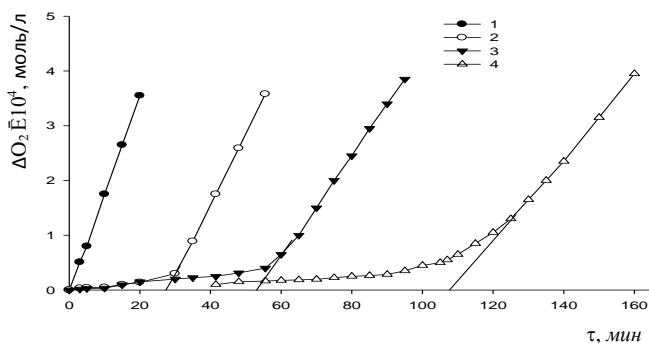


Рис. 1. Кинетические кривые поглощения кислорода при окислении кумола в отсутствие (1) и в присутствии 1 (2), 2 (3) и 4 мг (4) экстракта из листьев платана.  $V_i = 1.25 \cdot 10^{-7}$  моль/л·с,  $T=348K$ .

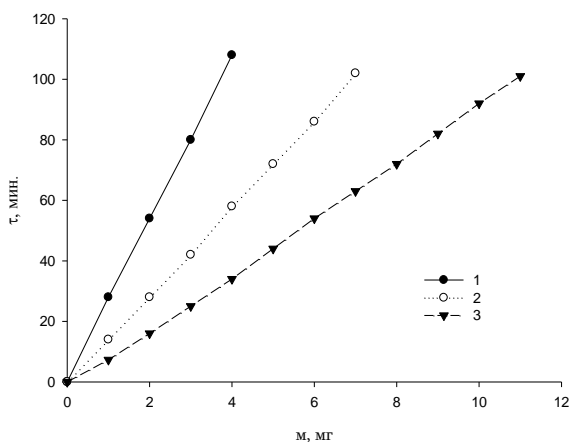


Рис. 2а. Зависимость периодов индукции поглощения кислорода при окислении кумола от содержания экстракта: 1 — из листьев платана восточного, 2 — из травы подсолнечника клубненосного и 3 — из листьев перца овощного.  $V_i = 1.25 \cdot 10^{-7}$  моль/л·с,  $T=348K$ .

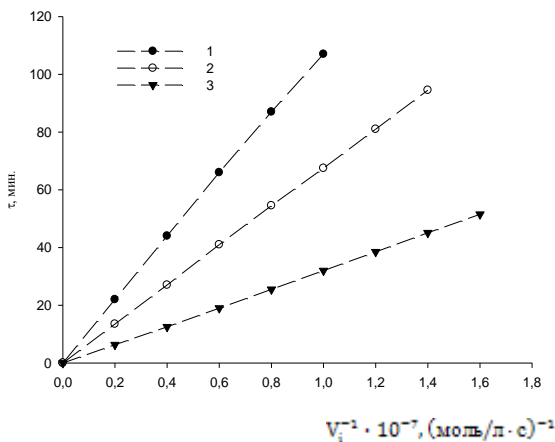
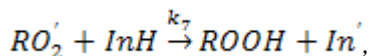


Рис. 26. Зависимость периодов индукции поглощения кислорода при окислении кумола от скорости инициирования в присутствии экстракта: 1—6 мг из листьев перца овощного, 2—2 мг из листьев платана восточного и 3—3 мг из травы подсолнечника клубненосного.  $T=348\text{K}$ .

Поскольку в исследованных экстрактах вследствие их сложного многокомпонентного состава затруднительно идентифицировать, какое именно соединение проявляет антиоксидантные свойства, определили лишь их суммарную, концентрацию  $f \cdot [InH]_0$ . Результаты приведены в табл. 1. Содержание антиоксидантов в экстрактах приведены в моль/л с учетом, что 1 мг экстракта растворен в 1 л.

Как видно из данных таблицы, количество антиоксидантных веществ в 1 мг исследованных экстрактов колеблется в пределах  $(0.11 \div 2.0) \cdot 10^{-4}$  моль/л. Причем наибольшее количество антиоксидантов содержится в экстракте из листьев платана восточного, а наименьшее — в перце овощном (оранжевом).

Необходимо отметить, что антиоксидантные свойства веществ в экстрактах растений зависят не только от их количественного содержания, но и от их активности, которая характеризуется константой скорости реакции радикалов (в нашем случае кумилпероксидных —  $RO_2'$ ) с ингибитором ( $InH$ ),

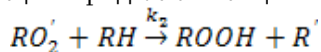


т.е. линейного обрыва цепей ( $k_7$ ).

