

**Национальная академия наук Беларуси  
Центральный ботанический сад**

**Интродукция, сохранение и использование  
биологического разнообразия мировой флоры**

Материалы Международной конференции,  
посвященной 80-летию Центрального ботанического сада  
Национальной академии наук Беларуси  
(19–22 июня 2012 г., Минск, Беларусь)

**В двух частях  
Часть 2**

**Assessment, Conservation and Sustainable Use  
of Plant Biological Diversity**

Proceedings of the International Conference  
dedicated to 80th anniversary of the Central Botanical Garden  
of the National Academy of Sciences of Belarus  
(June 19–22, 2012, Minsk, Belarus)

**In two parts  
Part 2**

Минск  
2012

УДК 582:581.522.4(082)

ББК 28.5я43

И73

**Редакционная коллегия:**

*Д-р биол. наук В.В. Титок (ответственный редактор);  
д-р биол. наук, академик НАН Беларуси В.Н. Решетников;  
д-р биол. наук, ч.-кор. НАН Беларуси Ж.А. Рупасова;  
д-р биол. наук, чл.-кор. НАН Беларуси Е.А. Сидорович;  
канд. биол. наук Ю.Б. Аношенко; канд. биол. наук А.В. Башилов;  
канд. биол. наук А.А. Веевник; канд. биол. наук И.К. Володько;  
канд. биол. наук И.М. Гаранович; канд. биол. наук Л.В. Гончарова;  
канд. биол. наук А.А. Кузовкова; канд. биол. наук Л.В. Кухарева;  
канд. биол. наук Н.М. Лунина; канд. биол. наук Е.В. Спиридович;  
канд. биол. наук В.И. Торчик; канд. биол. наук О.В. Чижик;  
канд. биол. наук А.Г. Шутова; канд. биол. наук А.П. Яковлев.*

Иллюстрации предоставлены авторами публикаций

И 73 **Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры;** Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. (19–22 июня 2012, Минск, Беларусь). В 2 ч. Ч. 2 / Нац. акад. Наук Беларуси, Централ. ботан. сад; редкол.: В.В. Титок /и др./, Минск, 2012. – 492 с.

В сборнике представлены материалы Международной конференции «Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры», посвященной 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси.

В 1-й части публикуются тезисы докладов секций «Теоретические основы и практические результаты интродукции растений» и «Современные направления ландшафтного дизайна и зеленого строительства»

Во 2-й части представлены тезисы докладов секций «Экологическая физиология и биохимия интродуцированных растений», «Генетические и молекулярно-биологические аспекты изучения и использования биоразнообразия растений» и «Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира».

**УДК 582:581.522.4(082)**

**ББК 28.5я43**

## Биологически активные вещества в зеленых плодах *Vaccinium corymbosum* L.

Деева А.М.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,  
e-mail: a\_makarevich@tut.by

**Резюме.** Плодам *Vaccinium corymbosum* L. характерно накопление широкого круга биологически активных веществ. В результате проведенных исследований установлено высокое содержание фенольных соединений в зеленых плодах 14 сортов голубики высокой. Установлена высокая антиоксидантная активность зеленых плодов голубики высокой в системе с катион-радикалами АБТС+•. Показано наличие положительной корреляции между антиоксидантной активностью и содержанием фенольных соединений, а также между антиоксидантной активностью и содержанием аскорбиновой кислоты, что может быть использовано для оценки биологической активности зеленых плодов голубики и фитопрепаратов на их основе.

**Summary.** Berries of *Vaccinium corymbosum* L. accumulate a wide range of biologically active substances. As a result of our researches were defined levels of total phenolic substances content in the green berries of 14 cultivars of *Vaccinium corymbosum* L. It was established high antioxidant activity in cultivars of green berries of *Vaccinium corymbosum* L. in the system with cation-radicals АБТС + •. It was shown the positive correlation between antioxidant activity - the total phenolic content and between antioxidant activity - the ascorbic acid content that can be used for an estimation of biological activity of the berries of a blueberry and phytopreparations on their basis.

