

УДК 541.127

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ЛИСТЬЕВ И ЯГОД ГОДЖИ (ДЕРЕЗА ОБЫКНОВЕННАЯ)

© Л.Р. Варданян¹, С.А. Айрапетян¹, Р.Л. Варданян^{1*}, Р.С. Арутюнян², Г.Ю. Овсепян³

¹ Горисский государственный университет, ул. Авангард, 4, Горис, 3205 (Армения), e-mail: vrazmik@rambler.ru

² Ереванский государственный университет, ул. Алека Манукяна, 1, Ереван 0025 (Армения)

³ Институт физиологии им. Л.А. Орбели НАН РА, ул. Бр. Орбели, 22, Ереван, 0028 (Армения)

На примере модельной реакции окисления кумола исследованы антиоксидантные свойства этанольных и этилацетатных экстрактов листьев и ягод годжи. Определено суммарное содержание антиоксидантных веществ в исследованных экстрактах и их антиоксидантные активности. Установлено, что в наибольшем количестве антиоксидантов ($1,95 \cdot 10^{-4}$ М/мг) экстрагируется этилацетатом из свежих несущенных ягод, собранных в августе. Этилацетатом больше всего антиоксидантов экстрагируется из воздушно-сухих образцов листьев годжи ($0,81 \cdot 10^{-4}$ М/мг), чем из ягод ($0,33 \cdot 10^{-4}$ М/мг). Показано, что 70% этанол, по сравнению с этилацетатом, в 4 раза меньше экстрагирует антиоксидантные вещества как из ягод, так и из листьев годжи.

Измерены температурные зависимости константы скорости (k_7) реакции $RO_2 + InH \rightarrow ROOH + In$ характеризующие антиоксидантные активности исследованных экстрактов. Установлено, что высокую антиоксидантную активность проявляет экстракт из свежих (невысушенных) ягод годжи $k_7 = 12,5 \cdot 10^{-4} \text{ М}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ (348К).

Ключевые слова: антиоксидантное свойство, антиоксидантная емкость, *Lycium barbarum* L., ягоды, листья, экстракты.

Введение

Из лекарственных растений в последнее время все больше рекламируются ягоды годжи (дерева обыкновенная, тибетский барбарис, *Lycium barbarum* L.) как полезный продукт, способствующий долголетию, отличное лекарственное средство для излечения многих заболеваний: онкозаболевания, инфаркт, сахарный диабет, ожирение, повышение температуры тела, ухудшение зрения и т.д. [1]. На востоке эти плоды называют также «ягодами долголетия», «ягодами счастья», и это неслучайно, поскольку при потреблении этих ягод нормализуется уровень сахара и холестерина в крови, уменьшаются жировые отложения, укрепляются кости и зубы, нормализуется давление, проходят головные боли и выводятся из организма токсины.

Столь уникальные свойства ягод годжи (ЯГ) обусловлены их химическим свойством. Установлено [2], что в ЯГ содержится 18 аминокислот (причем из них 8 незаменимых), витамины А, В, Е, С (содержание в ЯГ витамина С в 500 раз превышает его количество в апельсине), более 20 минералов (в этом числе кальций, калий, цинк, железо, натрий, медь, марганец, магний, германий, селен и др.), полисахариды (LBP-1; 2; 3; 4), ненасыщенные жирные кислоты (омега-3,6), каротиноиды, флавоноиды, биологически активные вещества и другие полезные составляющие.

Из приведенного химического состава следует, что экстракт из ЯГ должен обладать высокой антиоксидантной активностью (АОА). В связи с чем ЯГ считается 100%-ным природным антиоксидантом [3]. Однако, несмотря на это, в литературе очень

Варданян Луиза Размиковна – кандидат химических наук, доцент, e-mail: vrazmik@rambler.ru

Айрапетян Сюзанна Арсеновна – кандидат химических наук, ассистент, e-mail: vrazmik@rambler.ru

Варданян Размик Левонич – доктор химических наук, профессор, e-mail: vrazmik@rambler.ru

Арутюнян Ромик Суменович – доктор химических наук, профессор, e-mail: vrazmik@rambler.ru

Овсепян Грайр Юрикович – соискатель, e-mail: vrazmik@rambler.ru

* Автор, с которым следует вести переписку.