Значение  $k_7$  определяли по уравнению (2) [7]:

$$\frac{[\Delta O_2]}{[RH]} = -\frac{k_2}{k_7} \ln \left( 1 - \frac{t}{\tau} \right), \quad (2),$$

где  $[\Delta O_2]$  — количество поглощенного кислорода за время  $t < \tau$ ;  $\tau$  — период индукции;  $[RH]$  — концентрация кумола (2.87 моль/л);  $k_2$  — константа скорости реакции продолжения цепей.



Для кумола  $k_2 = 4.667 \cdot 10^5 \exp(-9800/RT)$  [8].

Из прямолинейной зависимости  $[\Delta O_2]/[RH]$  от  $\ln(1 - t/\tau)$  по тангенсу углов наклона полученных прямых (рис. 3) были рассчитаны абсолютные значения  $k_7$ . В интервале температур 328-348K параметры  $k_7$  для антиоксидантов в исследованных экстрактах описываются уравнением Аррениуса:

$$k = A \cdot \exp(-E/RT).$$

Результаты расчетов  $k_7$ ,  $\lg A$  и  $E$  приведены в табл. 2, из которой следует, что по антиоксидантной активности наиболее активными являются экстракты из перца овощного (при 348K  $k_7 = 1.56 \cdot 10^5$  л/моль·с) и листьев подсолнечника клубненосного ( $k_7 = 1.53 \cdot 10^5$  л/моль·с).

Опыты показывают, что антиоксидантными свойствами обладают не только исходные вещества, находящиеся в экстрактах, но и продукты их окисления. Подтверждением этого является скорость окисления кумола после выхода из периодов индукции.

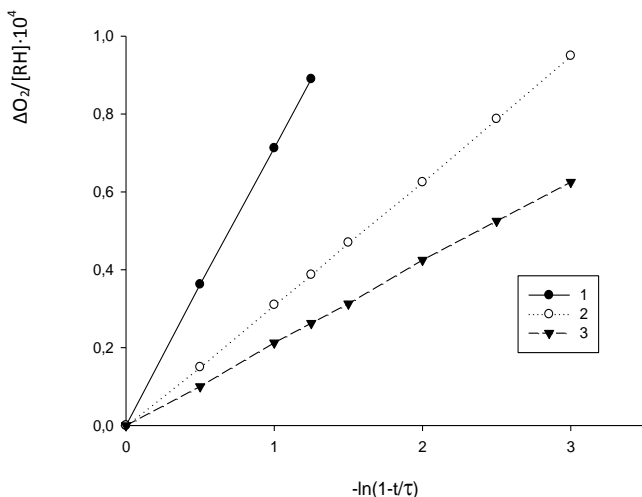
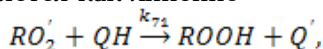


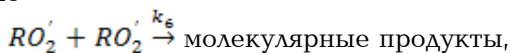
Рис. 3. Зависимость количества поглощенного кислорода при окислении кумола за время периода индукции в присутствии 2 мг экстракта из листьев платана восточного (1), из травы подсолнечника клубненосного (2) и из листьев перца овощного (3) от параметра  $\ln(1 - t/\tau)$ .  $T = 348K$ .

Так, например, из рис. 1 и 4а следует, что скорость окисления кумола в присутствии экстрактов после индукционного периода ( $V_\infty$ ) существенно меньше по сравнению со скоростью окисления чистого кумола (сравнить тангенсы углов кинетических кривых поглощения кислорода).

Это свидетельствует о том, что продукты окисления исходных антиоксидантов в экстрактах также обладают ингибирующими свойствами, как и в случае флавоноидов, исследованных в работах [9-10]. При этом в свободнорадикальном процессе окисления кумола в присутствии продуктов окислительного превращения исходных антиоксидантов (QH) обрыв цепей осуществляется как линейно



так и квадратично



и длина цепей ингибированного окисления кумола  $\vartheta = V_\infty/V_i$  остается больше пяти. В этом случае между максимальными скоростями поглощения кислорода ингибированного ( $V_\infty$ ) и неингибированного ( $V_0$ ) окисления кумола наблюдается зависимость [7]:

$$\frac{V_0}{V_\infty} - \frac{V_\infty}{V_0} = \frac{k_{71} \cdot f \cdot [QH]}{\sqrt{k_6 \cdot V_i}} \quad (3)$$

