

УДК 634.26:581.19

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ В ПЛОДАХ ВИШНИ БИОРЕСУРСНОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВНИИСПК

© *М.А. Макаркина**, *О.А. Ветрова*, *А.А. Гуляева*, *Т.П. Рахметова*

*Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, Жилина, Орловская область, 302530, Россия,
makarkina@orel.vniispk.ru*

Вишня – культура, плоды которой содержат биологически активные вещества, аскорбиновую кислоту и фенольные соединения, обладающие антиоксидантной активностью, обуславливающие лечебное и профилактическое свойства. Объектами исследований представлены сорта биоресурсной коллекции Всероссийского НИИ селекции плодовых культур: 25 – интродуцированных и 38 – селекции института. Цель исследований – сравнительная оценка сортов вишни биоресурсной коллекции ВНИИСПК по накоплению биологически активных веществ в плодах и выделение генотипов с высоким уровнем антиоксидантных свойств. В плодах определяли содержание аскорбиновой кислоты и фенольных соединений (антоцианов, катехинов, лейкоантоцианов и их сумму). Рассчитаны средние значения, пределы разнообразия и интервалы варьирования по каждому компоненту для обеих групп сортов. Выделены генотипы, представляющие интерес для получения свежей витаминной продукции, а также в качестве источников высокого содержания биологически активных веществ для дальнейшего использования в селекции вишни на улучшенный химический состав плодов. При распределении сортов по содержанию антоцианов в плодах на группы было выявлено, что у большей части сортов содержание антоцианов находилось в пределах от 100.0 до 300.0 мг/100 г – 64% у интродуцированных сортов и 60.5% у сортов селекции ВНИИСПК, при этом 24.0 и 31.6% сортов соответственно накапливали в плодах более 300.0 мг/100 г. Выделен ряд сортов по комплексу признаков, определяющих антиоксидантную активность культуры – интродуцированные сорта: Владимирская, Расторгуевская, сорта селекции ВНИИСПК: Антрацитовая, Бусинка, Веря, Ветеранка, Гречанка, Орлея, Подарок учителям, Ровесница, Студенческая, Капелька, Купина, Тихоновская, Шоколадница.

Ключевые слова: вишня, сорта, химический состав, аскорбиновая кислота, фенольные соединения.

Для цитирования: Макаркина М.А., Ветрова О.А., Гуляева А.А., Рахметова Т.П. Результаты исследования компонентов антиоксидантной активности в плодах вишни биоресурсной коллекции ВНИИСПК // Химия растительного сырья. 2025. №1. С. 215–226. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250114859>.

Введение

Государственной политикой РФ, отраженной в Распоряжении Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции до 2030 года», уделяется серьезное внимание обеспечению населения качественными продуктами и увеличению их доли в структуре питания, особое место в которой занимают плоды и ягоды. Их незаменимость обусловлена наличием в их составе питательных (сахара, органические кислоты) и биологически активных веществ (пектиновые вещества, витамины и др.).

Недостаток в рационе плодов и ягод приводит к нарушению пищевого баланса, провоцирующего избыток массы и вызывающий ряд патологий у населения, таких как нейродегенеративные нарушения, метаболические изменения, алиментарные, сердечно-сосудистые и онкологические заболевания. В последние несколько десятилетий возрос интерес к изучению антиоксидантных свойств плодов и ягод [1–5].

Среди плодовых и ягодных культур особое место занимает вишня, которая широко распространена в РФ. Плоды вишни – незаменимый источник биологически активных веществ. В них содержатся в значи-

* Автор, с которым следует вести переписку.

тельных количествах фенольные соединения и в меньших – аскорбиновая кислота [6–14]. Эти два необходимые для здоровья человека вещества обладают высокой антиоксидантной активностью, кроме того, они, являясь синергистами, усиливают действие друг друга.

Аскорбиновая кислота – водорастворимый витамин, принимающий активное участие в биохимических процессах человеческого организма. Ее доля в антиоксидантном комплексе плодов составляет всего 15% [15], тем не менее этого количества хватает для выполнения многих жизненно необходимых функций. Это витамин, поставляющий водород в ДНК протоплазмы крови [16]. Аскорбиновая кислота участвует в окислительно-восстановительных процессах, что отражается на функционировании практически всех органов человека, предотвращая развитие многих заболеваний – от фотостарения кожи до развития рака [17–21]. По последним данным, витамин С эффективен при лечении больных вирусом COVID-19 [22].

Незаменимую функцию выполняют и фенольные соединения, которые в не меньшей степени, чем аскорбиновая кислота, оказывают положительное воздействие на кровяную и сердечно-сосудистую системы организма. Именно они обладают наибольшей антиоксидантной активностью, обусловленной способностью поглощать активные формы кислорода и азота [2, 23–25]. Встречаются данные, указывающие на значимость фенольных соединений как сигнальных частиц, участвующих в модуляции сигнальных путей и влияющих на экспрессию генов, помимо эффекта в пищеварительной системе [26].

Антиоксидантная активность плодов вишни обусловлена в большей степени флавоноидами, содержащимися в них в значительных количествах. Преобладающая группа флавоноидов вишни – антоцианы, катехины и лейкоантоцианы. Эти биохимические компоненты обладают Р-витаминной активностью в высокой степени [25].

Вишню выращивают в различных зонах садоводства России: от западной границы до Дальнего Востока и от Северо-Западного региона до Кавказских гор [27]. Средняя полоса РФ является зоной традиционного садоводства, где культура вишни чувствует себя наиболее комфортно. Во Всероссийском НИИ селекции плодовых культур (ВНИИСПК), расположенном в Центрально-Черноземном регионе России (Орловская область), собрана большая биоресурсная коллекция вишни как селекции института, так и других научно-исследовательских учреждений [28].

В связи с этим перед нами была поставлена цель – дать оценку биоресурсной коллекции вишни ВНИИСПК по содержанию в плодах биологически активных веществ, основных представителей антиоксидантного комплекса – аскорбиновой кислоты и фенольных соединений, изучить сортовую изменчивость изучаемых признаков, выделить лучшие генотипы для свежего потребления и дальнейшего использования в селекции на улучшение качества плодов.

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследований представлены сорта вишни биоресурсной коллекции ВНИИСПК, выращенные на участках сортоизучения 25 интродуцированных сортов (табл. 1) и 38 сортов селекции ВНИИСПК, изучение которых осуществлялось с 2015 по 2021 год.

Определение биохимического состава плодов проводилось в лаборатории биохимической и технологической оценки сортов и хранения ВНИИСПК в соответствии со стандартными методиками [29–31]. Отбор проб осуществлялся в период массового созревания плодов. В плодах определяли содержание аскорбиновой кислоты и фенольных соединений: антоцианов, катехинов, лейкоантоцианов и их сумму.

