

Взаимосвязь между содержанием фенольных соединений в листьях и в ягодах винограда

Виктор Павлович Клименко, д-р с.-х. наук, зав. лабораторией генетики, биотехнологий селекции и размножения винограда, vik_klim@rambler.ru;

Дмитрий Олегович Тураев, мл. науч. сотр. лаборатории генетики, биотехнологий селекции и размножения винограда, dima.turaev@rambler.ru;

Екатерина Александровна Лушай, мл. науч. сотр. лаборатории генетики, биотехнологий селекции и размножения винограда, ekaterina.lushai@gmail.com;

Владимир Владимирович Лиховской, д-р с.-х. наук, врио директора, lihovskoy@gmail.com

Федеральное Государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН», Россия, Республика Крым, г. Ялта, ул. Кирова, 31, 298600

Фенольные соединения являются вторичными метаболитами высших растений, играют важную роль в физиологии растений и имеют полезные свойства для организма человека, главным образом в качестве антиоксидантов. Более глубокое знание метаболизма фенолов укрепляет основу для их практического применения в виноградарстве и виноделии. Целью данной работы являлась оценка взаимосвязей между содержанием фенольных соединений в листьях и в ягодах различных сортов винограда. Для анализа использованы данные о качественном и количественном составе фенольных соединений, исследованных как в листьях, так и в ягодах винограда, полученные методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Сравнивали содержание веществ 5 фенольных групп и 19 отдельных фенольных соединений. В качестве выборки эксперимента использовали 18 сортов винограда. Использовали замеры в три срока наблюдения. Для анализа данных использовали пакет прикладных программ STATISTICA. Рассчитывали ранговые корреляции Спирмена. Учитывали корреляции, значимые на уровне $p < 0,05$. Для оценки взаимосвязи между содержанием отдельных фенольных соединений в листьях и в ягодах винограда проверена 171 рабочая гипотеза. Только для одного из исследуемых соединений, кофейной кислоты, выявлены значимые и высокие корреляции между его содержанием в листьях и ягодах, что подтверждают соответствующие уравнения регрессии. Для оценки взаимосвязи между содержанием соединений одноименных фенольных групп в листьях и в ягодах винограда проверено 45 рабочих гипотез. Больше всего значимых корреляций выявлено для оксикарбоновых кислот. Для оценки взаимосвязи между содержанием соединений различных фенольных групп в листьях и в ягодах винограда проверено 125 рабочих гипотез. Большинство корреляций является положительными. Таким образом, для кафтаровой и кофейной кислот, кверцетин-3-О-гликозида, кемпферола, (+)-D-катехина, транс-ресвератрол-3-гликозида, процианидина B5 корреляции между их содержанием в листьях и в ягодах винограда являются значимыми. Выявлены положительные и отрицательные корреляции, как между различными отдельными фенольными соединениями, так и между различными группами фенольных веществ. Полученные результаты могут быть использованы в практической селекции винограда при проведении отбора гибридов, перспективных с точки зрения содержания конкретных фенольных соединений.

Ключевые слова: виноград; фенольные соединения; метаболизм; лист; ягода; высокоэффективная жидкостная хроматография; корреляции; значимость; кофейная кислота; оксикарбоновые кислоты.

Как цитировать эту статью:

Клименко В.П., Тураев Д.О., Лушай Е.А., Лиховской В.В. Взаимосвязь между содержанием фенольных соединений в листьях и ягодах винограда // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2019; 21(3); С. 198-203. DOI 10.35547/IM.2019.21.3.003

How to cite this article:

Klimenko V.P., Turaev D.O., Lushchay E.A., Likhovskoi V.V. The relationship between phenolic compounds content in grapevine leaves and berries. *Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie*=Magarach. Viticulture and Winemaking. 2019; 21(3):198-203. DOI 10.35547/IM.2019.21.3.003 (in Russian)

УДК: 634.8:577.13

Поступила 7.05.2019

Принята к публикации 20.08.2019

© Авторы, 2019

ORIGINAL RESEARCH

The relationship between phenolic compounds content in grapevine leaves and berries

