

ОЦЕНКА БИОХИМИЧЕСКИХ И ДЕГУСТАЦИОННЫХ
ПАРАМЕТРОВ ПЛОДОВ *PRUNUS CERASUS* L.Н. Ю. КОЛБАС¹⁾, А. П. КОЛБАС¹⁾, А. С. ДОМАСЬ¹⁾, Д. ПРВУЛОВИЧ²⁾¹⁾Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина,
бул. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь²⁾Университет г. Нови Сад, пл. Доситея Обрадовича, 8, 21000, г. Нови Сад, Сербия

Представлены данные о влиянии содержания сахаров, органических кислот, фенольных соединений (антоцианов, фенолкарбоновых кислот и флавонолов) на органолептические параметры плодов 9 сортов вишни обыкновенной (*Prunus cerasus* L.). Общее содержание фенольных соединений в 100 г плодов составило 72,52–180,61 мг галловой кислоты, антоцианов – от 32,69 до 259,45 мг цианидин-3-О-рутинозида, фенолкарбоновых кислот – от 48,45 до 75,20 мг кофейной кислоты, флавонолов – от 8,53 до 21,46 мг кверцетина. Наибольшее влияние на дегустационные параметры плодов вишни оказывает содержание антоцианов и сахаров.

Ключевые слова: плоды вишни; сорта вишни; антоцианы; фенолкарбоновые кислоты; флавонолы; дегустационная оценка.

Благодарность. Авторы выражают благодарность директору РУП «Институт пловодства» А. А. Таранову, старшему научному сотруднику отдела селекции плодовых культур И. Г. Полубятко, директору ОАО «Агро-сад Рассвет» В. П. Желенговскому и сотруднице предприятия Е. Г. Рой за оказанную помощь. Работа выполнена в рамках белорусско-сербского научно-технического проекта Б18СРБГ-010 «Фенольные соединения и антиоксидантная активность плодов вишни и черешни сербской и белорусской селекции» (№ ГР 20180998 от 28.06.2018 г.).

Образец цитирования:

Колбас НЮ, Колбас АП, Домась АС, Првулович Д. Оценка биохимических и дегустационных параметров плодов *Prunus cerasus* L. Журнал Белорусского государственного университета. Биология. 2020;2:49–57.
<https://doi.org/10.33581/2521-1722-2020-2-49-57>

For citation:

Kolbas NY, Kolbas AP, Domas AS, Prvulović D. Evaluation of biochemical and tasting parameters of *Prunus cerasus* L. fruits. *Journal of the Belarusian State University. Biology.* 2020;2: 49–57. Russian.
<https://doi.org/10.33581/2521-1722-2020-2-49-57>

Авторы:

Наталья Юрьевна Колбас – кандидат биологических наук, доцент; заведующий кафедрой химии биологического факультета.

Александр Петрович Колбас – кандидат биологических наук, доцент; начальник Центра экологии.

Андрей Степанович Домась – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; декан биологического факультета.

Дэян Првулович – кандидат биохимических наук; доцент кафедры полевых и овощных культур сельскохозяйственного факультета.

Authors:

Natallia Y. Kolbas, PhD (biology), docent; head of the department of chemistry, faculty of biology.
n.kolbas@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2293-2880>

Aliaksandr P. Kolbas, PhD (biology), docent; chief of the Ecology Center.

kolbas77@mail.ru

Andrei S. Domas, PhD (agricultural sciences), docent; dean of the faculty of biology.

wolf-983@mail.ru

Dejan Prvulović, PhD (biochemistry); associate professor at the department of field and vegetable crops, faculty of agriculture.

dejan.prvulovic@polj.uns.ac.rs

<https://orcid.org/0000-0002-1880-4934>

EVALUATION OF BIOCHEMICAL AND TASTING PARAMETERS OF *PRUNUS CERASUS* L. FRUITS

N. Y. KOLBAS^a, A. P. KOLBAS^a, A. S. DOMAS^a, D. PRVULVIĆ^b

^aBrest State A. S. Pushkin University, 21 Kasmanaŭtaŭ Boulevard, Brest 224016, Belarus

