

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ
им. В.Ф. КУПРЕВИЧА НАН БЕЛАРУСИ»

УДК 547.56.4: 582.912.46

ДЕЕВА

Алла Михайловна

**РОЛЬ АНТОЦИАНОВ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ
АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ РАСТЕНИЙ СЕМ. БРУСНИЧНЫЕ
(*VACCINIUM CORYMBOSUM* L. И *VACCINIUM ULIGINOSUM* L.)**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

по специальности 03.01.05 – физиология и биохимия растений

Минск, 2015

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

Научная работа выполнена в ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск

Научный руководитель:

Решетников Владимир Николаевич,
академик, доктор биологических наук,
профессор, заведующий отделом
биоиммун и биотехнологии растений
ГНУ «Центральный ботанический сад
НАН Беларуси»

Официальные оппоненты:

Волынец Александр Потапович,
доктор биологических наук,
профессор, главный научный
сотрудник лаборатории физиологии
патогенных и болезнеустойчивых
растений ГНУ «Институт
экспериментальной ботаники
им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси»

Волотович Антон Анатольевич,
кандидат биологических наук, доцент,
декан биотехнологического
факультета Полесского
государственного университета

Оппонирующая организация:

Белорусский государственный
университет

Защита состоится 24 ноября 2015 г. в 14-00 на заседании Совета по защите диссертаций Д.01.38.01 в ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси» по адресу 220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, e-mail: nan.botany@yandex.by, тел./факс (017) 2841853. С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке им. Я. Колоса НАН Беларуси.

Автореферат разослан «20» октября 2015 г.

Ученый секретарь
Совета по защите диссертаций,
Кандидат биологических наук



Т.Ф. Сосновская

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

ВВЕДЕНИЕ

Природные антиоксиданты являются интересным объектом исследования из-за их потенциальных пищевых и терапевтических эффектов. По литературным данным одними из наиболее перспективных веществ, обладающих данным характером воздействия, являются фенольные соединения, в частности антоцианидины и их гликозиды.

Однако в литературе достаточно мало данных по количественной характеристике содержания данного класса фенольных соединений в плодах различных сортов голубики в процессе созревания ягод и их роли в функционировании пула низко- и высокомолекулярных антиоксидантов плодов. Изучение изменений в составе антоциановых пигментов и их влияния на состояние антиоксидантной системы плодов голубики при ее хранении является важной научной и практической задачей, поскольку уменьшение содержания антоцианов в плодах может критическим образом сказаться на качестве ягод.

Для плодов *Vaccinium corymbosum* L. (голубика высокорослая) и *Vaccinium uliginosum* L. (голубика топяная) характерно накопление широкого круга запасных и биологически активных веществ. Это послужило предпосылкой для введения голубики высокорослой в промышленную культуру с расширением зон культивирования за счет продвижения в разные области Беларуси, в том числе с разработкой технологий возделывания на выработанных торфяниках. 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.

Таким образом, практическая необходимость исследований продиктована острой потребностью в создании новых видов пищевых продуктов и фитопрепаратов на основе местного и интродуцированного плодового сырья с повышенной биологической активностью, что одновременно позволит исключить или значительно снизить использование синтетических красителей, вкусовых веществ и антиоксидантов. Также в литературе указывается на прямую связь между содержанием антоциановых пигментов и их способностью дезактивировать активные формы кислорода, однако системные данные по этому вопросу, особенно для растительных объектов, отсутствуют. Все изложенное и определило актуальность диссертационной работы по избранной теме.

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами

Исследования, результаты которых вошли в диссертационную работу, выполнялись в рамках следующих научных программ и заданий:

- проект БРФФИ «НаукаМ–2011» Оценка антиоксидантной активности генеративных органов *Vaccinium corymbosum* L. и *Trigonella foenum graecum* L. и ее связь с количественным содержанием низкомолекулярных и высокомолекулярных соединений плодов и семян» – ГР № 20113161, на период 2011–2012 гг.

- грант НАН Беларуси на выполнение научно-исследовательских работ по теме: «Роль антоцианидинов и их гликозидов в функционировании антиоксидантной системы растений сем. Брусничные» – ГР № 20093455, на 2009–2010 гг.