Viktor Pavlovich Klimenko, Dmitry Olegovich Turaev, Ekaterina Aleksandrovna Lushchay, Vladimir Vladimirovich Likhovskoi

Federal State Budget Scientific Institution All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, 31 Kirova Str., 298600 Yalta, Republic of Crimea, Russian Federation

Phenolic compounds are secondary metabolites of higher plants that play an important role in plant physiology, and have beneficial properties for the human body, acting mainly as antioxidants. Deeper knowledge of phenol metabolism strengthens the basis for their practical application in viticulture and winemaking. The aim of this work was to assess the relationship between phenolic compounds content in the leaves and berries of various grapevine cultivars. The qualitative and quantitative phenolic compounds composition data obtained by high performance liquid chromatography was studied both in the leaves and in the fruit. We compared substance content of 5 phenolic groups and 19 individual phenolic compounds. 18 grapevine cultivars were sampled. Measurements were made during 3 observation periods. STATISTICA packaged applications were used to analyze the data. Spearman's rank correlations were calculated. Correlations significant at $p < 0,05$ were taken into account. 171 working hypotheses were tested to assess the relationship between individual phenolic compounds content in the leaves and berries. Only one of the studied compounds, caffeic acid, revealed significant and high correlations between its content in the leaves and grapes, which was confirmed by corresponding regression equations. 45 working hypotheses were tested to assess the relationship between compounds content of the same phenolic groups in the leaves and berries. The most significant correlations were revealed for hydroxycarboxylic acids. 125 working hypotheses were tested to assess the relationship between compounds content of different phenolic groups in the leaves and berries. Most correlations were positive. Thus, for caftaric and caffeic acids, quercetin-3-O-glycoside, kaempferol, (+)-D-catechin, trans-resveratrol-3-glycoside, procyanidin B5, the correlations between their content in the leaves and in the berries were significant. Positive and negative correlations were revealed, both between various individual phenolic compounds, and between various groups of phenolic substances. The results obtained can be used in practical grapevine breeding during selection of promising hybrids in terms of specific phenolic compounds content.

Key words: grapevine; phenolic compounds; metabolism; leaf; berry; high performance liquid chromatography; correlations; significance; caffeic acid; hydroxycarboxylic acids.

Состояние вопроса

Фенольные соединения являются вторичными метаболитами высших растений, играют важную роль в физиологии растений и имеют потенциально полезные свойства для организма человека, главным образом в качестве антиоксидантов, а также как противоаллергических, противовоспалительных, противоопухолевых, антигипертензивных и антимикробных агентов. Сообщается об антибактериальной, противовирусной и противогрибковой активности наиболее активных классов полифенолов [1]. Учитывая, что устойчивость к микробам становится все более серьезной глобальной проблемой, обсуждается синергетический эффект полифенолов в сочетании с обычными противомикробными средствами против клинических микроорганизмов с множественной лекарственной устойчивостью.

Влияние количественного содержания фенольных соединений в виноградном соке разных сортов и виноградных вин на антиоксидантную активность подтверждено установленной корреляцией между этими показателями [2]. Виноградные соки обладают высокой антиоксидантной активностью, что связано с большой концентрацией катехина, процианидина В1, транс-ресвератрола, кофейной, коричной и галловой кислот [3–7]. Выжимки, доступные и недорогие отходы переработки урожая, являются важным источником биологически активных соединений, которые могут использоваться в качестве антиоксидантных веществ в пищевой и фармацевтической промышленности [8]. Полифенольные соединения винограда, проявляющие оздоровительное воздействие на организм человека, идентифицированы в составе пищевого концентрата «Эноант» и виноматериала из сорта Каберне-Совиньон [9]. Показано, что водно-спиртовой экстракт кожицы ягоды сорта винограда Каберне-Совиньон обладает высоким технологическим запасом полифенольных соединений с высокой антиоксидантной активностью, обуславливающим целесообразность его использования для повышения биологической ценности продуктов [10]. Выявлена зависимость антиоксидантной активности экстрактов из кожицы белых и красных сортов винограда от содержания отдельных групп фенольных соединений, при этом установлены перспективные сорта для производства новых пищевых продуктов с повышенной биологической активностью [11].