мало работ (за исключением [4], где исследовано антиоксидантное действие порошка ЯГ на гомогенатах печени крыс), где на конкретной реакции окисления изучались бы антиоксидантные активности экстракта или сока из ЯГ.

В работах [5–7] нами исследованы антиоксидантные действия (как содержание антиоксидантов, так и их АОА) экстрактов различных органов из более 100 лекарственных растений. Установлено, что в листьях одних и тех же растений содержится большее количество антиоксидантов, чем в их цветках и плодах. В связи с этим в данной работе исследуются содержание антиоксидантов в экстрактах из листьев и ЯГ, а также из сока ЯГ, и их антиоксидантные способности.

Экспериментальная часть

В качестве модельной реакции было выбрано инициированное азодиизобутиронитрилом (АИБН) окисление кумола. За кинетикой окисления кумола следили волнометрическим методом, измеряя количество поглощенного кислорода в интервале температур 328–348 К и атмосферном давлении (650 мм рт. ст.) кислорода на манометрической установке [8].

Сбор сырья (листьев и ягод) осуществляли из кустарника годжи, произрастающего в Ереване, по мере его вегетации.

Суммарное содержание антиоксидантов было определено: а) в соке ягод (ЯГ₁), в этилацетатных экстрактах несущенных ЯГ₂, полусушеных ЯГ₃, воздушно-сухих ягодах ЯГ₄ и воздушно-сухих листьях годжи (ЛГ). Полусушеные образцы ягод получали, расстилая их на бумаге и выдерживая при комнатной температуре один месяц. Из невысушенных ЯГ экстракты получали следующим образом: на выжимку ягод добавили экстрагент (этилацетат (ЯГ₂), 100%-ный* (ЯГ₃) и 70%-ный (ЯГ₆) этанол) соотношением 1 : 20 (на 1 г выжимки 20 мл экстрагента), оставили при комнатной температуре в течение суток, затем отфильтровали через бумажный фильтр. После испарения экстрагента при комнатной температуре (298 К) экстракт высушили в вакуумном шкафу.

С целью получения воздушно-сухих образцов листьев и ягод годжи сырье высушивали при 308 К. Полученное сырье расстиляли в керамической ступке до порошкообразного состояния (размер частиц ≤ 1 мм). Из полученного порошка экстракт получили вышеописанным способом.

В работе использовались: дважды перегнанная вода (для приготовления 70%-ного раствора этанола), АИБН (в качестве инициатора окисления), кумол (как окисляемое вещество) и хлорбензол (растворитель в реакционной смеси) очищенные по методикам, описанным в [9]. Во всех опытах концентрация кумола составляла 2,87 моль/л. Объем реакционной смеси (кумол – хлорбензол – АИБН – экстракт) – 5 мл.

Результаты и их обсуждения

На рисунке 1 представлены кинетические кривые поглощения кислорода системой кумол – АИБН – хлорбензол соответственно, в отсутствие (прямая 1) и в присутствии (кривые 2–4) экстрактов из ягод и листьев годжи. На рисунке видно, что в присутствии исследованных экстрактов на кинетических кривых появляются четко выраженные периоды индукции, что свидетельствует о содержании в них антиоксидантных веществ.

Обнаруженные периоды индукции (τ) описываются уравнением (1), характерным для классических ингибиторов-антиоксидантов (рис. 2).

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

где $[InH]_0$ – исходная концентрация ингибитора-антиоксиданта в экстракте, V_i – скорость инициирования, f – стехиометрический коэффициент ингибирования – число радикалов, обрывающихся на одной молекуле ингибитора.

Спрямяя экспериментально обнаруженные периоды индукции в координатах уравнения (1), определили суммарное содержание антиоксидантов ($f \cdot [InH]_0$) в исследованных экстрактах, в единицах М/мг, т.е. концентрацию антиоксидантов при растворении 1 мг экстракта в 1 л раствора. Результаты этих расчетов приведены в таблице.