Определение содержания аскорбиновой кислоты в двух повторностях осуществляли титриметрическим (йодометрическим) методом для окрашенных экстрактов, основанном на титровании 1 мл щавелево-кислых вытяжек 0.001 N йодатом калия (KIO₃) в присутствии йодистого калия (KI) и крахмала.

Фенольные соединения определяли фотометрическим методом с использованием фотоколориметра ФЭК КФК-3-01 «ЗОМС», при длине волны 540 нм. Замеры осуществляли в двух повторностях.

Свежую навеску заливали 96%-ным этиловым спиртом, нагревали на водяной бане до температуры 60–70 °С, экстракцию проводили на вакуумном водоструйном насосе ЖК-180А 75% этиловым спиртом, нагретом на водяной бане.

Метод определения антоцианов основан на реакции кислого 96% этилового спирта с антоцианами плодов; контроль – 75% этиловый спирт. Проводили замер светопоглощения на фотоколориметре с использованием светло-зеленого светофильтра. Для расчета использовали калибровочную кривую, построенную по чистому препарату хлористого цианидина.

Таблица 1. Интродуцированные сорта вишни биоресурсной коллекции ВНИИСПК

Сорт	Оригинатор сорта (страна/учреждение)
Брюнетка	Россия, Всероссийский селекционно-генетический институт садоводства и питомниководства
Владимирская	народная селекция
Волочаевка	Россия, Всероссийский селекционно-генетический институт садоводства и питомниководства
Гриот остгеймский	Испания
Жуковская	Россия, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и селекции плодовых культур
Заря Татарии	Россия, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Иосика Мегги	Румыния
Кизиловая	Россия, Всероссийский научно-исследовательский институт люпина
Компессури	неизвестен
Любская	народная селекция
Малиновка	Россия, Всероссийский селекционно-генетический институт садоводства и питомниководства
Метеор	США, штат Миннесота
Наумовская	Россия,
Нефрис	Польша
Новодворская	Беларусь, РУП «Институт плодородства»
Нордстар	США, штат Миннесота
Ночка	Украина
Обильная	Россия, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Облачинская	Сербия
Обновленная	неизвестен
Памяти Вавилова	Россия, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и селекции плодовых культур
Расторгуевская	Россия, Всероссийский селекционно-генетический институт садоводства и питомниководства
Уифихертой	Венгрия
Фюртош	
Уманская	Украина, Уманский национальный университет садоводства
скороспелка	
Эрди	Венгрия
крупноплодная	

Определение лейкоантоцианов – в основу метода положен гидролиз лейкоантоцианов в соответствующие антоцианы при нагревании с кислым бутиловым спиртом. Расчет количества лейкоантоцианов проводится по калибровочной кривой и формуле для антоцианов.

R-активные катехины определяли по шкале оптической плотности в спиртовом экстракте с использованием ванилинового реактива. Анализ основан на реакции ванилинового реактива (ванилин + концентрированная соляная кислота) с катехинами плодов вишни. Расчет катехинов проводится по калибровочной кривой, построенной по препарату катехинов чая.

Статистическая обработка полученных многолетних данных проводилась соответствующими методами математической статистики с использованием программы Microsoft Excel 2016.

Обсуждение результатов

Проанализировав многолетние данные по двум группам сортов вишни, выявили, что среднее содержание аскорбиновой кислоты в плодах практически не отличалось: 8.1 ± 0.6 мг/100 г – у интродуцированных сортов и 9.8 ± 0.3 мг/100 г – сортов селекции ВНИИСПК, при размахе варьирования от 4.4 до 14.6 мг/100 г и от 6.3 до 15.5 мг/100 г и интервале между минимальным и максимальным значением признака – 12.2 и 9.2 мг/100 г соответственно (табл. 2 и 3). Общепринято считать, что вишня не является источником получения аскорбиновой кислоты. В то же время у ряда сортов обеих групп отмечены генотипы с содержанием аскорбиновой кислоты в плодах 10.0 мг/100 г и более, 28% (от 10.2 до 14.6 мг/100 г) интродуцированных сортов и 47% (от 10.0 до 15.5 мг/100 г) селекции ВНИИСПК. Выделены генотипы с повышенным для данной культуры содержанием аскорбиновой кислоты (10.0 мг/100 г и более) в плодах – в группе интродуцированных сортов: Уманская скороспелка (10.2 мг/100 г), Владимирская (10.7), Расторгуевская (11.3), Гриот остгеймский (11.4), Уифихертой Фюртош (12.0), Метеор (12.9), Брюнетка (14.6 мг/100 г); в группе сортов селекции ВНИИСПК: Трофимовская (10.0 мг/100 г), Веря (10.1), Купина (10.1), Ветеранка (10.3), Золушка (10.3), Гречанка (10.4), Подарок учителям (10.4), Антрацитовая (10.6), Отрада (10.9), Орлея (11.1), Студенческая (11.1), Капелька (11.4), Бусинка (11.5), Гуртьевка (11.5), Ровесница (11.7), Шоколадница (13.5), Конкурентка (14.4), Тихоновская (15.5 мг/100 г).

Таблица 2. Содержание аскорбиновой кислоты в плодах интродуцированных сортов вишни, мг/100 г сырой массы

Сорт	Аскорбиновая кислота	Сорт	Аскорбиновая кислота
Брюнетка	14.6	Нефрис	4.4
Владимирская	10.7	Новодворская	5.3
Волочаевка	9.4	Нордстар	8.1
Гриот остгеймский	11.4	Ночка	6.0
Жуковская	6.4	Обильная	4.7
Заря Татарии	6.2	Облачинская	5.3
Иосика Мегги	8.4	Обновленная	7.1
Кизиловая	7.6	Памяти Вавилова	7.0
Компессури	6.2	Расторгуевская	11.3
Любская	8.6	Уифихертой Фюртош	12.0
Малиновка	6.4	Уманская скороспелка	10.2
Метеор	12.9	Эрди крупноплодная	6.2
Наумовская	5.7		
Среднее, (\bar{x})			8.1
Ошибка среднего, $S(\bar{x})$			0.6
Минимальное			4.4
Максимальное			14.6
Интервал (Δ)			12.2
Коэффициент вариации, V%			34.3

Таблица 3. Содержание аскорбиновой кислоты в плодах сортов вишни селекции ВНИИСПК, мг/100 г сырой массы

