

**О РОЛИ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ  
ВИНОГРАДНЫХ РЕСУРСОВ ЗАСУШЛИВЫХ РЕГИОНОВ<sup>1</sup>**

© 2019 г. З.К. Бахмулаева, О.К. Власова, С.А. Магадова, Р.З. Гасанов

*Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН  
Россия, 367025, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45. E-mail: bahmulaeva@mail.ru*

Поступила в редакцию 14.11.2017. После доработки 07.07.2018. Принята к публикации 16.09. 2018.

Представлены результаты изучения качественного и количественного состава компонентов полифенольного комплекса винограда интродуцированных сортов Ркацители и Молдова, произрастающих в засушливых условиях северо-западной части равнинной зоны Дагестана как модельного образца, характерного для южных регионов России. Определено содержание комплекса фенольных соединений, витаминов, редуктонов в винограде и продуктах его переработки. Дана оценка антиоксидантной активности отдельных структурных элементов грозди: мякоти, кожицы, семян и гребней. Полученные данные использованы при разработке технологических режимов переработки исследованных сортов для приготовления вин и виноматериалов.

*Ключевые слова:* виноград, Ркацители, Молдова, виноматериал, полифенолы, антиоксиданты, равнина, предгорье, концентрация, органолептическая характеристика, засушливые условия.

**DOI: 10.24411/1993-3916-2019-10055**

Фенольные соединения – обширная группа органических веществ, содержащихся в растениях, пищевых продуктах и напитках растительного происхождения. Виноград по сравнению с другими культурными растениями наиболее богат фенольными соединениями, обладающими антиоксидантной активностью.

В последнее время особенный интерес проявляют к исследованиям, посвященным изучению нутриентов винограда с целью определения биохимического статуса виноградного растения в различных условиях интродукции. Они имеют важное значение и при разработке программ по предотвращению процесса опустынивания и использования экологических ресурсов в засушливых районах.

Учитывая, что ряд микрорайонов республики расположены в экологически засушливой полупустыне, характерной южным регионам России, где почвенный покров подвержен в различной степени деградации, опустыниванию, одним из основных мероприятий по стабилизации экологической обстановки и защиты биологического потенциала почв является посадка виноградных насаждений, которая позволяет поднять плодородие почв и получать высококачественную продукцию винограда.

Виноград является продуктом питания повышенной ценности, благодаря наличию в нем целого ряда биологически активных веществ, в том числе и антиоксидантов (Бахмулаева и др., 2012; Методика ..., 2007). Они являются большой группой активных соединений, содержащихся в растениях, нейтрализующих в организме свободные радикалы.

Антиоксиданты защищают мембраны клеток, ДНК, липиды от повреждений, препятствуют автолизу лизосом, митохондрий, различных структур ядра, оказывая в целом цитозащитный эффект (Луи, Blum, 1990; Levin et.al., 2017). Важность выполняемых ими функций в аридных условиях привлекает внимание исследователей к анализу их количественного содержания в исследуемых объектах.

Цель работы – получение данных, характеризующих биохимические и технологические свойства

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 41 «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России».

винограда, выращенного в засушливых условиях северо-западной части равнины и предгорья Дагестана, позволяющих выявить закономерности формирования компонентов фенольного комплекса в ягодах и продуктах их переработки.

### Объекты, методы и районы исследований

Объектами исследований являлись ягоды, грозди, сусло и виноматериалы интродуцированных сортов Ркацители и Молдова, культивируемые на равнине и в возвышенной части равнинной зоны. Исследовались растения, произрастающие в засушливых условиях, характерных регионам юга России, где почвенный покров подвержен аридизации.

Оба сорта размещены в микрорайоне равнинной зоны Дагестана с отметкой 43 м н.у.м. БС. Годовое количество осадков 247-360 мм, при сумме активных температур 4160-4170°C. Климат умеренно-теплый, со среднегодовой температурой 10.9°C и июльской 24.1°C, с гидротермическим коэффициентом 0.7. Почвы каштановые, карбонатные, с признаками слабого засоления. Размещение виноградников на слабо- и средnezасоленных почвах при отсутствии грунтовых вод, в основном, отвечает требованиям культуры винограда для производства вин (Аджи́ев, 2009).