* 100% получали, перегоняя 95,6% этанол над СаО.

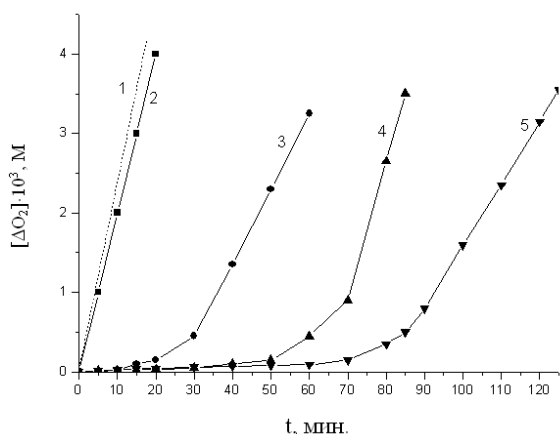


Рис. 1. Кинетические кривые поглощения кислорода при окислении кумола в отсутствие (1) и в присутствии: (2) – 5,37 мг экстракта из ЯГ₅; (3) – 10,65 мг экстракта из ЯГ₄, (4) – 3,76 мг экстракта из ЯГ₂, (5) – 7,28 мг экстракта из ЛГ. T=348 К, V_i=1,25·10⁻⁷ М·с⁻¹

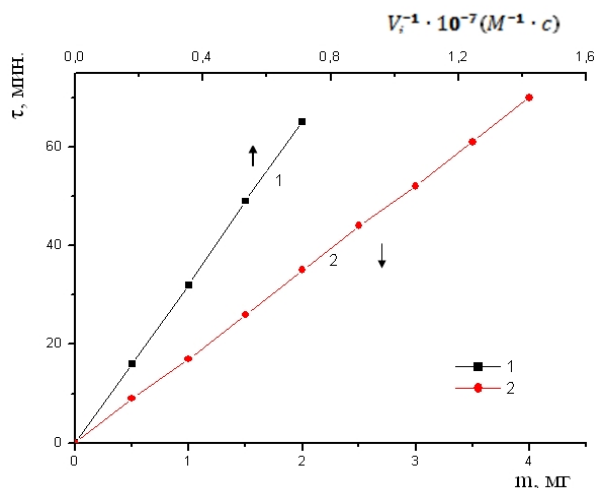


Рис. 2. Зависимость периода индукции поглощенного кислорода от (1) скорости инициирования, при m (экстракт ЯГ₂) = 2,43 мг, T = 348 К; и от массы ЯГ₂ (V_i = 1,25·10⁻⁷ М·с⁻¹)

Из приведенных в таблице результатов следует, что по мере сушки ЯГ содержание антиоксидантных веществ в полученных экстрактах уменьшается примерно в 7 раз (сравнить данные при 348К для экстрактов ЯГ₂ и ЯГ₄). При измерении суммарного содержания $f \cdot [InH]_0$ в экстрактах из ЯГ (высушенных до одной и той же степени) при разных температурах, наблюдается увеличение содержания $f \cdot [InH]_0$ по мере уменьшения температуры эксперимента. Например, для экстракта ЯГ₄ при 348 К $f \cdot [InH]_0 = 1,8 \cdot 10^{-5}$, а при 328 К – $f \cdot [InH]_0 = 3,3 \cdot 10^{-5}$.

Обнаруженные явления можно объяснить высоким содержанием витамина С (аскорбиновой кислоты – АК) в ЯГ, содержание которого уменьшается по мере высушивания сырья. Причиной является то, что АК подвергается автоокислению и, естественно, чем выше температура или же чем дольше нагреваются ягоды, тем большая часть витамина С будет расходоваться, что приведет к уменьшению периодов индукции окисления, следовательно, и измеряемые величины $f \cdot [InH]_0$. Факт автоокисления АК нами исследован в работе [10].