**Введение.** Физиологическая потребность в биологически активных веществах – это необходимая совокупность факторов для поддержания равновесия между человеком и окружающей средой и направленная на обеспечение жизнедеятельности, сохранения и воспроизводства вида. В последнее время организации здравоохранения в нашей стране и во всем мире огромное значение придают сбалансированной диете. Этот интерес возник в связи с возросшим количеством людей, страдающих диабетом, сердечно-сосудистыми заболеваниями, тучностью и др. Растения являются незаменимым источником биологически активных соединений, таких как флавоноиды, каротиноиды, витамины, кумарины, сердечные гликозиды, эфирные масла и другие. Как правило, лекарственные препараты, созданные на основе растительного сырья, не вызывают побочных эффектов у пациентов, обладают противоаллергическим и противовоспалительным действием.

Голубика высокорослая (*Vaccinium corymbosum* L.) – ценное пищевое и лекарственное растение. Ее ягоды богаты органическими кислотами (аскорбиновой, яблочной, лимонной и щавелевой), β-каротином, фенольными соединениями (в том числе антоцианами), которым свойственны важные физиологические функции в организме человека. Фенольные соединения представляют собой один из наиболее распространенных и многочисленных классов природных соединений, обладающих биологической активностью, отличительная особенность которых состоит в наличии свободного или связанного фенольного гидроксила. Они уменьшают проницаемость и повышают прочность кровеносных капилляров, способствуют усвоению витамина С, участвуют в окислительно-восстановительных реакциях, регулируют работу некоторых желез внутренней секреции [1]. Лечебный эффект, как правило, обусловлен суммарным содержанием биологически активных соединений, так как действие отдельных компонентов менее результативно.

*Vaccinium corymbosum* L. – ценная ягодная культура [2], продемонстрировавшая высокий адаптационный потенциал при интродукции в условиях Беларуси, что послужило предпосылкой для введения ее в промышленную культуру с расширением зон культивирования за счет ее продвижения в разные части Беларуси, в том числе с разработкой технологий возделывания на выработанных торфяниках [2], что обеспечит крупнотоннажное производство и будет способствовать более широкому применению данной культуры. Однако рациональное использование плодов *Vaccinium corymbosum* L. невозможно без тщательного изучения изменчивости химического состава ягод основных физиолого-активных соединений в процессе созревания. Поэтому важно исследовать количественное содержание низкомолекулярных антиоксидантов в зеленых плодах различных сортов *Vaccinium corymbosum* L.

Целью настоящей работы явился анализ количественного содержания низкомолекулярных антиоксидантов в экстракте зеленых плодов *Vaccinium corymbosum* L. и оценке уровня антиоксидантной активности (АОА) в системе с катион-радикалами АБТС+•, а также определение корреляционной связи между данными показателями.

### Материалы и методы

Образцы зеленых плодов 14 сортов *Vaccinium corymbosum* L. были собраны в начале июля

2010 г. в южной агроклиматической зоне Беларуси. Свежие ягоды замораживались, и затем для анализа были отобраны по 200 г голубики каждого сорта, после чего они были гомогенизированы. Для извлечения антоцианов брались три пробы гомогенизированной массы (3–5 г). Экстракция проводилась рассчитанным объемом водно-спиртовой смеси (конечная концентрация 80% по этанолу) под воздействием ультразвукового излучения в течение 30 мин., после чего оставляли на 16 часов при температуре 4° С. Полученные экстракты центрифугировали и сохраняли до измерений.

Количественное определение суммарного содержания антоциановых пигментов было проведено методом pH-дифференциальной спектрофотометрии [3, 4] на спектрофотометре Agilent 8453 при 510 нм и 700 нм с соответствующим буфером в качестве раствора сравнения. Расчет проводился по формуле  $A = [(A_{510} - A_{700})_{pH1.0} - (A_{510} - A_{700})_{pH4.5}]$ . Результаты были выражены как миллиграмм-эквивалент цианидин-3-глюкозида в 100 г сухой массы зеленых плодов.

Суммарное содержание фенольных соединений в плодах *Vaccinium corymbosum* L. определяли модифицированным методом Фолина–Чокальтеу [5]. Для определения общего содержания фенольных соединений в экстрактах 0,25 мл образца, 1 мл реактива Фолина – Чокальтеу и 10 мл раствора  $Na_2CO_3$  вносили в мерную колбу на 50 мл, куда добавляли дистиллированную воду и взбалтывали. Через 30 мин. измеряли поглощение на спектрофотометре Agilent 8453 в кювете с рабочей длиной 10 мм. Для калибровки использовали галловую кислоту в диапазоне концентраций 0,15–1,0 г/л.

