

# ДОКЛАДЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

Выходит шесть номеров в год

Журнал основан в июле 1957 года

---

МИНСК, БЕЛОРУССКАЯ НАУКА, 2011, ТОМ 55, № 5

---

Учредитель – Национальная академия наук Беларуси

Редакционная коллегия:

**М. В. Мясникович** (главный редактор),  
**А. М. Русецкий** (заместитель главного редактора),  
**С. А. Чижик** (заместитель главного редактора),  
**И. М. Богдевич, Н. А. Борисевич, Г. А. Василевич, П. А. Витязь,**  
**И. Д. Волоотовский, И. В. Гайшун, В. Г. Гусаков, И. В. Залуцкий, О. А. Ивашкевич,**  
**Н. А. Изобов, А. Ф. Ильющенко, Н. С. Казак, С. Я. Килин, А. А. Коваленя, Ф. Ф. Комаров,**  
**И. В. Котляров, В. А. Лабунов, Ф. А. Лахвич, О. Н. Левко, А. И. Лесникович, В. Ф. Логинов,**  
**А. А. Махнач, А. А. Михалевич, П. Г. Никитенко, О. Г. Пенязьков, Ю. М. Плескачевский,**  
**А. Ф. Смянович, Л. М. Томильчик, В. М. Федосюк, Л. В. Хотылева, И. П. Шейко**

*Адрес редакции:*

220072, Минск, ул. Академическая, 1, к. 119,  
тел. 284-19-19

<http://nasb.gov.by/rus/publications/dan/>

E-mail: [doklady@open.by](mailto:doklady@open.by)

# DOKLADY OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

Published bimonthly

The journal has been published since July, 1957

---

MINSK, BELORUSSKAYA NAUKA, 2011, Vol. 55, No 5

---

Founder – National Academy of Sciences of Belarus

Editorial Board:

**M. V. Miasnikovich** (Editor-in-Chief),

**A. M. Rusetsky** (Associate Editor-in-Chief),

**S. A. Chizhik** (Associate Editor-in-Chief),

**I. M. Bogdevich, N. A. Borisevich, G. A. Vasilevich, P. A. Vitiaz, I. D. Volotovski, I. V. Gaishun,**

**V. G. Gusakov, O. A. Ivashkevich, N. A. Izobov, A. F. Ilyushchanka, N. S. Kazak, S. Ya. Kilin,**

**A. A. Kovalenya, F. F. Komarov, I. V. Kotlyarov, V. A. Labunov, F. A. Lakhvich, O. N. Levko,**

**A. I. Lesnikovich, V. F. Loginov, A. A. Makhnach, A. A. Mikhalevich, P. G. Nikitenko,**

**O. G. Penyazkov, Yu. M. Pleskachevsky, A. F. Smeyanovich,**

**L. M. Tomilchik, V. M. Fedosyuk, L. V. Khotyleva, I. P. Sheiko, I. V. Zalutsky**

*Address of the Editorial Office:*

220072, Minsk, 1 Akademicheskaya Str., room 119

telephone: 284-19-19

<http://nasb.gov.by/eng/publications/dan/>

E-mail: [doklady@open.by](mailto:doklady@open.by)

УДК 581.19:547.973:615.322

А. М. МАКАРЕВИЧ, академик В. Н. РЕШЕТНИКОВ

**АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ПЛОДОВ *VACCINIUM CORYMBOSUM* L.  
И *VACCINIUM ULIGINOSUM* L.**

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск

Поступило 15.07.2011

**Введение.** Природные антиоксиданты являются интересным объектом исследования из-за их потенциальных пищевых и терапевтических эффектов. Всёвозрастающий поиск естественной замены синтетических антиоксидантов приводит к необходимости оценки антиоксидантной активности многих растительных источников данных соединений. Фрукты и овощи содержат различные фитонутриенты, многие из которых обладают антиоксидантными свойствами. По литературным данным, одними из наиболее перспективных веществ, обладающих данным характером воздействия, являются фенольные соединения, в частности антоцианидины и их гликозиды [1–3]. Плодам *Vaccinium corymbosum* L. (голубика высокорослая) и *Vaccinium uliginosum* L. (голубика топяная) характерно накопление широкого круга запасных и биологически активных веществ [1], что послужило предпосылкой для введения голубики высокорослой 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 [4]. В настоящее время стоит задача крупнотоннажного производства этой культуры для более широкого ее применения в составе фитопрепаратов целевого назначения, в том числе с антиоксидантными свойствами, которые являются востребованными как на территории республики, так и в других регионах мира в связи с обостряющейся экологической обстановкой.

