

УДК 634.739.3:736(476)

Ж. А. РУПАСОВА, Т. И. ВАСИЛЕВСКАЯ, Н. Б. КРИНИЦКАЯ,
В. С. ЗАДАЛЯ, Н. Б. ПАВЛОВСКИЙ, Л. В. ГОНЧАРОВА

**БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ
ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ
(*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.) В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ
АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ БЕЛАРУСИ**

*Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: J. Rupasova@cbg.org.by*

Аннотация. В статье приведены результаты сравнительного исследования в условиях южной агроклиматической зоны Беларуси на фоне типичных для региона погодных условий вегетационного периода биохимического состава плодов по 14-ти показателям – содержанию ряда органических кислот, углеводов и фенольных соединений 6 новых интродуцированных сортов голубики высокорослой разных сроков созревания – из раннеспелых – Chanticleer, Hannah's Choice, из среднеспелых – Bluegold, Harrison и позднеспелых – Aurora, Rubel для комплексной оценки которого в качестве эталонов сравнения были использованы соответствующие районированные сорта Weymouth, Bluecrop и Elliott. Установлено, что наиболее высоким содержанием в плодах органических кислот, в том числе аскорбиновой и гидроксикоричных, характеризовались сорта Hannah,s Choice и Aurora, а наименьшим – сорт Rubel. При этом самым сладким вкусом были отмечены плоды сортов Harrison и Rubel, а наиболее кислым – сорта Hannah,s Choice, Bluegold и Aurora. Наибольшим богатством биофлавоноидного комплекса плодов отличались сорта Harrison и в большей степени Rubel, а наименее обеспеченными ими следовало признать сорта Hannah,s Choice, Bluegold и Aurora. На основании сравнительного исследования биохимического состава плодов новых тестируемых сортов голубики высокорослой установлено, что лидирующее положение по интегральному уровню их питательной и витаминной ценности среди раннеспелых сортов принадлежало сорту Chanticleer, среди среднеспелых – сорту Bluegold, среди позднеспелых – сорту Rubel.

Ключевые слова: голубика высокорослая (*Vaccinium corimbosum* L.), южная агроклиматическая зона Беларуси, интродуцированные сорта, биохимический состав плодов, питательная и витаминная ценность.

ZH. A. RUPASOVA, T. I. VASILEUSKAYA, N. B. KRINYTSKAYA,
V. S. ZADALIA, L.V. GONCHAROVA, N. B. PAVLOVSKY

**THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF THE FRUITS OF INTRODUCED
BLUEBERRY VARIETIES (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.) IN THE CONDITIONS OF
SOUTHERN AGRICULTURAL AND CLIMATIC ZONE OF BELARUS**

*Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: J. Rupasova@cbg.org.by*

Annotation. The article presents the results of a comparative study in the conditions of the southern agricultural and climatic zone of Belarus against the background of typical for the region weather conditions of the growing season of the biochemical composition of fruits according to 14 indicators – the content of a number of organic acids, carbohydrates and phenolic compounds 6 new introduced varieties of tall blueberry of different ripening periods – from early ripening – Chanticleer, Hannah's Choice, mid-ripening – Bluegold, Harrison and late-ripening – Aurora, Rubel for a comprehensive assessment of which the corresponding zoned varieties Weymouth, Bluecrop and Elliott were used as comparison standards. It has been established that the highest content of organic acids in fruits, including ascorbic and hydroxycinnamic acids, was characterized by varieties Hannah's Choice and Aurora, and the lowest by variety Rubel. At the same time, the fruits of the Harrison and Rubel varieties were noted as the sweetest, and the most sour were the varieties Hannah's Choice, Bluegold and Aurora. The varieties Harrison and, to a greater extent, Rubel were distinguished by the greatest richness of the bioflavonoid complex of fruits, and the varieties Hannah's Choice, Bluegold and *Aurora* should be recognized as the least provided with them. Based on a comparative study of the biochemical composition of the fruits of new tested varieties of blueberry, it was found that the leading position in terms of the integral level of their nutritional and vitamin value among early-ripening varieties belonged to the

Chanticleer variety, among the mid-ripening ones – to the Bluegold variety, and among the late-ripening ones – to the Rubel variety.

Keyworld: blueberry (*Vaccinium corimbosum* L.), the southern agrj-climatic zone of Belarus, introduced varieties, biochemical composition of fruits, nutritional and vitamin value.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей задачей интродукционных исследований в Республике Беларусь является введение в культуру новых высоковитаминных нетрадиционных плодово-ягодных растений за счет привлечения сортов и гибридов отечественной и зарубежной селекции. Развитие исследований в данном направлении является составной частью работ, проводимых Центральным ботаническим садом НАН Беларуси уже на протяжении нескольких десятилетий. Ключевым аспектом этой деятельности является пополнение генофонда нетрадиционных для региона хозяйственно-ценных видов, перспективных в качестве источников лекарственного и пищевого растительного сырья. Особое место в ряду интродуцентов, являющихся перспективными источниками биологически активных соединений, занимает голубика высокорослая, плоды которой издавна находят применение в пищевых и медицинских целях благодаря высокому содер-

жанию физиологически активных соединений, что делает их весьма привлекательными для комплексного практического использования.

