

Фенольный профиль молодых побегов винограда сорта Каберне Совиньон, произрастающего в условиях Южного берега Крыма

Жилякова Т.А.[✉], Черноусова И.В., Зайцев Г.П., Гришин Ю.В., Мосолкова В.Е., Соловьева Л.М.

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

[✉]golden.heart@mail.ru

Аннотация. В настоящее время основной способ получения биологически активных фенольных соединений – это прямая экстракция из растительного сырья. В связи с этим актуальным является поиск новых сырьевых источников природных полифенолов и исследование их фенольного состава. Молодые побеги и их части, остающиеся на виноградниках после летней обломки, являются малоизученными отходами виноградарства. Цель данного исследования состояла в оценке фенольного потенциала таких отходов как источника функциональных соединений для инновационных целей. В работе методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектированием исследован фенольный профиль июньских молодых побегов винограда сорта Каберне Совиньон в условиях культивирования на Южном берегу Крыма. В побегах идентифицированы и количественно определены 17 фенольных соединений: один флаван-3-ол ((+)-D-катехин), два стильбена (*транс*-ресвератрол, *транс*-ε-виниферин), две гидроксibenзойные кислоты (галловая, эллаговая), 6 гидроксикоричных кислот (кафтаровая, каутаровая, фертаровая, кофейная, п-кумаровая, этиловый эфир п-кумаровой кислоты), 6 флавонолов (кверцетин, кемпферол, кверцетин-3-О-глюкозид-7-О-глюкуронид, кверцетин-3-О-глюкозид, кемферол-3,7-ди-О-глюкозид, изорамнетин-3-О-глюкозид). Общее содержание фенольных веществ в молодых побегах, определенное путем суммирования данных ВЭЖХ, составило в среднем $16,2 \pm 2,2$ г/кг сухой массы с соответствующими относительными вкладами полимерных и олигомерных проантоцианидинов 49 % и 2 %. Средние суммарные доли отдельных классов фенольных соединений в общем содержании ранжируются в следующем порядке (%): проантоцианидины (51) > флавонолы (41) > гидроксibenзойные кислоты (4) > гидроксикоричные кислоты (3) > флаван-3-олы (0,4) > стильбеноиды (0,3). Основную долю гидроксикоричных кислот составляла кафтаровая кислота (79 %), гидроксibenзойных – эллаговая (80 %), стильбенов – *транс*-ε-виниферин (70 %), флавонолов – глюкозиды кверцетина (92 %), проантоцианидинов – полимерные формы (96 %). По общему содержанию фенольных соединений молодые побеги не уступают лозе и выжимкам красных сортов винограда. Таким образом, молодые побеги винограда сорта Каберне Совиньон, культивируемого на Южном берегу Крыма, после июньской обломки могут быть использованы в инновационных целях для получения экстрактов, обогащенных полимерными проантоцианидинами, глюкозидами кверцетина, кафтаровой и эллаговой фенольными кислотами – биологически активными веществами фенольной природы.

Ключевые слова: виноград; летняя обломка; побеги; ВЭЖХ; флавоноиды; проантоцианидины; фенольные кислоты; стильбены; вторичные продукты; экстракты.

Для цитирования: Жилякова Т.А., Черноусова И.В., Зайцев Г.П., Гришин Ю.В., Мосолкова В.Е., Соловьева Л.М. Фенольный профиль молодых побегов винограда сорта Каберне Совиньон, произрастающего в условиях Южного берега Крыма // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2023;25(3):312-318. DOI 10.34919/IM.2023.25.3.014.

Phenolic profile of young shoots of 'Cabernet Sauvignon' grapevine cultivar growing in the South Coast of Crimea conditions

Zhilyakova T.A.[✉], Chernousova I.V., Zaitsev G.P., Grishin Yu.V., Mosolkova V.E., Solovyova L.M.

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, 31 Kirova str., 298600 Yalta, Republic of Crimea, Russia

[✉]golden.heart@mail.ru

Abstract. Currently, the basic method for obtaining biologically active phenolic compounds is a direct extraction from plant materials. In this regard, the search for new raw material sources of natural polyphenols and the study of their phenolic composition is relevant. Young shoots and their parts, remaining in the vineyards after summer choice of shoots, are less-studied by-products of viticulture. The purpose of this study was to assess the phenolic potential of such by-products as a source of functional compounds for innovative purposes. In this work, the phenolic profile of June young shoots of 'Cabernet Sauvignon' grapes under the South Coast of Crimea cultivation conditions was studied using high-performance liquid chromatography with diode-array detection. Seventeen phenolic compounds were identified and quantified in the shoots: one flavan-3-ol ((+)-D-catechin), two stilbenes (*trans*-resveratrol, *trans*-ε-viniferin), two hydroxybenzoic acids (gallic, ellagic), 6 hydroxycinnamic acids (caftaric, cautaric, fertaric, caffeic, p-coumaric, ethyl ester of p-coumaric acid), 6 flavonols (quercetin, kaempferol, quercetin-3-O-glucoside-7-O-glucuronide, quercetin-3-O-glucoside, kaempferol-3,7-di-O-glucoside, isorhamnetin-3-O-glucoside). The total content of phenolic substances in young shoots, determined by summing up of HPLC data, averaged 16.2 ± 2.2 g/kg dry weight with the corresponding fractional contributions of polymeric and oligomeric proanthocyanidins of 49 % and 2 %. The average total proportions of individual classes of phenolic compounds in the total content are ranked in the following order (%): proanthocyanidins (51) > flavonols (41) > hydroxybenzoic acids (4) > hydroxycinnamic acids (3) > flavan-3-ols (0.4) > stilbenoids (0.3). Major proportion of hydroxycinnamic acids was composed by caftaric acid (79 %), hydroxybenzoic acids - ellagic (80 %), stilbenes - *trans*-ε-viniferin (70 %), flavonols - quercetin glucosides (92 %), proanthocyanidins - polymeric forms (96 %). Young shoots are not inferior to the vine and pomace of red grapevine cultivars in terms of the total content of phenolic compounds. Thus, young shoots of 'Cabernet Sauvignon' grapes cultivated in the South Coast of Crimea, after the choice of shoots in June, can be used for innovative purposes to obtain the extracts enriched with polymeric proanthocyanidins, quercetin glucosides, caftaric and ellagic phenolic acids as biologically active substances of phenolic nature.