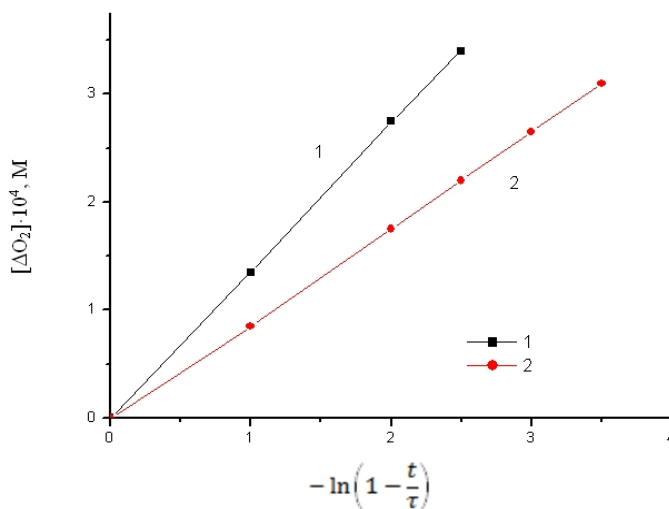


Рис. 3. Зависимость количества поглощенного кислорода при окислении кумола за время периода индукции в присутствии 7,28 мг экстракта из листьев (1) и 1,13 мг экстракта из ЯГ₂ (2) от параметра $\ln(1 - t/\tau)$. T = 348 К

Суммарное содержание антиоксидантов в экстрактах ЛГ и ЯГ, и их АОА

Сырье	Время сбора	m экстракта, мг	τ , мин	$f \cdot [InH]_0 \cdot 10^4$, М	$k_7 \cdot 10^4$, М ⁻¹ с ⁻¹	lgA	E, кал/моль	T, К	$V_\infty \cdot 10^6$, М ⁻¹ с ⁻¹	
Кумол 2,87 мол/л	–	–	0	0	–	–	–	348	3,0	
	–	–	0	0	–	–	–	339	2,0	
	–	–	0	0	–	–	–	328	1,0	
ЯГ ₁		20,7	18	0,065	–	–	–		3,60	
		43,5	33	0,057	–	–	–	348	3,75	
		55,2	40	0,054	–	–	–		3,80	
ЯГ ₂		1,13	20	1,33	11,53				2,72	
		1,86	32	1,32	12,15			348	2,85	
		2,43	42	1,30	11,75	11,96	10920		2,82	
		3,76	65	1,28	10,66				2,95	
		0,75	21	1,34	8,35			339	1,75	
		0,45	29	1,35	4,82			328	0,96	
ЯГ ₃	15.10.14	1,84	17	0,69	8,15			348	2,60	
		1,23	18	0,70	5,48	11,68	10770	339	1,78	
		1,23	43	0,72	3,15			328	0,93	
ЯГ ₄		10,65	26	0,18	7,74			348	1,65	
		6,00	33	0,26	4,82	12,08	11480	339	1,16	
		3,00	48	0,33	2,70			328	0,66	
ЯГ ₂		6,12	53	0,65	3,97			348	1,43	
ЯГ ₂		3,06	47	0,72	2,66	11,34	10730	339	1,21	
ЯГ ₂		3,06	117	0,79	1,54			328	0,52	
ЯГ ₅		5,37	–	0	–	–	–		2,7	
ЯГ ₆		5,37	6	0,08	–	–	–	348	2,6	
ЯГ ₂	15.06.15	8,25	28	0,25	8,5	–	–		1,60	
	15.08.15	5,55	144	1,95	12,50	–	–	348	2,80	
	15.08.15	7,50	33	0,33	8,75	–	–		1,75	
ЛГ		8,7	65	0,56	4,92			348	1,38	
		05.06.15	5,3	77	0,68	3,48	12,73	12800	339	1,02
			2,2	84	0,79	1,59			328	0,69
			13,30	117	0,66	6,76			348	0,73
		15.07.15	3,80	62	0,77	4,32	12,51	12215	339	0,83
			2,80	110	0,81	2,30			328	0,45
ЛГ		7,28	79	0,81	6,92			348	1,26	
	15.08.15	4,85	95	0,92	4,40	12,23	11765	339	1,20	
		1,46	84	1,18	2,45			328	0,58	
ЛГ ₁	15.06.15	13,3	28	0,16	–	–	–	348	1,54	
	15.08.15	13,3	32	0,18	–	–	–		1,45	