Фенольные соединения являются важными компонентами виноградной ягоды, во многом определяющими тип и качество вина [12]. В последние десятилетия достигнуты значительные успехи в генетике, биохимии и физиологии винограда, что позволяет лучше понимать факторы, регулирующие синтез этого класса вторичных метаболитов. Более глубокое знание метаболизма фенолов укрепляет основу для их практического применения в виноградарстве и виноделии. При исследовании связи между заболеваниями милдью и оидиумом и фенольными компонентами выяснилось, что общее содержание фенолов возрастает после заражения, но варьирует в зависимости от сорта и вида [13]. Обнаружена значительная по-

ложительная корреляция между общим количеством фенолов и общей антиоксидантной активностью после обоих заболеваний. В инфицированных оидиумом ягодах и виноматериалах из них наблюдали многократное накопление ресвератрола, в то время как содержание антоцианов значительно снижалось [14]. Нормальные клеточные метаболиты и другие соединения, имеющие природное происхождение и проявляющие антимутагенную, а также генопротекторную активность, в больших количествах присутствуют в плодах винограда. Существующий генофонд новых сортов и перспективных гибридов винограда демонстрирует значительную вариабельность по содержанию веществ, представляющих интерес с этой точки зрения. [15–19].

Целью данной работы являлась оценка взаимосвязей между содержанием фенольных соединений в листьях и в ягодах различных сортов винограда.

Материалы и методы исследований

Для анализа использованы данные о качественном и количественном составе фенольных соединений, исследованных как в листьях, так и в ягодах винограда, полученные методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе Agilent Technologies.

Сравнивали содержание веществ 5 фенольных групп и 19 отдельных фенольных соединений:

- оксикарбоновые кислоты (галловая кислота, кафтаровая кислота, кофейная кислота, каутаровая кислота);
- флавонолы (кверцетин, кверцетин-3-О-гликозид, кемпферол);
- флаван-3-олы ((+)-D-катехин, (-)-эпикатехин);
- олигомерные процианидины (процианидин В1, процианидин В2, процианидин В3, процианидин В4, процианидин В5, процианидин В6, процианидин В7, процианидин В8);
- стильбены (транс-ресвератрол, транс-ресвератрол-3-гликозид).

В качестве выборки эксперимента использовали 18 сортов винограда:

- автохтонные сорта Крыма (Джеват кара, Кефесия, Кокур белый, Крона, Сары пандас, Шабаш);
- интродуцированные сорта (Каберне-Совиньон, Мальбек, Рислинг рейнский, Сира, Совиньон белый, Шардоне);
- сорта селекции Института «Магарач» (Альминский, Антей магарачский, Памяти Голодриги, Первенец Магарача, Рислинг Магарача, Цитронный Магарача).

Использовали замеры в три срока наблюдений, данные по срокам принимали как независимые величины.

Для анализа данных использовали пакет прикладных программ STATISTICA. Рассчитывали ранговые корреляции Спирмена. Учитывали корреляции, значимые на уровне $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Для оценки взаимосвязи между содержанием отдельных фенольных соединений в листьях и в ягодах винограда проверена 171 рабочая гипотеза. Резуль-

Таблица 1. Корреляции между содержанием отдельных фенольных соединений в листьях и в ягодах винограда
Table 1. Correlations between individual phenolic compounds content in leaves and in berries