Сорт	Аскорбиновая кислота	Сорт	Аскорбиновая кислота
Антрацитовая	10.6	Орля	11.1
Бусинка	11.5	Орлица	9.6
Быстринка	7.9	Орловская ранняя	7.5
Веря	10.1	Отрада	10.9
Верность	6.8	Памяти Машкина	6.3
Ветеранка	10.3	Подарок учителям	10.4
Гречанка	10.4	Превосходная Веньяминова	7.8
Гуртьевка	11.5	Превосходная Колесниковой	7.0
Золушка	10.3	Процальная	7.6
Капелька	11.4	Путинка	9.9
Конкурентка	14.4	Ровесница	11.7
Купина (57473)	10.1	Стойкая	9.1
Ливенская	8.7	Студенческая	11.1
Михеевская	7.3	Тихоновская	15.5
Муза	8.6	Трофимовская	10.0
Мценская	9.2	Тургеневка – к.	9.2
Неполодская	9.7	Чаровница	8.3
Новелла	9.9	Шоколадница	13.5
Орколия	8.5	Эстафета	7.2
Среднее, (\bar{x})			9.8
Ошибка среднего, $S(\bar{x})$			0.3
Минимальное			6.3
Максимальное			15.5
Интервал (Δ)			9.2
Коэффициент вариации, V%			20.9

Вишня является источником фенольных соединений. Отмечена высокая степень изменчивости признака «содержание антоцианов», по всем изученным сортам количество накопленных антоцианов варьировало от 48.0 до 443.2 мг/100 г при среднем значении по интродуцированным сортам 211.5 ± 19.2 мг/100 г и по сортам селекции ВНИИСПК – 235.1 ± 17.0 мг/100 г, коэффициенте вариации 43.1 и 44.5% и интервале варьирования 302.7 и 416.6 мг/100 г соответственно (табл. 4). При распределении сортов по содержанию антоцианов в плодах на группы было выявлено, что у большей части сортов содержание антоцианов находилось в пределах от 100.0

до 300.0 мг/100 г – 64% у интродуцированных сортов и 60.5% у сортов селекции ВНИИСПК, при этом 24.0 и 31.6% сортов соответственно накапливали в плодах более 300.0 мг/100 г.

Высокое содержание антоцианов в плодах (мг/100 г) выявлено у интродуцированных сортов: Брюнетка (347.7), Владимирская (331.2), Наумовская (313.9), Нефрис (366.3), Облачинская (302.4), Обновленная (358.8); у сортов селекции ВНИИСПК: Антрацитовая (443.2), Бусинка (320.4), Ветеранка (386.6), Гречанка (316.9), Капелька (345.3), Мценская (336.7), Новелла (326.0), Орлея (427.3), Орлица (303.1), Тихоновская (337.0), Шоколадница (432.1).

Отмечена значительная степень изменчивости признаков «содержание катехинов» и «содержание лейкоантоцианов» в плодах изученных генотипов вишни (рис. 1, 2).

Содержание катехинов в плодах вишни интродукционных сортов изменялось от 79.5 (Уманская скоропелка) до 469.3 мг/100 г (Нефрис), сортов селекции ВНИИСПК от 88.9 (Памяти Машкина) до 383.9 (Тихоновская), при коэффициенте вариации 45.4 и 35.7% и интервале варьирования 318.3 и 295.0 мг/100 г соответственно.

По каждой группе сортов выделены генотипы, превосходящие средние значения (более 250.0 мг/100 г) – интродуцированные сорта (28%): Владимирская, Любская, Метеор, Нефрис, Обильная, Облачинская, Обновленная; сорта селекции ВНИИСПК (36.8%): Антрацитовая, Веряя, Ветеранка, Неполодская, Орколия, Орлея, Орлица, Орловская ранняя, Превосходная Колесниковой, Путинка, Тихоновская, Тургеневка, Шоколадница, Эстафета.

Лейкоантоцианы в плодах вишни накапливались в зависимости от сорта от 125.5 (Уифихертой Фюртош) до 532.3 мг/100 г (Обновленная) по группе интродуцированных сортов и от 69.7 (Гуртьевка) до 483.7 мг/100 г (Веряя) по группе сортов селекции ВНИИСПК, значения коэффициента вариации – 46.4 и 35.7%, интервал варьирования 406.8 и 414.0 мг/100 г соответственно.

Таблица 4. Распределение сортов вишни биоресурсной коллекции ВНИИСПК на группы по содержанию антоцианов в плодах

Содержание антоцианов, мг/100 г сырой массы			
Интродуцированные сорта			
≤100.0	100.1–200.0	200.1–300.0	>300.0
Заря Татарии, Кизиловая, Метеор,	Иосика Мегги, Компесури, Любская, Малиновка, Ночка, Расторгуевская, Уманская скоропелка, Эрди крупноплодная	Волочаевка, Гриот остгеймский, Жуковская, Новодворская, Нордстар, Обильная, Памяти Вавилова, Уифихертой Фюртош	Брюнетка, Владимирская, Наумовская, Нефрис, Облачинская, Обновленная
Процентное соотношение			
12.0	32.0	32.0	24.0
Среднее, \bar{x}			218.0
Ошибка среднего, $S_{\bar{x}}$			18.8
Минимальное			63.6
Максимальное			366.3
Интервал (Δ)			302.7
Коэффициент вариации, V%			43.1
Сорта селекции ВНИИСПК			
≤100.0	100.1–200.0	200.1–300.0	>300.0
Гуртьевка, Памяти Машкина, Превосходная Веньямина, Прощальная,	Быстринка, Верность, Золушка, Конкуентка, Купина, Михеевская, Муза, Орловская ранняя, Превосходная Колесниковой, Стойкая, Чаровница,	Веряя, Ливенская, Неполодская, Оркорлия, Отрада, Подарок учителям, Путинка, Ровесница, Студенческая, Трофимовская, Тургеневка, Эстафета	Антрацитовая, Бусинка, Ветеранка, Гречанка, Капелька, Мценская, Новелла, Орлея, Орлица, Тихоновская, Шоколадница
Процентное соотношение			
10.6	28.9	31.6	28.9
Среднее, \bar{x}			235.1
Ошибка среднего, $S_{\bar{x}}$			17.0
Минимальное			26.6
Максимальное			443.2
Интервал (Δ)			416.6
Коэффициент вариации, V%			44.5

Выделены сорта с высоким содержанием исследуемого показателя (более 250.0 мг/100 г) – интродуцированные сорта (40%): Жуковская, Заря Татарии, Иосика Мегги, Любская, Малиновка, Нефрис, Ночка, Обильная, Обновленная, Расторгуевская; сорта селекции ВНИИСПК (42.1%): Антрацитовая, Верея, Гречанка, Капелька, Купина, Ливенская, Мценская, Неполодская, Орлея, Орлица, Подарок учителям, Путинка, Ровесница, Трофимовская, Тургеневка, Шоколадница.

Среднее содержание суммарного количества фенольных соединений составило 681.8 ± 42.2 мг/100 г при размахе варьирования от 375.5 (Кизилловая) до 1219.2 мг/100 г (Обновленная) у интродуцированных сортов и 712.4 ± 38.9 мг/100 г при размахе варьирования от 222.6 (Памяти Машкина) до 1169.5 мг/100 г (Шоколадница) у сортов селекции ВНИИСПК, интервал варьирования и коэффициент вариации при этом составили 884.2 мг/100 г и 32.5%, 946.9 мг/100 г и 33.7% соответственно (табл. 5).