Цель работы – анализ состава низкомолекулярных антиоксидантов и разработка подходов к экспрессной оценке антиоксидантной активности плодов голубики, установление возможной связи между величинами антиоксидантной активности в системе с катион-радикалами АБТС<sup>+</sup> и содержанием данных классов биологически активных соединений.

**Материалы и методы исследования.** Образцы 20 сортов *Vaccinium corymbosum* L. и плоды *Vaccinium uliginosum* L. были собраны на Ганцевичской научно-экспериментальной базе ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» «Журавинка», в южной агроклиматической зоне республики. Свежие ягоды замораживались, и затем для анализа отбирались 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) в течение 30 мин под воздействием ультразвукового излучения, после чего оставляли на 16 ч при температуре 4 °С. Полученные экстракты центрифугировали при 5500 об/мин и сохраняли при температуре 4 °С до проведения измерений.

Количественное определение суммарного содержания антоциановых пигментов было проведено методом рН-дифференциальной спектрофотометрии [5; 6] на спектрофотометре Agilent 8453 при 510 и 700 нм с использованием буферных растворов № 1 и № 2.

Раствор № 1: рН 1 – 0,405 мг КСl, 1,238 мл конц. НСl в 100 мл воды.

Раствор № 2: рН 4,5 – 1,64 г натрия ацетата в 100 мл воды и НСl до рН 4,5.

Расчет проводился по формуле  $A = [(A_{510} - A_{700})_{\text{рН } 1,0} - (A_{510} - A_{700})_{\text{рН } 4,5}]$  с коэффициентом экстинкции цианидин-3-глюкозида 29600. Результаты были выражены как миллиграмм-эквивалент цианидин-3-глюкозида в 100 г сухой массы плодов.

Суммарное содержание фенольных соединений в плодах *Vaccinium corymbosum* L. и *Vaccinium uliginosum* L. определяли модифицированным методом Фолина–Чокальтеу [7].

Для определения общего содержания фенольных соединений в экстрактах 0,25 мл образца, 1 мл реактива Фолина–Чокальтеу и 10 мл раствора Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 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 при 725–730 нм. Контролем служила вода с добавлением всех указанных реактивов. Для калибровки использовали галловую кислоту в диапазоне концентраций 0,15–1,0 г/л. Результаты были выражены как миллиграмм эквивалента галловой кислоты в 100 г сухой массы плодов.

Антиоксидантные свойства голубики оценивались в системе с катион-радикалами АБТС<sup>+</sup>. Сток-раствор катион-радикала АБТС<sup>+</sup> (катион 2,2'-азино-бис(3-этилбензтиазолино-6-сульфоно-вой кислоты) готовили по методу [8]. Для определения антиоксидантной активности 20–400 мкл экстракта плодов различных сортов *Vaccinium corymbosum* L. и образца *Vaccinium uliginosum* L., разведенного в 10 раз, добавляли к 2,0 мл раствора АБТС<sup>+</sup> в пластиковой кювете при температуре 25 °С и 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 мин после смешивания. Сравнительная оценка антиоксидантной активности велась по величине антиоксидантного параметра, который рассчитывался как тангенс угла наклона прямых зависимостей D<sub>0</sub> – 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 на г сухой массы плодов.

**Результаты и их обсуждение.** Содержание фенольных соединений в плодах изученных сортов голубики колебалось в пределах от 853,0 ± 64,8 мг% в сорте Dixi (*Vaccinium corymbosum* L.) до 4213,7 ± 54,0 мг% в образце *Vaccinium uliginosum* L., в их составе содержание антоциановых пигментов находилось в пределах от 259,3 ± 6,6 мг% для сорта Concord (*Vaccinium corymbosum* L.) до 1871,7 ± 77,6 мг% для плодов *Vaccinium uliginosum* L. При этом следует выделить группу сортов *Vaccinium corymbosum* L., в плодах которых уровень накопления антоцианов был весьма высоким и составлял более 600 мг%: Carolina Blue, Stanley, Herbert, Northland, Patriot. Доля антоциа-

**Антиоксидантная активность, содержание антоцианов и фенольных соединений  
 в плодах *Vaccinium corymbosum* L. и *Vaccinium uliginosum* L.**