Соединения в ягодах	Соединения в листьях	Коэффициент корреляции Спирмена	t(N-2)	p
Кафтаровая кислота 1	Кафтаровая кислота 2	0,536	2,536995	0,021973
Кафтаровая кислота 2	Кафтаровая кислота 1	0,47	2,130152	0,049027
Кафтаровая кислота 2	Кафтаровая кислота 2	0,581	2,855459	0,011451
Кафтаровая кислота 3	Кафтаровая кислота 1	0,510	2,373692	0,030471
Кверцетин-3-О-гликозид 1	Кверцетин-3-О-гликозид 2	0,589	2,91739	0,010071
Кемпферол 1	Кемпферол 1	0,491	2,254912	0,038502
(+)-D-катехин 1	(+)-D-катехин 2	-0,618	-3,14567	0,006252
Транс-ресвератрол-3-гликозид 1	Транс-ресвератрол-3-гликозид 3	0,498	2,299883	0,035254
Процианидин В5 1	Процианидин В5 1	-0,519	-2,42612	0,027452
Кофейная кислота 1	Кофейная кислота 2	0,787	5,109483	0,000105
Кофейная кислота 1	Кофейная кислота 3	0,719	4,141625	0,000767
Кофейная кислота 2	Кофейная кислота 1	0,584	2,875313	0,010990
Кофейная кислота 2	Кофейная кислота 2	0,816	5,652885	0,000036
Кофейная кислота 2	Кофейная кислота 3	0,783	5,039881	0,000121
Кофейная кислота 3	Кофейная кислота 2	0,686	3,774147	0,001661
Кофейная кислота 3	Кофейная кислота 3	0,583	2,870814	0,011092

Примечание: приведены корреляции, значимые на уровне $p < 0,05000$. Обозначения: 1, 2 и 3 – сроки наблюдений.

таты показали, что корреляции между содержанием фенольных веществ в листьях и ягодах являются незначимыми для многих веществ: галловой кислоты, каутаровой кислоты, кверцетина, (-)-эпикатехина, транс-ресвератрола, процианидинов В1–В4, В6–В8.

Для кафтаровой кислоты, кверцетин-3-О-гликозида, кемпферола, (+)-D-катехина, транс-ресвератрол-3-гликозида, процианидина В5 корреляции между их содержанием в листьях и ягодах оказались значимыми, но невысокими (табл. 1). Невысокие значения корреляций объясняются небольшим объемом выборки. В основном корреляции оказались положительными. Для (+)-D-катехина и процианидина В5 корреляции между содержанием в ягодах и листьях являются отрицательными. Чем больше процианидина В5 в ягодах, тем меньше его в листьях того же срока, и наоборот. Чем больше (+)-D-катехина в ягодах, тем меньше его в листьях в более поздние сроки.

Только для одного из исследуемых соединений, кофейной кислоты, выявлены значимые и высокие корреляции между его содержанием в листьях и ягодах, что подтверждают соответствующие уравнения регрессии:

$$y_2 = 9,5873 + 0,963x_1,$$

где x_1 – содержание кофейной кислоты в ягодах 1 срока наблюдений,

y_2 – содержание кофейной кислоты в листьях 2 срока наблюдений,

$$r = 0,5843, p = 0,0109, r^2 = 0,3414;$$

$$y_2 = 7,9209 + 1,267x_2,$$

где x_2 – содержание кофейной кислоты в ягодах 2 срока наблюдений,

y_2 – содержание кофейной кислоты в листьях 2 срока наблюдений,

$$r = 0,6841, p = 0,0017, r^2 = 0,4681;$$

$$y_3 = 10,5156 + 0,9766x_1,$$

где x_1 – содержание кофейной кислоты в ягодах 1 срока наблюдений,

y_3 – содержание кофейной кислоты в листьях 3 срока наблюдений,

$$r = 0,4908, p = 0,0386, r^2 = 0,2409;$$

$$y_3 = 8,7298 + 1,3006x_2,$$

где x_2 – содержание кофейной кислоты в ягодах 2 срока наблюдений,

y_3 – содержание кофейной кислоты в листьях 3 срока наблюдений,

$$r = 0,5817, p = 0,0113, r^2 = 0,3383.$$

Кофейная кислота является достаточно сильным антиоксидантом, содержание которого в органах растений обычно невысокое, поэтому ее роль не всегда очевидна [20, 21]. Предполагается, что кофейная кислота способствует стабильности окраски вин и защите их от окисления [22]. В винах с добавлением кофейной кислоты наблюдалось более высокое содержание антоциановой полимерной фракции, ацилированных антоцианинов, фенольных кислот и общего количества фенолов, что влияло на стабильность окраски [23]. Обращают на себя внимание результаты исследования кинетики образования кофейной кислоты во времени *in vitro*, которые указывают на то, что кожица винограда обладает активностью о-гидроксилирования, предположительно монофенол- или флавоноид-3'-монооксигеназной активностью [24].