Таблица 1

**Суммарное содержание антиоксидантов в исследованных экстрактах**

Н/н	Наименование растения	Орган растения	Время сбора	$f[lnH] \cdot 10^4$ моль/л
1	Шелковица белая <i>Morus alba</i>	листья	16.08	0.62
2	Шелковица черная <i>Morus nigra</i>	листья	16.08	0.63
3	Мята водная <i>Mentha aquatica</i>	листья	24.07	0.59
4	Перец овощной (оранжевый) <i>Capsicum annuum (aurantiacus)</i>	плод	28.10	0.11
5	Перец овощной (красный) <i>Capsicum annuum (rubra)</i>	плод	28.10	0.25
6	Перец острый <i>Capsicum frutescens</i>	плод	28.10	0.356
7	Перец овощной (зеленый) <i>Capsicum annuum (viridis)</i>	плод	28.10	0,410
8	Перец овощной <i>Capsicum annuum</i>	листья	25.09	1.06
9	Дуб грузинский <i>Quercus iberica</i>	листья	12.10	1.34
10	Вишня птичья <i>Prunus avium</i>	листья	02.10	0.53
11	Сирень широколистная <i>Syringa oblata</i>	листья	02.10	1.02
12	Монарда дудчатая <i>Monarda fistulosa</i>	цветы	17.07	0.28
13	Монарда дудчатая <i>Monarda fistulosa</i>	листья	17.07	0.26
14	Головчатка альпийская <i>Cephalaria alpina</i>	цветы	15.08	0.16
15	Подсолнечник клубненосный <i>Helianthus tuberosus</i>	листья	08.08	0.66
16	<i>Амброзия полыннолистная</i> <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	листья	08.08	0.92
17	Верблюжья колючка обыкновенная <i>Alhagi pseudalhagi</i>	листья	01.09	0.73
18	Кофе арабика <i>Coffea arabica</i>	листья	17.07	0.60
19	<i>Мыльнянка лекарственная</i> <i>Saponaria officinalis</i>	листья	14.07	1.14

Продолжение таблицы 1

20	<i>Мыльнянка лекарственная</i> <i>Saponaria officinalis</i>	цветы	14.07	0.30
21	<i>Скерда кровельная</i> <i>Strepis</i> <i>tectorum</i>	цветы	26.06	0.21
22	<i>Шлемник восточный</i> <i>Scutellaria</i> <i>orientalis</i>	цветы	11.07	0.29
23	<i>Горец почечуйный</i> <i>Persicbria</i> <i>maculysa</i>	листья	11.05	1.05
24	Котовник сибирский <i>Nepeta</i> <i>sibirica</i>	трава	11.07	0.36
25	Клён крупнолистный <i>Acer</i> <i>macrophyllum</i>	листья	14.08	0.66
26	Платан восточный <i>Platanus</i> <i>orientalis*</i>	листья	12.08	1.98
27	<i>Котовник крупноцветковый</i> <i>Nepeta grandiflora.</i>	трава	11.07	0.53
28	<i>Колокольчик репчатый</i> <i>Campanula rapunculus</i>	трава	21.06	0.25
29	<i>Кислица треугольная</i> <i>Oxalis triangularis</i>	трава	05.05	0.25
30	<i>Вероника кавказская</i> <i>Veronica caucasica</i>	трава	07.04	0.34
31	Кольквиция приятная <i>Kolkwitzia amabilis</i>	листья	25.07	0.48
32	<i>Лютик едкий</i> <i>Ranunculus acris</i>	трава	24.05	0.53
33	Василистник малый <i>Thalictrum</i> <i>minus</i>	листья	24.06	0.27
34	<i>Морковь дикая</i> <i>Daucus carota</i>	листья	05.05	0.34
35	<i>Молочай пашенный</i> <i>Euphorbia</i> <i>agraria</i>	листья	16.06	0.25
36	<i>Повилика европейская</i> <i>Cuscuta</i> <i>europaea</i>	цветы	26.06	1.25
37	Репешок обыкновенный <i>Agrimonia eupatoria</i>	листья	06.07	1.10
38	<i>Молочай Палласа</i> <i>Euphorbia</i> <i>fischeriana</i>	листья	16.06	0.44
39	Подлесник европейский <i>Sanicula europaea</i>	листья	16.06	0.35
40	Люцерна посевная <i>Medicbgo</i> <i>satnva</i>	трава	25.06	0.49
41	<i>Кресс-салат</i> <i>Lepidium sativum</i>	цветы	20.06	0.32
42	Платан восточный <i>Platanus</i> <i>orientalis**</i>	листья	21.07	2.00

\* – возраст дерева – 5 лет, из Гориса; \*\* – возраст дерева – 2033 года, из НКР.