Сорт	АОА, мкмоль тролокса/г сухих плодов, 1 мин	АОА, мкмоль тролокса/г сухих плодов, 6 мин	Содержание антоцианов, мг%	Содержание фенольных соединений, мг%	Соотношение между содержанием антоцианов и фенольных соединений, мг/мг
<i>Vaccinium corymbosum</i> L.					
Atlantic	53,17	59,28	527,3 ± 35,4	1411,9 ± 48,7	0,37
Berkley	62,63	64,26	279,8 ± 13,9	1171,6 ± 80,5	0,24
Bluecrop	64,23	66,02	296,6 ± 11,0	1501,1 ± 19,0	0,20
Blueray	40,46	48,13	365,6 ± 9,9	1047,4 ± 57,4	0,35
Bluerose	57,76	76,79	480,7 ± 14,4	1362,9 ± 78,8	0,35
Carolina Blue	110,42	117,46	827,2 ± 37,5	1776,6 ± 35,3	0,47
Concord	36,95	44,42	259,3 ± 6,6	1308,7 ± 99,6	0,20
Coville	91,22	99,36	517,9 ± 21,4	1405,1 ± 13,9	0,37
Darrow	52,98	65,03	279,7 ± 10,5	1252,9 ± 89,2	0,22
Dixi	10,66	11,16	266,6 ± 11,4	853,0 ± 64,8	0,31
Elizabeth	45,04	52,73	370,1 ± 19,4	1221,0 ± 61,7	0,30
Herbert	57,44	59,10	672,3 ± 32,4	1624,3 ± 102,6	0,41
Jersey	20,53	25,18	288,4 ± 12,5	920,3 ± 45,5	0,31
Nelson	105,30	120,75	548,5 ± 9,3	1786,0 ± 124,8	0,31
Northland	193,99	197,24	786,8 ± 25,7	1930,0 ± 137,3	0,41
Patriot	244,31	267,56	1184,0 ± 21,3	1981,0 ± 52,0	0,60
Rancocas	93,58	103,05	497,28 ± 13,1	1194,3 ± 90,8	0,42
Reka	54,14	59,79	464,3 ± 21,9	1426,1 ± 27,0	0,33
Stanley	52,78	60,76	592,44 ± 31,5	1610,0 ± 35,8	0,37
Weimought	46,58	51,34	381,2 ± 14,6	1087,7 ± 45,4	0,35
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.					
	305,59	329,03	1871,7 ± 77,6	4213,7 ± 54,0	0,44

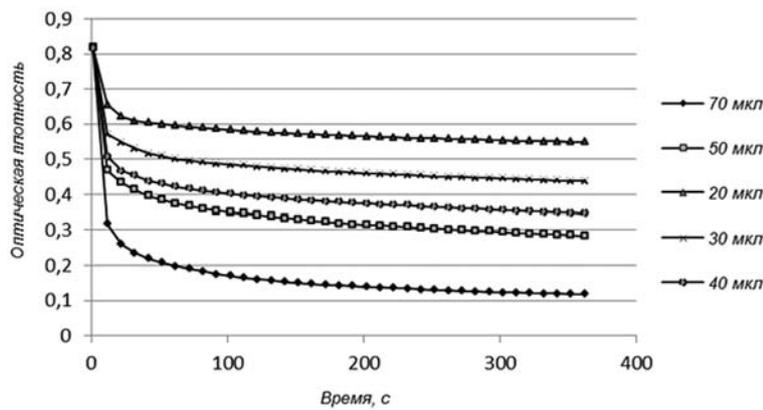


Рис. 1. Кинетические кривые обесцвечивания раствора с катион-радикалами АБТС<sup>+</sup> в присутствии различных объемов экстракта плодов сорта Patriot

новых пигментов в составе фенольных соединений составляла для исследованных образцов от 20 до 60 % (таблица).

По результатам, приведенным в таблице, видно, что АОА, измеренная при помощи АБТС<sup>+</sup>, колебалась в пределах от 10,66 до 305,59 мкмоль тролокса/г сухих плодов после 1-й минуты проведения эксперимента. Наименьшей АОА обладали сорта Dixi, Jersey, Concord, Blueray, Elizabeth, Weimought. АОА для сортов Carolina Blue и Nelson превышала значение 100 мкмоль

тролокса/г сухих плодов уже после 1-й минуты реакции, а для сортов Northland и Patriot приближалась к 200 мкмоль тролокса/г сухих плодов в течение такого же промежутка времени.