Key words: grapes; summer choice of shoots; shoots; HPLC; flavonoids; proanthocyanidins; phenolic acids; stilbenes; secondary products; extracts.

For citation: Zhilyakova T.A., Chernousova I.V., Zaitsev G.P., Grishin Yu.V., Mosolkova V.E., Solovyova L.M. Phenolic profile of young shoots of 'Cabernet Sauvignon' grapevine cultivar growing in the South Coast of Crimea conditions. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2023;25(3):312-318. DOI 10.34919/IM.2023.25.3.014 (in Russian).

Введение

Известно, что полифенолы виноградной грозди антоцианы, флавонолы, флаван-3-олы, фенольные кислоты, стильбены являются важными для метаболизма высших растений и здоровья человека соединениями [1, 2]. Широкий спектр биологической активности позволяет использовать их терапевтический потенциал в профилактике и лечении ряда заболеваний, связанных с генерацией активных форм кислорода, таких как атеросклероз, ишемическая болезнь сердца и рак [2–5], нейродегенеративных расстройств, бактериальных, вирусных и коронавирусных инфекций [6–10].

В настоящее время прямая экстракция из растительного сырья является основным способом получения биологически активных соединений фенольной природы, в связи с чем поиск новых сырьевых источников остается актуальным [11, 12]. Одним из таких малоизученных отходов виноградарства являются молодые побеги и их части, ежегодно образующиеся в процессе комплекса технологических операций с зелеными частями куста, включающих обломку, прищипывание, подвязку и др. (ГОСТ Р 52681–2006). Фенольный состав вегетативных органов винограда: листьев, гребней, стеблей вызревших безлиственных одревесневших однолетних побегов (лозы) и многолетней древесины, – в настоящее время интенсивно исследуется, и результаты более чем 70 работ, преимущественно за последнее десятилетие, систематизированы в обзоре [13]. В то же время литературные данные о фенольном составе молодых летних или осенних побегов и их частей немногочисленны и касаются определения отдельных стильбенов [14–18], фенольных кислот и флаван-3-олов [15], суммарных концентраций гидроксикоричных кислот, стильбенов, антоцианов, флавонолов, процианидинов [19], не охватывая весь спектр фенольных соединений, в частности, гидроксibenзойные кислоты и полимерные проантоцианидины, присутствующие в листьях [20, 21], составляющих до половины сырой массы побегов.

Так, например, в молодых листьях, усиках и побегах технических сортов *Vitis vinifera* из трех регионов Чехии в июле после летней обломки определены *транс*- и *цис*-изомеры ресвератрола и пицеида с максимальным содержанием в побегах *транс*-ресвератрола, а в листьях – *транс*- и *цис*-пицеида [14], при этом на уровень *транс*-ресвератрола большее влияние оказывал сорт и регион возделывания винограда, чем высушивание при комнатных или повышенных до 35–40°C температурах. Авторы исследования делают вывод о перспективности использования отходов летней обломки виноградников в виде зеленых побегов после консервации путем высушивания в качестве ценного и недорогого источника стильбенов для вторичной переработки внутрицеллюлозные или в пищевые и кормовые добавки [14].

Июльские молодые побеги морозостойких гибридных сортов *Vitis vinifera*, культивируемых в условиях открытого грунта в Эстонии [16] и технических сортов *Vitis vinifera*, произрастающих в юго-запад-

ной зоне Крыма (г. Севастополь), содержали *транс*-ресвератрол и *транс*-ε-виниферин [17].

В соцветиях молодых побегов винограда сорта Мерло, произрастающего в Венгрии, стильбены не были обнаружены, в то время как в верхушках побегов и в незрелых зеленых гроздях присутствовали *транс*-изомеры ресвератрола, пицеида и ε-виниферина с большей концентрацией *транс*-ε-виниферина, минимальной – *транс*-ресвератрола в этих частях и более высокими концентрациями стильбенов в зеленых гроздьях, чем в верхушках молодого побега [18].

Исходя из вышеизложенного, распределение стильбеновых фенольных соединений (ФС) по структурным элементам молодого побега неоднородно: в листьях преобладает пицеид (глюкозид ресвератрола), в незрелых гроздьях – ε-виниферин (димер ресвератрола), в побегах соотношение между *транс*-ресвератролом и его производными, по-видимому, зависит от места произрастания винограда, сорта и вегетационного периода [14, 17].

В осенних молодых побегах технических сортов *Vitis vinifera*, произрастающих в Чехии, кроме *транс*-ресвератрола и *транс*-пицеида, установлены диапазоны концентраций каftarовой кислоты, флавонолов и общих фенольных веществ [15]; по сравнению с ягодами, гребнями и листьями, собранными в тот же период, молодые побеги отличались большими концентрациями *транс*-пицеида и каftarовой кислоты: 12,6–99,7 и 474–2257 мг/кг сырой массы соответственно. В августовских и сентябрьских молодых побегах винограда столовых сортов, культивируемых в Крыму (п. Морское), определены суммарные концентрации стильбенов, флавонолов, гидроксикоричных кислот, процианидинов и антоцианов [19], при этом по сравнению с лозой того же вегетационного периода молодые побеги содержали более высокие суммарные концентрации флавонолов и гидроксикоричных кислот: до 1132 и 1125 мг/кг сырой массы, соответственно.