- задание 1.14 «Характеристика, анализ и маркирование ДНК-локусов, кодирующих устойчивость к экзогенным факторам и синтез биологически активных веществ у природных форм и культурно возделываемых представителей рода *Vaccinium*», государственная программа научных исследований «Молекулярно-генетические, физиолого-биохимические и клеточные основы создания новых биотехнологий для сельского хозяйства, здравоохранения, промышленности и охраны окружающей среды (Фундаментальные основы биотехнологий)», подпрограмма I «Молекулы и клетка» – ГР № 20112020, на период 2011 г.

- задание 1.14 «Генетические и биохимические маркеры повышенного синтеза биологически активных веществ в лекарственных и хозяйственно ценных растениях», «Фундаментальные основы биотехнологий 1.14» – ГР № 20123345, на 2012–2013 гг.

Тема диссертации соответствует Перечню приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 гг., утвержденному постановлением Совета Министров Республики Беларусь 19.04.2010 № 585, пункту 3. Физико-химические основы биологии (3.1. биохимия, биофизика и физиология растительной, животной и микробной клетки, ее надмолекулярных структур, биологических макромолекул и низкомолекулярных биорегуляторов, в том числе ферментов и гормонов).

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

Цель и задачи исследования

Цель работы – оценить особенности состава и роль антоцианов в функционировании антиоксидантной системы плодов голубики высокой и топяной и разработать пути их практического применения с учетом антиоксидантных свойств.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- получить новые экспериментальные данные по составу антоцианов в плодах 22 сортов *Vaccinium corymbosum* L. и *Vaccinium uliginosum* L.;
- оценить величину антиоксидантной активности и связь данных показателей с количественным содержанием антиоксидантов фенольной природы;
- изучить динамику накопления антоцианов и других групп антиоксидантов и их влияние на состояние антиоксидантной системы в процессе созревания плодов;
- оценить влияние способа и параметров сушки на показатели антиоксидантной активности и сохранность антоцианов при переработке плодов голубики;
- оценить возможность использования переработанных плодов голубики высокой и голубики топяной в качестве ингибиторов окисления.

Объекты и предмет исследования

Объекты исследования – плоды 25 таксонов рода *Vaccinium* (образцы плодов *V. uliginosum* и сорта *V. corymbosum*: Atlantic, Berkeley, Bluecrop, Blueray, Bluerose, Caroline Blue, Concord, Coville, Darrow, Dixi, Duke, Elizabeth, Hardyblue, Herbert, Jersey, Nelson, Patriot, Rancocas, Reka, Stanley, Weymouth, сорта гибридов *V. corymbosum*×*V. angustifolium* Ait: Northland, Northblue, Northcountry)

Предмет исследования – состав и антиоксидантная активность антоцианов в плодах *Vaccinium corymbosum* L. и *Vaccinium uliginosum* L.

В диссертационной работе использованы следующие современные физико-химические методы исследования: высокоэффективная жидкостная хроматография; масс-спектрометрия, спектрофотометрия в ультрафиолетовой и видимой областях; аналитические методы определения биологически активных соединений; экстракционные методы. Для оценки антиоксидантной активности экстрактов применяли модельные системы с 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил радикалами (ДФПГ^{••}) и реакцию с катион-радикалами 2,2'-азино-бис(3-этилбензтиазолин-6-сульфоновой кислоты) (АБТС^{••}), методики измерения перекисного окисления липидов. Для статистической обработки результатов и физико-химических расчетов использованы пакеты программ «Excel 2010» и «Statistica 10».

Научная новизна

Установлено, что более 70% содержащихся в плодах исследуемых видов голубики антоцианов приходится на гликозиды мальвидина и дельфинидина, тогда как наиболее минорной фракцией данных веществ являются производные цианидина. Показано снижение полярности антоциановых гликозидов при ацилировании сахарного компонента, что позволяет выявить межвидовые различия в качественном составе ацилированных форм антоцианов.

Показано, что в процессе созревания плодов голубики происходит значительное накопление антоцианов при одновременном относительном количественном постоянстве других низкомолекулярных антиоксидантов и снижении активности каталазы, что при наличии выявленной корреляционной связи между содержанием антоциановых пигментов и уровнем антиоксидантной активности обуславливает ее повышение в зрелых плодах голубики.