Суммарное содержание каротиноидов определяли спектрофотометрическим методом, экстрагируя пробы ацетоном при длине волны 440,5 нм [6]. Количественное содержание аскорбиновой кислоты в зеленых плодах *Vaccinium corymbosum* L. было определено титриметрическим методом [6].

Антиоксидантные свойства голубики оценивались в системе с катион-радикалами АБТС+•. Сток-раствор катион-радикала АБТС+• (катион 2,2'-азино-бис (3-этилбензтиазолино-6-сульфоновой кислоты) готовили по методу [7]. Для определения антиоксидантной активности 30–130 мкл экстракта зеленых плодов различных сортов *Vaccinium corymbosum* L., разведенного в 10 раз, добавляли к 2,0 мл раствора АБТС+• в пластиковой кювете при температуре 25° С, и в постоянном перемешивании измеряли поглощение (длина волны 734 нм) во времени на спектрофотометре Agilent 8453. Для оценки антиоксидантной активности использовали значение оптической плотности спустя 1 и 6 минут после смешивания. Сравнительная оценка антиоксидантной активности велась по величине антиоксидантного параметра, который рассчитывался как тангенс угла наклона прямых зависимостей  $D_0 - D$  от количества сухого вещества в граммах, используемого для реакции, и тролокса в мкмоль, а также по параметру антиоксидантной активности (АОА), представляющей собой величину, показывающую количество мкмоль эквивалента тролокса /г сухой массы плодов.

**Результаты и их обсуждение.** Содержание суммы фенольных соединений в зеленых плодах изученных сортов голубики колебалось в пределах от 628,98±42,59 мг/100 г в сорте «Carolina Blue» до 895,50±33,09 мг/100 г – в образце «Nelson», в их составе содержание антоциановых пигментов находилось в пределах от 0,12±0,005 мг/100 г для сорта «Northland» до 6,73±0,217 мг/100 г – для плодов «Northblue». Доля антоциановых пигментов в составе фенольных соединений составляла для исследованных образцов от 0,02 до 0,8%. Для сортов «Bluerose», «Darrow», «Herbert», «Nelson» количественное содержание витамина С превышало 45 мг/100 г сухих зеленых плодов. По результатам эксперимента содержание каротиноидов в зеленых плодах *Vaccinium corymbosum* L. колебалось в пределах от 2,74±0,15 мг/100 г для сорта «Northblue» до 6,22±0,49 мг/100 г – для сорта «Nelson».

Из сравнения характера кинетических кривых и показателей АОА в течение 1 и 6 минут реакции можно сделать вывод, что соединения, обладающие активностью, реагировали с катион-радикалами в течение первой минуты, обеспечивая 92–99% вклада в АОА, а затем протекала более медленная стадия, на протяжении которой, возможно, проходила реакция с катион-радикалами продуктов окисления антиоксидантов, образовавшихся на начальной стадии процесса, как это было показано ранее [7].

По результатам, приведенным в табл. 1, видно, что АОА, измеренная при помощи АБТС+, колебалась в пределах от 22,56 до 32,24 мкмоль тролокса/г сухих плодов после 1 минуты проведения эксперимента.

Нами была найдена корреляционная связь между показателями АОА и содержанием фенольных соединений (коэффициент корреляции составили 0,55 после 1 минуты проведения испытаний). Коэффициент корреляции составили 0,76 после 1 минуты проведения испытаний между значениями АОА и содержанием аскорбиновой кислоты. Коэффициенты являлись

Таблица 1. Количественное содержание биологически активных веществ и антиоксидантная активность зеленых плодов *Vaccinium corymbosum* L.