Листья американских сортов винограда *Vitis rotundifolia* Michx, произрастающего в США (Южная Джорджия), содержали в период сбора урожая в качестве основных фенольных соединений, помимо флавонолов, гидроксibenзойные кислоты: эллаговую и галловую, – в количестве 667 и 86 мг/кг сырой массы, соответственно [20]. В осенних листьях винограда технических сортов *Vitis vinifera* из предгорной зоны Крыма присутствовали гидроксibenзойная синевая кислота и полимерные проантоцианидины в концентрациях 11–30 мг/кг и 21,3 г/кг сухой массы, соответственно [21].

Благодаря своим антиоксидантным свойствам и малой токсичности гидроксикоричные и гидроксibenзойные кислоты широко используются в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности [22]. Эллаговая кислота, например, является перспективным соединением для противоопухолевой терапии [23].

Стильбены также являются мощными антиоксидантами, причем ε-виниферин оказывает втрое

более сильный антиоксидантный эффект, чем трансресвератрол [6, 7]. Каждый из этих стильбенов может регулировать клеточный цикл опухолевых клеток, воздействуя на разные мишени [24], что может усиливать биологический эффект экстрактов, содержащих оба стильбена, способствуя снижению их индивидуальных концентраций и тем самым – прооксидантных эффектов [2]. Среди димеров стильбеноидов ϵ -виниферин также показал максимальную антимикробную активность одновременно против двух штаммов *Streptococcus* – патогенов ротовой полости [8].

Таким образом, литературные данные свидетельствуют о том, что летние и осенние молодые побеги винограда являются источником ценных биологически активных веществ, качественный состав и количественное содержание которых зависит от сорта винограда и условий его произрастания. Распределение стильбенов и других фенольных соединений по структурным элементам побега является неоднородным. В литературе нет сведений о присутствии в молодых побегах гидроксibenзойных кислот и полимерных проантоцианидинов.

В этой связи актуальным является исследование полного спектра фенольных соединений молодых побегов разных сортов винограда с привязкой к конкретному региону возделывания.

Цель настоящей работы – определение качественного и количественного состава фенольных соединений молодых побегов Каберне Совиньон, культивируемого на Южном берегу Крыма (ЮБК).

Материалы и методы

Образцы молодых побегов Каберне Совиньон (КС) отбирали из междурядий в течение недели после обломки, проведенной 2 июня 2021 г. в центральной части виноградника АО «ПАО «Массандра» (г. Ялта, мкр. Аутка), и сразу деструктурировали на измельчителе Bosh AXT Rapid 2000.

Полученную биомассу подвергали одностадийной экстракции этиловым спиртом (95 % об.) в соотношении массы побегов к объему спирта 1:6 путем настоя смеси при комнатной температуре в лабораторных условиях в течение не менее 4-х недель до выхода процесса экстракции на насыщение [21]. После этого в экс-

трактах определяли фенольные соединения методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектированием на хроматографе типа «Agilent 1100» в соответствии с разработанной нами ранее методикой [25]. Результаты определений выражали в пересчете на сухую массу (СМ) побегов. Влажность контролировали высушиванием навески побегов в сушильном шкафу при 105°C до постоянной массы (согласно ГОСТ 24027.2–80). Средняя влажность побегов за период наблюдения составила 62,8±14,2 %.

Результаты и обсуждение

В исследованных образцах молодых побегов винограда КС (табл.) идентифицированы шесть гидроксикоричных кислот (ГКК), две гидроксibenзойные

Таблица. Содержание ФС в молодых побегах КС (ЮБК) после обломки: среднее значение (С), среднеквадратичное отклонение (СКО) и интервал варьирования (мин.–макс.) в течение недели подсушивания в междурядьях

Table. The content of PhC in young shoots of CS (SCC) after the choice of shoots: mean value (M), standard deviation (RMS) and variation interval (min.–max.) during the week of drying the space between rows

Наименование компонента	Концентрация, мг/кг сухой массы				Доля, %	
	С	СКО	мин.	макс.	в классе ФС	в сумме ФС
Гидроксикоричные кислоты:	459,10	242,2	232,8	787,7	100,0	2,84
кафтаровая кислота	361,3	195,40	168,4	618,9	78,7	2,24
каутаровая кислота	53,00	28,92	28,0	94,4	11,5	0,33
фертаровая кислота	34,30	8,38	25,6	43,4	7,5	0,21
кофейная кислота	4,80	9,60	0	19,2	1,0	0,03
п-кумаровая к-та	4,23	5,24	0	10,8	0,9	0,03
этиловый эфир п-кумаровой кислоты	1,43	2,85	0	5,7	0,3	0,01
Гидроксibenзойные кислоты:	698,28	20,14	682,1	727,4	100	4,32
эллаговая кислота	555,15	34,22	508,2	584,6	79,5	3,44
галловая кислота	143,13	37,06	103,8	175,6	20,5	0,89
Стильбены:	53,30	29,48	23,6	88,5	100,0	0,33
ϵ -виниферин	37,33	26,68	10,1	66,0	70,0	0,23
транс-ресвератрол	15,93	4,58	12,3	22,5	29,9	0,10
Флавонолы:	6605,2	647,42	6082,9	7440,5	100	40,88
кверцетин-3-О-глюкозид-7-О-глюкуронид	5316,4	644,37	4725,6	6075,5	80,5	32,90
кверцетин-3-О-глюкозид	789,25	65,06	711,8	856,4	11,9	4,88
изорамнетин-3-О-глюкозид	231,30	27,76	189,8	246,8	3,5	1,43
кемферол-3,7-ди-О-глюкозид	173,43	16,74	153,4	193,1	2,6	1,07
кверцетин	82,63	10,80	68,7	91,8	1,3	0,51
кемпферол	12,18	1,85	10,2	14,6	0,2	0,08
Флаван-3-олы: (+)-D-катехин	69,35	23,66	40,7	95,2	100	0,43
Проантоцианидины:	8274,1	1633,7	7086,6	10596	100	51,20
полимерные	7931,6	1735,3	6519,3	10346	95,9	49,08
олигомерные	342,48	211,02	211,3	657,8	4,1	2,12
Сумма ФС	16159	2242,7	14300	19313	–	100

кислоты (ГБК), два стильбеноида, шесть флавонолов, один флаван-3-ол и две группы конденсированных танинов – олигомерные и полимерные проантоцианидины (ПЦ).