Из сравнения характера кинетических кривых рис. 1 и показателей АОА в течение 1-й и 6-й минуты реакции можно сделать вывод, что соединения, обладающие активностью, реагировали с катион-радикалами в течение первой минуты, обеспечивая 75–98 % вклада в АОА, а затем протекала более медленная стадия, на протяжении которой, возможно, проходила реакция с катион-

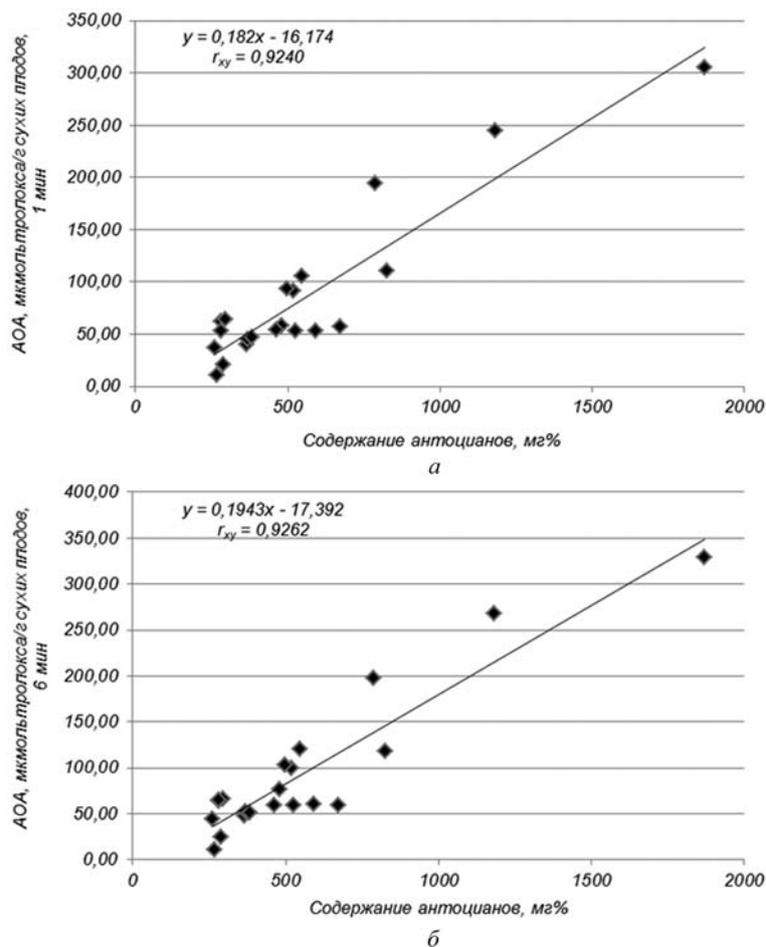


Рис. 2. Корреляционная связь между АОА, мкмоль тролокса/г сухих плодов, и содержанием антоциановых пигментов, мг на 100 г сухих плодов: а – после 1-й минуты; б – после 6-й минуты