Сорт Молдова размещен в микрорайоне возвышенной части равнинной зоны, на высоте 237 м н.у.м. БС, для которого характерна небольшая расчлененность рельефа. Климат отличается некоторым увеличением количества осадков – 500-700 мм, с суммой активных температур 2900-3200°C. Среднегодовая температура 9-11°C.

Для исследования отбирали грозди винограда при наступлении технической зрелости, срезая их со средней части плодоносящих побегов. Из полученной продукции по различным технологическим схемам были приготовлены и исследованы опытные образцы. Знание их химического состава, количественного содержания компонентов антиоксидантного комплекса, органолептической характеристики позволяют оценить технологические возможности винограда при аридизации как сырья, определить новационные (современные) способы его рационального использования.

В виноматериалах выявлены и количественно определены концентрации сахаров, титруемых кислот, фенольных, красящих веществ, лейкоантоцианов, редуктонов, по методикам, используемым в энохимии (Гержикова, 2009). Рутин определяли колориметрически (ФЭК-56 М) при длине волны 420 нм после предварительной экстракции этиловым спиртом. Аскорбиновую кислоту – методом, основанным на её редуцирующих свойствах, титрованием раствором 2,6-дихлорфенолиндофенола (Ермаков и др., 1986). Суммарное содержание антиоксидантов измеряли на приборе ЦВЕТ ЯУЗА 01-АА, используя градуировочный график зависимости выходного сигнала от концентрации галловой кислоты. Метод основан на измерении силы электрического тока, возникающего при окислении молекул антиоксиданта на поверхности рабочего электрода при определенном потенциале (Яшин и др., 2007). Достоверность полученных отличий определяли с использованием t-теста Стьюдента при  $p \leq 0.05$ .

### Результаты и обсуждение

Соотношение сахара и кислот является главным критерием для определения качества винограда в аридных условиях. Содержание сахаров, представленных в винограде, в основном, в виде моносахаридов глюкозы и фруктозы, являющихся сильными восстановителями, может достигать 30% и выше (Кушнерева и др., 2012). В сусле, приготовленном из винограда сортов Ркацители и Молдова, произрастающих на одном участке в засушливых условиях равнины, концентрация сахаров и титруемых кислот была примерно одинакова (табл. 1). Относительно высокая титруемая кислотность зафиксирована в винограде Молдова с вышерасположенного участка на высоте 237 м над уровнем моря. Выявленные различия отразились на значении глюкоацидометрического показателя (ГАП), который у Молдова с равнины составил 2.6; для винограда вышерасположенного участка – 2.1, для Ркацители, выросшего на нижерасположенном участке равнины, – 2.5. Эти значения ГАП свидетельствуют о том, что экологические условия на опытных участках северо-западной части Дагестана с изменением высоты местности, соотношением влаги и тепла, являются благоприятными для роста и развития изучаемых сортов.

Активную роль в метаболизме растений играют фенольные соединения. Большая часть их представлена вторичными метаболитами – флавоноидами, проявляющими ярко выраженную антиоксидантную активность, служащими для защиты фотосинтетического и генетического аппарата

от высоких температур и поражения вирусными инфекциями. Многие из них оказывают влияние на окисление субстратов клеточного дыхания, входят в полисахаридные комплексы клеточной стенки, служат запасными веществами в метаболизме растений (Харборн, 1985; Запрометов, 1993). К ним относятся полифенольные (дубильные), красящие вещества, лейкоантоцианы, рутин. Их существенная роль заключается в способности тормозить перекисное окисление липидов мембран, белков, углеводов. Флавоноиды интересны с фармакологической и терапевтической точек зрения. Они же, наряду с другими веществами, являются важнейшими показателями, характеризующими биохимический статус винограда в засушливых климатических условиях. Обнаружено, что технологический запас суммы фенольных веществ (ТЗСФВ), определяемый в сусле после 30-минутного контакта его с мезгой при температуре 70°C, варьирует в пределах 2371.5-3105.0 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 1). ТЗСФВ ягод красного сорта Молдова, культивируемого в засушливых условиях равнины, составил 2826.0 мг/дм<sup>3</sup>, что в 1.2 раза больше по сравнению с ТЗСФВ в сорте Ркацители, произрастающем на этом же участке. В ягодах винограда Молдова, выращенном на вышерасположенном участке, ТЗСФВ самый высокий. Концентрация фенольных веществ в соке тоже значительно меняется в зависимости от сорта и высотных отметок места произрастания.