ГКК в июньских побегах КС представлены кафтаровой, каутаровой, фертаровой, кофейной, п-кумаровой кислотами и этиловым эфиром п-кумаровой кислоты. Три последних соединения не были идентифицированы в побегах сразу после обломки, а спустя пять (п-кумаровая кислота) и семь суток (кофейная кислота, этиловый эфир п-кумаровой кислоты) подсушивания в междурядьях. По-видимому, это может быть связано с постепенным замедлением метаболизма высокомолекулярных ФС из-за обезвоживания и накоплением их предшественников, в качестве которых выступают гидроксикоричные кислоты [1]. Суммарная концентрация ГКК варьировала от 233 до 788 мг/кг СМ, при этом 79 % ГКК представлены кафтаровой кислотой. Доли кофейной, п-кумаровой кислоты и этилового эфира последней не превышали 1 %.

ГБК побегов КС представлены галловой и эллаговой кислотами, суммарное содержание которых за неделю подсушивания варьировала от 682 до 727 мг/кг СМ при среднем максимальном вкладе (79,5 %) эллаговой кислоты.

Из стильбенов в побегах КС содержались транс-изомеры ресвератрола и ϵ -виниферина, суммарная концентрация которых изменялась от 23,6 до 88,5 мг/кг СМ с преобладанием ϵ -виниферина (70 % от общего содержания стильбенов).

Концентрация транс-ресвератрола в побегах КС: 12,3–22,5 мг/кг СМ, – сопоставима с таковой в летних и осенних молодых побегах *Vitis vinifera* – 2–80 мг/кг СМ [14, 17], в летних и осенних листьях *Vitis amurensis* – 4–18 мг/кг СМ [26], но ниже, чем в осенних листьях *Vitis vinifera* – 31–170,5 мг/кг СМ [21, 27].

Содержание ϵ -виниферина в побегах КС, составляющее 10,1–66,0 мг/кг СМ, соответствует диапазону концентраций, установленных рядом авторов для побегов *Vitis vinifera* и гибридов – от 0 до 100 мг/кг СМ [16–18].

Из флавонолов в молодых побегах КС определены кверцетин, кемпферол и 4 глюкозида: кверцетин-3-О-глюкозид-7-О-глюкуронид, кверцетин-3-О-глюкозид, кемпферол-3,7-ди-О-глюкозид и изорамнетин-3-О-глюкозид. Суммарная концентрация флавонолов варьировала в пределах 6083–7441 мг/кг СМ с максимальными вкладами кверцетин-3-О-глюкозид-7-О-глюкуронида (80,5 %) и кверцетин-3-О-глюкозида (12 %), минимальными – кверцетина и кемпферола – 1,3 и 0,3 %, соответственно. Доля глюкозидов в суммарном содержании флавонолов составляла 98,5 %, в том числе глюкозидов кверцетина – 92 %.

Из мономерных флаван-3-олов в побегах КС сохранился (+)-D-катехин в концентрации 69 ± 24 мг/кг СМ.

Проантоцианидины – производные флаван-3-олов различной степени полимеризации – содержались в побегах КС в концентрациях 7087–10596 мг/кг

СМ со значительным преобладанием полимерных форм (96 %) над олигомерными (4 %).

Суммарная концентрация идентифицированных ФС в молодых побегах КС варьировала от 14300 до 19313 мг/кг СМ (табл.), что в среднем в 1,6 раза превышает общее содержание фенольных компонентов в однолетней лозе (7,7–15,1 г/кг СМ) [21], сопоставимо с таковым в выжимках из красных сортов винограда ($24,6 \pm 7,0$ г/кг СМ) [28]. В то же время молодые побеги КС уступают по общему запасу ФС летним и осенним листьям винограда (23–63 г/кг СМ) [21, 29]. Таким образом, по общему запасу ФС молодые побеги КС занимают промежуточное положение между лозой и листьями и сопоставимы с выжимками из красных сортов винограда.

Суммарные концентрации отдельных классов ФС июньских молодых побегов КС в порядке убывания образуют следующий ряд (в среднем, мг/кг СМ): полимерные ПЦ (7932) > флавонолы (6605) > гидроксикоричные кислоты (698) > гидроксикоричные кислоты (459) > олигомерные ПЦ (342) > флаван-3-олы (69) > стильбеноиды (53).

Таким образом, в июньских побегах КС доминировали полимерные ПЦ и флавонолы, доли которых в общем содержании ФС составляли 49 % и 41 %, соответственно. Известно, что проантоцианидины и флавонолы биологически активны при коррекции метаболического синдрома, профилактике сердечно-сосудистых заболеваний, оказывают противовоспалительный эффект, проявляя Р-витаминное действие [29–31]. Таким образом, побеги КС могут использоваться в качестве сырья для получения экстрактов, обогащенных биологически активными ФС.

Для заготовки побегов как вторичного сырья виноградарства важно знать изменение концентрации ФС в них после обломки. В процессе подсушивания в междурядьях содержание полимерных ПЦ и флавонолов в побегах КС (рис.) уменьшалось на 37 % и 18 % при уменьшении влажности с 73 % до 42 %, соответственно, в течение семи суток после обломки, что свидетельствовало о торможении процесса биосинтеза основных ФС при потере тканями воды. Данный факт необходимо учитывать при заготовке молодых побегов после обломки с целью минимизации потерь ФС.

Выводы

Установлено, что по технологическому запасу фенольных соединений молодые побеги винограда сорта Каберне Совиньон, произрастающего в условиях ЮБК, не уступают лозе и выжимкам из красных сортов винограда, что делает перспективным их использование в качестве сырья для экстракции с целью получения инновационной продукции, обогащенной природными биологически активными веществами.