Для оценки взаимосвязи между содержанием соединений одноименных фенольных групп в листьях и в ягодах винограда проверено 45 рабочих гипотез. Больше всего значимых корреляций выявлено для оксикарбоновых кислот. Результаты показали, что для оксикарбоновых кислот, флавонолов и флаван-3-олов корреляции между их содержанием в листьях и ягодах являются значимыми, но невысокими (табл. 2). Для

Таблица 2. Корреляции между содержанием соединений одноименных фенольных групп в листьях и в ягодах винограда**Table 2.** Correlations between compounds content of the same phenolic groups in leaves and in berries

Соединения в ягодах	Соединения в листьях	Коэффициент корреляции Спирмена	t(N-2)	p
Оксикарбоновые кислоты 1	Оксикарбоновые кислоты 2	0,538	2,550736	0,021371
Оксикарбоновые кислоты 2	Оксикарбоновые кислоты 1	0,486	2,221591	0,041087
Оксикарбоновые кислоты 2	Оксикарбоновые кислоты 2	0,655	3,470230	0,003156
Оксикарбоновые кислоты 2	Оксикарбоновые кислоты 3	0,494	2,274643	0,037044
Флавонолы 3	Флавонолы 2	0,548	2,620426	0,018554
Флаван-3-олы 1	Флаван-3-олы 2	-0,668	-3,58770	0,002462
Флаван-3-олы 1	Флаван-3-олы 3	-0,55	-2,63457	0,018028

Примечание: приведены корреляции, значимые на уровне $p < 0,05000$. Обозначения: 1, 2 и 3 – сроки наблюдений.

флаван-3-олов корреляции между содержанием в ягодах и листьях являются отрицательными: чем больше их в ягодах, тем меньше в листьях в более поздние сроки.

Для оценки взаимосвязи между содержанием соединений различных фенольных групп в листьях и в ягодах винограда проверено 125 рабочих гипотез. Большинство значимых корреляций является положительными (табл. 3). В частности, имеется прямая зависимость между флавонолами в ягодах и олигомерными процианидинами в листьях, между флаван-3-олами в ягодах и оксикарбоновыми кислотами в листьях, между олигомерными процианидинами в ягодах и оксикарбоновыми кислотами в листьях, и наоборот. Отрицательная зависимость выявлена между олигомерными процианидинами в ягодах и стильбенами в листьях, между содержанием флавонолов в ягодах и флаван-3-олов в листьях, и наоборот.

Взаимодействие фенольных соединений регулярно привлекает внимание исследователей [25]. При анализе взаимосвязей фенольных соединений, органических кислот и антиоксидантной активности наиболее

значимые корреляции обнаружены для группы катехинов [26]. В частности, содержание (+)-D-катехина положительно коррелировало с содержанием (-)-эпикатехина, галловой кислоты и процианидина В2. Исследования показали, что между флавоноидами существуют синергические и антагонистические взаимодействия, которые могут объяснить результаты, полученные при измерении антиоксидантного эффекта пищевых экстрактов [27].

Выводы

Результаты показали, что для кафтаровой и кофейной кислот, кверцетин-3-О-гликозида, кемпферола, (+)-D-катехина, транс-ресвератрол-3-гликозида, процианидина В5 корреляции между их содержанием в листьях и в ягодах винограда являются значимыми. Только для кофейной кислоты выявлены высокие положительные корреляции. При рассмотрении в целом фенольных групп оказалось, что для оксикарбоновых кислот, флавонолов и флаван-3-олов корреляции между их содержанием в листьях и в ягодах являются значимыми. Выявлены положительные и отрицательные корреляции как между различными отдельными

Таблица 3. Корреляции между содержанием соединений различных фенольных групп в листьях и в ягодах винограда**Table 3.** Correlations between compounds content of different phenolic groups in leaves and in berries