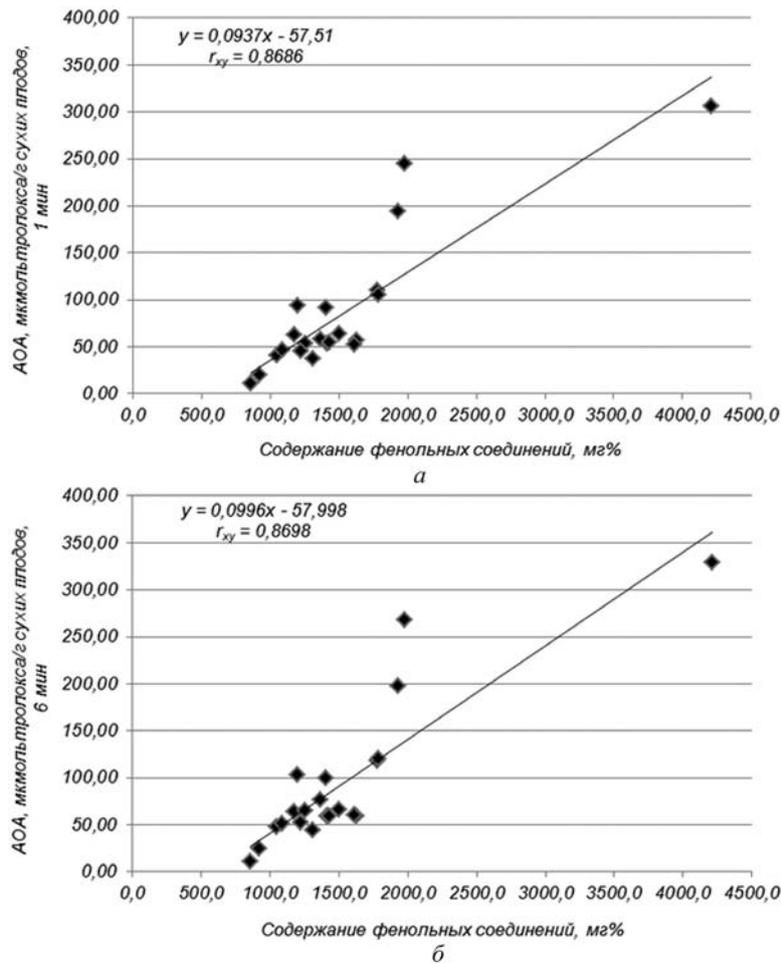


Рис. 3. Корреляционная связь между АОА, мкмоль тролокса/г сухих плодов, и содержанием фенольных соединений, мг на 100 г сухих плодов: а – после 1-й минуты; б – после 6-й минуты

радикалами продуктов окисления антоцианов, образовавшихся на начальной стадии процесса, как это было показано ранее [8].

На рис. 2, 3 и 4 представлена корреляционная связь между величиной АОА после 1-й и 6-й минуты проведения эксперимента и содержанием антоцианов и фенольных соединений (мг на 100 г сухих плодов). Коэффициент корреляции между уровнем АОА и содержанием водорастворимых антоциановых пигментов составлял 0,92 и 0,93 (соответственно после 1-й и 6-й минуты), а между показателем АОА и содержанием фенольных соединений – 0,87 (после 1-й и 6-й минуты). Данный параметр для корреляционной связи между АОА и соотношением между содержанием антоциановых пигментов и содержанием фенольных соединений после 1-й и 6-й минуты проведения опыта составлял 0,65.

Все коэффициенты корреляции являлись значимыми на основании того, что расчетные значения критерия Стьюдента во всех корреляционных полях превышали табличные, при количестве степеней свободы равном 19 и уровне значимости  $p < 0,05$ , т. е. существует реальная положительная корреляционная связь между АОА и содержанием фенольных соединений и антоциановых пигментов. Причем корреляционная связь между АОА и содержанием антоцианов являлась наиболее тесной. Из вышесказанного следует, что более высокой АОА обладали сорта *Vaccinium corymbosum* L. и плоды *Vaccinium uliginosum* L. с повышенным содержанием антоциановых пигментов и фенольных соединений, причем доля антоцианов достигала 60 %. Таким образом АОА плодов голубики и фитопрепаратов на их основе может быть достоверно оценена по содержанию фенольных веществ либо антоциановых пигментов в их составе.