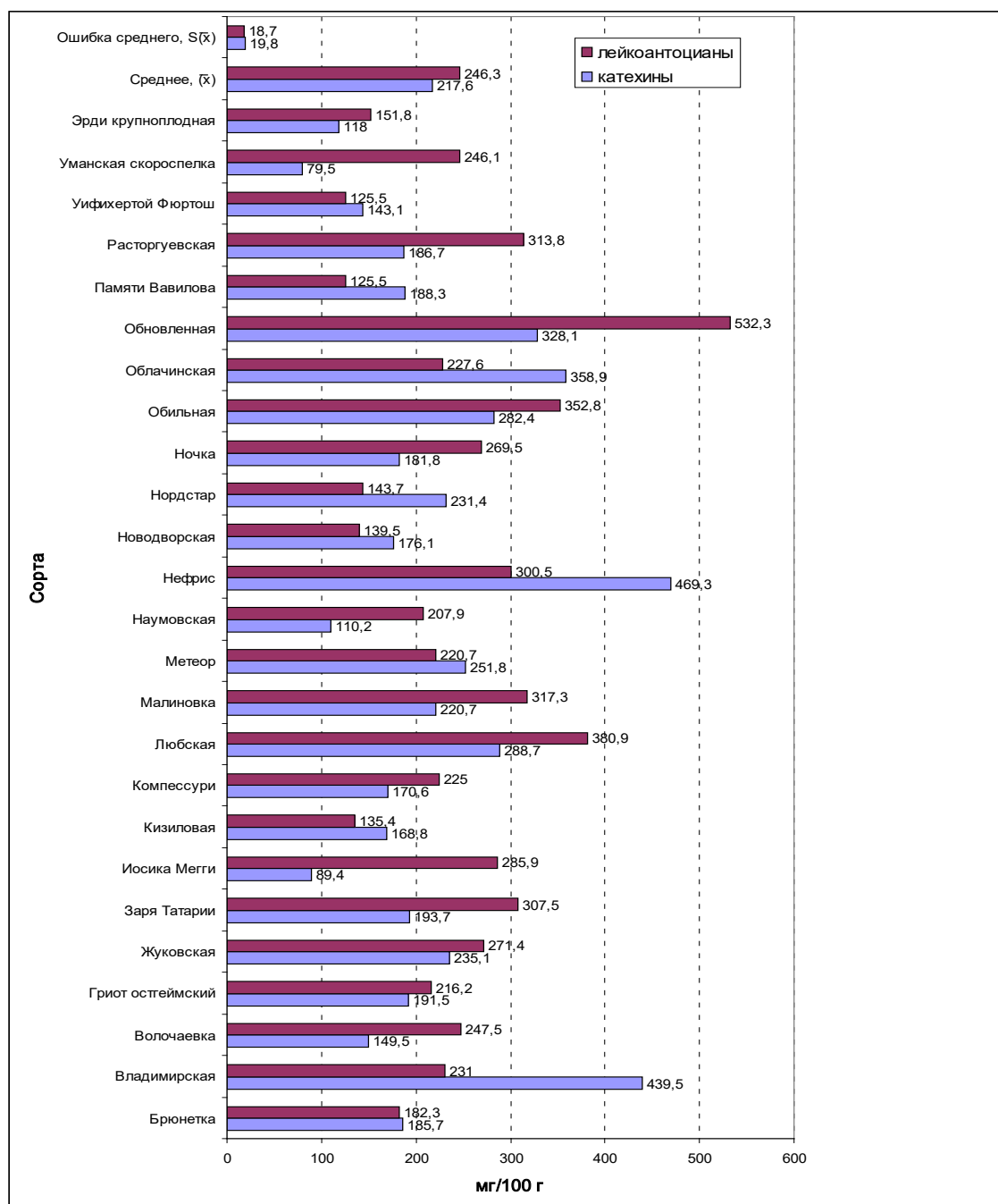


Рис. 1. Содержание катехинов и лейкоантоцианов в плодах интродуцированных сортов вишни, мг/100 г сырой массы