Соединения в ягодах	Соединения в листьях	Коэффициент корреляции Спирмена	t(N-2)	p
Оксикарбоновые кислоты 3	Олигомерные процианидины 1	0,47	2,13015	0,049027
Оксикарбоновые кислоты 3	Олигомерные процианидины 3	0,534	2,52332	0,022588
Флавонолы 1	Флаван-3-олы 3	-0,507	-2,35099	0,031873
Флавонолы 2	Олигомерные процианидины 1	0,479	2,18470	0,044135
Флаван-3-олы 1	Флавонолы 3	-0,478	-2,17568	0,044912
Флаван-3-олы 2	Оксикарбоновые кислоты 2	0,507	2,35099	0,031873
Флаван-3-олы 2	Флавонолы 1	0,509	2,36720	0,030866
Флаван-3-олы 3	Оксикарбоновые кислоты 2	0,482	2,20013	0,042836
Олигомерные процианидины 1	Стильбены 2	-0,499	-2,30463	0,034926
Олигомерные процианидины 3	Оксикарбоновые кислоты 2	0,54	2,56454	0,020783

Примечание: приведены корреляции, значимые на уровне $p < 0,05000$. Обозначения: 1, 2 и 3 – сроки наблюдений.

фенольными соединениями, так и между различными группами фенольных веществ. Полученные результаты могут быть использованы в практической селекции винограда при проведении отбора гибридов, перспективных с точки зрения содержания конкретных фенольных соединений.

Источники финансирования

Работа выполнена в рамках проведения поискового исследования.

Financing source

The work was carried within the framework of an exploratory study.