В настоящее время коллекционный фонд интродуцированных растений ЦБС НАН Беларуси пополнился рядом новых сортов данного вида зарубежной селекции, для обоснования перспективности которых в целях районирования и введения в промышленную культуру в условиях Беларуси, а также вовлечения в селекционный процесс, возникла необходимость в оценке их способности к биосинтезу в плодах широкого спектра действующих веществ. В связи с этим были выполнены сравнительные исследования биохимического состава плодов новых интродуцентов по содержанию широкого спектра органических соединений, в том числе титруемых, аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот, растворимых сахаров, пектиновых и дубильных веществ, а также основных групп биофлавоноидов.

ОБЪЕКТЫ (МАТЕРИАЛЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования выполнены в южной агроклиматической зоне республики на научно-экспериментальной базе ЦБС НАН Беларуси (Ганцевичский район Брестской области) на осушенной торфяно-болотной почве на фоне типичных для региона погодных условий вегетационного периода, характеризовавшихся в летние месяцы жаркой и сухой погодой с обилием солнечных дней.

Объектами исследований являлись растения 6 новых интродуцированных сортов голубики высокорослой разных сроков созревания: из раннеспелых – Chanticleer, Hannah's Choice, из среднеспелых – Bluegold, Harrison и позднеспелых – Aurora, Rubel, для комплексной оценки которых в качестве эталонов сравнения были использованы соответствующие районированные сорта Weymouth, Bluecrop и Elliott.

В период созревания плодов опытных растений осуществляли исследование их биохимического состава по широкому спектру показателей, относящихся к разным классам действующих веществ. В свежих усредненных пробах плодов определяли содержание: сухих веществ – по ГОСТ 28561-90 [1]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [2]; титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [2]. В высушенных при температу-

ре 60°C пробах растительного материала определяли содержание: гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую) – спектрофотометрическим методом [3]; растворимых сахаров – ускоренным полумикрометодом [4]; пектиновых веществ – кальциево-пектатным методом [2]; суммы антоциановых пигментов – по методу T. Swain, W. E. Hillis [5], с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Скориковой и Э. А. Шафтан [6]; собственно антоцианов и суммы катехинов (с использованием ванилинового реактива) – фотоэлектроколориметрическим методом [2, 7]; суммы флавонолов (в пересчете на рутин) – спектрофотометрическим методом [2]; дубильных веществ (танинов) – титриметрическим методом Левенталя [8]. Все аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Выявление сортов голубики с наиболее высоким интегральным уровнем питательной и витаминной ценности плодов осуществляли с использованием авторского способа ранжирования объектов по совокупности анализируемых признаков, защищенного патентом [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Определение основных биохимических характеристик плодов опытных таксонов голубики показало, что содержание сухих веществ в ряду раннеспелых сортов варьировалось в диапазоне 12,4–13,8%, среднеспелых – 14,5–17,8% и позднеспелых – 12,4–17,9%. При этом содержание органических кислот, в значительной мере определявшее вкусовые и полезные свойства ягодной продукции голубики, варьировалось в обозначенных сортовых рядах в довольно широких диапазонах значений, составлявших для титруемых кислот (в пересчете на лимонную кислоту) соответственно 2,5–5,6%, 2,6–8,7% и 3,7–14,8% сухой массы, для аскорбиновой кислоты – 362–433 мг/100 г, 315–371 мг/100 г и 261–410 мг/100 г, для гидроксикоричных кислот – 513–768 мг/100 г, 626–954 мг/100 г и 828–1238 мг/100 г.

Сходные с приведенными выше данные о содержании в плодах *V. corymbosum* аскорбиновой и свободных органических кислот приводят также польские исследователи [10]. Обращает на себя внимание сравнительно низкое содержание в плодах голубики аскорбиновой кислоты, на что есть указание и в работе немецких ученых [11]. Вместе с тем содержание в их сухой массе гидроксикоричных кислот оказалось весьма значительным и было сопоставимо с ранее полученными нами данными для других сортов *V. corymbosum* [12, 13]. Плоды *V. corymbosum* характеризовались весьма высоким содержанием углеводов, в первую очередь, растворимых сахаров, суммарное содержание которых в исследуемых таксономических рядах изменялось в близких диапазонах, составлявших у раннеспелых сортов 47–53%, среднеспелых – 47–52% и позднеспелых – 43–50% сухой массы при показателях сахарокислотного индекса соответственно 8,5–21,1, 5,4–19,7 и 2,9–13,7. Как видим, несмотря на сходное содержание растворимых сахаров, плоды голубики в пределах каждой группы скороспелости характеризовались существенными различиями данного показателя, что свидетельствовало о различиях их вкусовых свойств, обусловленных несопоставимостью темпов биосинтеза свободных органических кислот. При этом плоды исследуемых таксонов голубики были весьма богаты пектиновыми веществами, содержание которых в анализируемых сортовых рядах изменялось в сходных диапазонах значений – 5,7–6,3%, 5,9–6,1% и 4,5–7,9% сухого вещества при содержании дубильных веществ (танинов) 1,5–2,1%, 0,8–3,1% и 1,5–2,7% соответственно.

Заметим, что приведенные данные о содержании в плодах голубики органических кислот, углеводов и дубильных веществ оказались достаточно близки к установленным нами ранее для других сортов из соответствующих групп спелости данного вида [12–15]. Значительное внимание в наших исследованиях было уделено исследованию биофлавоноидного комплекса плодов новых интродуцированных сортов *V. corymbosum*, благодаря Р-витаминному действию на организм человека, оказываемому входящими в него соединениями [16–18]. Общеизвестно, что плоды представителей рода *Vaccinium* являются природными источниками этих чрезвычайно ценных биологически активных веществ многостороннего фармакологического и лечебно-профилактического действия.