Суммарное содержание антиоксидантов определено также в экстрактах ЛГ и ЯГ, собранных в разные времена года. Результаты этих исследований приведены в таблице, откуда следует, что наибольшее количество антиоксидантов экстрагируется из ягод, собранных в августе. Этот результат соответствует выводам [1], где отмечается, что самую высокую биологическую активность проявляют ЯГ, собранные именно в августе.

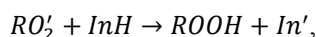
В таблице приведены также результаты по определению суммарного содержания антиоксидантов в этилацетатных экстрактах из воздушно-сухих листьев ЯГ, собранных также в разные времена года. Из таблицы следует, что листья годжи содержат большее количество антиоксидантов, чем высушенные ягоды. Например, из воздушно-сухих ЯГ, собранных в августе, экстрагируется $3,3 \cdot 10^{-5}$ М антиоксидантов, а из листьев – $8,1 \cdot 10^{-5}$ М. Экстракты высушенных листьев отличаются от высушенных ЯГ еще тем, что в присутствии экстрактов из листьев скорость реакции окисления кумола после выхода из периодов индукции V_∞ остается существенно заниженной по сравнению с безингибированным окислением (см. графу V_∞ в таблице). Эти результаты согласуются с ранее полученными нами результатами [5–7] и объясняются антиоксидантными свойствами продуктов окисления исходных антиоксидантов, находящихся в экстрактах.

В научной литературе больше всего исследуются антиоксидантные свойства этанольных экстрактов лекарственных растений [11–13]. В связи с этим с практической точки зрения интересно было бы сопоста-

вить антиоксидантные свойства этилацетатных экстрактов ЯГ с этанольными экстрактами. Результаты этих исследований представлены в таблице.

Опыты показали, что 100%-ный этанол из свежих (невывсушенных) ЯГ не экстрагирует антиоксидантные вещества. В присутствии этих экстрагентов на кинетических кривых поглощения кислорода не обнаруживаются индукционные периоды и они являются слабыми замедлителями окисления кумола. Так, при 348 К ($V_i = 1,25 \cdot 10^{-7} \text{ М} \cdot \text{с}^{-1}$), в присутствии 5,37 мг этого экстракта скорость окисления кумола ($V = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ М} \cdot \text{с}^{-1}$) уменьшается всего в 1,11 раза по сравнению с неингибированным окислением ($V = 3 \cdot 10^{-6} \text{ М} \cdot \text{с}^{-1}$). Учитывая, что в литературе [11–13] в качестве экстрагента используется 70%-ный этанол, нами опробован и этот экстрагент. Выяснилось, что 70%-ный этанол из листьев и ЯГ экстрагирует антиоксидантные вещества существенно меньше, чем этилацетат. Например, содержание антиоксидантов в этилацетатном экстракте на порядок выше, чем в 70%-ном этанольном, $f[InH] \text{ ЯГ}_4 = 0,18 \cdot 10^4 \text{ М}$, а $f[InH] \text{ ЯГ}_6 = 0,08 \cdot 10^4 \text{ М}$. Отметим, что аналогичные результаты нами получены при изучении антиоксидантного свойства экстракта тимьяна ползучего [14]. На наш взгляд, эти данные необходимо учитывать, особенно когда ставится цель экстрагировать из лекарственных растений вещества, обладающие антиоксидантными свойствами.

Эффективность экстрактов характеризуется не только содержанием в них антиоксидантов, но и активностью, которая представляет собой константа скорости реакции пероксидных радикалов (в нашем случае кумилпероксидные – $RO'_2RO'_2$) с ингибиторами InH

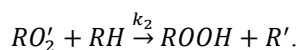


т.е. константой реакции линейного обрыва цепей (k_7).