Исследование качественного состава и количественного содержания фенольного комплекса побегов показало, что суммарная концентрация фенольных соединений составляла 16159 ± 2243 мг/кг СМ, при этом доля полимерных проантоцианидинов в среднем составляла 49 %; флавонолов – 41 %; гидрок-

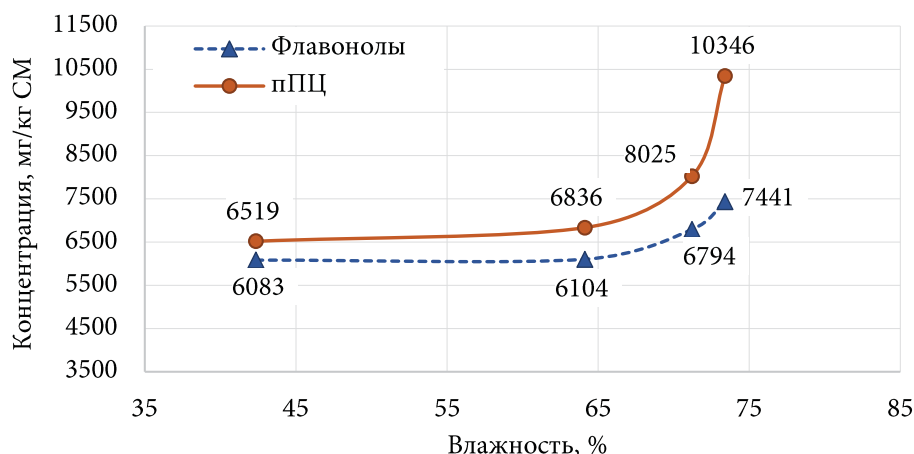


Рис. Зависимость содержания суммарных флавонолов и полимерных проантоцианидинов (пПЦ) в июньских побегах сорта КС от влажности побегов **Fig.** Dependence of the content of total flavonols and polymeric proanthocyanidins (pPC) in the June shoots of CS cultivar on shoot humidity

сисбензойных и гидроксикоричных кислот – не превышала 4 %; олигомерных проантоцианидинов – 2 %; флаван-3-олов и стильбенов – не превышала 1 %.

В результате исследований идентифицированы 17 компонентов, относящихся к разным классам ФС – гидроксикоричные кислоты (кафтаровая, каутаровая, фертаровая, кофейная, п-кумаровая, этиловый эфир п-кумаровой кислоты), гидроксисбензойные кислоты (галловая, эллаговая), стильбеноиды (*транс*-ресвератрол, *транс*- ϵ -виниферин), флавонолы (кверцетин, кемпферол, кверцетин-3-О-глюкозид-7-О-глюкуронид, кверцетин-3-О-глюкозид, кемферол-3,7-ди-О-глюкозид, изорамнетин-3-О-глюкозид), флаван-3-олы (катехин), а также конденсированные танины (олигомерные и полимерные проантоцианидины).

Выявлено, что основную долю гидроксикоричных кислот составляла кафтаровая кислота – в среднем 79 %, гидроксисбензойных кислот – эллаговая (80 %), стильбенов – *транс*- ϵ -виниферин (70 %), флавонолов – глюкозиды кверцетина (92 %), проантоцианидинов – полимерные формы (96 %).

Установлено, что подсушивание побегов в междурядьях в течение недели приводит к снижению концентрации флавонолов и полимерных проантоцианидинов соответственно в 1,2 и 1,6 раза, что необходимо учитывать при заготовке сырья для экстракции.

Работа будет продолжена в направлении определения состава и оценки технологического потенциала фенольных соединений в молодых побегах винограда разных видов и сортов.

Источник финансирования

Работа выполняется в рамках государственного задания № FNZM-2022-0004.

Financing source

The study was conducted under public assignment No. FNZM-2022-0004.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

1. Flamini R., Mattivi F., De Rosso M., Arapitsas P., Bavaresco L. Advanced knowledge of three important classes of grape phenolics: anthocyanins, stilbenes and flavonols. *Int. J. Mol. Sci.* 2013;14:19651–19669. DOI 10.3390/ijms141019651.
2. Chedea V.S., Tomoiagă L.L., Macovei S.O., Măgureanu D.C., Iliescu M.L., Bocsan I.C., Buzoianu A.D., Voşloban C.M., Pop R.M. Antioxidant/pro-oxidant actions of polyphenols from grapevine and wine by-products-base for complementary therapy in ischemic heart diseases. *Front. Cardiovasc. Med.* 2021;8:750508. DOI 10.3389/fcvm.2021.750508.
3. Xia E., Deng G., Guo Y., Li H. Biological activities of polyphenols from grapes. *Int. J. Mol. Sci.* 2010;11(2):622–646. DOI 10.3390/ijms11020622.
4. Troilo M., Difonzo G., Vito M., Paradiso V.M., Summo C., Caponio F. Bioactive compounds from vine shoots, grape stalks, and wine lees: their potential use in agro-food chains. *Foods.* 2021;10(2):342. DOI 10.3390/foods10020342.
5. Kalli E., Lappa I., Bouchagier P., Tarantilis P.A., Skotti E. Novel application and industrial exploitation of winery by-products. *Bioresour. Bioprocess.* 2018;5:46. DOI 10.1186/s40643-018-0232-6.
6. Biais B., Krisa S., Cluzet S., Da Costa G., Waffo-Téguo P., Mérillon J.-M., Richard T. Antioxidant and cytoprotective activities of grapevine stilbenes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2017;65:4952–4960. DOI 10.1021/acs.jafc.7b01254.
7. Xue Y.Q., Di J.M., Luo Y., Cheng K.J., Wei X., Shi Z. Resveratrol oligomers for the prevention and treatment of cancers. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity.* 2014:765832. DOI 10.1155/2014/765832.
8. Wang X.F., Yao C.S. Naturally active oligostilbenes. *J. Asian Nat. Prod. Res.* 2016;18:376–407. DOI 10.1080/10286020.2015.1094464.
9. Zhu Yue, Xie De-Yu. Docking characterization and *in vitro* inhibitory activity of flavan-3-ols and dimeric proanthocyanidins against the main protease activity of SARS-Cov-2. *Frontiers in Plant Science.* 2020;11. DOI 10.3389/fpls.2020.601316.
10. Дерябин О.Н., Завелевич М.П., Старосила Д.Б., Пальчиковская Л.И., Платонов М.О., Атаманюк В.П., Рыбалко С.Л. Природные полифенолы как ингибиторы взаимодействия коронавируса с клетками: обзор литературы и экспериментальные данные // Украинський медичний часопис. 2020;3(137):1–V/Vi:1–6. DOI 10.32471/umj.1680-3051.137.178833.
11. He Q., Szczepańska P., Yuzbashev T., Lazar Z., Ledesma-Amaro R. De novo production of resveratrol from glycerol by engineering different metabolic pathways in *Yarrowia lipolytica*. *Metab. Eng. Commun.* 2020;11:e00146. DOI 10.1016/j.mec.2020.e00146.
12. Valletta A., Iozia L.M., Leonelli F. Impact of environmental factors on stilbene biosynthesis. *Plants.* 2021;10(1):90. DOI 10.3390/plants10010090.
13. Goufo P., Singh R.K., Cortez I.A. Reference list of phenolic compounds (including stilbenes) in grapevine (*Vitis vinifera* L.) roots, woods, canes, stems, and leaves. *Antioxidants.* 2020;9(5):398.
14. Lachman J., Kotíková Z., Hejtmánková A., Pivec V., Pšeničnája