Экспериментально обосновано условное деление исследуемых сортов голубики по степени сохранности антоцианов в плодах в зависимости от способа сушки. Показана возможность ингибирования процесса окисления льняного масла при добавлении порошка из измельченных высушенных плодов голубики.

Новизна результатов исследований подтверждена решением Национального центра интеллектуальной собственности Республики Беларусь о выдаче патента на изобретение №17729, зарегистрированного в Государственном реестре изобретений 01.08.2013 г.

Положения, выносимые на защиту

1. Состав антоцианов голубики высокой и топяной характеризуется высокой гетерогенностью, включая до 15 их соединений, и имеет сортовую специфичность.
2. Роль антоцианов как компонентов антиоксидантной системы в процессе созревания плодов голубики высокой и топяной возрастает, при этом количественное соотношение антиоксидантов изменяется и сопровождается увеличением доли антоциановых пигментов в составе фенольных соединений от 0,01–0,8% в зеленых плодах до 22–52% в зрелых плодах.
3. Установленная положительная корреляционная связь между антиоксидантной активностью в системах с ДФИП⁺, АБТС⁺ и содержанием антоциановых пигментов и фенольных соединений может быть использована для экспрессной оценки биологической активности зрелых плодов голубики и фитопрепаратов на их основе.

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

4. Содержание антоцианов в сухом порошке голубики зависит от способа сушки переработанных плодов. Сухой порошок голубики применим для обогащения пищевых добавок, в том числе для продуктов с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот.

Личный вклад соискателя ученой степени

Экспериментальные результаты, представленные в диссертационной работе, получены лично автором или при его непосредственном участии. Планирование экспериментов, теоретическое обсуждение и оформление результатов в виде статей проводилось совместно с научным руководителем. Анализ антоцианов методами ВЭЖХ и масс-спектрометрии осуществлялся на базе Института биоорганической химии НАН Беларуси (к.б.н. Шабуня П.С.) при непосредственном участии автора.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Материалы диссертационной работы были представлены на Международной конференции «Интродукция и селекция ароматических и лекарственных растений» (Ялта, 2009), Международной научно-практической конференции «Белорусские лекарства» (Минск, 2010), на научно-практическом семинаре «Опыт интродукции и перспективы промышленного выращивания голубики высокой в Беларуси» 14–15 июля 2010 г., Международных конференциях «Нарочанские чтения-5» (Нарочь, 2009), «Нарочанские чтения-6» (Нарочь, 2010), «Нарочанские чтения-7» (Нарочь, 2011), «Нарочанские чтения-9» (Нарочь, 2013), научной конференции «Инновационные биотехнологии в селекции растений, животноводстве, бионанотехнологии и медицине» (Брянск, Россия, 2011), на молодежном форуме проектов «INMAX'12», на международной конференции «Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры» (Минск, 2012), на республиканской научно-практической конференции «Голубиководство в Беларуси: итоги и перспективы» (Минск, 2012), международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2013» (Москва, 2013), международной научной конференции «Биологически активные вещества растений – изучение и использование» (Минск, 2013), VIII Всероссийской научной конференции «Химия и технология растительных веществ» (Сыктывкар–Калининград, 2013), Всероссийской научной конференции «Химия и фармакология растительных веществ» (Сыктывкар, 2014)

Материалы диссертации обсуждались на семинарах отдела биохимии и биотехнологии растений ЦБС НАН Беларуси.