Исследованиями ученых Центрального ботанического сада НАН Беларуси, выполненными в разные годы во всех агроклиматических зонах республики, была подтверждена повышенная способность интродуцированных сортов голубики высококорослой к биосинтезу в плодах биофлавоноидов, но вместе с тем была показана выраженная зависимость параметров их накопления от генотипа растений и основных абиотических факторов – эдафического, географического и метеорологических [12–15, 19–22]. Как и следовало ожидать, плоды интродуцированных сортов *V. corymbosum* характеризовались весьма высоким содержанием биофлавоноидов, изменявшимся в ряду раннеспелых сортов от 6756 до 7856 мг/100 г сухой массы, среднеспелых – от 12078 до 13555 мг/100 г и позднеспелых – от 13137 до 20404 мг/100 г при расхождении крайних позиций в приведенных диапазонах соответственно в 1,2, 1,1 и 1,6 раза, что было сопоставимо с ранее полученными нами данными для других сортов голубики при их выращивании на мелиорированных землях и торфяных выработках Беларуси [12,13,23] и что убедительно свидетельствовало об определенных генотипических различиях в накоплении полифенолов.

Нетрудно убедиться, что общее содержание в плодах данных соединений существенно возрастало в ряду от раннеспелых к позднеспелым сортам голубики, что косвенно свидетельствовало о соответствующем усилении в данном направлении их антиоксидантных свойств, поскольку именно все компоненты Р-витаминного комплекса являются общепризнанными антиоксидантами. На наш взгляд, выявленные различия в содержании биофлавоноидов в плодах раннеспелых и позднеспелых сортов голубики обуслов-

лены разными сроками их созревания. Очевидно, регуляция темпов биосинтеза данных соединений в значительной мере определялась сочетанием внешних факторов и продолжительностью периода формирования плодов.

Доминирующее положение в составе биофлавоноидного комплекса последних у всех исследуемых сортов голубики принадлежало антоциановым пигментам, общая доля которых в нем при суммарном содержании в анализируемых рядах, соответствовавшем 4385–5547 мг/100 г, 9464–10539 мг/100 г и 10192–16623 мг/100 г, варьировалась от 65–71% у раннеспелых сортов до 78–81% у среднеспелых и позднеспелых (табл. 1).

Превалирующей фракцией антоциановых пигментов являлись собственно антоцианы, содержание которых, составлявшее в сортовых рядах 3933–4947 мг/100 г, 5453–6800 мг/100 г и 5480–10570 мг/100 г соответственно, существенно превосходило таковое лейкоантоцианов, особенно у раннеспелых сортов (в 5–29 раз), тогда как у среднеспелых и позднеспелых сортов этот разрыв был значительно меньше и составлял лишь 1,2–1,8 раза. Подобный состав антоцианового комплекса плодов голубики был показан нами и в более ранних исследованиях [12, 13, 23]. При этом долевое участие флавонолов в Р-витаминном комплексе плодов голубики в анализируемых сортовых рядах при содержании 1642–1843 мг/100 г, 1843–2314 мг/100 г и 2096–2598 мг/100 г сухой массы составляло соответственно 21–26%, 16–17% и 13–16%, тогда как относительная доля катехинов при содержании 641–702 мг/100 г, 702–771 мг/100 г и 849–1183 мг/100 г изменялась от 8–10% у раннеспелых сортов до 5–6% у среднеспелых и позднеспелых (см. табл. 1). Как видим, раннеспелые сорта голубики характеризовались заметно меньшим долевым участием антоциановых пигментов в со-

ставе Р-витаминного комплекса плодов по сравнению с сортами более поздних сроков созревания при более значительном участии в нем катехинов и особенно флавонолов.

Вместе с тем значительная ширина диапазонов варьирования содержания основных компонентов биофлавоноидного комплекса плодов в исследуемых сортовых рядах указывала на существенные генотипические различия в этом плане, но во всех случаях у представителей каждой группы сортов наблюдалось заметное сходство в составе данного комплекса, определявшееся относительным подобием соотношения в нем отдельных соединений, представление о котором можно составить по данным табл. 1. Обращает на себя внимание заметно более низкое участие в его составе антоциановых пигментов у раннеспелых сортов по сравнению со среднеспелыми и позднеспелыми, обусловленное, главным образом, существенным ингибированием биосинтеза лейкоантоцианов в пользу собственно антоцианов, что, очевидно, связано с ранними сроками созревания плодов и расходом лейкоформ антоциановых пигментов на их окрашивание.

Для новых тестируемых сортов *V. corymbosum* были показаны весьма выразительные различия по биохимическому составу плодов с соответствующими срокам их созревания стандартными районированными сортами – раннеспелым Weymouth, среднеспелым Bluecrop и позднеспелым Elliott (табл. 2). Так, в большинстве случаев было установлено превышение эталонных значений в накоплении свободных органических и аскорбиновой кислот, составлявшее у раннеспелых сортов, особенно у сорта Hannah,s Choice, соответственно 16–124% и 8–20%. У среднеспелых и позднеспелых сортов голубики более высоким (на 53 и 54%), чем у

Таблица 1. Долевое участие основных групп биофлавоноидов в составе Р-витаминного комплекса плодов интродуцированных таксонов *Vaccinium corymbosum*, %