Значения k_7 определяли по уравнению [15]

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

где $[\Delta O_2]$ – концентрация поглощенного кислорода за время $t < \tau$, τ – период индукции, $[RH]$ концентрация кумола (2,87 М), k_2 – константа скорости продолжения цепей, $k_2 = 4,677 \cdot 10^6 \exp\left(-\frac{9800}{RT}\right)$ [16].



Для экстрактов листьев и ЯГ из прямолинейной зависимости $[\Delta O_2]$ от $\ln(1-t/\tau)$ по тангенсу углов наклона полученных прямых (рис. 3) были рассчитаны абсолютные значения k_7 , характеризующие АОА ингибиторов, содержащихся в исследованных экстрактах. Для параметров k_7 в интервале 328–348 К, определены температурные зависимости в аррениусовых координатах (рис. 4). Результаты приведены в таблице.

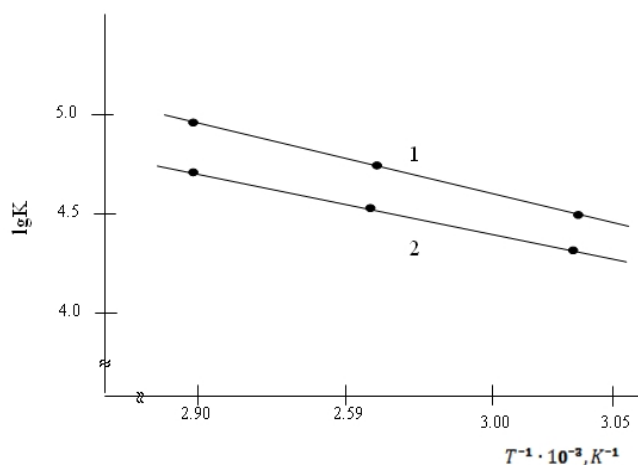


Рис. 4. Температурная зависимость АОА (k_7) экстрактов ЯГ₄ (1) и листьев годжи (2)

Из таблицы следует, что как по содержанию, так и по антиоксидантной активности отличается этилацетатный экстракт из свежих (невывсушенных) ЯГ. Причем по мере сушки ЯГ в полученных экстрактах уменьшается не только содержание антиоксидантов, но и их АОА (например, при 348 К k_7 от $1,22 \cdot 10^5$ до $0,77 \cdot 10^5$). Это свидетельствует о том, что по мере сушки в ЯГ меняется не только количественный, но и качественный состав антиоксидантов. Это вытекает из того, что АОА, т.е. параметр k_7 не зависит от количественного содержания антиоксидантов в реакционной смеси и зависит только от качественного состава антиоксидантов, т.е. какие именно антиоксиданты входят в состав экстракта.

Выводы

Обнаружено ингибирующее действие экстрактов и соков из ЯГ и ЛГ на процесс инициированного окисления кумола.

При применении ЯГ как источника антиоксидантов необходимо осуществлять сбор в августе и использовать в свежем виде. Причем для этой цели можно использовать и листья годжи.