Опубликование результатов диссертации

Опубликованы 20 печатных работ, среди них 5 статей по теме диссертации в изданиях, включенных в Перечень ВАК, 7 тезисов докладов. Соискатель является соавтором патента №17729, зарегистрированного в Государственном реестре изобретений 01.08.2013 г. «Способ получения пищевой обогащенной антоцианами биологически активной добавки на основе плодов голубики и применение ее для предотвращения окисления ненасыщенных жирных кислот в продуктах из семян льна». Работа соискателя получила практическое подтверждение в Республике Беларусь и была внедрена в учебный процесс в Вузе (БГПУ им М.Танка, протокол № 9 от 11.04.2012 г.). Общий объем опубликованных материалов составляет 4,05 авторских листа.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа включает введение; общую характеристику работы; основную часть, в которой приводится анализ научной литературы (ГЛАВА 1), описание использованных методов, оборудования и материалов (ГЛАВА 2), а также сущность и основные результаты исследования (ГЛАВЫ 3, 4 и 5); заключение; список литературы, содержащий 237 наименований работ отечественных и зарубежных авторов и список публикаций соискателя, который включает 20 наименований; 8 приложений. Диссертация изложена на 105 страницах машинописного текста, включает 22 рисунка, 25 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе представлен анализ описанных в научной литературе данных о структуре антоцианов, биосинтез антоцианов в растении, роль данного класса соединений в растении, современные представления о функционировании антиоксидантной системы растения, современные представления о роли антоцианов в антиоксидантной системе растения, сравнительный анализ существующих источников биологически активных антоцианов и способов их получения, использования и хранения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являлись образцы плодов *V. uliginosum*, которые были выбраны в качестве эталона сравнения, и сорта *V. corymbosum*: Atlantic, Berkeley, Bluecrop, Blueray, Bluerose, Caroline Blue, Concord, Coville, Darrow, Dixi, Duke, Elizabeth, Hardyblue, Herbert, Jersey, Nelson, Patriot, Rancocas, Reka, Stanley, Weymouth, сорта гибридов *V. corymbosum*×*V. angustifolium* Ait: Northland, Northblue, Northcountry. Среди них в Государственный реестр сортов

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь включены следующие изученные сорта голубики высокорослой и полувисокой: Bluecrop, Northland, Elizabeth, Jersey, Weymouth, Duke, Patriot, Hardyblue, Northblue, Northcountry. Все образцы голубики были собраны на Ганцевичской научно-экспериментальной базе ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» «Журавинка», в южной агроклиматической зоне республики (г. Ганцевичи Брестской области) в период 2009–2012 г.г. Плантации обеспечиваются минеральным питанием и поливом в соответствии с технологией возделывания голубики для получения оптимальных урожаев вне зависимости от влияния метеоусловий года и почвенного питания.

Количественное определение суммарного содержания фенольных соединений проводили модифицированным методом Фолина–Чокальтеу [М. Wang et al., 2003]; каротиноидов в пересчете на β -каротин – по методике [Д.Н. Оленников и др., 2004]; аскорбиновой кислоты, хлорофиллов *a* и *b* и каротиноидов – по методике [А.И. Ермаков и др., 1987]; белка – по Bredford [М.М. Bredford, 1976]; антоциановых пигментов – методом pH-дифференциальной спектрофотометрии [М.Б. Готтих, В.Н. Ташлицкий, 2007; Гос. фармакоп. РБ Т.2, 2008]. Количественный анализ отдельных компонентов фракции антоцианов из этанольно-водного экстракта ягод голубики различных сортов был проведен методом ВЭЖХ (высоко эффективная жидкостная хроматография) [Е.Е. Nicoue et al., 2007] с некоторыми модификациями. Анализ хроматограмм и масс-спектров проводили с использованием компьютерного обеспечения Agilent Mass Hunter Workstation Software version B.01.03 (Agilent Technologies Inc., США). Для оценки АОА применяли 3 методики: АБТС [R. Re et al., 1999], ДФПГ [N.T. Dung et al., 2008; A. Banerjee et al. 2005], ПОЛ [М.Ю. Дмитриюкова и др., 2010.]. Определение перекисного числа проводили по методу [Д.К. Шапиро; под ред. А.С. Вечера, 1976.]. Активность каталазы измеряли на основе методов [B. Chance, A.C. Maehly, 1955; Н.Е. Aebi, 1955.]; пероксидазы – [А.И. Бояркин, 1961].

Все измерения проводились в четырехкратной повторности. Достоверность полученных экспериментальных данных подтверждена методами биологической статистики. Для статистической обработки результатов и создания рисунков пользовались пакетами программ «Excel 2010» и «STATISTICA 10.0».