Table 1. A quota of the main bioflavonoid clusters in the P- vitamin complex of the introduced varieties of *Vaccinium corymbosum* fruits, %

| Сорт | Собственно антоцианы | Лейкоантоцианы | Сумма антоциан. пигментов | Катехины | Флавонолы |
|----------------------|----------------------|----------------|---------------------------|----------|-----------|
| Weymouth (st) | 63 | 8 | 71 | 8 | 21 |
| Chanticleer | 54 | 11 | 65 | 10 | 25 |
| Hannah,s Choice | 63 | 2 | 65 | 9 | 26 |
| Bluecrop (st) | 42 | 36 | 78 | 5 | 17 |
| Bluegold | 47 | 31 | 78 | 6 | 16 |
| Harrison | 50 | 28 | 78 | 5 | 17 |
| Elliott (st) | 50 | 29 | 79 | 6 | 15 |
| Aurora | 42 | 36 | 78 | 6 | 16 |
| Rubel | 52 | 29 | 81 | 6 | 13 |

эталонных объектов, содержанием в плодах титруемых кислот характеризовались лишь сорта Bluegold и Aurora, тогда как у сортов Harrison и Rubel, напротив, было выявлено отставание от них по данному показателю на 54 и 62%. При этом относительные размеры превышения эталонных значений содержания аскорбиновой кислоты в плодах среднеспелых сортов голубики (в пределах 4–18%) были сопоставимы с установленными у раннеспелых сортов, а в группе позднеспелых сортов более высоким, чем у сорта Elliott, содержанием аскорбата был отмечен только сорт Aurora, тогда как сорт Rubel уступал ему в этом плане на 28%. Заметим, что для обоих раннеспелых сортов голубики, особенно сорта Hannah,s Choice, было показано не только более активное, чем у сорта Weymouth, накопление в плодах титруемых и аскорбиновой, но и гидроксикоричных кислот, при относительных размерах данных различий в пределах 30–50%. Аналогичная картина наблюдалась и у позднеспелого сорта Aurora, отмеченного на 47% более высоким, чем у сорта Elliott, содержанием в плодах гидроксикоричных кислот, на фоне отсутствия достоверных различий с ним в этом плане у сорта Rubel. При этом для обоих среднеспелых сортов голубики было показано отставание от сорта Bluecrop в накоплении в плодах данных соединений на 11–34%, наиболее выраженное у сорта Harrison.

Как следует из табл. 2, различия тестируемых сортов голубики с эталонными объектами в

содержании в плодах растворимых сахаров проявились менее выразительно, чем в таковом органических кислот, но, как и в первом случае, были неоднозначными. Так, у ряда новых интродуцированных сортов (Hannah,s Choice, Bluegold и Aurora) обнаружено отставание на 8–10% от соответствующих их группам спелости стандартных сортов в накоплении этих углеводов, что при активизации биосинтеза свободных органических кислот обусловило на 41–60% более низкие значения сахарокислотного индекса плодов, указывавшие на их более кислый вкус. Заметим, что у сорта Chanticleer, несмотря на весьма незначительное, но все достоверное превышение эталонного уровня растворимых сахаров, тем не менее, величина данного показателя на 13% уступала таковой у эталонного сорта Weymouth, что было обусловлено более активным накоплением свободных органических кислот. Лишь у двух таксонов голубики – Harrison и Rubel, из-за меньшего, чем у соответствующих эталонных объектов, содержания титруемых кислот, установлены на 112 и 180% более высокие, чем у них, значения данного показателя.

При относительном сходстве содержания в плодах голубики пектиновых веществ различия тестируемых раннеспелых и среднеспелых сортов с соответствующими эталонными объектами по данному признаку оказались маловыразительными (в пределах 5–6%) и указывали в первом случае на его превышение у сорта *Chanticleer* и отставание у сорта *Hannah,s Choice*, то

Таблица 2. Относительные различия интродуцированных сортов *Vaccinium corymbosum* с соответствующими срокам их созревания районированными сортами Weymouth, Bluecrop и Elliott по характеристикам биохимического состава плодов, %

Table 2. Relative distinctions between the introduced and zoned varieties of *Vaccinium corymbosum* with the same ripening period by the characteristics of the biochemical composition of fruits

| Показатель | Раннеспелые сорта | | Среднеспелые сорта | | Позднеспелые сорта | |
|--------------------------------|-------------------|-----------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|
| | Chanticleer | Hannah,s Choice | Bluegold | Harrison | Aurora | Rubel |
| Сухие вещества | -5,1 | -10,1 | -3,3 | +18,7 | -8,8 | +31,6 |
| Свободные органические кислоты | +16,0 | +124,0 | +52,6 | -54,4 | +54,2 | -61,5 |
| Аскорбиновая кислота | +8,3 | +19,5 | +3,9 | +17,9 | +13,8 | -27,6 |
| Гидроксикоричные кислоты | +30,3 | +49,8 | -11,3 | -34,4 | +47,2 | - |
| Растворимые сахара | +2,5 | -8,5 | -9,6 | - | -9,1 | +5,7 |
| Сахарокислотный индекс | -13,3 | -59,7 | -41,9 | +111,8 | -40,8 | +179,6 |
| Пектиновые вещества | +5,2 | -5,5 | +3,4 | - | -17,9 | +44,2 |
| Собственно антоцианы | -20,5 | -14,3 | +3,4 | +24,7 | -27,1 | +40,6 |
| Лейкоантоцианы | +33,1 | -75,8 | -16,9 | -18,7 | +7,0 | +37,4 |
| Сумма антоциановых пигментов | -14,7 | -20,9 | -5,9 | +4,8 | -14,5 | +39,4 |
| Катехины | +5,2 | -3,9 | +9,1 | - | -8,4 | +27,6 |
| Флавонолы | +12,2 | +5,3 | -15,3 | +41,0 | -4,4 | +18,5 |
| Сумма биофлавоноидов | -7,4 | -14,0 | -6,6 | +4,8 | -12,7 | +35,6 |
| Дубильные вещества | -23,2 | -29,9 | +152,9 | -31,4 | +8,3 | -41,3 |