- O., Šulc M., Štralková R., Dědina M. Resveratrol and piceid isomers concentrations in grapevine shoots, leaves, and tendrils. *Hort. Sci. (Prague)*. 2016;43:25–32. DOI 10.17221/258/oeno-one.2016.50.4.1068.
15. Balík J., Kyseláková M., Vrchotová N., Triska J., Kumsta M., Veverka J., Hic P., Totusek J. and Lefnerová D. Relations between polyphenols content and antioxidant activity in vine grapes and leaves. *Czech J. Food Sci.* 2008;26:25–32. DOI 10.17221/246/2008-CJFS.
16. Aaviksaar A., Haga M., Pussa T., Roasto M., Tsoupras G. Purification of resveratrol from vine stems. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Chemistry*. 2003;52:155–164.
17. Соловьева Л.М., Чурсина О.А., Гришин Ю.В., Дадашев М.Н., Ходаков А.Л. Виноградная лоза как источник натуральных биологически активных веществ // Пищевая наука и технология. 2013;24(3):35–38.
18. Nemeth G., Hegyi O., Dunai A., Laszlo Kocsis L. Stilbenes in the different organs of *Vitis vinifera* cv. Merlot grafted on TK5BB rootstock. *OENO One*. 2017;51(3):323–328. DOI 10.20870/oeno-one.2016.50.4.1068.
19. Модонкаева А.Э., Бойко В.А., Сластия Е.А., Аппазова Н.Н. Торговые особенности качественного и количественного фенольных веществ основных вегетативных органов виноградного куста // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2012;2:11–14.
20. Pastrana-Bonilla E., Akoh C.C., Sellappan S., Krewer G. Phenolic content and antioxidant capacity of muscadine grapes. *J. Agric. Food Chem.* 2003;51(18):5497–4503. DOI 10.1021/jf030113c.
21. Chernousova I.V., Zaitsev G. P., Zhilyakova T. A., Grishin Yu. V. Biologically active agents as part of extracts of grape leaves and vine and method of their extraction. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022;954:012016. DOI 10.1088/1755-1315/954/1/012016.
22. Max B., Salgado J.M., Cortés S., Domínguez J.M. Extraction of phenolic acids by alkaline hydrolysis from the solid residue obtained after prehydrolysis of trimming vine shoots. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010;58:1909–1917. DOI 10.1021/jf903441d.
23. Kowshik J., Giri H., Kranthi T., Kiran Kishore K., Kesavan R., Vankudavath R.N., Geeredy Bhanuprakash Reddy G.Bh., Dixit M., Nagini S. Ellagic acid inhibits VEGF/VEGFR2, PI3K/Akt and MAPK signaling cascades in the hamster cheek pouch carcinogenesis model A. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*. 2016;14(9):1249–1260. DOI 10.2174/1871520614666140723114217.
24. Barjot C., Tournaire M., Castagnino C., Vigor C., Vercauteren J., Rossi J.-F. Evaluation of antitumor effects of two vine stalk oligomers of resveratrol on a panel of lymphoid and myeloid cell lines: comparison with resveratrol. *Life Sciences*. 2007;81(23-24):1565–1574. DOI 10.1016/j.lfs.2007.08.047.
25. Зайцев Г.П., Мосолкова В.Е., Гришин Ю.В., Черноусова И.В., Огай Ю.А., Авидзба А.М. Фенольные компоненты винограда сорта Каберне-Совиньон винодельческих хозяйств Крыма // Химия растительного сырья. 2015;2:187–193.
26. Kiselev K.V., Aleynova O.A., Grigoruk V.P., Dubrovina A.S. Stilbene accumulation and expression of stilbene biosynthesis pathway genes in wild grapevine *Vitis amurensis* Rupr. *Planta*. 2017; 245(1):151–159. DOI 10.1007/s00425-016-2598-z.
27. Панасюк А.Л., Кузьмина Е.И., Свиридов Д.А. Протекторные свойства сезонных вегетативных частей виноградного растения // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2018; 3:33–35.
28. Черноусова И.В., Зайцев Г.П., Жилякова Т.А., Гришин Ю.В., Мосолкова В.Е., Соловьева Л.М. Оценка технологического запаса суммарных полифенолов виноградной грозди // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2022;2:177–185. DOI 10.35547/IM.2022.53.41.013.
29. Власов В.В., Ковальова И.А., Мулюкина Н.А., Тарасова В.В., Левицкий А.П. Оцінка поліфенольного комплексу сортів винограду селекції ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова». Виноградарство і виноробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Одеса: ННЦ ІВіВ ім. В.Є. Таїрова. 2016;53:57–62.
30. De La Iglesia R., Milagro F.I. Campián J., Boqué N., Martínez J.A. Healthy properties of proanthocyanidins. *BioFactors*. 2010;36:159–168. DOI 10.1002/biof.79.
31. Martinez-Micaelo N., González-Abuín N., Ardèvol A., Pinent M., Blay M.T. Procyranidins and inflammation: molecular targets and health implications. *BioFactors*. 2012;38:257–265. DOI 10.1002/biof.1019.