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

Список публикаций соискателя ученой степени

Статьи в изданиях, включенных в Перечень ВАК

1. Макаревич (Деева), А. М. Функции и свойства антоцианов растительного сырья / А. М. Макаревич, А. Г. Шутова, Е. В. Спиридович, В. Н. Решетников // Труды Белорусского государственного университета. Сер. «Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем». – 2009. – Т.4, ч.2. – С.147–157.
2. Макаревич (Деева), А. М. Влияние способа сушки на содержание антоциановых пигментов в плодах голубики / А. М. Макаревич, А. Г. Шутова, В. П. Курченко, В. А. Карпович, Е. В. Спиридович, В. Н. Решетников // Труды Белорусского государственного университета. Сер. «Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем». – 2010. – Т.5, ч.2. – С.69–74.
3. Макаревич (Деева), А. М. Антиоксидантная активность плодов *Vaccinium corymbosum* L. и *Vaccinium uliginosum* L. / А. М. Макаревич, В. Н. Решетников // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2011. – Т.55, №5. – С. 76–80.
4. Шабуня, П. С. Состав антоцианового комплекса *Vaccinium corymbosum* L. и *Vaccinium uliginosum* L. / П. С. Шабуня, А. М. Деева, С. А. Фатыхова, А. Г. Шутова, Е. В. Спиридович, В. Н. Решетников // Труды Белорусского государственного университета. Сер. «Биохимия». – 2011. – Т.6, ч.1. – С. 128–135.
5. Деева, А. М. Динамика компонентов антиоксидантной системы плодов *Vaccinium corymbosum* L. в процессе созревания / А. М. Деева // Труды Белорусского государственного университета. Сер. «Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем». – 2013. – Т.8, ч.2. – С.71–75.

Статьи в сборниках, материалах конференций

6. Макаревич (Деева), А. М. Антиоксидантная активность экстрактов зеленых плодов *Vaccinium corymbosum* L. / А. М. Макаревич, А. Г. Шутова, Е. В. Спиридович, В. Н. Решетников // Сборник трудов международной заочной научно-практической конференции «Химия и технология растительных экстрактов», Кутаиси, Грузия, 10 сентября 2011г. // Государственный университет им. А. Церетели; редкол: В. Г. Хведелидзе – Кутаиси, Грузия, 2011г. – С. 53–56.
7. Макаревич (Деева), А. М., Спиридович, Е. В. Биологический потенциал ягодных культур сем. *Vacciniaceae* интродуцированных в Беларуси / А. М. Макаревич, Е. В. Спиридович // Материалы междунар. научно-практической конференции «Трансфер инновационных биотехнологий в растениеводстве, животноводстве, медицине, экологии» 4 июня – 18 июня 2012 г. // ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского», Россия, 2012 г. – С. 90–93.

8. Макаревич (Деева), А. М. Фенольные соединения в плодах *Vaccinium corymbosum* L. при отборе наиболее перспективных сортов / А. М. Макаревич // Материалы междунар. научно-практической конференции «Трансфер инновационных биотехнологий в растениеводстве, животноводстве, медицине, экологии» 4 июня – 18 июня 2012 г. // ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского», Россия, 2012 г. – С. 94–95.

9. Деева, А. М. Биологически активные вещества в зеленых плодах *Vaccinium corymbosum* L. / А. М. Деева // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры: материалы международной конференции, посвященной 80-летию Центрального ботанического Национальной академии наук Беларуси. В 2 ч. Ч. 2, Минск, 19-22 июня 2012 г. / Национальная академия наук, Центральный ботанический сад; редкол.: В. В. Титок (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2012. – С. 53–55.

10. Шабуня, П. С. Определение состава ацильных производных антоцианов голубики методом хроматомасс-спектрометрии / П. С. Шабуня, С. А. Фатыхова, А. М. Деева, А. Г. Шутова // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры: материалы международной конференции, посвященной 80-летию Центрального ботанического Национальной академии наук Беларуси. В 2 ч. Ч. 2, Минск, 19-22 июня 2012 г. / Национальная академия наук, Центральный ботанический сад; редкол.: В. В. Титок (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2012. – С. 210–213.