Примечание: прочерк означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с соответствующим стандартным сортом при P < 0,05

гда как во втором случае незначительное, хотя и достоверное, превышение на 3–4% выявлено лишь у сорта Bluegold при отсутствии различий со стандартным сортом Bluecrop у сорта Harrison. У позднеспелых сортов голубики влияние генотипа растений на накопление в плодах пектиновых веществ проявилось намного выразительнее, чем у раннеспелого и среднеспелого сортов, что подтверждалось более значительными расхождениями тестируемых объектов с эталонным сортом Elliott по данному признаку при отставании от него сорта Aurora на 18% и превышении на 44% у сорта Rubel (см. табл. 2). При этом большинство тестируемых сортов голубики были отмечены на 3–10 и 23–41% менее значительным, чем у эталонных объектов, содержанием в плодах сухих и дубильных веществ на фоне более активного накопления первых у сортов Harrison и Rubel (на 19–32%) и вторых у сортов Aurora и Bluegold (на 8–153%). Поскольку важнейшим показателем качества плодов голубики является повышенное содержание в них биофлавоноидов, то особое внимание в данных исследованиях было уделено выявлению различий со стандартными сортами по данному признаку.

Как следует из табл. 2, из шести новых интродуцированных сортов только два – Harrison и Rubel превосходили соответствующие их группам спелости эталонные объекты по общему содержанию в плодах биофлавоноидов соответственно на 4,8 и 35,6%. Остальные же тестиру-

емые таксоны голубики уступали им в этом плане на 7–14%. Поскольку суммарное содержание полифенолов является своеобразным интегральным показателем, отражающим подобные различия в содержании их основных компонентов, то учитывая доминирующую роль антоциановых пигментов в формировании Р-витаминного комплекса плодов голубики, основной причиной данного отставания у ряда тестируемых объектов являлся более низкий, чем у стандартных сортов, уровень накопления данных соединений при отставании от последних на 6–21%. При этом в большинстве случаев определенный вклад в нивелирование различий новых сортов с эталонными сортами по общему выходу полифенолов вносило более активное накопление в их плодах катехинов и флавонолов, наиболее выраженное у раннеспелого сорта Chanticleer и позднеспелого Rubel.

На основании результатов биохимического скрининга исследуемых сортов *V. corymbosum* были выявлены объекты с наибольшими и соответственно наименьшими показателями качественного состава ягодной продукции в пределах соответствующих групп спелости (табл. 3). Оказалось, что среди раннеспелых сортов районированный сорт Weymouth характеризовался наибольшим содержанием в ней сухих и дубильных веществ, а также биофлавоноидов, в том числе собственно антоцианов и катехинов, и наиболее высоким показателем сахарокислотного индекса, тогда как сорт Chanticleer – рас-

Таблица 3. Интродуцированные сорта *Vaccinium corymbosum* с наибольшими (**max**) и наименьшими (**min**) в пределах групп спелости характеристиками биохимического состава плодов

Table 3. The introduced varieties of *Vaccinium corymbosum* with the greatest (**max**) and the least (**min**) characteristics of the biochemical composition of fruits

| Показатель | Раннеспелые сорта | | | Среднеспелые сорта | | | Позднеспелые сорта | | |
|--------------------------------|-------------------|-------------|-----------------|--------------------|------------|------------|--------------------|------------|------------|
| | Weymouth (st) | Chanticleer | Hannah,s Choice | Bluecrop (st) | Bluegold | Harrison | Elliott (st) | Aurora | Rubel |
| Сухие вещества | max | | <i>min</i> | | <i>min</i> | max | | <i>min</i> | max |
| Свободные органические кислоты | <i>min</i> | | max | | max | <i>min</i> | | max | <i>min</i> |
| Аскорбиновая кислота | <i>min</i> | | max | <i>min</i> | | max | | max | <i>min</i> |
| Гидроксикоричные. кислоты | <i>min</i> | | max | max | | <i>min</i> | <i>min</i> | max | <i>min</i> |
| Растворимые сахара | | max | <i>min</i> | max | <i>min</i> | max | | <i>min</i> | max |
| Сахарокислотный индекс | max | | <i>min</i> | | <i>min</i> | max | | <i>min</i> | max |
| Пектиновые вещества | | max | <i>min</i> | <i>min</i> | max | <i>min</i> | | <i>min</i> | max |
| Собственно антоцианы | max | <i>min</i> | | <i>min</i> | | max | | <i>min</i> | max |
| Лейкоантоцианы | | max | <i>min</i> | max | | <i>min</i> | <i>min</i> | | max |
| Сумма антоциановых пигментов | max | | <i>min</i> | | <i>min</i> | max | | <i>min</i> | max |
| Катехины | max | | <i>min</i> | <i>min</i> | max | <i>min</i> | | <i>min</i> | max |
| Флавонолы | | max | <i>min</i> | | <i>min</i> | max | | <i>min</i> | max |
| Сумма биофлавоноидов | max | | <i>min</i> | | <i>min</i> | max | | <i>min</i> | max |
| Дубильные вещества | max | | <i>min</i> | | max | <i>min</i> | | max | <i>min</i> |

творимых сахаров, пектиновых веществ, лейкоантоцианов и флавонолов, а сорт *Hannah,s Choice* – свободных органических, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот.