References

- Flamini R., Mattivi F., De Rosso M., Arapitsas P., Bavaresco L. Advanced knowledge of three important classes of grape phenolics: anthocyanins, stilbenes and flavonols. *Int. J. Mol. Sci.* 2013;14:19651–19669. DOI 10.3390/ijms141019651.
- Chedea V.S., Tomoiagă L.L., Macovei S.O., Măgureanu D.C., Iliescu M.L., Bocsan I.C., Buzoianu A.D., Voşloban C.M., Pop R.M. Antioxidant/pro-oxidant actions of polyphenols from grapevine and wine by-products-base for complementary therapy in ischemic heart diseases. *Front. Cardiovasc. Med.* 2021;8:750508. DOI 10.3389/fcvm.2021.750508.
- Xia E., Deng G., Guo Y., Li H. Biological activities of polyphenols from grapes. *Int. J. Mol. Sci.* 2010;11(2):622–646. DOI 10.3390/ijms11020622.
- Troilo M., Difonzo G., Vito M., Paradiso V.M., Summo C., Caponio F. Bioactive compounds from vine shoots, grape stalks, and wine lees: their potential use in agro-food chains. *Foods*. 2021;10(2):342. DOI 10.3390/foods10020342.
- Kalli E., Lappa I., Bouchagier P., Tarantilis P.A., Skotti E. Novel application and industrial exploitation of winery by-products. *Bioresour. Bioprocess.* 2018;5:46. DOI 10.1186/s40643-018-0232-6.
- Biais B., Krisa S., Cluzet S., Da Costa G., Waffo-Tégou P., Mérillon J.-M., Richard T. Antioxidant and cytoprotective activities of grapevine stilbenes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2017;65:4952–4960. DOI 10.1021/acs.jafc.7b01254.
- Xue Y.Q., Di J.M., Luo Y., Cheng K.J., Wei X., Shi Z. Resveratrol oligomers for the prevention and treatment of cancers. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2014;7:65832. DOI 10.1155/2014/765832.
- Wang X.F., Yao C.S. Naturally active oligostilbenes. *J. Asian Nat. Prod. Res.* 2016;18:376–407. DOI 10.1080/10286020.2015.1094464.
- Zhu Yue, Xie De-Yu. Docking characterization and *in vitro* inhibitory activity of flavan-3-ols and dimeric proanthocyanidins against the main protease activity of SARS-Cov-2. *Frontiers in Plant Science*. 2020;11. DOI 10.3389/fpls.2020.601316.
- Deriabin O.N., Zavelevych M.P., Starosyla D.B., Palchykovska L.L., Platonov M.O., Atamaniuk V.P., Rybalko S.L. Natural polyphenols as inhibitors of coronavirus-cell interaction: review of literature and experimental data. *Ukrainian Medical Journal*. 2020;3(137):1–V/Vi:1–6. DOI 10.32471/umj.1680-3051.137.178833 (*in Russian*).
- He Q., Szczepańska P., Yuzbashev T., Lazar Z., Ledesma-Amaro R. De novo production of resveratrol from glycerol by engineering different metabolic pathways in *Yarrowia lipolytica*. *Metab. Eng. Commun.* 2020;11:e00146. DOI 10.1016/j.mec.2020.e00146.
- Valletta A., Iozia L.M., Leonelli F. Impact of environmental factors on stilbene biosynthesis. *Plants*. 2021;10(1):90. DOI