**Таблица 1.** Химический состав ягод винограда в зависимости от высотных отметок.

Показатели	Сорт, место произрастания		
	Ркацители, равнина	Молдова, равнина	Молдова, повышенная верхняя полоса
Сахар, г/100см <sup>3</sup>	18.4±0.06	18.0±0.06	17.1±0.06
Органические кислоты, г/дм <sup>3</sup>	7.2±0.06	6.8±0.04	8.0±0.04
ГАП	2.5	2.6	2.1
ТЗСФВ в ягоде, мг/дм <sup>3</sup>	2371.5±27.0	2826.0±29.0	3105.0±32.0
Красящие вещества, мг/дм <sup>3</sup>	–	125.8±3.1	141.2±3.1
Лейкоантоцианы, мг/дм <sup>3</sup>	183.8±8.0	264.3±14.3	282.2±16.0
Рутин, мг/дм <sup>3</sup>	94.8±4.0	112.1±4.2	125.0±4.3
Сумма фенольных веществ, мг/дм <sup>3</sup>	414.3±4.7	443.0±6.0	603.0±13.5
Редуктоны, мг/дм <sup>3</sup>	12.3±0.4	17.0±0.6	21.0±0.8
Аскорбиновая кислота, мг/дм <sup>3</sup>	9.9±0.15	14.6±0.16	16.7±0.20

При определении лейкоантоцианов винограда получены сведения о формировании этих активных, легко окисляемых представителей флавоноидов, обладающих Р-витаминным свойством. Установлено, что среди других фенольных веществ в созревшей ягоде они занимают наибольший удельный вес (до 60%). Лейкоантоцианы принимают участие в создании защитных механизмов растений от засушливых условий, чем больше их в ягоде, тем устойчивее сорт к засухе и фитопатогенным микроорганизмам. В винограде изучаемых сортов, произрастающем в одинаковых почвенно-климатических условиях, концентрация лейкоантоцианов варьирует в пределах 183.8-282.2 мг/дм<sup>3</sup>. Больше количество лейкоантоцианов определено в винограде сорта Молдова, выращенном в условиях повышенного рельефа местности. У него выше и содержание редуктонов, представляющих комплекс органических веществ с высокой восстанавливающей способностью, по сравнению с виноградом этого сорта, возделываемого на участке при уменьшении высотных отметок, (17.0 мг/дм<sup>3</sup>). Основная причина – увеличение засушливости климата в регионе равнинного Дагестана.

Аскорбиновая кислота и рутин – относятся к важнейшим показателям пищевой ценности винограда. Они выполняют в растении разнообразные функции, участвуют в регулировании роста, в процессе дыхания и фотосинтезе, влияют на активность ферментов, поддерживают окислительно-восстановительное равновесие в живой системе, обеспечивая нормальное преобразование в тканях (Гудковский, 2001). Содержание рутина в ягодах винограда сорта Молдова, произрастающем на равнине, в 1.2 раза больше, чем у Ркацители с этого же участка. Большая разница между сортами отмечена по концентрации витамина С: в 1.5 раза на равнине; на участке с относительно высокой отметкой, где количество осадков в два раза больше, а сумма активных температур на 970-1300°C

ниже, содержание аскорбиновой кислоты у Молдова в 1.7 раза выше, чем у Ркацители.

