

А.В. ХОВРЕНКОВА, Н.Ю. КОЛБАС, А.П. КОЛБАС

Беларусь, Брест, Брестский государственный университет
имени А.С. Пушкина, alyonakhovrenkova@gmail.com, n.kolbas@gmail.com

ИЗМЕНЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ПЛОДОВ ВИНОГРАДА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭПИБРАССИНОЛИДА

Антиоксидантная активность (АОА) в настоящее время является одной из важнейших характеристик продуктов используемых в пищевой, фармакологической и косметической промышленности. Главная задача антиоксидантов – перехват свободных радикалов, которые способны инициировать реакции перекисного окисления липидов биологических мембран [1]. Использование продукции с высокой АОА снижает риск возникновения заболеваний сердечно-сосудистой и дыхательной систем, аллергии, сахарного диабета и других нарушений обмена веществ, патологических состояний, вызванных стрессом, лучевой болезнью, а также позволяет замедлять процессы старения организма.

Биологически безопасными регуляторами АОА являются растительные гормональные вещества и их аналоги, одними из которых являются brassinosteroids.

Эпибрассинолид (ЭБЛ) – представитель класса растительных гормонов brassinosteroids. Впервые был выделен американскими учеными в 1979 г. из пыльцы рапса (*Brassica napus* L.) [2]. По химической структуре ЭБЛ является (24R)-стероидом и содержит метильную группу при C-24, также его структурной отличительной особенностью является RR-конфигурация C-22 и C-23 атомов, несущих гидроксильные группы.

Одним из перспективных источников антиоксидантов является виноград (*Vitis* L.), содержащий активные компоненты в разных частях растения (лоза, гребень, кожица и мякоть ягод, семена). Биологически активные компоненты винограда представлены различными группами фенольных соединений (ФС): фенольными кислотами, флавоноидами, а также стильбенами.

Целью нашего исследования являлось определение АОА и общего содержания ФС в сортообразцах винограда при обработке ЭБЛ в различных концентрациях.

Для проведения опыта были отобраны четыре сортообразца *Vitis*: 2 из них антоцианосодержащие (V-1 и V-2) и 2 безантоциановые, так называемые белые (V-3 и V-4) произрастающие на территории отдела «Агробиология» Центра экологии БрГУ имени А.С. Пушкина (г. Брест). Сорто-

образцы характеризуются хорошей степенью вызреваемости лозы, высокой урожайностью, устойчивостью к болезням и вредителям, повышенной зимостойкостью и являются перспективными сортами смешанного использования. Отметим, что почва и водный режим стационара благоприятны для плантационного выращивания винограда.

Выбор brassinosterоида, а также подбор его концентраций осуществлялся после анализа литературных данных [3] и собственных экспериментальных данных на других культурах. Так образом, для обработки ЭБЛ были выбраны концентрации 10^{-5} и 10^{-6} %.

Обработка сортообразцов проводилась на последней стадии созревания. Сбор обработанных гроздей, а также контрольных образцов (обработанных дистиллированной водой) проводился поэтапно. В день сбора плоды каждого из сортообразцов сепарировали, получали виноградный сок, который далее анализировали.

Общее содержание ФС определяли спектрофотометрическим методом (по Фолину-Чокальтеу) согласно рекомендациям [4]. Измерение оптической плотности анализируемой смеси проводили после 40 мин инкубации при комнатной температуре при длине волны 765 нм, длине оптического пути в 1 см с применением спектрофотометра Proscan MC 122 (СООО «Проскан специальные инструменты», РБ). Общее содержание ФС выражали в мг галловой кислоты на литр сока (мг ГК/л), учитывая линейную зависимость стандарта от оптической плотности раствора.

АОА оценивали методом АВТС, который основан на блокировке долгоживущего катион-радикала 2,2'-азинобис(3-этил-2,3-дигидро-6-бензотиазолин)-сульфо кислоты [5]. Раствор АВТС⁺ готовили по методике, описанной К.М. Riedl и А.Е. Hagerman (2001) [6] и диспергировали дистиллированной водой до значения абсорбции $0,7 \pm 0,002$ при $\lambda = 734$ нм. Изменение оптической плотности смеси рабочего раствора АВТС⁺ (3 мл) и анализируемого сока (100 мкл) регистрировали после 10 минутного инкубирования на спектрофотометре MC 122 при длине волны 734 нм и длине оптического пути в 1 см. В качестве стандарта применяли водорастворимый аналог витамина Е – тролокс (6-гидрокси-2,5,7,8-тетраметилхроман-2-карбоновая кислота). АОА выражали в ммоль тролокс-эквивалента на литр (ммоль ТЭ/л).

Все опыты выполнены в трехкратной повторности. Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета программы Microsoft Office Excel.

Полученные нами результаты представлены в таблице 1.