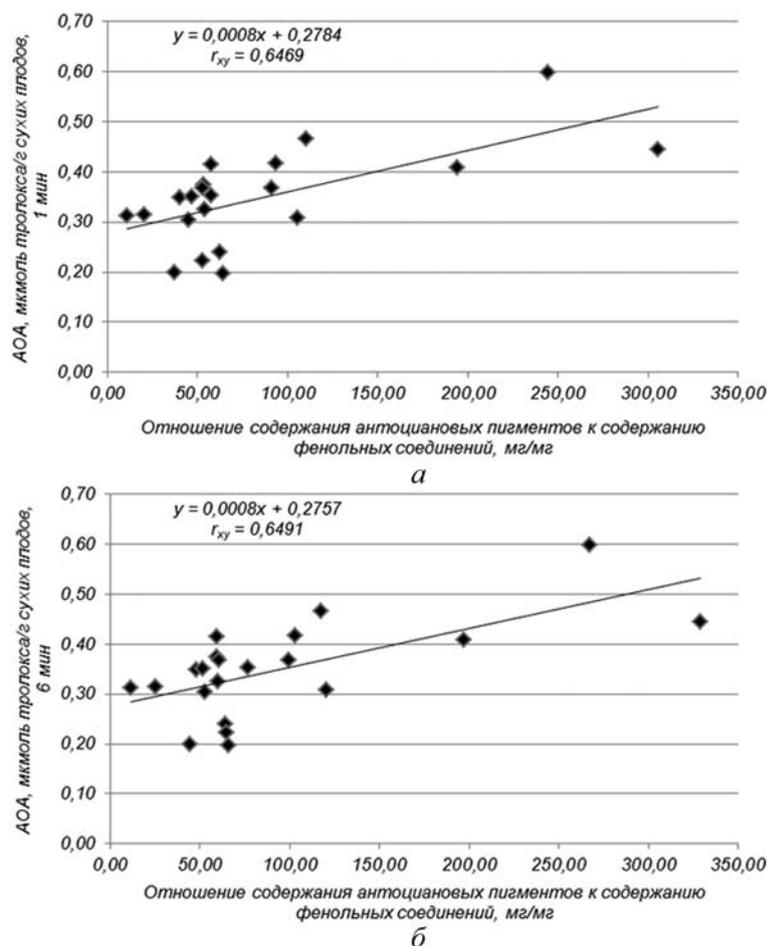


Рис. 4. Корреляционная связь между АОА, мкмоль тролокса/г сухих плодов, и соотношением между содержанием антоциановых пигментов и содержанием фенольных соединений, мг/мг: а – после 1-й минуты; б – после 6-й минуты

**Выводы.** В результате проведенных исследований установлено высокое содержание антоцианов в плодах 20 сортов *Vaccinium corymbosum* L. и в образце *Vaccinium uliginosum* L., в том числе превышавшее порог в 600 мг% в ягодах Patriot, Carolina Blue, Stanley, Herbert, Northland. В изученных сортах доля антоциановых пигментов в составе фенольных соединений составляла от 20 до 60 %. Установлена высокая АОА плодов голубики высокой сортов Patriot, Northland, Carolina Blue, Nelson и плодов голубики топяной в системе с катион-радикалами АБТС<sup>+</sup>. Показано наличие положительной корреляции между АОА, содержанием фенольных соединений и антоциановых пигментов, что может быть использовано для оценки биологической активности плодов голубики и фитопрепаратов на их основе. Наиболее тесная корреляционная связь установлена между показателем АОА и содержанием антоциановых пигментов, поэтому именно использование количественной оценки антоцианов и их гликозидов может рассматриваться как наиболее приемлемый показатель для экспрессной оценки АОА растительного сырья.

### Литература

1. Cao G., Sofic E., et al. // Free Radicals Biology and Medicine. 1997. Vol. 22, № 5. P. 749–760.
2. Martín-Aragón S., Basabe B., et al. // Pharmaceutical Biology. 1999. Vol. 37, № 2. P. 109–113.
3. Sparrow J. R., Vollmer-Snarr H. R., et al. // J. of Biological Chemistry. 2003. Vol. 278, № 20. P. 18207–18213.
4. Волчков В. // Белорус. лесная газ. 2009. № 4(713).
5. Dragovic-Uzelac V., Savic Z., et al. // Food Technology and Biotechnology. 2010. Vol. 48, № 2. P. 214–221.
6. Jakobek L., Seruga M., et al. // Deutsche Lebensmittel-Rundschau. 2007. Vol. 103, № 2. P. 58–64.
7. Wang M., Simon J. E., et al. // J. of agricultural and food chemistry. 2003. Vol. 51, № 3. P. 601–608.
8. Re R., Pellegrini N., et al. // Free Radical Biology and Medicine. 1999. Vol. 26, № 9/10. P. 1231–1237.

A. M. MAKAREVICH, V. N. RESHETNIKOV

a\_makarevich@tut.by, hbc@bas-net.by

### ANTIOXIDANT ACTIVITY OF THE BERRIES OF *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. AND *VACCINIUM ULIGINOSUM* L.

#### Summary

According to the available literature data, phenol substances, in particular anthocyanidins and their glycosides are one of the most perspective natural antioxidants. Berries of *Vaccinium corymbosum* L. and *Vaccinium uliginosum* L. accumulate a wide range of biologically active substances. As a result of our research, the levels of the high content of anthocyanins in the berries of 20 cultivars of *Vaccinium corymbosum* L. and in *Vaccinium uliginosum* L. were defined. The highest level of anthocyanins (more than 600 mg%) was found in berries of Patriot, Carolina Blue, Stanley, Herbert, Northland. In the studied cultivars, the portion of anthocyanin pigments as a part of phenol substances makes up 20 to 60 %. The high antioxidant activity in cultivars of *Vaccinium corymbosum* L. Patriot, Northland, Carolina Blue, Nelson and in the berries of *Vaccinium uliginosum* L. in the system with cation-radicals ABTS<sup>+</sup> was established. A positive correlation between the antioxidant activity, the content of phenol compounds and anthocyanins pigments, which can be used for estimating the biological activity of the berries of blueberry and phytopreparations on their basis was shown.