11. Деева, А. М. Физиологически активные соединения плодов рода *Vaccinium* как перспективное сырье для биотехнологических производств / А. М. Деева, А. Г. Шутова // Овощеводство будущего: новые знания и идеи. Материалы Международной научно-практической конференции молодых учёных «Овощеводство будущего: новые знания и идеи», посвящённой 125-летию со дня рождения Н. И. Вавилова. / ГНУ Всероссийский НИИ овощеводства Российской академии сельскохозяйственных наук. – М., 2012. – 378 с.

12. Деева, А. М. Сравнительная оценка содержания каротиноидов в плодах *Vaccinium corymbosum* L. и *Vaccinium uliginosum* L. в зависимости от параметров сушки / А. М. Деева, А. Г. Шутова, Е. В. Спиридович, В. Н. Решетников // Материалы республиканской научно-практической конференции «Голубиководство в Беларуси: итоги и перспективы». – 2012. – С. 26–29.

Тезисы докладов

13. Макаревич (Деева), А. М. Местные и интродуцированные виды рода *Vaccinium* L. как перспективная лекарственная культура в условиях Беларуси / А. М. Макаревич, Е. В. Спиридович // Интродукция и селекция ароматических и лекарственных растений : тезисы Междунар. научно-практ. конф., посвящ. 200-

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

летию Никитского ботанического сада, Ялта, 8-12 июня 2009 г. / ИБС-ИНЦ ; редкол.: В. П. Исков [и др.] – Ялта, 2009. – С. 109.

14. Макаревич (Деева), А. М. *Vaccinium corymbosum* L. как источник антоциановых пигментов в производстве фармацевтической продукции / А. М. Макаревич, Е. В. Спиридович // Белорусские лекарства : материалы Междунар. научно-практ. конф., Минск, 2-3 ноября 2010 г. / ГУ Научно-произв. центр «Ин-т фармакологии и биохимии НАН Беларуси» ; редкол.: П. Т. Петров [и др.] – Минск, 2010. – С. 126–128.

15. Сравнительная оценка антиоксидантной активности зеленых плодов *Vaccinium corymbosum* L. / А. М. Макаревич (Деева), А. Г. Шутова, Е. В. Спиридович // Материалы VII-й Международной научной конференции Регуляция роста, развития и продуктивности растений, Минск, 26-28 октября 2011 г. / Национальная академия наук Беларуси, Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича; редкол.: Н. А. Ламан (науч. ред.), А. Ф. Суцник, Ж. Н. Калацкая. – Минск: Право и экономика, 2011. – С. 139.

16. Деева, А. М. Роль низко- и высокомолекулярных антиоксидантов в процессе созревания плодов *Vaccinium corymbosum* L. и *Vaccinium uliginosum* L. / А. М. Деева, А. Г. Шутова, Е. В. Спиридович, В. Н. Решетников // Биологически активные вещества растений – изучение и использование: материалы международной научной конференции, приуроченной к 55-летию отдела биохимии и биотехнологии растений Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси и 75-летию академика НАН Беларуси В. Н. Решетникова, Минск, 29–31 мая 2013 г. / Национальная академия наук, Центральный ботанический сад; редкол.: В. Н. Решетников (науч. ред.) [и др.]. – Минск, 2013. – С. 92–93.

17. Деева, А. М. Антиоксидантная система плодов *Vaccinium corymbosum* L. и *Vaccinium uliginosum* L. в процессе созревания / А. М. Деева // Ломоносовские чтения 2013. Подсекция «Физиология растений» – Москва, 2013. – С. 302.

18. Шабуня, П. С. Антоцианы голубики топяной (*Vaccinium uliginosum* L.) / П. С. Шабуня, С. А. Фатыхова, А. М. Деева // Химия и технология растительных веществ: Тезисы докладов VIII Всероссийской научной конференции, Калининград, 7–10 октября 2013 г. / Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Институт химии Коми НЦ УрО РАН.; редкол.: И. Ю. Чукичева [и др.] – Калининград, 2013. – С. 247.

19. Деева, А. М. Динамика уровня антиоксидантных параметров в плодах *Vaccinium corymbosum* в процессе созревания / А. М. Деева, А. Г. Шутова, Е. В. Спиридович, В. Н. Решетников // Химия и фармакология растительных веществ: Тезисы докладов Всероссийской научной конференции, Сыктывкар, 4–6 июня

2014 г. / Институт химии Коми НЦ УрО РАН; редкол: А. В. Кучин (отв. ред.), Е. В. Буравлев, И. А. Дворникова (отв. секретарь) – Сыктывкар, 2014. – С. 53–56.