## Антиоксидантная активность экстрактов исследованных растений

№	$RO_2' + InH \xrightarrow{k_7} ROOH + In'$			$RO_2' + QH \xrightarrow{k_{71}} ROOH + Q'$		
	$k_7 \cdot 10^{-4}$ , л/моль·с, 348 К	lgA	E, ккал/моль	$k_{71} \cdot 10^{-2}$ , л/моль·с, 348 К	lgA	E, ккал/моль
1	3.00	7.136	4.23	4.85	11.442	13.93
2	6.30	6.465	2.65	6.08	7.49	7.49
3	4.30	6.53	3.02	3.05	10.01	11.98
4	15.63	10.50	8.48	13.58	9.66	10.39
5	5.44	8.46	5.93	6.52	9.72	11.00
6	5.23	—	—	4.92	—	—
7	11.25	—	—	10.55	—	—
8	10.21	10.94	14.20	2.76	7.24	7.64
9	5.58	9.41	7.42	2.07	8.12	9.24
10	12.39	14.51	15.00	3.24	7.41	7.85
11	4.86	9.71	8.00	2.27	9.20	10.90
12	9.07	—	—	11.9	—	—
13	12.4	—	—	4.89	—	—
14	5.64	13.14	13.36	5.39	7.81	8.08
15	15.33	8.26	4.90	4.77	3.97	2.05
16	5.52	9.65	7.82	3.36	10.06	12.00
17	8.36	10.55	8.97	4.76	11.78	14.5
18	8.27	10.55	8.97	4.76	11.78	14.5
19	6.50	7.38	4.07	1.58	4.25	4.85
20	2.20	—	—	4.61	—	—
21	7.09	9.09	6.76	5.50	6.79	6.45
22	2.64	—	—	7.11	—	—
23	10.22	10.64	9.00	1.85	2.63	0.56
24	4.85	9.71	8.00	6.70	13.59	17.14
25	10.15	9.10	6.52	3.85	9.27	10.65
26	9.21	8.50	5.63	2.12	5.30	4.73
27	10.25	10.18	8.23	2.61	6.81	7.00
28	7.65	9.52	7.38	3.60	16.08	20.96
29	6.41	6.92	3.36	8.37	5.18	3.49
30	5.12	9.95	8.35	7.45	8.57	9.13
31	15.60	10.54	8.51	3.40	6.73	6.74
32	4.10	9.77	8.25	3.85	5.77	5.08
33	7.45	6.59	2.73	3.50	3.99	2.31
34	6.10	9.58	7.64	11.15	8.18	8.16
35	12.00	9.34	6.78	10.52	8.79	9.20
36	7.20	11.14	10.00	3.40	12.20	15.40
37	7.10	7.61	4.40	2.90	7.80	8.50
38	4.92	—	—	4.21	—	—
39	11.81	8.81	5.95	3.33	9.66	11.36
40	6.98	12.63	12.40	5.58	11.06	13.24
41	7.58	12.42	11.97	6.50	10.85	12.80
42	4.49	6.03	2.19	1.75	4.66	3.85