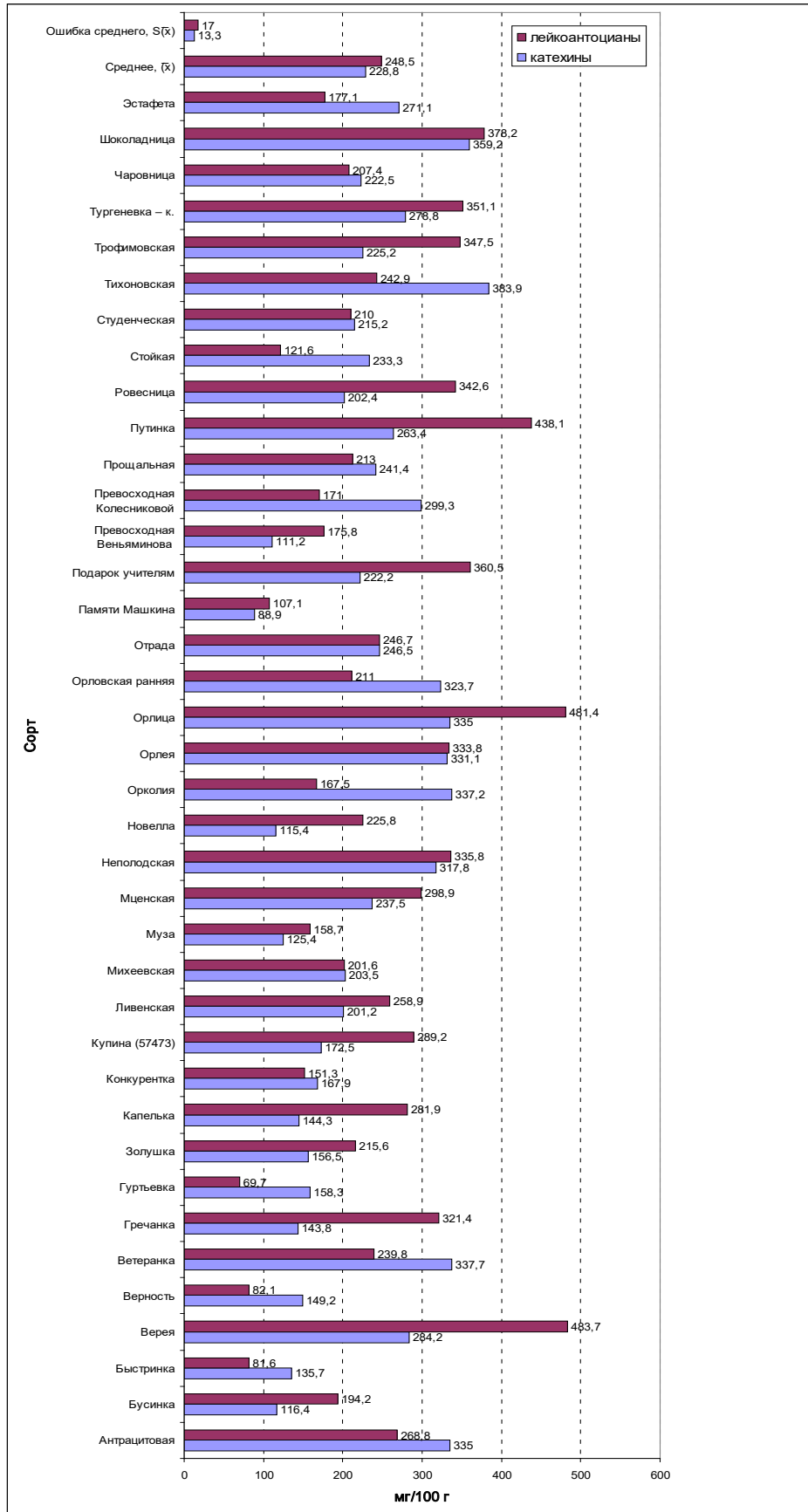


Рис. 2. Содержание катехинов и лейкоантоцианов в плодах сортов вишни селекции ВНИИСПК, мг/100 г сырой массы

Таблица 5. Распределение сортов вишни генофонда ВНИИСПК по сумме фенольных соединений в плодах

Сумма фенольных соединений, мг/100 г сырой массы			
Интродуцированные сорта			
≤600.0	600.1–800.0	800.1–1000.0	>1000.0
Заря Татарии, Иосика Мегги, Кизиловая, Компессури, Метеор, Новодворская, Ночка, памяти Вавилова, Уифихертой Фюртош, Уманская скоропелка, Эрди крупноплодная	Брюнетка, Волочаевка, Гриот остгемский, Жуковская, Малиновка, Наумовская, Нордстар, Расторгуевская	Любская, Обильная, Облачинская	Владимирская, Нефрис, Обновленная
Процентное соотношение			
44.0	32.0	12.0	12.0
Среднее, (\bar{x})			681.8
Ошибка среднего, $S(\bar{x})$			42.2
Минимальное			375.5
Максимальное			1219.2
Интервал (Δ)			843.7
Коэффициент вариации, V%			30.9
Сорта селекции ВНИИСПК			
≤600.0	600.1–800.0	800.1–1000.0	>1000.0
Быстринка, Верность, Гуртьевка, Золушка, Конкурентка, Михеевская, Муза, Памяти Машкина, Превосходная Веньяминова, Прощальная, Стойкая, Чаровница	Бусинка, Гречанка, Капелька, Купина, Ливенская, Новелла, Орколия, Орловская ранняя, Отрада, Превосходная Колесниковой, Ровесница, Студенческая, Эстафета	Ветеранка, Мценская, Неполодская, Подарок учителям, Путинка, Тихоновская, Трофимовская, Тургенева	Антрацитовая, Веря, Орлея, Орлица, Шоколадница
Процентное соотношение			
31.6	34.2	21.0	13.2
Среднее, (\bar{x})			712,4
Ошибка среднего, $S(\bar{x})$			38.9
Минимальное			222.6
Максимальное			1169.5
Интервал (Δ)			946.9
Коэффициент вариации, V%			33.7

При распределении сортов по накоплению суммы фенольных соединений в плодах на группы выявлено, что наибольшее количество сортов находилось в группе с содержанием фенольных соединений от 600.1 до 800.0 мг/100 г – 32.0 и 34.2% соответственно, 24% интродуцированных сортов и 34.2% сортов селекции ВНИИСПК накапливали в плодах фенольных соединений более 800.0 мг/100 г. Из интродуцированных сортов это: Владимирская (1001.7 мг/100 г), Любская (846.4), Нефрис (1136.1), Обильная (871.5), Облачинская (889.3), Обновленная (1219.2 мг/100 г), из сортов селекции ВНИИСПК: Антрацитовая (1047.0 мг/100 г), Веря (1064.7), Ветеранка (964.1), Мценская (873.1), Неполодская (924.4), Орлея (1092.2), Орлица (1119.5), Подарок учителям (812.6), Путинка (933.7), Тихоновская (963.8), Трофимовская (833.1), Тургенева (857.0), Шоколадница (1169.5 мг/100 г).

Выделен ряд сортов по комплексу признаков, определяющих антиоксидантную активность культуры. Из интродуцированных сортов: Владимирская (аскорбиновая кислота, антоцианы, катехины, сумма фенольных соединений), Расторгуевская (аскорбиновая кислота, лейкоантоцианы), из сортов селекции ВНИИСПК: Антрацитовая (аскорбиновая кислота, антоцианы, катехины, сумма фенольных соединений), Бусинка (аскорбиновая кислота, антоцианы), Веря, Орлея, Подарок учителям, Ровесница (аскорбиновая кислота, катехины, лейкоантоцианы), Ветеранка, Студенческая (аскорбиновая кислота, катехины), Гречанка, Капелька, Купина (аскорбиновая кислота, лейкоантоцианы), Тихоновская (аскорбиновая кислота, антоцианы, катехины), Шоколадница (аскорбиновая кислота, антоцианы, катехины, лейкоантоцианы, сумма фенольных соединений).

Заключение

Проведена оценка сортов биоресурсной коллекции вишни, созданной во ВНИИСПК (Орел), состоящей из сортов селекции института, а также интродуцированных из других учреждений, по накоплению в плодах аскорбиновой кислоты и фенольных соединений, обуславливающих наибольшую антиоксидантную активность. Определены средние значения, пределы разнообразия и интервалы варьирования содержания в плодах аскорбиновой кислоты, антоцианов, катехинов, лейкоантоцианов и суммы Р-активных (фенольных) соединений.

В каждой группе изучаемых сортов по каждому изучаемому биохимическому признаку выделены сорта, представляющие интерес для получения витаминной продукции, а также в качестве источников высокого содержания биологически активных веществ для дальнейшего использования в селекции вишни на улучшенный химический состав плодов; по содержанию аскорбиновой кислоты в плодах (более 10.0 мг/100 г) интродуцированные сорта: Уманская скороспелка, Владимирская, Расторгуевская, Гриот остгеймский, Уифихертой Фюртош, Метеор, Брюнетка; сорта селекции ВНИИСПК: Трофимовская, Веря, Купина, Ветеранка, Золушка, Гречанка, Подарок учителям, Антрацитовая, Отрада, Орля, Студенческая, Капелька, Бусинка, Гуртьевка, Ровесница, Шоколадница, Конкурентка, Тихоновская.