Конфликт интересов

Авторы статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

Список литературы /References

1. Daglia M. Polyphenols as antimicrobial agents // *Current Opinion in Biotechnology*, 2012, v. 23, № 2, pp.174–181 (doi: 10.1016/j.copbio.2011.08.007).
2. Ткаченко М.Г., Соловьева Л.М., Зайцев Г.П., Гришин Ю.В., Мосолкова В.Е., Виноградов Б.А. Фенольный состав и антиоксидантная активность виноградных соков и виноматериалов // «Магарач». Виноградарство и виноделие. – 2012. – № 4. – С. 29–31.
- [Tkachenko M.G., Solovyova L.M., Zaitsev G.P., Grishin Yu.V., Mosolkova V.E., Vinogradov B.A. Phenolic composition and antioxidant activity of grape juices and wine materials. *Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie*=Magarach. Viticulture and Winemaking, 2012, 4, pp. 29–31 (in Russian)]
3. Cosme F., Pinto T., Vilela A. Phenolic Compounds and Antioxidant Activity in Grape Juices: A Chemical and Sensory View, *Beverages*, 2018, v. 4, № 22 (doi: 10.3390/beverages4010022).
4. Jiménez M., Juárez N., Jiménez-Fernández V.M., Monribot-Villanueva J.L., Guerrero-Analco J.A. Phenolic compounds and antioxidant activity of wild grape (*Vitis tiliifolia*). *Italian Journal of Food Science*, 2018, v. 30, № 1, pp. 128–143 (doi: https://doi.org/10.14674/IJFS-975).
5. Lima M.S., Silani I.S.V., Toaldo I.M., Corrêa L.C., Biasoto A.C.T., Pereira G.E., Bordignon-Luiz M.T., Ninow J.L. Phenolic compounds, organic acids and antioxidant activity of grape juices produced from new Brazilian varieties planted in the Northeast Region of Brazil. *Food Chemistry*, 2014, v. 161, pp. 94–103 (doi: 10.1016/j.foodchem.2014.03.109).
6. Natividade M.M.P., Corrêa L.C., Souza S.V.C., Pereira G.E., Lima L.C.O. Simultaneous analysis of 25 phenolic compounds in grape juice for HPLC: Method validation and characterization of São Francisco Valley samples. *Microchemical Journal*, 2013, v. 110, pp. 665–674 (doi: 10.1016/j.microc.2013.08.010).
7. Toaldo I.M., Cruz F.A., Alves T.L., Gois J.S., Borges D.L.G., Cunha H.P., Silva E.L., Bordignon-Luiz M.T. Bioactive potential of *Vitis labrusca* L. grape juices from the Southern Region of Brazil: Phenolic and elemental composition and effect on lipid peroxidation in healthy subjects. *Food Chemistry*, 2015, v. 173, pp. 527–535 (doi: 10.1016/j.foodchem.2014.09.171).
8. Karling M., Bicas T.C., De Lima V.A., Oldoni T.L.C. Grape and Apple Pomaces from Southern Brazil: Valorization of By-Products through Investigation of Their Antioxidant Potential. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 2017, v. 28, № 10, pp. 1857–1865 (doi: 10.21577/0103-5053.20170014).
9. Зайцев Г.П., Катрич Л.И., Огай Ю.А. Полифенольные биологически активные компоненты красного сухого виноматериала из винограда сорта Каберне-Совиньон и пищевого концентрата «Эноант» // «Магарач». Виноградарство и виноделие. – 2010. – № 3. – С. 25–27. [Zaitsev G.P., Catrich L.I., Ogai Yu.A. Biologically active polyphenols of dry red Cabernet Sauvignon wine material and food concentrate Enoant. *Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie*=Magarach. Viticulture and Winemaking, 2010, 3, pp. 25–27 (in Russian)]
10. Вьюгина М.А., Ткаченко М.Г., Чурсина О.А., Загоруйко В.А., Максимовская В.А. Исследование полифенольного состава продуктов из сортов винограда с целью повышения биологической ценности их использования [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2015. – № 33(3). – С. 104–115. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/15/03/11.pdf>. [Viughina M.A. Tkachenko M.G., Chursina O.A., Zagoruiko V.A., Maksimovskaia V.A. Analysis of polyphenol composition of products produced from grapes of various cultivars in order to increase their biological value. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*, 2015, 33(3), pp. 104–115. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/15/03/11.pdf> (in Russian)].
11. Чурсина О.А., Ткаченко М.Г., Таран В.А., Максимовская В.А., Вьюгина М.А., Гришин Ю.В. Оценка отходов виноделия как вторичного сырья для производства пищевых продуктов с повышенной биологической активностью // «Магарач». Виноградарство и виноделие. – 2014. – № 2. – С. 33–36. [Chursina O.A., Tkachenko M.G., Taran V.A., Maksimovskaia V.A., Viughina M.A. Evaluation of winemaking wastes as secondary raw material for production of foods with increased biological activity. *Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie*=Magarach. Viticulture and Winemaking. 2014. №2. P. 33–36 (in Russian)]
12. Castellarin S.D., Bavaresco L., Falginella L., Gonçalves M.I.V.Z., Di Gaspero G. Phenolics in Grape Berry and Key Antioxidants. In *The Biochemistry of the grape berry*; Gerós H., Chaves M., Delrot S., Eds.; Bentham Science, Bussum, 2012, pp. 89–110 (doi: 10.2174/978160805360511201010089).
13. Atak A., Göksel Z., Celik H. Relations between downy/powdery mildew diseases and some phenolic compounds in *Vitis* spp. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2017, 41(1), pp. 69–81 (doi: 10.3906/tar-1610-61).
14. Taware P.B., Dhupal K.N., Oulkar D., Patil S. Phenolic alterations in grape leaves, berries and wines due to foliar and cluster powdery mildew infections. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 2010, v.1, №1, pp.1-14 (doi: 10.5138/ijaps.2010.0976.1055.01001).
15. Клименко В.П. Новые сорта винограда: нетрадиционное использование // Качество, безопасность и экология пищевых продуктов и производств. Прогресс в агроиндустрии: Сборник научных трудов / редкол.: Тужилкин В.И. (председатель) [и др.]. – Москва–Ялта, 2001. – С. 73. [Klimenko V. P. New grapevine cultivars: unconventional use. Quality, safety and ecology of food products and industries. Progress in the agroindustry: ed. V.I. Tujilkin. Moscow – Yalta, 2001, p. 73. (in Russian)]
16. Клименко В.П. Источники хозяйственно ценных признаков винограда // Виноградарство и виноделие. – 2006. – Т. XXXVI. – С. 9–13. [Klimenko V.P. Sources of economically valuable traits of grapes. *Viticulture and Winemaking*, 2006, v. XXXVI, pp. 9–13 (in Russian)].
17. Клименко В.П. Вторичный отбор в генофонде винограда // Виноградарство и виноделие. – Ялта, 2012. – Т. XLII. – С. 14 – 17.