Согласно литературным данным количество ФС в красных сортах винограда превышает их содержание в белых сортах [7, 8]. В нашем исследовании общее содержание ФС плодов красных сортообразцов варьирует

от 36,63 до 92,41 мгГК/л. Наиболее высоким содержанием ФС характеризуется сортообразец V-2, а при обработке ЭБЛ в концентрации $10^{-5}\%$ повышение данного показателя составило 28% по отношению к контролю. Для белых сортообразцов содержание ФС варьирует (в мг ГК/л) от 8,209 (сортообразец V-3) до 41,736 (сортообразец V-4). В целом, полученные нами результаты согласуются с имеющимися в литературе [7, 8]. Обработка ЭБЛ белых сортов винограда на последней стадии созревания регулирует накопление ФС различно, так для сортообразца V-4 отмечено повышение параметра (на 34,6%), а для сортообразца V-3 – снижение (на 67,9%). Обработка ЭБЛ в концентрации $10^{-6}\%$ влияет на накопление ФС только в плодах сортообразца V-3 (понижает параметр на 56,6%).

Таблица 1 – Изменение общего содержания фенольных соединений и антиоксидантной активности при обработке эписбрасинолидом

Концентрация, %	ОСФС, мг/л	АОА, ммоль ТЭ/л
V-1		
Контроль	45,026 ± 5,881	1,015 ± 0,067
ЭБЛ -5	36,63 ± 4,361	1,065 ± 0,194
ЭБЛ -6	43,21 ± 3,855	1,013 ± 0,215
V-2		
Контроль	72,18 ± 6,99	2,294 ± 0,125
ЭБЛ -5	92,412 ± 6,559*	2,556 ± 0,03*
ЭБЛ -6	67,816 ± 7,708	2,241 ± 0,037
V-3		
Контроль	25,57 ± 5,754	1,762 ± 0,119
ЭБЛ -5	8,209 ± 3,015***	2,251 ± 0,054**
ЭБЛ -6	11,099 ± 5,974***	1,692 ± 0,052
V-4		
Контроль	31,109 ± 5,851	1,404 ± 0,093
ЭБЛ -5	41,736 ± 4,23*	1,646 ± 0,108**
ЭБЛ -6	36,177 ± 5,893	1,316 ± 0,221

Примечание: V-1, V-2 – антоцианосодержащие сортообразцы винограда; V-3, V-4 – безантоциановые сортообразцы винограда; ЭБЛ -5, ЭБЛ -6 – эписбрасинолид в концентрации $10^{-5}\%$ и $10^{-6}\%$ соответственно; ОСФС – общее содержание фенольных соединений; АОА – антиоксидантная активность; * – достоверное отличие от контроля при $P > 0,05$; ** – достоверное отличие от контроля при $P > 0,01$; *** – достоверное отличие от контроля при $P > 0,001$.

Отмечено, что АОА для красных сортов винограда в 5–10 раз выше, чем для белых [7]. Согласно полученным нами результатам АОА варьирует от 1,013 до 2,556 ммоль ТЭ/л и повышается в последовательности: V-1 < V-4 < V-3 < V-2. При обработке ЭБЛ в концентрации $10^{-5}\%$ повышение АОА отмечено для сортообразцов: V-2 (на 11,4%), V-3 (на 27,7%) и V-4

(на 17,2%). АОА виноградного сока при обработке плодов ЭБЛ в концентрации $10^{-6}\%$ не отличается от контроля.

Во многих работах авторы указывают на высокую положительную корреляционную связь между АОА и содержанием фенольных соединений [5, 7, 8]. В нашем исследовании корреляционная связь между этими параметрами не установлена.

Таким образом, для повышения АОА плодов винограда рекомендуется обработка ЭБЛ в концентрации $10^{-5}\%$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова, Ж. И. Человек и противокислительные вещества / Ж. И. Абрамова, Г. И. Оксенгендлер. – Л. : Наука, 1985. – 230 с.
2. Хрипач, В. А. Брассиностероиды / В. А. Хрипач, Ф. А. Лахвич, В. Н. Жабинский. – Минск : Навука і тэхніка, 1993. – 285 с.
3. Brassinosteroids are involved in controlling sugar unloading in *Vitis vinifera* «Cabernet Sauvignon» berries during veraison / F. Xu [et al.] // Plant Physiology and Biochemistry. – Vol. 94. – 2015. – P. 197–208.
4. Waterhouse, A. L. Determination of Total Phenolics / A. L. Waterhouse // Current Protocols in Food Analytical Chemistry, – 2002. – II.1.1–II.1.8.
5. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay / R. Re [et al.] // Free Radical Biology and Medicine. – 1999. – Vol. 26, № 9/10. – P. 1231–1237.
6. Riedl, K. M. Tannin-protein complexes as radical scavengers and radical sinks / K. M. Riedl, A. E. Hagerman // J. Agric. Food Chem. – 2001. – Vol. 49, № 10. – P. 4917–4923.
7. Polyphenolic content and in vitro antioxidant capacity of grapes, pomaces and wines of five mediterranean wines varieties / I. Ky [et al.] // Actes de colloques du 9^{em} symposium international d'oenologie de Bordeaux, France, Oeno2011. – Faculté d'oenologie de Bordeaux, 2011. – P. 934–937.
8. Lugasi, A. Antioxidant properties of commercial alcoholic and nonalcoholic beverages / A. Lugasi, J. Hovari // Nahrung. – 2003. – Vol. 47. – P. 79–86.