Список литературы

1. Николаева Ю.Н. Ягоды годжи. Плоды долголетия и суперздоровья. М., 2015. 90 с.
2. Все о Ягоде Годжи: и польза, и вред // Журнал о здоровом образе жизни «Долгие Лета» [Электронный ресурс]. URL: <http://dolgieleta.com/pravilnoe-pitanie/dary-prigody/yagody-yagody-goji.html>
3. Годжи. Целебные свойства и применение ягоды годжи [Электронный ресурс]. URL: <http://www.magicworld.su/zdorove/203-godzhi-tselebnye-svoystva-i-primeneniye-yagody-godzhi.html>
4. Плаксен Н.В., Степанов С.В., Текутьева Л.А., Фищенко Е.С., Сон О.М. Исследование антиоксидантного действия сиропов из дикорастущего сырья // Тихоокеанский медицинский журнал. 2013. №2. С. 73–75.
5. Варданян Л.Р., Шутова А.Г., Айрапетян С.А., Варданян Р.Л., Агабеков В.Е., Решетников В.Н. Количественное содержание и активность антиоксидантов в лекарственных растениях различных климатических зон // Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2013. Т. 57, №5. С. 72–76.
6. Айрапетян С.А., Варданян Л.Р., Варданян Р.Л. Содержание и активность антиоксидантов этилацетатных экстрактов растений, произрастающих в Горисском регионе Армении // Химический журнал Армении. 2015. Т. 68 (1). С. 40–50.
7. Шутова Т.Г., Шутова А.Г., Варданян Л.Р., Айрапетян С.А., Варданян Р.Л., Агабеков В.Е. Ингибирование окисления эмульсий ненасыщенных жирных кислот эфирными маслами монарды дудчатой и тысячелистника обыкновенного // Труды БГУ. 2013. Т. 8. №1, С. 111–116.
8. Эмануэль Н.М., Денисов Е.Т., Майзуз З.К. Цепные реакции окисления углеводородов в жидкой фазе. М., 1965. 375 с.
9. Гордон А., Форд Р. Спутник химика. М., 1976. 514 с.
10. Варданян Р.Л., Варданян Л.Р., Айрапетян С.А., Арутюнян Л.Р., Арутюнян Р.Л. Антиоксидантное и прооксидантное действие аскорбиновой кислоты // Химия растительного сырья. 2015. №1. С. 113–119.
11. Кузнецов Б.Н., Кузнецова С.А., Левданский В.А., Судакова И.Г., Веселова О.Ф. Совершенствование методов выделения, изучение состава и свойств экстрактов березовой коры // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. Т. 13. С. 391–400.
12. Кусков В.П. Исследования соединения спирторастворимых веществ в древесной зелени ели сибирской и сосны обыкновенной // Химико-лесной комплекс – проблемы и решения : сб. статей научно-практической конференции. Красноярск, 2001. С. 316–317.
13. Шадрин Е.Е., Коренская И.М., Измалкова Е.М. Определение антиоксидантной активности спиртовых настоев из лекарственного растительного сырья // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции : сб. научных трудов. Пятигорск, 2015. Вып. 70.
14. Naugaryan S.A., Vardanyan L.R., Vardanyan R.L. Antioxidant activity of creeping thyme (*thymus serpyllum* L.) In cumene oxidation reaction // Proceedings Of The Yerevan State University. Chemistry and Biology. 2013. N2. Pp. 23–31.

Поступило в редакцию 27 января 2016 г.

После переработки 4 мая 2016 г.

Vardanyan L.R.¹, Hayrapetyan S.A.¹, Vardanyan R.L.^{1*}, Harutyunyan R.S.², Hovsepyan G.Yu.³ ANTIOXIDANT ACTIVITY OF LEAVES AND GOJI BERRIES (LYCIUM BARBARUM)

¹ Goris state university, ul. Avangard, 4, Goris, 3205 (Armenia), e-mail: vrazmik@rambler.ru

² Yerevan state university, ul. Aleka Manukyan, 1, Yerevan, 0025 (Armenia)

³ L.A. Orbeli Institute of Physiology NAS RA, ul. Br. Orbeli, 22, Yerevan, 0028 (Armenia)

On the example of the model reaction of cumene initiation oxidation the antioxidant properties of ethanol and ethyl acetate extracts of leaves and berries of *Lycium barbarum*. The summary content of antioxidant substances in the investigated extracts of *Lycium barbarum*. It's established that most of antioxidants ($1,95 \cdot 10^{-4}$ M/mg) extracted by ethyl acetate from the fresh, not dried berries, collected in August month.

It's shown that 70% ethanol as compared with ethylacetate, in 4 times less than extracts antioxidant substances both from berries and from the leaves of *Lycium barbarum*. From air-dry standards most antioxidant are extracted from leaves ($0,81 \cdot 10^{-4}$ M/mg), than from berries ($0,33 \cdot 10^{-4}$ M/mg).