^bUniversity of Novi Sad, 8 Dositeja Obradovića Square, Novi Sad 21000, Serbia

Corresponding author: N. Y. Kolbas (n.kolbas@gmail.com)

Data on the effect of the content of phenolic compounds, including anthocyanins, phenolic acids and flavonols on the organoleptic parameters of fruits of 9 varieties of sour cherry (*Prunus cerasus* L.) are presented in this article. The total phenolic content varied from 72.52 to 180.61 mg of gallic acid per 100 g of fresh weight (FW) fruit. The total anthocyanins content varied from 32.69 to 259.45 mg of cyanidin-3-O-rutinoside, the total phenolic acids content varied from 48.45 to 75.20 mg of caffeic acid and the total flavonols content varied from 8.53 to 21.46 mg of quercetin per 100 g of FW fruit. The anthocyanins and sugars content of significantly affect in the tasting parameters of sour cherry fruits.

Keywords: sour cherry fruits; varieties of sour cherry; anthocyanins; phenolic acids; flavonols; tasting evaluation.

Acknowledgements. The authors thank to A. A. Taranov, director of the Institute for Fruit Growing; to I. G. Palubiatka, senior researcher at the department of fruit crop selection, and also to the director of the Agro-Garden Rassvet V. P. Zhelengovsky and employee at the enterprise E. G. Roy for their technical assistance. Researches were supported by Belarusian-Serbian scientific and technical project B18SRBG-010 «Phenolic compounds and antioxidant activity of fruits of cherry and cherries of the Serbian and Belarusian selection» (No. SR 20180998 of 28.06.2018).

Введение

Плоды вишни являются ценным источником таких биологически активных соединений, как органические кислоты, пектины, витамины, полифенолы и др. В Беларуси вишня обыкновенная (*Prunus cerasus* L.) культивируется на площади около 6188 га, что составляет 3,3 % от общемировых значений. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН¹, по состоянию на 2018 г. в рейтинге 33 стран – производителей вишни Беларусь занимала 15-е место (0,57 % от мирового производства, или 6877 т в год). В государственный реестр сортов Республики Беларусь [1, с. 134] на 2019 г. были включены 7 сортов (Новодворская, Тургеневка, Жывица², Гриот белорусский, Уйфехертой фюртош, Ливенская и Ласуха) и 1 семенной подвой вишни (*Prunus mahaleb* L.). Кроме того, учеными Беларуси создаются новые высокопродуктивные и устойчивые к болезням сорта и гибриды вишни [1, с. 134; 2]. Среди европейских сортов наиболее популярными остаются Облачинска (или Облачинская) [3], Монморанси (Montmorency), Норд Стар (Northstar), Шумадинка (Šumadinka), Балатон (Balaton) и Лютовка (Lutowka) [4].

Стоит отметить, что в процессе созревания сочных плодов происходит снижение количества свободных органических кислот с одновременным накоплением растворимых сахаров [5–7], а также фенольных соединений (ФС), которые, в свою очередь, во многом определяют органолептические свойства (вкус, аромат и окраску) растительной продукции [8].

Несмотря на имеющиеся в литературе данные о биохимическом составе плодов вишни, сведения о влиянии содержания ФС на их органолептические показатели фрагментарны.

Цель настоящего исследования – проанализировать влияние кислотности, содержания сахаров, ФС (в том числе антоцианов, фенолкарбоновых кислот и флавонолов) на дегустационную оценку плодов вишни.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

- 1) изучить помологические (количество плодов в навеске 100 г, выход сока) и биохимические (содержание сахаров и сухих веществ, титруемая кислотность, сахарокислотный индекс) параметры плодов вишни потребительской спелости;
- 2) дать дегустационную оценку плодам вишни;
- 3) оценить параметры окраски сока вишни;
- 4) определить влияние содержания ФС (антоцианов, фенолкарбоновых кислот и флавонолов) на органолептические показатели плодов вишни.