Среди среднеспелых сортов районированный сорт *Bluescop* занимал лидирующие позиции в накоплении в плодах гидроксикоричных кислот, растворимых сахаров и лейкоантоцианов, сорт *Bluegold* – в таковом свободных органических кислот, катехинов, пектиновых и дубильных веществ, а сорт *Harrison* – в накоплении сухих веществ, аскорбиновой кислоты, растворимых сахаров и биофлавоноидов, в том числе собственно антоцианов и флавонолов, при наиболее высоком показателе сахарокислотного индекса.

Среди позднеспелых сортов голубики сорт *Auroga* был отмечен наибольшим содержанием в ягодной продукции дубильных веществ, свободных органических, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот, тогда как сорт *Rubel* – сухих и пектиновых веществ, растворимых сахаров при наиболее высоком показателе сахарокислотного индекса, а также всех компонентов биофлавоноидного комплекса, что косвенно свидетельствовало о чрезвычайно высоком уровне ее антиоксидантной активности.

Вместе с тем в соответствующих сортовых рядах голубики были выявлены таксоны с минимальными значениями биохимических характеристик плодов (см. табл. 3). Так, в группе ранних сортов для районированного сорта *Weymouth* было показано наименьшее содержание в них свободных органических, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот, для сорта *Chanticleer* – собственно антоцианов, а для сорта *Hannah,s Choice* – сухих, пектиновых и дубильных веществ, растворимых сахаров при наиболее низком показателе сахарокислотного индекса, а также биофлавоноидов, в том числе лейкоантоцианов, флавонолов и катехинов.

Среди среднеспелых сортов голубики районированный сорт *Bluescop* характеризовался минимальным накоплением аскорбиновой кислоты, пектиновых веществ, собственно антоцианов и катехинов, сорт *Bluegold* – сухих веществ и растворимых сахаров при наименьшем показателе сахарокислотного индекса, а также биофлавоноидов, в том числе антоциановых пигментов и флавонолов, а сорт *Harrison* был отмечен самым низким в этой группе сортов содержанием титруемых и гидроксикоричных кислот, дубильных веществ, лейкоантоцианов и сопоставимым с установленным у стандартного сорта *Bluescop* минимальным содержанием пектиновых веществ и катехинов.

Среди позднеспелых сортов голубики районированный сорт *Elliott* в наибольшей степени отставал от сравниваемых с ним сортов лишь в содержании в плодах гидроксикоричных кислот и лейкоантоцианов, а сорт *Auroga* был отмечен наиболее выраженным отставанием от них в накоплении сухих и пектиновых веществ, растворимых сахаров при наименьшем показателе сахарокислотного индекса, а также биофлавоноидов, в том числе собственно антоцианов, катехинов и флавонолов, тогда как сорт *Rubel* отличался минимальным накоплением дубильных веществ, свободных органических, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот (см. табл. 3).

Как видим, среди новых тестируемых сортов голубики высокорослой наиболее высоким содержанием в плодах органических кислот, в том числе аскорбиновой и гидроксикоричных, характеризовались сорта *Hannah,s Choice* и *Auroga*, а наименьшим – сорт *Rubel*. При этом самым сладким вкусом были отмечены плоды сортов *Harrison* и *Rubel*, а наиболее кислым – сорта *Hannah,s Choice*, *Bluegold* и *Auroga*. Наибольшим богатством биофлавоноидного комплекса плодов с их выраженным Р-витаминным действием отличались сорта *Harrison* и в большей степени *Rubel*, а наименее обеспеченными ими следовало признать сорта *Hannah,s Choice*, *Bluegold* и *Auroga*.

С целью проведения ранжирования новых интродуцированных сортов *V. corymbosum* по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов, нами был использован методический прием, основанный на сопоставлении у тестируемых объектов относительных размеров, амплитуд и соотношений статистически достоверных положительных и отрицательных отклонений от эталонных значений количественных характеристик плодов [17]. По величине суммарной амплитуды выявленных отклонений, независимо от их знака, можно было судить о выразительности различий каждого тестируемого таксона с эталонным сортом по совокупности всех анализируемых признаков, что позволяло провести их ранжирование в порядке снижения степени данных различий.

Соотношение же относительных размеров совокупностей положительных и отрицательных различий с ним являлось оценочным критерием степени преимуществ каждого тестируемого объекта относительно других сравниваемых с ним сортов голубики в биохимическом составе плодов в целом. Представленные в табл. 4 данные, характеризующие направленность и степень выразительности различий новых ин

Таблица 4. Относительные размеры, амплитуды и соотношения разноориентированных различий в биохимическом составе плодов новых интродуцированных сортов *Vaccinium corymbosum* с районированными сортами Weymouth, Bluecrop и Elliott, %

Table 4. Relative sizes, amplitudes and correlations of differentorientated distinctions in the biochemical composition of fruits of the new introduced varieties of *Vaccinium corymbosum* and zoned varieties Weymouth, Bluecrop and Elliott

| Сорт | Относительные различия, % | | | |
|-----------------|---------------------------|---------------|-----------|-------------------------------|
| | положительные | отрицательные | амплитуда | положительные / отрицательные |
| Chanticleer | 112,8 | 84,2 | 197,0 | 1,3 |
| Hannah,s Choice | 198,6 | 242,6 | 441,2 | 0,8 |
| Bluegold | 225,3 | 110,8 | 336,1 | 2,0 |
| Harrison | 223,7 | 138,9 | 362,6 | 1,6 |
| Aurora | 130,5 | 143,7 | 274,2 | 0,9 |
| Rubel | 460,2 | 130,4 | 590,6 | 3,5 |

тродуцированных сортов голубики с соответствующими их группам спелости районированными сортами в биохимическом составе плодов по 14-ти показателям, свидетельствовали о заметных генотипических различиях в этом плане, а следовательно – о несопоставимости уровней питательной и витаминной ценности их плодов.