Патенты

20. Деева, А. М. Способ получения пищевой обогащенной антоцианами биологически активной добавки на основе плодов голубики и применение ее для предотвращения окисления ненасыщенных жирных кислот в продуктах из семян льна / А. М. Деева, А. Г. Шутова, Е. В. Спиридович, В. Н. Решетников // патент №17729, зарегистрированного в Государственном реестре изобретений 01.08.2013 г. Заявка на выдачу патента на изобретение а20111506 от 11.11.2011г; заявлен на приоритет по дате от 05.01.2012г.

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

РЭЗЮМЭ

Дзеева Ала Міхайлаўна

Роля антацыянаў у функцыяніраванні антыаксідантнай
сістэмы раслін сям. Бруснічныя
(*Vaccinium corymbosum* L.) і (*Vaccinium uliginosum* L.)

Ключавыя словы: *Vaccinium corymbosum* L., *Vaccinium uliginosum* L., антацыяны, антыаксідантная актыўнасць, ліафільная сушка, ЗВЧ-сушка.

Мэта працы: ацаніць асаблівасці складу і ролю антацыянаў у функцыяніраванні антыаксідантнай сістэмы плодоў буякоў высокіх і балотных і распрацаваць шляхі іх практычнага ўжывання з улікам антыаксідантных уласцівасцей.

Метады даследавання і апаратура: спектрафотаметрыя (Agilent 8453), ВЭВХ (вадкасны хроматограф Agilent 1200 з дыёдна-матрычным дэтэктарам), ВЭВХ-ВС (Agilent 1200 + Agilent 6410 Triple Quad).

Атрыманыя вынікі і іх навізна: Вызначаны якасны склад антацыянавага комплексу ў ягадах *V. uliginosum* і 25 гатунках *V. corymbosum*, якія характарызуюцца наяўнасцю 15 злучэнняў антацыянаў. Устаноўлена ўпершыню, што ў працэсе паспявання *V. corymbosum* адбываецца значнае назапашванне антацыянавых пігментаў на фоне адноснай колькаснай сталасці іншых нізкамолекулярных антыаксідантаў і зніжэння актыўнасці каталазы, што пры наяўнасці ўсталяванай карэляцыйнай сувязі паміж зместам антацыянаў і ўзроўнем антыаксідантнай актыўнасці абумоўлівае яе павышэнне ў спелых ягадах буякоў. Паказаны адрозненні ў захаванні антацыянавых пігментаў у ягадах пры выкарыстанні розных метадаў сушкі. Устаноўлена магчымасць прадукцыйнага акіслення ненасычаных тлушчавых кіслот пры вырабе прадуктаў з высокім іх зместам, шляхам дадання сухога прадукту буякоў.

Рэкамендацыі па выкарыстанні: Вынікі даследавання ўкаранёны ў цыкл лекцый і практычных заняткаў па фізіялогіі раслін для студэнтаў-біёлагаў БДПУ імя М.Танка. Ужыванне біялагічна актыўнага антацыянавага дадатка на аснове ягад буякоў дазволіць павялічыць тэрміны прыдатнасці харчовых прадуктаў за кошт зніжэння перакіснага акіслення ў іх, што прывядзе да пашырэння сферы выкарыстання буякоў высокіх. Склад антацыянаў у ягадах буякоў рэкамендуецца выкарыстоўваць у селекцыйных працах па гэтай культуры.

Ступень выкарыстання: атрыманы патэнт на вынаходства і акт аб практычным выкарыстанні вынікаў даследавання ў навучальным працэсе.

Галіна выкарыстання: фізіялогія і біяхімія раслін, селекцыя і хемасістэматыка раслін, харчовая прамысловасць, стандартызацыя фітапрапаратаў.

РЕЗЮМЕ

Деева Алла Михайловна

Роль антоцианов в функционировании антиоксидантной системы растений сем. Брусничные (*Vaccinium corymbosum* L.) и (*Vaccinium uliginosum* L.)