Полученные экспериментальные данные подтверждают, что вишня является источником антоциановых веществ. При распределении сортов по содержанию антоцианов в плодах на группы было выявлено, что у большей части сортов содержание антоцианов находилось в пределах от 100.0 до 300.0 мг/100 г – 64% у интродуцированных сортов и 60.5% у сортов селекции ВНИИСПК, при этом 24.0 и 31.6% сортов соответственно накапливали в плодах более 300.0 мг/100 г. Высокое содержание антоцианов в плодах (более 300.0 мг/100 г) выявлено у интродуцированных сортов: Брюнетка, Владимирская, Наумовская, Нефрис, Облачинская, Обновленная; у сортов селекции ВНИИСПК: Антрацитовая, Бусинка, Ветеранка, Гречанка, Капелька, Мценская, Новелла, Орля, Орлица, Тихоновская, Шоколадница.

Выделен ряд сортов по комплексу признаков, определяющих антиоксидантную активность культуры – интродуцированные сорта: Владимирская, Расторгуевская, сорта селекции ВНИИСПК: Антрацитовая Бусинка, Веря, Ветеранка, Гречанка, Орля, Подарок учителям, Ровесница, Студенческая, Капелька, Купина, Тихоновская, Шоколадница.

Обобщение полученных данных позволяет рекомендовать выделенные сорта для производства в конкретном регионе (Центрально-Черноземном) с целью получения высоковитаминной продукции, а также в качестве источников антиоксидантной активности для селекции на улучшенный химический состав плодов.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Создание новых конкурентоспособных, адаптивных сортов косточковых культур с использованием инновационных методов селекции и разработка экологически безопасных элементов технологии выращивания и переработки» (FGZS-2022-0009).

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Szeto Y., Tomlinson B., Benzie I. Total antioxidant and ascorbic acid content of fresh fruits and vegetables: Implications for dietary planning and food preservation // *British Journal of Nutrition*. 2002. Vol. 87, no. 1. Pp. 55–59. <https://doi.org/10.1079/BJN2001483>.
2. Liu R.H. Dietary bioactive compounds and their health implications // *Journal Food Science*. 2013. Vol. 78(s1). Pp. 18–25. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12101>.
3. Cassidy A., Bertola V., Chiuvе S., Flint A., Forman J., Rimm E.B. Habitual intake of anthocyanins and flavanones and risk of cardiovascular disease in men // *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2016. Vol. 104, no. 3. Pp. 587–594. <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.133132>.

4. Lee K.W., Je H., Jung T.H., Choi J.H., Hwang H.J., Shin K.O. Comparison of components and antioxidant activity of cherry, aronia and maqui berry // *The Korean Journal of Food And Nutrition*. 2018. Vol. 31, no. 5. Pp. 729–736. <https://doi.org/10.9799/ksfan.2018.31.5.729>.
5. Акимов М.Ю., Бессонов В.В., Кодденцова В.М., Эллер К.И., Вржесинская О.А., Бекетова Н.А., Кошелева О.В., Богарчук М.Н., Малинкин А.Д., Макаренко М.А., Шевякова Л.В., Перова И.Б., Рылина Е.В., Макаров В.Н., Жидехина Т.В., Кольцова В.А., Юшков А.Н., Новоторовцева А.А., Брыксин Д.М., Хромов Н.В. Биологическая ценность плодов и ягод российского производства // *Вопросы питания*. 2020. Т. 89, №4. С. 220–232. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055>.
6. Ferretti G., Vacchetti T., Belleggia A., Neri D. Cherry Antioxidants: From Farm to Table // *Molecules*. 2010. Vol. 15. Pp. 6993–7005. <https://doi.org/10.3390/molecules15106993>.
7. Жбанова Е.В., Кружков А.В. Характеристика современного сортимента вишни средней полосы России в связи с селекцией на улучшенный биохимический состав плодов // *Современное садоводство*. 2015. №1(13). С. 30–38.
8. Ершова И.В. Содержание биологически активных фенольных соединений в сибирских плодах и ягодах // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. Т. 30, №9. С. 44–47.
9. Keane K.M., Bell P.G., Lodge J.K., Constantinou C.L., Jenkinson S.E., Bass R. Howatson G. Phytochemical uptake following human consumption of Montmorency tart cherry (*L. Prunus cerasus*) and influence of phenolic acids on vascular smooth muscle cells in vitro // *European Journal Nutrition*. 2016. Vol. 55. Pp. 1695–1705. <https://doi.org/10.1007/s00394-015-0988-9>.
10. Serradilla M.J., Hernández A., López-Corrales M., Ruiz-Moyano S., de Guía Córdoba M., Martín A. Composition of the Cherry (*Prunus avium* L. and *Prunus cerasus* L.; *Rosaceae*) // *Nutritional composition of fruit cultivars*. Academic Press, 2016. Pp. 127–147. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00006-4>.
11. Макаркина М.А., Гуляева А.А., Павел А.Р., Ветрова О.А. Р-активные вещества современных сортов вишни в условиях Орловской области // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2017. Т. 48, №1. С. 161–164.
12. Макаркина М.А., Павел А.Р., Ветрова О.А. Биохимическая оценка сортов некоторых плодовых и ягодных культур селекции ВНИИСПК // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2020. №4. С. 18–21. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/4/18-21>.
13. Sokół-Łętowska A., Kucharska A.Z., Hodun G., Gołba M. Chemical composition of 21 cultivars of sour cherry (*Prunus cerasus*) fruit cultivated in Poland // *Molecules*. 2020. Vol. 25, no. 19. 4587. <https://doi.org/10.3390/molecules25194587>.
14. Чугунова О.В., Арисов А.В., Тиунов В.М., Вяткин А.В. Исследование антиоксидантных показателей плодов вишни сортов, районированных в Свердловской области // *Химия растительного сырья*. 2022. №3. С. 177–185. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20220310890>.
15. Skrovankova S., Sumczynski D., Mlcek J., Jurikova T., Sochor J. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Types of Berries // *International Journal of Molecular Sciences*. 2015. Vol. 6, no. 10. Pp. 24673–24706. <https://doi.org/10.3390/ijms161024673>.
16. Lester G.E. Environmental Regulation of Human Health Nutrients (Ascorbic Acid, β -Carotene, and Folic Acid) in Fruits and Vegetables // *HortScience*. 2006. Vol. 41, no. 1. Pp. 59–64. <https://doi.org/10.21273/hortsci.41.1.59>.
17. Iqbal K., Khan A., Khattak M.M.A.K. Biological Significance of Ascorbic Acid (Vitamin C) in Human Health – A Review // *Pakistan Journal of Nutrition*. 2004. Vol. 3, no. 1. Pp. 5–13. <https://doi.org/10.3923/pjn.2004.5.13>.
18. Abeysuriya H.I., Bulugahapitiya V.P., Pulkuttige J.L. Total Vitamin C, Ascorbic Acid, Dehydroascorbic Acid, Antioxidant Properties, and Iron Content of Underutilized and Commonly Consumed Fruits in Sri Lanka // *International Journal of Food Science*. 2020. 4783029. <https://doi.org/10.1155/2020/4783029>.
19. Berretta M., Quagliaricello V., Maurea N., Di Francia R., Sharifi S., Facchini G., Rinaldi I., Piezzo M., Manuella C., Nunnari G., Montoroli M. Multiple Effects of Ascorbic Acid against Chronic Diseases: Updated Evidence from Pre-clinical and Clinical Studies // *Antioxidants*. 2020. Vol. 9, no. 12. 1182. <https://doi.org/10.3390/antiox9121182>.
20. Ravetti S., Clemente C., Brignone S., Hergert L., Allemanni D., Palma S. Ascorbic Acid in Skin Health // *Cosmetics*. 2019. Vol. 6. P. 58. <https://doi.org/10.3390/cosmetics6040058>.
21. Boo Y.C. Ascorbic acid (vitamin C) as a cosmeceutical to increase dermal collagen for skin antiaging purposes: Emerging combination therapies // *Antioxidants*. 2022. Vol. 11, no. 9. 1663. <https://doi.org/10.3390/antiox11091663>.
22. Al-Obaidi Z.M.J., Hussain Y.A., Ali A.A., Al-Rekab M.D. The influence of Vitamin-C intake on blood glucose measurements in COVID-19 pandemic // *The Journal of Infection Developing Countries*. 2021. Vol. 15. Pp. 209–213. <https://doi.org/10.3855/jidc.13960>.
23. Harborne J.B., Williams C. Advances in Flavonoid Research Since 1992 // *Phytochemistry*. 2000. Vol. 55, no. 6. Pp. 481–504. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)00235-1](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00235-1).
24. Lima G., Vianello F., Corrêa C., Campos R., Borguini M. Polyphenols in Fruits and Vegetables and Its Effect on Human Health // *Food and Nutrition Sciences*. 2014. Vol. 5. Pp. 1065–1082. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.511117>.
25. Rodriguez-Mateos A., Vauzour D., Krueger C.G., Shanmuganayagam D., Reed J., Calani L., Mena P., Del Rio D., Crozier A. Bioavailability, bioactivity and impact on health of dietary flavonoids and related compounds: an update // *Archives Toxicology*. 2014. Vol. 88, no. 10. Pp. 1803–1853. <https://doi.org/10.1007/s00204-014-1330-7>.
26. Battino M., Beekwilder J., Denoyes-Rothan B., Laimer M., McDougall G.J., Mezzetti B. Bioactive compounds in berries relevant to human health // *Nutrition Reviews*. 2009. Vol. 67, no. 1. Pp. S145–S150. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00178.x>.