При этом амплитуда относительных размеров выявленных различий тестируемых раннеспелых сортов голубики со стандартным сортом Weymouth по совокупности 14-ти анализируемых признаков, указывавшая на степень их проявления независимо от ориентации варьировалась в диапазоне 197,0–441,2% при наибольшей величине у сорта Hannah,s Choice. У обоих среднеспелых сортов аналогичная амплитуда различий со стандартным сортом Bluecrop была примерно одинаковой и соответствовала области значений 336,1–362,6%, тогда как в группе позднеспелых сортов относительные различия со стандартным сортом Elliott по совокупности биохимических характеристик составляли 274,2–590,6% при наибольшей величине у сорта Rubel.

Вместе с тем данный признак не мог служить критерием преимуществ каждого тестируемого объекта относительно других в пределах обозначенных групп сортов в содержании в плодах действующих веществ, поскольку указывал лишь на размах выявленных расхождений со стандартным сортом в ту и другую стороны. Наиболее же объективное представление в этом плане мог дать кратный размер соотношения относительных величин совокупностей положи-

тельных и отрицательных различий с ним в биохимическом составе плодов. Если условно принять за единицу интегральный уровень питательной и витаминной ценности плодов стандартных сортов голубики, принятых за эталоны сравнения, то из двух тестируемых раннеспелых сортов только сорт Chanticleer характеризовался в 1,3 раза более высоким, чем у сорта Weymouth, значением данного показателя, тогда как у сорта Hannah,s Choice он, напротив, уступал ему в 1,3 раза, а сорту Chanticleer в 1,6 раза. При этом оба среднеспелых сорта превосходили в этом плане эталонный сорт Bluecrop в 1,6–2,0 раза при наибольших различиях у сорта Bluegold, превосходившего сорт Harrison по качественному составу плодов в 1,3 раза. В группе позднеспелых сортов голубики сорт Aurora незначительно (в 1,1 раза) уступал эталонному сорту Elliott по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов, тогда как сорт Rubel, напротив, превосходил его в этом плане в 3,5 раза, а сорт Aurora в 3,9 раза (см. табл. 4).

Таким образом, на основании сравнительного исследования в условиях сезона 2021 г. биохимического состава плодов новых тестируемых сортов голубики высокорослой по 14-ти показателям, лидирующее положение по интегральному уровню их питательной и витаминной ценности среди раннеспелых сортов принадлежало сорту Chanticleer, среди среднеспелых – сорту Bluegold, среди позднеспелых – сорту Rubel.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сравнительного исследования в условиях южной агроклиматической зоны Беларуси на фоне типичных для региона погодных условий вегетационного периода биохимиче-

ского состава плодов 6-ти новых интродуцированных сортов голубики высокорослой разных сроков созревания – из раннеспелых – Chanticleer, Hannah’s Choice, из среднеспелых –

Bluegold, Harrison и позднеспелых – Aurora, Rubel для комплексной оценки которого в качестве эталонов сравнения были использованы соответствующие районированные сорта Weymouth, Bluecrop и Elliott, установлено следующее. На фоне отчетливо выраженных генотипических различий 14-ти биохимических характеристик плодов установлено существенное увеличение в них общего содержания биофлавоноидов в ряду от раннеспелых к позднеспелым сортам, косвенно свидетельствующее о соответствующем усилении в данном направлении их антиоксидантных свойств. При этом в составе Р-витаминного комплекса плодов у раннеспелых сортов заметно меньшее долевое участие антоциановых пигментов по сравнению с сортами более поздних сроков созревания, обусловленное существенным ингибированием биосинтеза лейкоантоцианов в пользу собственно антоцианов, на фоне более значительного участия в нем катехинов и особенно флавонолов.

Показано, что среди новых тестируемых сортов голубики наиболее высоким содержанием в плодах органических кислот, в том числе аскорбиновой и гидроксикоричных, характеризовались сорта Hannah,s Choice и Aurora, а наименьшим – сорт Rubel. При этом самым сладким вкусом были отмечены плоды сортов Harrison и Rubel, а наиболее кислым – сорта Hannah,s Choice, Bluegold и Aurora. Наибольшим богатством биофлавоноидного комплекса плодов отлича-

лись сорта Harrison и в большей степени Rubel, а наименее обеспеченными ими следовало признать сорта Hannah,s Choice, Bluegold и Aurora.

Установлено, что из двух тестируемых раннеспелых сортов только сорт Chanticleer характеризовался в 1,3 раза более высоким, чем у стандартного сорта Weymouth, интегральным уровнем питательной и витаминной ценности плодов, тогда как у сорта Hannah,s Choice он, напротив, уступал ему в 1,3 раза, а сорту Chanticleer в 1,6 раза. При этом оба среднеспелых сорта превосходили в этом плане эталонный сорт Bluecrop в 1,6–2,0 раза при наибольших различиях у сорта Bluegold, превосходившего сорт Harrison по качественному составу плодов в 1,3 раза. В группе позднеспелых сортов голубики сорт Aurora незначительно (в 1,1 раза) уступал эталонному сорту Elliott по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов, тогда как сорт Rubel, напротив, превосходил его в этом плане в 3,5 раза, а сорт Aurora в 3,9 раза.