- 10.3390/plants10010090.
13. Goufo P., Singh R.K., Cortez I.A. Reference list of phenolic compounds (including stilbenes) in grapevine (*Vitis vinifera* L.) roots, woods, canes, stems, and leaves. *Antioxidants*. 2020;9(5):398.
 14. Lachman J., Kotíková Z., Hejtmánková A., Pivec V., Pšeničnjaja O., Šulc M., Štrálková R., Dědina M. Resveratrol and piceid isomers concentrations in grapevine shoots, leaves, and tendrils. *Hort. Sci. (Prague)*. 2016;43:25–32. DOI 10.17221/258/oeno-one.2016.50.4.1068.
 15. Balík J., Kyseláková M., Vrchotová N., Tríska J., Kumsta M., Veverka J., Híc P., Totusek J. and Lefnerová D. Relations between polyphenols content and antioxidant activity in vine grapes and leaves. *Czech J. Food Sci.* 2008;26:25–32. DOI 10.17221/246/2008-CJFS.
 16. Aaviksaar A., Haga M., Pussa T., Roasto M., Tsoupras G. Purification of resveratrol from vine stems. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Chemistry*. 2003;52:155–164.
 17. Solovyova L.M., Chursina O.A., Grishin Yu.V., Dadashev M.N., Hodakov A.L. Vine as a source of biologically active substances. *Technology and Food Safety*. 2013;24(3):35–38 (*in Russian*).
 18. Nemeth G., Hegyi O., Dunai A., Laszlo Kocsis L. Stilbenes in the different organs of *Vitis vinifera* cv. Merlot grafted on TK5BB rootstock. *OENO One*. 2017;51(3):323–328. DOI 10.20870/oeno-one.2016.50.4.1068.
 19. Modonkaieva A.E., Boiko V.A., Slastia Ye.A., Appazova N.N. A study of phenolics of table grapes during vegetation. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2012;2:11–14 (*in Russian*).
 20. Pastrana-Bonilla E., Akoh C.C., Sellappan S., Krewer G. Phenolic content and antioxidant capacity of muscadine grapes. *J. Agric. Food Chem.* 2003;51(18):5497–5503. DOI 10.1021/jf030113c.
 21. Chernousova I.V., Zaitsev G. P., Zhilyakova T. A., Grishin Yu. V. Biologically active agents as part of extracts of grape leaves and vine and method of their extraction. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022;954:012016. DOI 10.1088/1755-1315/954/1/012016.
 22. Max B., Salgado J.M., Cortés S., Domínguez J.M. Extraction of phenolic acids by alkaline hydrolysis from the solid residue obtained after prehydrolysis of trimming vine shoots. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010;58:1909–1917. DOI 10.1021/jf903441d.
 23. Kowshik J., Giri H., Kranthi T., Kiran Kishore K., Kesavan R., Vankudavath R.N., Geeredy Bhanuprakash Reddy G.Bh., Dixit M., Nagini S. Ellagic acid inhibits VEGF/VEGFR2, PI3K/Akt and MAPK signaling cascades in the hamster cheek pouch carcinogenesis model. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*. 2016;14(9):1249–1260. DOI 10.2174/1871520614666140723114217.
 24. Barjot C., Tournaire M., Castagnino C., Vigor C., Vercauteren J., Rossi J.-F. Evaluation of antitumor effects of two vine stalk oligomers of resveratrol on a panel of lymphoid and myeloid cell lines: comparison with resveratrol. *Life Sciences*. 2007;81(23-24):1565–1574. DOI 10.1016/j.lfs.2007.08.047.
 25. Zaitsev G.P., Mosolkova V.E., Grishin Yu.V., Chernousova I.V., Ogai Yu.A., Avidzba A.M. Phenolic compounds in 'Cabernet-Sauvignon' grape variety at winemaking farms of Crimea. *Chemistry of plant raw materials*. 2015;2:187–193 (*in Russian*).
 26. Kiselev K.V., Aleynova O.A., Grigorchuk V.P., Dubrovina A.S. Stilbene accumulation and expression of stilbene biosynthesis pathway genes in wild grapevine *Vitis amurensis* Rupr. *Planta*. 2017; 245(1):151–159. DOI 10.1007/s00425-016-2598-z.
 27. Panasyuk A.L., Kuzmina E.I., Sviridov D.A. Protector properties of seasonal vegetative parts of a grapevine plant. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2018;3:33–35 (*in Russian*).
 28. Chernousova I.V., Zaitsev G.P., Zhilyakova T.A., Grishin Yu.V., Mosolkova V.E., Solovyova L.A. Evaluation of technological stock of total polyphenols of a grape bunch. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2022;2:177–185. DOI 10.35547/IM.2022.53.41.013 (*in Russian*).
 29. Vlasov V.V., Kovaleva I.A., Mulyukina N.A., Tarasova V.V., Levitsky A.P. Evaluation of polyphenolic complex from grape varieties selected by NSC Tairov Institute of Viticulture and Winemaking. *Viticulture and Winemaking: interdepartmental thematic scientific collection*. Odesa: NSC IV&W named after V.E. Tairov. 2016;53:57–62 (*in Ukrainian*).
 30. De La Iglesia R., Milagro F.I. Campión J., Boqué N., Martínez J.A. Healthy properties of proanthocyanidins. *BioFactors*. 2010;36:159–168. DOI 10.1002/biof.79.
 31. Martinez-Micaelo N., González-Abuín N., Ardèvol A., Pinet M., Blay M.T. Procyranidins and inflammation: molecular targets and health implications. *BioFactors*. 2012;38:257–265. DOI 10.1002/biof.1019.

Сведения об авторах

Татьяна Александровна Жилиякова, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаборатории функциональных продуктов переработки винограда; e-мэйл: golden.heart@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5884-6645>;

Инна Владимировна Черноусова, канд. тех. наук, вед. науч. сотр. лаборатории функциональных продуктов переработки винограда; e-мэйл: cherninnal@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5374-7683>;

Григорий Павлович Зайцев, канд. техн. наук, зав. лабораторией аналитических исследований, инновационных и ресурсосберегающих технологий; e-мэйл: gorg-83@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6416-8417>;

Юрий Владимирович Гришин, мл. науч. сотр. лаборатории аналитических исследований, инновационных и ресурсосберегающих технологий; e-мэйл: grishin.iurij2010@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6267-4009>;

Виктория Евгеньевна Мосолкова, мл. науч. сотр. лаборатории функциональных продуктов переработки винограда; e-мэйл: mosolkova@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-7667-0145>;

Людмила Михайловна Соловьева, канд. тех. наук, вед. науч. сотр. лаборатории функциональных продуктов переработки винограда; e-мэйл: luda_magarach@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9038-4217>.

Information about authors

Tatiana A. Zhilyakova, Cand. Biol. Sci., Senior Staff Scientist, Laboratory of Functional Grape Processing Products; e-mail: golden.heart@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5884-6645>;

Inna V. Chernousova, Cand. Techn. Sci., Leading Staff Scientist, Laboratory of Functional Grape Processing Products; e-mail: cherninnal@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5374-7683>;

Georgiy P. Zaitsev, Cand. Techn. Sci., Head of the Laboratory of Analytical Research, Innovative and Resource-Saving Technologies; e-mail: gorg-83@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6416-8417>;

Yuriy V. Grishin, Junior Staff Scientist, Laboratory of Functional Grape Processing Products; e-mail: grishin.iurij2010@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6267-4009>;

Victoria E. Mosolkova, Junior Staff Scientist, Laboratory of Functional Grape Processing Products; e-mail: mosolkova@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-7667-0145>;

Ludmila M. Solovyova, Cand. Techn. Sci., Leading Staff Scientist, Laboratory of Functional Grape Processing Products; e-mail: luda_magarach@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9038-4217>.

Статья поступила 20.05.2023, одобрена после рецензии 07.06.2023, принята к публикации 21.08.2023.