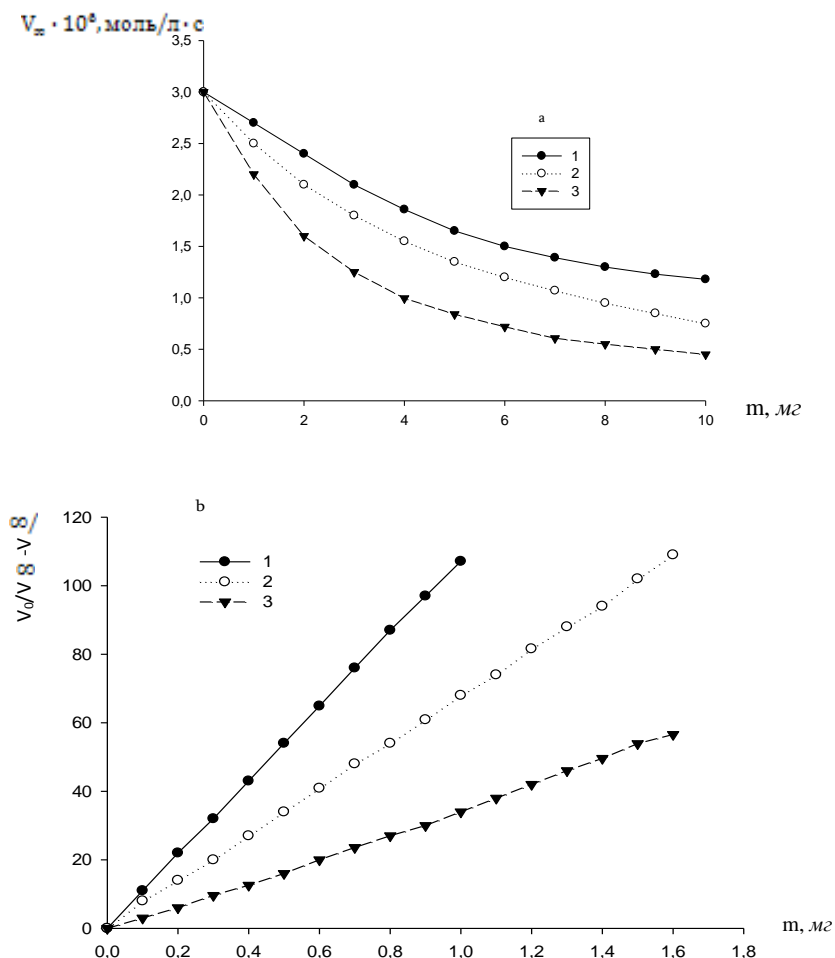


Рис. 4а. Зависимость максимальной скорости окисления кумола от количества экстракта из листьев перца овощного (1), сирени широколистной (2), листьев платана восточного (3) и б. ее спрямление в координатах уравнения (3).  $T=348\text{K}$ .

При окислении кумола в присутствии исследованных экстрактов значения максимальных скоростей  $V_0$  и  $V_\infty$  подчиняются уравнению (3) (рис. 4б). Это позволило из отношения  $k_{71}/\sqrt{k_6}$  определить величины  $k_{71}$ , характеризующие антиоксидантные активности продуктов QH. При расчетах  $k_{71}$  учитывали, что для кумола  $k_6 = 4.74 \cdot 10^5 \exp(-1800/RT)$  [8], и предполагалось, что концентрации исходных антиоксидантов ( $f \cdot [InH]_0$ ) и продуктов их окисления ( $f \cdot [QH]_0$ ) одинаковы. Результаты этих расчетов приведены в табл. 2, из которой видно, что наибольшей антиоксидантной активностью обладает продукт окисления экстракта из перца овощного (при 348K  $k_{71} = 1.36 \cdot 10^3$  л/моль·с).

Таким образом, исследовано антиоксидантное действие этилацетатных экстрактов из 42 лекарственных и пряно-ароматических растений;

определены суммарное содержание антиоксидантных веществ в исследованных экстрактах и их антиоксидантная активность. Установлено, что из исследованных экстрактов наибольшее количество антиоксидантов содержится в листьях платана восточного, а по антиоксидантной активности отличаются экстракты из листьев подсолнечника клубненосного и колыквии приятной.

**ՆԱՅԱՍՏԱՆԻ ԳՈՐԻՍԻ ՏԱՐԱԾԱՇՐՋԱՆՈՒՄ ԱՃՈՂ ԲՈՒՅՍԵՐԻ  
ԷԹԻԼԱՅԵՏԱՏԱՅԻՆ ԷՔՍՏՐԱԿՏՆԵՐՈՒՄ ՆԱԿԱՕՔՍԻԴԻԶՆԵՐԻ  
ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆԸ**

**Ս. Ա. ՆԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ, Լ. Ռ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ և Ր. Լ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ**

Կուսովի օքսիդացման մոդելային ռեակցիայի օրինակի վրա ուսումնասիրվել է Հայաստանի Գորիսի տարածաշրջանում աճող 42 դեղաբույսերի էթիլացետատային էքստրակտների հակաօքսիդիչ ազդեցությունը: Հետազոտվող էքստրակտներում կինետիկական եղանակով որոշվել է հակաօքսիդիչ նյութերի գումարային պարունակությունը և հակաօքսիդիչ ակտիվությունը 328-348K ջերմաստիճանային տիրույթում: Հաստատվել է, որ հետազոտվող էքստրակտներից հակաօքսիդիչ նյութերի ամենամեծ քանակությունը պարունակվում է *Platanus orientalis* տերևներում՝ մոլ/լ 1 մգ էքստրակտում: Որոշված է ինհիբիտորների վրա շղթաների զծային հատման ռեակցիաների արագության հաստատունի ջերմաստիճանային կախվածությունը, որը բնութագրում է հետազոտվող էքստրակտների հակաօքսիդիչ ակտիվությունը: Հակաօքսիդիչ ակտիվությամբ տարբերվում են՝ *Capsicum annum*, *Helianthus tuberosus*, *Kolkwitzia amabilis* էքստրակտները (լ/մոլ վրկ):