Measured temperature dependence of speed constants (k_7) of reaction $RO_2 + InH \rightarrow ROOH + In$, characterizing the antioxidant activity of the investigated extracts.

It was found that high antioxidant activity shown by an extract from fresh-undried berries $k_7 = 12,5 \cdot 10^{-4} \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

Keywords: antioxidant properties, antioxidant activity, *Lycium barbarum* L., berries, leaves, extracts.

References

1. Nikolaeva Iu.N. Iagody godzhi. Plody dolgoletia i superzdorov'ia. [Goji berries. longevity and super healthy fetus]. Moscow, 2015, 90 p. (in Russ.)
2. Zhurnal o zdorovom obraze zhizni 'Dolgie Leta' [Journal about healthy lifestyles 'long summer']. [Electronic resource]. URL: <http://dolgieleta.com/pravilnoe-pitanie/dary-prirody/yagody/yagody-goji.html>. (in Russ.)
3. Godzhi. Tselebnye svoistva i primenenie iagody godzhi [Goji. Medicinal properties and applications goji berries]. [Electronic resource]. URL: <http://www.magicworld.su/zdorove/203-godzhi-tselebnye-svoistva-i-primenenie-yagody-godzhi.html>. (in Russ.)
4. Plaksen N.V., Stepanov S.V., Tekut'eva L.A., Fishchenko E.S., Son O.M. *Tikhookeanskii meditsinskii zhurnal*, 2013, no. 2, pp. 73–75. (in Russ.)
5. Vardanian L.R., Shutova A.G., Airapetian S.A., Vardanian R.L., Agabekov V.E., Reshetnikov V.N. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi*, 2013, vol. 57, no. 5, pp. 72–76. (in Russ.)
6. Airapetian S.A., Vardanian L.R., Vardanian R.L. *Khimicheskii zhurnal Armenii*, 2015, vol. 68 (1), pp. 40–50. (in Russ.)
7. Shutova T.G., Shutova A.G., Vardanian L.R., Airapetian S.A., Vardanian R.L., Agabekov V.E. *Trudy BGU*, 2013, vol. 8, no. 1, pp. 111–116. (in Russ.)
8. Emanuel' N.M., Denisov E.T., Maizus Z.K. *Tsepnye reaktsii okisleniia uglevodorodov v zhidkoi faze*. [Chain reactions in the liquid phase oxidation of hydrocarbons]. Moscow, 1965, 375 p. (in Russ.)
9. Gordon A., Ford R. *Sputnik khimika*. [Satellite chemist]. Moscow, 1976, 514 p. (in Russ.)
10. Vardanian R.L., Vardanian L.R., Airapetian S.A., Arutiunian L.R., Arutiunian R.L. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2015, no. 1, pp. 113–119. (in Russ.)
11. Kuznetsov B.N., Kuznetsova S.A., Levdanski V.A., Sudakova I.G., Veselova O.F. *Khimiia v interesakh ustoiчивого razvitiia*, 2005, vol. 13, pp. 391–400. (in Russ.)
12. Kuskov V.P. *Khimiko-lesnoi kompleks – problemy i resheniia: Sb. statei nauchno-prakticheskoi konferentsii*. [Chemical-forest complex – problems and solutions: Collection of articles of scientific-practical conference]. Krasnoarsk, 2001, pp. 316–317. (in Russ.)
13. Shadrin E.E., Korenskaia I.M., Izmalkova E.M. *Razrabotka, issledovanie i marketing novoi farmatsevticheskoi produktsii. Sb. Nauchnykh trudov*. [Development, research and marketing of new pharmaceutical products. Collection of scientific papers]. vol. 70, Piatigorsk, 2015. (in Russ.)
14. Hayrapetyan S.A., Vardanyan L.R., Vardanyan R.L. *Proceedings Of The Yerevan State University. Chemistry and Biology*, 2013, no. 2, pp. 23–31.

Received January 27, 2016

Revised May 4, 2016

* Corresponding author.