¹См.: <http://www.fao.org/faostat>.

²Здесь и далее наименование сорта приводится в соответствии с государственным реестром сортов Республики Беларусь.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования были плоды 8 сортов вишни белорусской селекции (Глубокская, Гриот белорусский, Жывица, Конфитюр, Ласуха, Милавица, Остромечевская и Вянок), культивируемых в РУП «Институт плодоводства» (аг. Самохваловичи, Минский район), и 1 сорта сербской селекции (Облачинска), выращиваемого в ОАО «Агро-сад Рассвет» (аг. Вистычи, Брестский район). Плоды заготавливали в стадии потребительской зрелости. Дегустационную оценку проводили закрытым способом путем анкетирования респондентов обоих полов различных возрастных групп по четырем показателям (внешний вид, аромат, вкус и сочность плодов) [9]. На основании среднего значения этих четырех параметров была дана общая оценка.

Для проведения лабораторных исследований порции плодов (100 г) каждого сорта гомогенизировали, получали сок, который далее анализировали.

Титруемую кислотность определяли потенциометрическим методом в соответствии с рекомендациями, изложенными в работе [7]. Для этого сок разбавляли дистиллированной водой в соотношении 1 : 10. Титрование вели 0,1 моль/л NaOH до pH 8,1 под контролем pH-метра СТ-6021А (*Kedida*, Китай). Титруемую кислотность выражали в граммах лимонной кислоты (ЛК) на 100 г сырых плодов (далее – г ЛК/100 г). Содержание растворимых сахаров определяли рефрактометрически при помощи рефрактометра ИРФ 454 Б2М (АО «КОМЗ», Россия) с учетом температурных поправок и выражали в градусах Брикса (далее – °Вх). Сахарокислотный индекс рассчитывали как отношение общего содержания растворимых сахаров к титруемой кислотности [10].

Содержание сухих веществ определяли гравиметрическим методом: 10 г плодов (без косточки) сушили в термостате при 80 °С не менее 20 ч до постоянной массы.

Общее содержание ФС определяли по стандартизированной методике [11]. Для этого к 0,1 мл сока плодов вишни добавляли 2,8 мл дистиллированной воды и 0,2 мл 2 н реактива Фолина – Чокальтеу, перемешивали, выдерживали 1 мин при комнатной температуре и вводили 0,8 мл 20 % раствора карбоната натрия. Полученную смесь перемешивали, выдерживали 40 мин при комнатной температуре. Оптическую плотность смеси измеряли с помощью спектрофотометра при $\lambda = 765$ нм и длине пути светового монохромного луча 1 см. В качестве раствора сравнения использовали холостую пробу. Значение абсорбции при $\lambda = 765$ нм пропорционально концентрации ФС в пересчете на галловую кислоту (ГК). Общее количество ФС выражали в миллиграммах ГК на 100 г сырых плодов вишни (далее – мг ГК/100 г).

Содержание фенолкарбоновых кислот и флавонолов определяли по модифицированной методике [12]. Для этого 0,25 мл сока плодов вишни смешивали с 0,25 мл 0,1 % HCl в 95 % этаноле, добавляли 4,5 мл 2 % HCl и выдерживали 20 мин при комнатной температуре. Изменение оптической плотности регистрировали при $\lambda = 280$ нм (для фенолкарбоновых кислот) и $\lambda = 360$ нм (для флавонолов). Содержание фенолкарбоновых кислот выражали в миллиграммах кофейной кислоты на 100 г плодов, флавонолов – в миллиграммах кверцетина на 100 г.