27. Юшев А.А., Орлова С.Ю. Вишни России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. №58. С. 39–45. <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2020-11039>.
28. Гуляева А.А., Ефремов И.Н. Достижения и перспективы селекции вишни в ФГБНУ ВНИИСПК // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. №5. С. 13–15. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2022/5/13-15>.
29. Методы биохимического исследования растений / отв. ред. А.И. Ермаков. Л., 1987. 432 с.
30. Седов Е.Н., Седова З.А., Стрельцина С.А. Селекция на продуктивность и качество продукции // Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел, 1995. С. 48–57.
31. Седова З.А., Леонченко В.Г., Астахов А.А. Оценка сортов по химическому составу плодов // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел, 1999. С. 160–167.

Поступила в редакцию 20 марта 2024 г.

После переработки 3 мая 2024 г.

Принята к публикации 30 сентября 2024 г.

*Makarkina M.A.**, *Vetrova O.A.*, *Gulyaeva A.A.*, *Rahmetova T.P.* THE RESULTS OF THE STUDY OF THE COMPONENTS OF ANTIOXIDANT ACTIVITY IN CHERRY FRUITS OF THE VNIISPK BIORESOURCE COLLECTION
Russian Research Institute of FruitCrop Breeding (VNIISPK), Zhilina, Orel region, 302530, Russia,
makarkina@orel.vniispk.ru

Cherry is a culture whose fruits contain biologically active substances, ascorbic acid and phenolic compounds with antioxidant activity, causing therapeutic and preventive properties. The objects of research were the cherry cultivars of the bioresource collection of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK): 25 introduced ones and 38 cultivars bred by the Institute. The goal of the studies was to give the comparative assessment of cherry cultivars of the VNIISPK bioresource collection for the accumulation of biologically active substances in fruits and to identify genotypes with a high level of antioxidant properties. The content of ascorbic acid and phenolic compounds (anthocyanins, catechins, leucoanthocyanins and their sum) were determined in the fruits. The average values, diversity limits and variation intervals for each component for both groups of the cultivars were calculated. Genotypes that are of interest for obtaining fresh vitamin products, and sources of high content of biologically active substances have been identified for further use in cherry breeding for improved chemical composition of fruits. When distributing cultivars into groups according to the content of anthocyanins in fruits, it was found that in most cherry cultivars the content of anthocyanins ranged from 100.0 to 300.0 mg/100 g – 64% in the introduced cultivars and 60.5% in the VNIISPK breeding cultivars, while 24.0 and 31.6% of the cultivars, respectively, accumulated more than 300.0 mg/100 g. A number of the cultivars were identified according to the complex of traits that determined the antioxidant activity of the culture: Vladimirskaia and Rastorguevskaya (introduced cultivars); Anratsitovaya, Businka, Vereya, Veteranka, Grechanka, Orleya, Podarok Uchitelyam, Rovesnitsa, Studencheskaya, Kapelka, Kupina, Tikhonovskaya and Shokoladnitsa (VNIISPK breeding cultivars).

Keywords: Cherry, cultivars, chemical composition, ascorbic acid, phenolic compounds.

For citing: Makarkina M.A., Vetrova O.A., Gulyaeva A.A., Rahmetova T.P. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 1, pp. 215–226. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250114859>.