Таким образом, на основании сравнительного исследования биохимического состава плодов новых тестируемых сортов голубики высококорослой по 14-ти показателям, лидирующее положение по интегральному уровню их питательной и витаминной ценности среди раннеспелых сортов принадлежало сорту Chanticleer, среди среднеспелых – сорту Bluegold, среди позднеспелых – сорту Rubel.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы определения сухих веществ: ГОСТ 8756.2–82. – Введен 01.01.1983. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 5 с.
2. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. Ленинград, 1987. – 430 с.
3. Марсов, Н. Г. Фитохимическое изучение и биологическая активность брусники, клюквы и черники / Н. Г. Марсов. – Дисс. канд. фармацевт. наук. – Пермь, 2006. – С. 99–101.
4. Кусакина, М. Г. Большой практикум «Биохимия» Лабораторные работы: учеб. пособие. / М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова.; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2012. – 148 с.
5. Swain, T. The phenolic constituents of *Prunus Domestica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swain, W. Hillis // *J. Sci. Food Agric.* – 1959. – Vol. 10, № 1. – P. 63–68.
6. Скорикова, Ю. Г. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах / Ю. Г. Скорикова, Э. А. Шафтан // Тр. 3 Всесоюз. семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. – Свердловск, 1968. – С. 451–461.
7. Андреев, В. Ю. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной. / В. Ю. Андреев [и др.] // Фармация, 2013. – № 3. – С. 19–21.
8. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье. Общие методы анализа // Государственная фармакопея СССР. Медицина, 1987. – С. 286–287.
9. Способ ранжирования таксонов растения / Ж. А. Рупасова [и др.] / Мн.: Патент на изобретение №17648 от 08.07.2013.
10. Lenartowicz, W. The quality of highbush blueberry fruit / W. Lenartowicz [et al.] // *Fruit sci. repts.* – 1990. – Vol. 17, № 2. – P. 77–85.

11. Haffner, K. Qualität – seigenshaften von Kulturheidelbeersorten *Vaccinium corymbosum* L. / K. Haffner [et al.]. // Erwerbs – Obstbau. – 1998. – Bd. 40, №4. – S. 112–116.
12. Голубика высокорослая. Оценка адаптационного потенциала при интродукции в условиях Беларуси. / Ж. А. Рупасова [и др.]; под ред. В.И.Парфенова – Минск.: Беларуская наука, 2007. – 442 с.
13. Формирование биохимического состава плодов видов семейства *Ericaceae* (Вересковые) при интродукции в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.]; под ред. акад. В. И. Парфенова. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 307 с.
14. Рупасова, Ж. А. Генотипические различия биохимического состава плодов интродуцентов сем. *Vacciniaceae* в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. биял. навук. – 2010 а. – № 1. – С. 5–11.
15. Рупасова, Ж. А. Генотипические различия вариабельности биохимического состава плодов интродуцентов сем. *Vacciniaceae* в зависимости от абиотических факторов в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2010 б. – № 1. – С. 60–70.
16. Барабой, В. А. Биологическое действие растительных фенольных соединений / В. А. Барабой. – Киев: Наукова думка, 1976. – 260 с.
17. Карабанов, И. А. Флавоноиды в мире растений / И. А. Карабанов. – Минск: Ураджай, 1981. – 80 с.
18. Шмерко, Е. П. Лечение и профилактика растительными средствами / Е. П. Шмерко, И. Ф. Мазан. – Баку: Азербайджан, 1992. – 316 с.
19. Шапиро, Д. К. Биохимическая оценка плодов голубики, выращиваемой в Белорусском Полесье / Д. К. Шапиро [и др.] // Растительные ресурсы. – 1984. – Вып. 3. – С.119–124.
20. Рупасова, Ж. А. Взаимозависимость компонентов биохимического состава плодов интродуцентов сем. *Ericaceae* в многолетнем цикле наблюдений в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.]. // Плодоводство: научные труды/ Национальная академия наук Беларуси, РУП "Институт плодоводства". – Самохваловичи, 2011. – Т. 23. – С. 258–276.
21. Рупасова, Ж. А. Итоги исследований биохимического состава плодов видов сем. *Ericaceae* при интродукции в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] // Центральный ботанический сад НАН Беларуси: сохранение, изучение и использование биоразнообразия мировой флоры / В. В. Титок [и др.]; под ред. В. В. Титка, В. Н. Решетникова. – Минск: Беларус. навука, 2012. – С. 237–251.
22. Рупасова, Ж. А. Сравнительная оценка влияния биотического и абиотических факторов на биохимический состав плодов интродуцированных в Беларуси видов сем. *Ericaceae* / Ж. А. Рупасова [и др.] // Доклады НАН Беларуси. – 2011. – Том 55, № 1. – С. 81–85.
23. Рупасова, Ж. А. Возделывание жимолости и голубики на рекультивируемых торфяниках низинного типа с использованием органических удобрений и микроэлементного стимулятора Наноплант / Ж. А. Рупасова [и др.]. – Мн.: Беларуская наука, 2021. – 229 с.

Поступила в редакцию 22.02.2022 г.