Общее количество антоцианов определяли pH-дифференцированным методом согласно работе [13]. Для анализа использовали 0,025 моль/л хлоридный (pH 1,0) и 0,4 моль/л ацетатный (pH 4,5) буферные растворы, которые готовили в соответствии с рекомендациями, изложенными в работе [13]. Точность значений pH буферных растворов контролировали с помощью pH-метра СТ-6021А (*Kedida*, Китай). Далее готовили по два разбавления (1 : 9 по объему) для каждого сока с применением хлоридного и ацетатного буферов. Оптическую плотность каждого из полученных растворов измеряли при $\lambda = 510$ нм и $\lambda = 700$ нм. В качестве растворов сравнения использовали соответствующие буферные растворы. Содержание антоцианов выражали в миллиграммах цианидин-3-О-рутинозида [14; 15] на 100 г сырых плодов, учитывая коэффициент разбавления и молярную экстинкцию доминирующего антоциана ($7000 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ [13]).

Для спектрофотометрической характеристики окраски полученный сок центрифугировали в течение 10 мин при скорости 12 000 об/мин. Желтый цвет в окраске сока определяли по абсорбции при $\lambda = 420$ нм (A_{420}), красный – при $\lambda = 520$ нм (A_{520}), пурпурный – при $\lambda = 620$ нм (A_{620}) и длине оптического пути 1 см. Для каждого цвета рассчитывали процент от общей цветовой интенсивности, бурый индекс (тон) – как отношение A_{420}/A_{520} , фиолетовый индекс (ФИ) – как отношение A_{620}/A_{520} [16].

Все спектрофотометрические измерения осуществляли на спектрофотометре Proscan MC 122 (СООО «Проскан специальные инструменты», Беларусь). Опыты проведены в трехкратной повторности на базе кафедры химии биологического факультета БрГУ имени А. С. Пушкина.

Статистическая обработка данных, а также анализ главных компонентов (*principal component analysis*, PCA-тест) выполнены с использованием программ *Microsoft Excel* и *R* (версия 3.6.1) (*Foundation for Statistical Computing*, Вена, Австрия).

Результаты и их обсуждение

Некоторые pomологические и биохимические параметры плодов вишни приведены в табл. 1. Согласно градации, представленной в работе [9, с. 344], наиболее крупноплодными являются сорта Остромечевская (средняя масса плода 5,5 г), Гриот белорусский и Ласуха (5,1 г). Сорта Глубокская, Жывица, Конфитюр, Милавица и Вянок характеризуются средним размером плодов (от 3,8 до 4,7 г), сорт Облачинска имеет мелкие плоды (2,8 г).

Таблица 1

Помологические и биохимические параметры плодов вишни потребительской спелости

Table 1

Pomological and biochemical parameters of ripe sour cherry fruits

Сорт	<i>n</i> , шт.	<i>m</i> , г	η , %	Сухое вещество, %	СРС, °Вх	ТК, г ЛК/100 г	СКИ
GB	21,000 ± 0,009	12,3 ± 0,6	51,32 ± 4,47	15,11 ± 0,42	14,51 ± 0,43	0,510 ± 0,043	28,70 ± 2,31
Gi	23,33 ± 0,50	8,78 ± 0,25	51,33 ± 2,33	16,86 ± 0,43	16,46 ± 0,42	0,47 ± 0,03	34,73 ± 1,84
Glb	22,67 ± 0,50	9,75 ± 0,18	49,60 ± 1,03	16,74 ± 0,47	16,24 ± 0,46	0,47 ± 0,02	34,77 ± 0,84
Kn	22,67 ± 0,50	10,74 ± 0,19	44,93 ± 1,08	17,17 ± 0,39	16,68 ± 0,37	0,47 ± 0,02	35,46 ± 0,92
Las	19,67 ± 0,50	9,78 ± 0,31	52,14 ± 2,88	17,44 ± 0,31	17,04 ± 0,32	0,58 ± 0,04	29,54 ± 1,94
Mil	23,33 ± 0,50	8,10 ± 0,13	56,97 ± 2,25	17,68 ± 0,21	17,18 ± 0,22	0,43 ± 0,02	39,72 ± 2,14
Os	19,33 ± 1,00	7,52 ± 0,22	55,61 ± 1,85	16,77 ± 0,46	16,17 ± 0,45	0,72 ± 0,05	22,47 ± 1,59
Vn	23,67 ± 0,50	10,06 ± 0,29	53,44 ± 2,07	16,38 ± 0,21	15,88 ± 0,22	0,58 ± 0,01	25,14 ± 5,88
Ob	38,33 ± 0,99	8,29 ± 0,24	50,17 ± 1,95	23,48 ± 0,33	23,37 ± 0,36	0,88 ± 0,05	26,44 ± 1,09