**THE CONTENT AND ACTIVITY OF ANTIOXIDANTS OF ETHYLACETATE  
EXTRACTS OF THE HERBS GROWING IN GORIS REGION OF ARMENIA**

**S. A. HAYRAPETYAN, L. R. VARDANYAN and R. L. VARDANYAN**

Goris State University  
4, Avangard Str., Goris, 3205, Armenia  
Fax: (374 284) 23603, E-mail: vrazmik@rambler.ru

The antioxidant activity of the ethyl-acetate extracts from 42 herbs and spicy-aromatic plants growing in Goris region of Armenia has been studied via kinetic method on the example of a model reaction of the oxidation of the cumene. The overall content of antioxidant substances in the studied extracts and their antioxidant activity in the temperature range of 328-348 K has been determined based on oxygen consumption curve with the aid of equation  $= f \cdot \frac{[InH]_0}{V_i}$ . It has been established that of all the extracts studied the leaves of the eastern sycamore contain the largest quantity of antioxidants:  $2 \cdot 10^{-4}$  mol/l in one mg of the *Platanus orientalis* extract. Via leveling off the experimental data in coordinate position in equations  $\frac{[\Delta O_2]}{[RH]} = -\frac{k_2}{k_7} \ln \left( 1 - \frac{\tau}{t} \right)$  and  $\frac{V_0}{V_\infty} - \frac{V_0}{V_0} = \frac{k_{71} \cdot f \cdot [QH]}{\sqrt{k_6 \cdot V_i}}$ , the temperature dependence for rate constants of the linear chain termination reaction on inhibitors ( $RO_2^{\cdot} + InH \xrightarrow{k_7} ROOH + In^{\cdot}$ ) and on their

oxidation products ( $QH$ ) ( $RO_2^{\cdot} + QH \xrightarrow{k_{71}} ROOH + Q^{\cdot}$ ), characterizing antioxidant activity of the investigated extract has been determined as well. The extracts of the *Capsicum annuum*, *Helianthus tuberosus*, *Kolkwitzia amabilis* pleasant stand out by antioxidant activity ( $k_2 > 1.5 \cdot 10^5$   $l/mol \cdot s$ ).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Valko M., Leibfritz D., Moncol J., Cronin M., Mazur M., Telser J. // Int. J Biochem. and Cell Biol., 2007, №39, p. 44.
- [2] Sokmen A., Gulluce M., Akpulat H.A., Daferera D., Tepe B., Polissiou M., Sokmen M., Sahin F. // Food Control., 2004, №15, p. 627.
- [3] Варданян Л.Р., Шутова А.Г., Айрапетян С.А., Варданян Р.Л., Агабеков В.Е., Решетников В.Н. // Доклады НАН Беларуси, 2013, т.57, №5, с.72.
- [4] Hayrapetyan S.A., Vardanyan L.R., Vardanyan R.L. // Proceedings of the YSU, Chemistry and biology, 2013, №2, p. 23.
- [5] Эмануэль Н.М., Денисов Е.Т., Майзус З.К. Цепные реакции окисления углеводов в жидкой фазе. М., Наука, 1965, с. 32.
- [6] Варданян Л.Р. Автореф. дисс. "Кинетика инициированного персульфатом калия окисления эмульгаторов в водных растворах и их стабилизация" канд.хим.наук, Ереван, ИФХ НАН РА, 2004.
- [7] Денисов Е.Т., Азатян В.В. Ингибирование цепных реакций. Черногловка, 1997, с. 51.
- [8] Денисов Е.Т. Константы скорости гомогенных жидкофазных реакций. М., Наука, 1971, с. 712.
- [9] Костюк В.А., Потапович А.И. Биорадикалы и биоантиоксиданты. Минск, 2004, с.129.
- [10] Атабемян Л.В. // Хим. ж. Армении, 2012, т. 65, №1, с.34.