References

1. Szeto Y., Tomlinson B., Benzie I. *British Journal of Nutrition*, 2002, vol. 87, no. 1, pp. 55–59. <https://doi.org/10.1079/BJN2001483>.
2. Liu R.H. *Journal Food Science*, 2013, vol. 78(s1), pp. 18–25. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12101>.
3. Cassidy A., Bertola V., Chiuve S., Flint A., Forman J., Rimm E.B. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2016, vol. 104, no. 3, pp. 587–594. <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.133132>.
4. Lee K.W., Je H., Jung T.H., Choi J.H., Hwang H.J., Shin K.O. *The Korean Journal of Food And Nutrition*, 2018, vol. 31, no. 5, pp. 729–736. <https://doi.org/10.9799/ksfan.2018.31.5.729>.
5. Akimov M.Yu., Bessonov V.V., Koddentsova V.M., Eller K.I., Vrzhesinskaya O.A., Beketova N.A., Kosheleva O.V., Bogarchuk M.N., Malinkin A.D., Makarenko M.A., Shevyakova L.V., Perova I.B., Rylina Ye.V., Makarov V.N., Zhidekhina T.V., Koltsova V.A., Yushkov A.N., Novotorovtseva A.A., Bryksin D.M., Khromov N.V. *Voprosy pitaniya*, 2020, vol. 89, no. 4, pp. 220–232. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055>. (in Russ.).
6. Ferretti G., Bacchetti T., Belleggia A., Neri D. *Molecules*, 2010, vol. 15, pp. 6993–7005. <https://doi.org/10.3390/molecules15106993>.
7. Zhdanova Ye.V., Kruzhev A.V. *Sovremennoye sadovodstvo*, 2015, no. 1(13), pp. 30–38. (in Russ.).
8. Yershova I.V. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2016, vol. 30, no. 9, pp. 44–47. (in Russ.).
9. Keane K.M., Bell P.G., Lodge J.K., Constantinou C.L., Jenkinson S.E., Bass R. Howatson G. *European Journal Nutrition*, 2016, vol. 55, pp. 1695–1705. <https://doi.org/10.1007/s00394-015-0988-9>.

* Corresponding author.

10. Serradilla M.J., Hernández A., López-Corrales M., Ruiz-Moyano S., de Guía Córdoba M., Martín A. *Nutritional composition of fruit cultivars*. Academic Press, 2016, pp. 127–147. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00006-4>.
11. Makarkina M.A., Gulyayeva A.A., Pavel A.R., Vetrova O.A. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*, 2017, vol. 48, no. 1, pp. 161–164. (in Russ.).
12. Makarkina M.A., Pavel A.R., Vetrova O.A. *Vestnik rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2020, no. 4, pp. 18–21. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/4/18-21>. (in Russ.).
13. Sokół-Łętowska A., Kucharska A.Z., Hodun G., Gołba M. *Molecules*, 2020, vol. 25, no. 19, 4587. <https://doi.org/10.3390/molecules25194587>.
14. Chugunova O.V., Arisov A.V., Tiunov V.M., Vyatkin A.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2022, no. 3, pp. 177–185. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20220310890>. (in Russ.).
15. Skrovankova S., Sumczynski D., Mlcek J., Jurikova T., Sochor J. *International Journal of Molecular Sciences*, 2015, vol. 6, no. 10, pp. 24673–24706. <https://doi.org/10.3390/ijms161024673>.
16. Lester G.E. *HortScience*, 2006, vol. 41, no. 1, pp. 59–64. <https://doi.org/10.21273/hortsci.41.1.59>.
17. Iqbal K., Khan A., Khattak M.M.A.K. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2004, vol. 3, no. 1, pp. 5–13. <https://doi.org/10.3923/pjn.2004.5.13>.
18. Abeyesuriya H.I., Bulugahapitiya V.P., Pulukkuttige J.L. *International Journal of Food Science*, 2020, 4783029. <https://doi.org/10.1155/2020/4783029>.
19. Berretta M., Quagliariello V., Maurea N., Di Francia R., Sharifi S., Facchini G., Rinaldi I., Piezzo M., Manuella C., Nunnari G., Montoroli M. *Antioxidants*, 2020, vol. 9, no. 12, 1182. <https://doi.org/10.3390/antiox9121182>.
20. Ravetti S., Clemente C., Brignone S., Hergert L., Allemandi D., Palma S. *Cosmetics*, 2019, vol. 6, p. 58. <https://doi.org/10.3390/cosmetics6040058>.
21. Boo Y.C. *Antioxidants*, 2022, vol. 11, no. 9, 1663. <https://doi.org/10.3390/antiox11091663>.
22. Al-Obaidi Z.M.J., Hussain Y.A., Ali A.A., Al-Rekab M.D. *The Journal of Infection Developing Countries*, 2021, vol. 15, pp. 209–213. <https://doi.org/10.3855/jidc.13960>.
23. Harborne J.B., Williams C. *Phytochemistry*, 2000, vol. 55, no. 6, pp. 481–504. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)00235-1](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00235-1).
24. Lima G., Vianello F., Corrêa C., Campos R., Borguini M. *Food and Nutrition Sciences*, 2014, vol. 5, pp. 1065–1082. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.511117>.
25. Rodriguez-Mateos A., Vauzour D., Krueger C.G., Shanmuganayagam D., Reed J., Calani L., Mena P., Del Rio D., Crozier A. *Archives Toxicology*, 2014, vol. 88, no. 10, pp. 1803–1853. <https://doi.org/10.1007/s00204-014-1330-7>.
26. Battino M., Beekwilder J., Denoyes-Rothan B., Laimer M., McDougall G.J., Mezzetti B. *Nutrition Reviews*, 2009, vol. 67, no. 1, pp. S145–S150. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00178.x>.
27. Yushev A.A., Orlova S.Yu. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, no. 58, pp. 39–45. <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2020-11039>. (in Russ.).
28. Gulyayeva A.A., Yefremov I.N. *Vestnik rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2022, no. 5, pp. 13–15. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2022/5/13-15>. (in Russ.).
29. *Metody biokhimičeskogo issledovaniya rasteniy* [Methods of biochemical research of plants], ed. A.I. Yermakov. Leningrad, 1987, 432 p. (in Russ.).
30. Sedov Ye.N., Sedova Z.A., Strel'tsina S.A. *Programma i metodika seleksii plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur*. [Program and methods of breeding fruit, berry and nut crops]. Orel, 1995, pp. 48–57. (in Russ.).
31. Sedova Z.A., Leonchenko V.G., Astakhov A.A. *Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur*. [Program and methodology for variety study of fruit, berry and nut crops]. Orel, 1999, pp. 160–167. (in Russ.).

Received March 20, 2024

Revised May 3, 2024

Accepted September 30, 2024

Сведения об авторах

Макаркина Маргарита Алексеевна – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, makarkina@orel.vniispk.ru

Ветрова Оксана Альфредовна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, vetrova@orel.vniispk.ru

Гуляева Александра Алексеевна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, gulyaeva@orel.vniispk.ru

Рахметова Татьяна Павловна – младший научный сотрудник, rahmetova@orel.vniispk.ru

Information about authors

Makarkina Margarita Alekseevna – Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, makarkina@orel.vniispk.ru

Vetrova Oksana Alfredovna – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, vetrova@orel.vniispk.ru

Gulyaeva Alexandra Alekseevna – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, gulyaeva@orel.vniispk.ru

Rahmetova Tatyana Pavlovna – Junior Researcher, rahmetova@orel.vniispk.ru