Примечание. *n* – количество плодов в навеске 100 г, *m* – масса косточек в навеске 100 г, η – выход сока, СРС – содержание растворимых сахаров, ТК – титруемая кислотность, СКИ – сахарокислотный индекс; GB – Гриот белорусский, Gi – Жывица, Glb – Глубокская, Kn – Конфитюр, Las – Ласуха, Mil – Милавица, Os – Остромечевская, Vn – Вянок, Ob – Облачинска.

Отметим, что такой комплексный дегустационный параметр, как внешний вид плодов, включающий и их размер, является одним из определяющих в общей дегустационной оценке вишни (рис. 1).

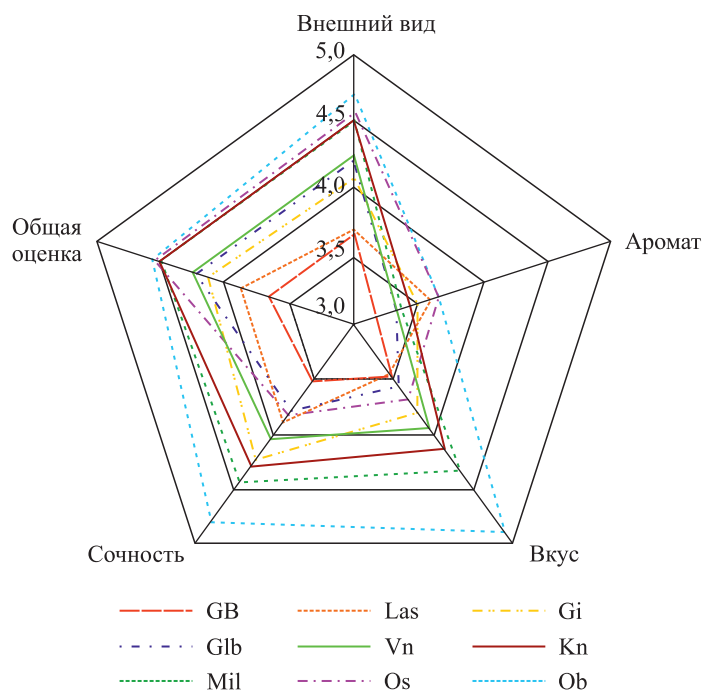


Рис. 1. Структура дегустационной оценки плодов вишни потребительской спелости: GB – Гриот белорусский, Las – Ласуха, Gi – Жывица, Glb – Глубокская, Vn – Вянок, Kn – Конфитюр, Mil – Милавица, Os – Остромечевская, Ob – Облачинска

Fig. 1. The structure of the tasting evaluation of ripe sour cherry fruits: GB – Griot beloruskiy, Las – Lasuha, Gi – Zhivitsa, Glb – Glubokskaya, Vn – Vianok, Kn – Confiture, Mil – Milavitsa, Os – Ostromechevskaya, Ob – Oblachinska

Выход сока составлял от 44,93 до 56,97 % и снижался в последовательности: Милавица > Остромечевская > Вянок > Ласуха > Жывица ≈ Гриот белорусский > Облачинска ≈ Глубокская > Конфитюр (см. табл. 1). Согласно дегустационной оценке сочность плодов вишни варьировалась от 3,5 до 4,8 балла и уменьшалась в последовательности: Облачинска > Милавица > Конфитюр ≈ Жывица > Вянок ≈ Ласуха > Остромечевская ≈ Глубокская > Гриот белорусский (см. рис. 1).