Значимость выполняемых антиоксидантами функций привлекает внимание исследователей к анализу их количественного содержания в отдельных элементах грозди, особенно при разработке технологий, предусматривающих контакт структурных элементов грозди с суслom при переработке винограда. Выявлено, что суммарное содержание антиоксидантов в мякоти очень мало как у белого, так и красного сорта. Отмечается его увеличение в кожице, гребнях и семенах с преобладанием в семенах растений, произрастающих на возвышенной части равнинной зоны (табл. 2).

**Таблица 2.** Суммарное содержание антиоксидантов в структурных элементах грозди.

Сорт, место произрастания	Суммарное содержание антиоксидантов, мг/г			
	мякоть	кожица	семена	гребни
Ркацители, равнина	0.30	0.68	3.44	2.20
Молдова, равнина	0.29	1.76	6.87	2.95
Молдова, повышенная верхняя полоса	0.22	1.60	8.05	2.82

Результаты определения компонентов антиоксидантного комплекса опытных виноматериалов (табл. 3) выявили синергизм в отношении веществ, влияющих на окраску, вкусовые достоинства, формирование горечи, терпкости, бактерицидности напитка при изменении климатических условий. Указанные свойства повышают вязкость вина, образуют прочные адсорбционные слои, увеличивают пенообразующую способность. Шампанские материалы по принятым нормам должны иметь фенольные вещества в количестве не более 300.0 мг/дм<sup>3</sup>, что соответствует полученным в наших экспериментах данным.

**Таблица 3.** Показатели антиоксидантного комплекса виноматериалов.

Показатели, мг/дм <sup>3</sup>	Сорт, вариант технологии			
	Ркацители, без контакта с мезгой	Ркацители, без эндогенного антиоксиданта	Молдова, брожение суслу на мезге	Молдова, нагрев мезги
Красящие вещества	–	–	317.8±8.4	329.7±8.6
Лейкоантоцианы	54.1±0.8	75.9±3.2	603.2±20.4	728.0±21.3
Рутин	88.0±3.8	84.0±4.0	100.0±4.2	108.0±4.0
Сумма фенольных веществ	324.0±2.8	324.0±2.8	1026.0±6.8	1512.0±12.7
Редуктоны	10.6±0.05	5.3±0.03	45.7±1.1	56.3±1.2
Аскорбиновая кислота	3.51±0.16	4.32±0.20	10.8±0.15	9.18±0.20
ССА	84.6	88.9	121.3	175.4
Направление использования	шампанский, виноматериал	коньячный, виноматериал	вино красное натуральное	вино красное натуральное
Органолептическая оценка, балл	8.7	8.5	9.2	9.8

Содержание лейкоантоцианов в виноматериале сортов Ркацители и Молдова варьировало в пределах 54.1-728.0 мг/дм<sup>3</sup>, а редуктонов, препятствующих окислению вина и являющихся восстановителями, – 5.3-56.3 мг/дм<sup>3</sup>. Отмечено уменьшение количества витаминов в виноматериалах, полученных из винограда обоих сортов во всех вариантах, по сравнению с суслom винограда, что объясняется контактом его с кислородом воздуха в процессе переработки.

Выявленные различия в величине показателей антиоксидантного комплекса связаны с неодинаковым содержанием их в сырье, зависящем от сортовой принадлежности, влияния аридных климатических условий, длительностью контакта суслу с кислородом воздуха и твердыми структурными элементами ягоды.

Суммарное содержание антиоксидантов (ССА) виноматериалов варьировало в зависимости от

сорта и технологических приемов в пределах 84.6-175.4 мг/дм<sup>3</sup>. Меньшее количество обнаружено у образцов, в производстве которых минимизирован контакт суслу с кожей и семенами. Они светло-соломенного цвета; с легким нежным сортовым ароматом, гармоничные, обладают незначительной спиртуозностью при сравнительно высокой кислотности, приятной свежестью. Образцы, полученные сбраживанием мезги, обработанной теплом, в сравнении с приемом, осуществляемым без нагрева, обладали значительно большей антиоксидантной активностью. Они гранатового цвета, со свежим гармоничным вкусом.