Ключевые слова: *Vaccinium corymbosum* L., *Vaccinium uliginosum* L., антоцианы, антиоксидантная активность, лиофильная сушка, СВЧ-сушка.

Цель работы: оценить особенности состава и роль антоцианов в функционировании антиоксидантной системы плодов голубики высокой и топяной и разработать пути их практического применения с учетом антиоксидантных свойств.

Методы исследования и аппаратура: спектрофотометрия (Agilent 8453), ВЭЖХ (жидкостной хроматограф Agilent 1200 с диодно-матричным детектором), ВЭЖХ-МС (Agilent 1200 + Agilent 6410 Triple Quad).

Полученные результаты и их новизна: Определен качественный состав антоцианового комплекса в плодах *V. uliginosum* и 25 таксонах *V. corymbosum*, которые характеризуются наличием 15 данных соединений. Установлено впервые, что в процессе созревания *V. corymbosum* происходит значительное накопление антоцианов на фоне относительного количественного постоянства других низкомолекулярных антиоксидантов и снижения активности каталазы, что при наличии установленной корреляционной связи между содержанием антоцианов и уровнем антиоксидантной активности обуславливает ее повышение в зрелых ягодах. Показаны различия в сохранности антоцианов в плодах при использовании различных методов сушки. Установлена возможность предотвращения окисления ненасыщенных жирных кислот при изготовлении продуктов с высоким их содержанием, путем добавления сухого продукта голубики.

Рекомендации по использованию: Результаты исследования внедрены в цикл лекций и практических занятий по физиологии растений для студентов-биологов БГПУ им. М.Танка. Применение биологически активной антоциановой добавки на основе плодов голубики позволит увеличить сроки годности пищевых продуктов за счет снижения перекисного окисления в них, что приведет к расширению области использования голубики высокой. Состав антоцианов в сортах голубики рекомендуется использовать в селекционных работах по этой культуре.

Степень использования: получены патент на изобретение и акт о практическом использовании результатов исследования в учебном процессе.

Область применения: физиология и биохимия растений, селекция и хемосистематика растений, пищевая промышленность, стандартизация фитопрепаратов.

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

SUMMARY

Deeva Alla

The role of anthocyanins in the functioning of the antioxidant system of the plant family Cowberry (*Vaccinium corymbosum* L.) and (*Vaccinium uliginosum* L.)

Keywords: *Vaccinium corymbosum* L., *Vaccinium uliginosum* L., anthocyanins, antioxidant activity, freeze drying, microwave drying.

Objective: evaluate the features of the composition and the role of anthocyanins in the functioning of the antioxidant system of high bush and bog blueberries and to develop their practical application ways with using of antioxidant properties.

Research methods and equipment: spectrophotometry (Agilent 8453), HPLC (Agilent 1200 liquid chromatograph with a diode array detector), HPLC-MS (Agilent 1200 + Agilent 6410 Triple Quad).

The results obtained and their novelty: the qualitative composition of anthocyanins complex in the *V. uliginosum* fruits and 25 varieties of *V. corymbosum*, which are characterized by the presence of 15 different types of anthocyanins was detected. The significant accumulation of anthocyanin pigments and the activity reduction of catalase on a background of relative quantitative constancy of other low molecular weight antioxidants in the process of maturation *V. corymbosum*, which in the presence of established correlation between the content of anthocyanins and antioxidant activity level determines its rise in the ripe blueberries was first established. The differences in the preserving of anthocyanin pigments in the fruits using different drying methods were shown. The possibility of preventing the oxidation of unsaturated fatty acids at the manufacture of foods with high their content by the adding of dry product blueberries was established.

Recommendations for use: Results of the study are introduced in a series of lectures and workshops by plant physiology for biology students of BSPU named after M.Tank. The application of anthocyanin dietary supplement based on blueberries will allow to increase the shelf life of foods by reducing of the peroxidation in foods, that would expand the use of high bush blueberry. Composition of anthocyanins in the varieties of blueberry is recommended for use in breeding work on this culture.

Degree of application: the patent for the invention and the act about the practical use of research results in the learning process were obtained.

The fields of application: plant physiology and biochemistry, plant selection and chemosystematics, food industry, standardization of herbal remedies.