Содержание растворимых сахаров составило 14,51–23,37 °Вх, и в порядке снижения значений этого параметра изученные сорта вишни ранжируются следующим образом: Облачинска > Милавица ≈ Ласуха > Конфитюр > Жывица ≈ Остромечевская ≈ Глубокская > Вянок > Гриот белорусский (см. табл. 1).

Титруемая кислотность 100 г плодов вишни в пересчете на лимонную кислоту варьировалась от 0,43 до 0,88 и снижалась в последовательности: Облачинска > Остромечевская > Ласуха ≈ Вянок > Гриот белорусский > Жывица ≈ Глубокская ≈ Конфитюр > Милавица (см. табл. 1).

Характер вкуса вишни, как и большинства плодовых и ягодных культур, определяется сочетанием сахаров и кислот, а также наличием индивидуальных вкусовых оттенков, реже терпкости и горечи [8]. Сахарокислотный индекс плодов вишни составил 22,47–39,72 (см. табл. 1). Анализ вкусовых предпочтений дегустаторов показал значительное преобладание сладких сортов вишни (39,6 %), далее по убыванию следуют кисло-сладкие (33,3 %) и сладко-кислые (27,1 %). Предпочтений кислым сортам вишни среди дегустаторов не выявлено.

По вкусовым предпочтениям изученные сорта вишни можно ранжировать следующим образом: Облачинска > Милавица > Конфитюр > Вянок > Жывица > Остромечевская > Глубокская > Гриот белорусский ≈ Ласуха (в порядке снижения дегустационной оценки от 4,9 до 3,5 балла) (см. рис. 1).

Общая дегустационная оценка в эксперименте была незначительно ниже профессиональной³ и составила 3,70–4,57 балла (рис. 2). В связи с тем что сорта вишни Глубокская и Остромечевская находятся на сортоиспытании и не входят в государственный реестр, данные об их профессиональной дегустационной оценке нами не найдены. В нашем исследовании высокая общая дегустационная оценка (более 4,0 балла) отмечена для большинства изученных сортов, средняя (в диапазоне 3,7–4,0 балла) – для 2 сортов (Гриот белорусский и Ласуха).

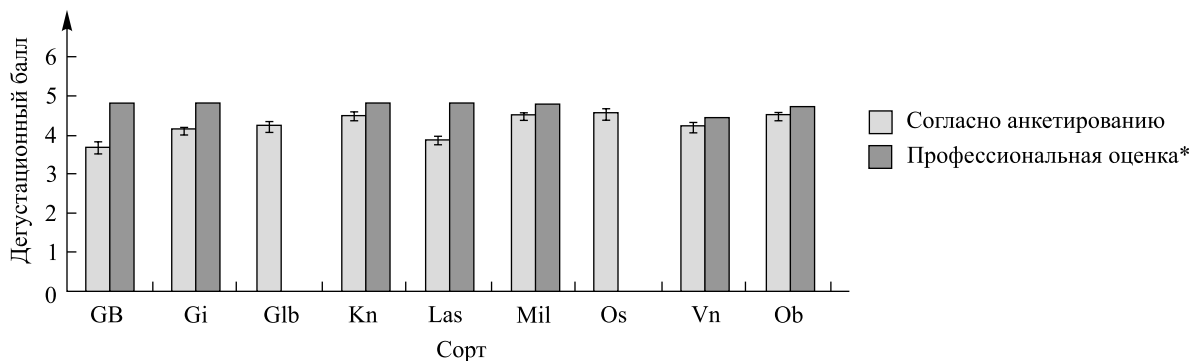


Рис. 2. Общая дегустационная оценка плодов вишни:

* – дегустационный балл приведен только для включенных в государственный реестр сортов согласно их сортоописанию как оценка профессиональных дегустаторов; GB – Гриот белорусский, Gi – Жывица, Glb – Глубокская, Kn – Конфитюр, Las – Ласуха, Mil – Милавица, Os – Остромечевская, Vn – Вянок, Ob – Облачинска