- Klimenko V.P. Secondary selection in the grape gene pool. *Viticulture and Winemaking*, v. XLII, pp.14 – 17 (in Ukrainian).
18. Левченко С.В., Волынкин В.А., Зайцев Г.П., Пытель И.Ф. Специфичность фенольного комплекса сортов винограда сложной генетической структуры // «Магарач». Виноградарство и виноделие. – 2009. – № 2. – С. 9–11. [Levchenko S.V., Volynkin V.A., Zaitsev G.P., Pytel I.F. Phenolic composition peculiarity of grapevine cultivars with complex genetic background. *Magarach. Viticulture and Winemaking*, 2009, 2, pp. 9–11 (in Russian)]
19. Levchenko S.V., Likhovskoi V.V., Vasylyk I.A., Volynkin V.A. Phenolic compounds in the Crimean autochthonous grapevine cultivars. *Fruits for the Future, Book of Abstracts*, 2017, p. 50.
20. Fracassetti D., Lawrence N., Tredoux A.G.J., Tirelli A., Nieuwoudt H.H., Du Toit W.J. Quantification of glutathione, catechin and caffeic acid in grape juice and wine by a novel ultra-performance liquid chromatography method. *Food Chemistry*, 2011, v. 28, № 4, pp.1136–1142 (doi: 10.1016/j.foodchem.2011.04.001).
21. Lima M.S., Dutra M.C.P., Toaldo I.M., Corrêa L.C., Pereira G.E., Oliveira D., Bordignon-Luiz M.T., Ninow J.L. Phenolic compounds, organic acids and antioxidant activity of grape juices produced in industrial scale by different processes of maceration. *Food Chemistry*, 2015, v. 188, pp.384–392 (doi: 10.1016/j.foodchem.2015.04.014).
22. Darias-Martín J., Martín-Luis B., Carrillo-López M., Lamuela-Raventós R., Díaz-Romero C., Boulton R. Effect of Caffeic Acid on the Color of Red Wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, v. 50, №7, pp. 2062–2067 (doi: 10.1021/jf010931+).
23. Aleixandre-Tudó J.L., Álvarez I., Lizama V., García M.J., Aleixandre J.L., Du Toit W.J. Impact of Caffeic Acid Addition on Phenolic Composition of Tempranillo Wines from Different Winemaking Techniques. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013, v.61, № 49, pp.11900–11912 (doi: 10.1021/jf402713d).
24. Arnous A., Meyer A.S. Grape skins (*Vitis vinifera* L.) catalyze the in vitro enzymatic hydroxylation of p-coumaric acid to caffeic acid. *Biotechnology Letters*, 2009, v. 31, № 12, pp.1953–1960 (doi: 10.1007/s10529-009-0103-5).
25. Burin V.M., Falcão L.D., Gonzaga L.V., Fett R., Rosier J.P., Bordignon-Luiz M.-T. Colour, phenolic content and antioxidant activity of grape juice. *Food Science and Technology*, 2010, v. 30, № 4, pp.1027–1032 (doi: 10.1590/S0101-20612010000400030).
26. Mota A., Pinto J., Fartouce I., Correia M. J., Costa R., Carvalho R., Aires A., Oliveira A.A. Chemical profile and antioxidant potential of four table grape (*Vitis vinifera*) cultivars grown in Douro region, Portugal. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 2018, v. 33, № 2, pp.125–135 (doi: 10.1051/ctv/20183302125).
27. Hidalgo M., Sanchez-Moreno C., Pascual-Teresa S. Flavonoid-flavonoid interaction and its effect on their antioxidant activity. *Food Chemistry*, 2010, v. 121, № 3, pp. 691–696 (doi: 10.1016/j.foodchem.2009.12.097).

ORCID ID:

Клименко В.П. <https://orcid.org/0000-0002-7452-0776>
Лиховской В.В. <https://orcid.org/0000-0003-3879-0485>