### Выводы

Изучена способность виноградного растения сортов Ркацители и Молдова, адаптированных к почвенно-климатическим условиям северо-западной части равнинного Дагестана к синтезу комплекса фенольных и других соединений, связанных с антиоксидантной активностью. Показано, что содержание их в ягоде зависит от экологических факторов места произрастания, суммы активных температур, количества выпавших осадков и сортовой принадлежности.

Увеличение степени влажности на высоте 230-240 м над уровнем моря способствует накоплению в ягодах Молдова красящих веществ, лейкоантоцианов, рутина при технологическом запасе суммы фенольных веществ 3105.0 мг/дм<sup>3</sup>. В аридных условиях ТЗСФВ у этого сорта на 10% ниже и составляет 2826.0 мг/дм<sup>3</sup>, у Ркацители – 2371.5 мг/дм<sup>3</sup>.

Выявлено, что суммарное содержание антиоксидантов в мякоти у белого и красного сортов накапливается в количестве – 0.22-0.30 мг/г. Значительно выше оно в коже, гребнях и семенах (0.68-8.05 мг/г).

Виноград сорта Ркацители, произрастающий в засушливых условиях равнины Дагестана, отличается способностью синтеза и перехода в суслу оптимального количества полимерных фенольных соединений, рекомендуемого в производстве шампанских и коньячных виноматериалов. Значительное содержание углеводов, фенольных веществ и других антиоксидантов, сформированных в ягодах изучаемых сортов, свидетельствует об уникальных свойствах этих ресурсов и позволяет рекомендовать их для употребления в свежем виде в энотерапии, в производстве высококачественных продуктов питания, обосновывает возможность наиболее рационального использования природного потенциала агроландшафтов этой аридной зоны.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аджиев А.М.* 2009. Виноградарство Дагестана. Махачкала: Дагестанское книжное Издательство. 287 с.
- Бахмулаева З.К., Власова О.К., Магадова С.А.* 2012. Антиоксидантный комплекс винограда, произрастающего в экотопах различных вертикальных поясов // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. Т. 14. № 1 (9). С. 2178-2180.
- Гержилова В.Г.* 2009. Методы технохимического контроля в виноделии. 2-е издание. Симферополь. 304 с.
- Гудковский В.А.* 2001. Антиоксидантные (целебные) свойства плодов и ягод и прогрессивные методы их хранения // Хранение и переработка с/х сырья. № 4. С. 13-19.
- Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А., Иконникова М.И.* 1986. Методы биохимического исследования растений. М.: Агропромиздат. 160 с.
- Запрометов М.Н.* 1993. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. М.: Наука. 271 с.
- Кушнерева Е.В., Гугучкина Т.И., Панкин М.И., Агеева М.М.* 2012. Изменение концентрации сахара и органических кислот в процессе созревания виноградной ягоды // Известия вузов. Пищевая технология. № 1. С. 34-36.
- Харборн Дж.* 1985. Введение в экологическую биохимию. М.: Мир. 311 с.
- Методика выполнения измерений содержания антиоксидантов в напитках и пищевых продуктах, биологически активных добавках, экстрактах лекарственных растений амперометрическим методом. 2007. Свидетельство об аттестации № 31-07 от 04.05.2007. Номер в Федеральном реестре ФР. 1.31.2007.03975.
- Яшин А.Я., Яшин Я.И., Черноусова Н.И.* 2007. Антиоксиданты в красном вине и их определение амперометрическим методом // Виноделие и виноградарство. № 6. С. 22-23.
- Levin E., Lopez-Martinez G., Fane B., Davidowitz G.* 2017. Hawkmoths use nectar sugar to reduce oxidative damage from flight // Science. 17 Feb 2017. Vol. 355. Issue 6326. P. 733-735.
- Lyu S.W., Blum U.J.* 1990. Effects of ferulic acid, an allelopathic compound, on net P, K, and water uptake by cucumber seedlings in a split-root system // Journal of Chemical Ecology. Vol. 16. № 8. P. 2429-2439.