Название сорта	АОА, мкмоль тролокса /г сухих плодов, 1 мин.	АОА, мкмоль тролокса /г сухих плодов, 6 мин.	Содержание антоцианов, мг в 100 г сух. плодов	Содержание фенольных соединений, мг в 100 г сух. плодов	Содержание каротиноидов, мг в 100 г сух. плодов	Содержание аскорбиновой кислоты, мг в 100 г сух. плодов
Bluecrop	30,820	33,44	1,15±0,054	674,64±30,29	4,55±0,29	36,14±1,74
Blueray	23,700	23,87	0,45±0,021	750,53±36,71	3,99±0,13	36,97±1,93
Bluerose	28,990	29,12	2,45±0,032	788,21±36,32	4,58±0,32	47,63±2,20
CarolinaBlue	25,680	25,78	0,68±0,012	628,98±42,59	3,93±0,28	37,21±0,93
Darrow	31,850	32,67	3,31±0,051	812,04±34,48	4,71±0,25	46,88±2,77
Duke	27,580	29,94	0,52±0,009	686,89±30,08	3,95±0,09	35,04±1,32
Elizabeth	22,560	23,01	1,03±0,03	678,05±33,13	4,40±0,20	34,48±2,01
HardyBlue	25,960	26,01	0,14±0,002	769,91±26,10	3,50±0,30	39,59±1,58
Herbert	32,240	32,46	1,75±0,03	894,51±40,75	3,11±0,10	48,94±2,59
Jersey	28,540	28,71	1,39±0,031	818,33±38,36	4,35±0,25	43,12±1,50
Nelson	32,140	32,39	0,08±0,002	895,50±33,09	6,22±0,49	51,75±2,0
Northblue	24,780	25,11	6,73±0,217	843,63±41,22	2,74±0,15	39,75±1,75
Northland	24,430	24,61	0,12±0,005	682,33±33,06	4,16±0,33	34,21±1,13
Patriot	26,010	26,04	2,46±0,081	739,54±31,97	3,46±0,16	40,19±2,79

значимыми на основании того, что расчетные значения критерия Стьюдента во всех корреляционных полях превышали табличные (количество степеней свободы 12 и уровень значимости  $p < 0,05$ ), т.е. существует положительные корреляционные связи между АОА – содержание фенольных соединений, АОА – содержание аскорбиновой кислоты. Корреляционная связь между величиной АОА и содержанием антоцианов не была найдена. Можно сделать вывод, что АОА – экстрактов зеленых плодов голубики высокой в системе с АБТС+• обусловлена в первую очередь содержанием фенольных соединений, витамина С, каротиноидов и других низкомолекулярных соединений, которые обеспечивают адаптацию растений к условиям окружающей среды.

#### Список литературы:

- Epstein, R.J. Human molecular biology: an introduction to the molecular basis of health and disease / R.J. Epstein. – Cambridge: Cambridge University Press, 2003, p. 150–163.
- Martin-Aragon, S. In vitro and in vivo antioxidant properties of *Vaccinium myrtillus* L. / S. Martin-Aragon, B. Basabe [et al.] // *Pharmaceutical Biology*. – 1999. – Vol. 37, № 2, p. 109–113.
- Dragovic-Uzelac, V. Evaluation of phenolic content and antioxidant capacity of blueberry cultivars (*Vaccinium corymbosum* L.) grown in the Northwest Croatia. / V. Dragovic-Uzelac, Z. Savic [et al.] // *Food Technology and Biotechnology*. – 2010. – Vol. 48, № 2, p. 214–221.
- Ribera1 A.E. Antioxidant compounds in skin and pulp of fruits change among genotypes and maturity stages in highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) grown in Southern Chile. / A.E. Ribera1, M. Reyes-Diaz [et al.] // *Journal of soil science and plant nutrition*. – 2010. – Vol. 10, № 4, p. 509–536.
- Wang, M. Analysis of antioxidative phenolic compounds in artichoke (*Cynara scolymus* L.). / M. Wang, J.E. Simon [et al.] // *Journal of agricultural and food chemistry*. – 2003. – Vol. 51, № 3, p. 601–608.
- Методы биохимического исследования растений. / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович и др. // Определение витаминов и других биологически активных веществ. – Гл. 4, с. 85–122. Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987.
- Re, R. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. / R. Re, N. Pellegrini [et al.] // *Free Radical Biology and Medicine*. – 1999. – Vol. 26, № 9/10, с. 1231–1237.