Fig. 2. Total tasting evaluation of sour cherry fruits:

* – degustation points were marked only for varieties included in the state register according to their description as a professional evaluation; GB – Griot beloruskiy, Gi – Zhivitsa, Glb – Glubokskaya, Kn – Confiture, Las – Lasuha, Mil – Milavitsa, Os – Ostromechevskaya, Vn – Vianok, Ob – Oblachinska

Общее содержание ФС варьировалось от 72,52 до 180,61 мг ГК/100 г и уменьшалось в последовательности: Ласуха > Конфитюр > Облачинска > Глубокская > Милавица > Гриот белорусский > Жывица > Остромечевская > Вянок (табл. 2).

Данные о составе ФС (антоцианов, фенолкарбоновых кислот и флавонолов) плодов вишни представлены на рис. 3. Содержание фенолкарбоновых кислот варьировалось от 48,45 до 75,20 мг кофейной кислоты на 100 г плодов вишни и снижалось в последовательности: Облачинска > Милавица > Ласуха > Конфитюр > Глубокская > Жывица > Остромечевская > Вянок ≈ Гриот белорусский. Содержание флавонолов

³Вишня // Каталог сортов. Плодовые [Электронный ресурс]. URL: <http://www.belsad.by/site/ru/catalog.html?func=viewcategory&catid=21> (дата обращения: 15.01.2020).

в 100 г плодов вишни составляло от 8,53 до 21,46 мг кверцетина и снижалось в последовательности: Об-
лачинска > Милавица > Конфитюр > Глубокская > Вянок > Ласуха > Жывица ≈ Остромечевская > Гриот
белорусский.

Таблица 2

**Общее содержание фенольных соединений (ОСФС)
в плодах вишни потребительской спелости и параметры окраски их сока**

Table 2

**Total phenolic content of ripe sour cherry fruits
and color parameters of cherry juice**

Сорт	ОСФС, мг ГК/100 г	Параметры окраски сока				
		Желтый, %	Красный, %	Пурпурный, %	Тон	ФИ
GB	102,17 ± 13,81 <i>c, d</i>	36,72 ± 2,56	59,53 ± 2,83	3,75 ± 0,28	0,62	0,06
Gi	87,63 ± 10,62 <i>d, e</i>	39,35 ± 3,57	39,71 ± 3,16	20,94 ± 0,58	1,00	0,53
Glb	138,17 ± 9,01 <i>b, c</i>	43,59 ± 2,36	46,59 ± 2,90	9,82 ± 0,66	0,94	0,21
Kn	142,29 ± 12,26 <i>b</i>	33,83 ± 2,13	38,31 ± 1,74	27,86 ± 2,30	0,88	0,73
Las	180,61 ± 6,56 <i>a</i>	28,01 ± 1,53	50,26 ± 0,93	21,73 ± 0,60	0,56	0,43
Mil	120,23 ± 13,72 <i>c, d</i>	42,38 ± 1,08	46,14 ± 0,78	11,47 ± 0,71	0,92	0,25
Os	75,09 ± 6,16 <i>e</i>	40,52 ± 4,85	54,94 ± 5,46	4,55 ± 0,73	0,75	0,08
Vn	72,52 ± 7,29 <i>e</i>	32,59 ± 3,55	63,10 ± 4,09	4,31 ± 0,54	0,52	0,07
Ob	140,38 ± 5,75 <i>b</i>	41,42 ± 0,88	54,10 ± 0,82	4,48 ± 0,06	0,77	0,08

Примечание. GB – Гриот белорусский, Gi – Жывица, Glb – Глубокская, Kn – Конфитюр, Las – Ласуха, Mil – Милавица, Os – Остромечевская, Vn – Вянок, Ob – Облачинска; *a, b, c, d, e* – статистические различия (Tukey-тест при $p < 0,05$).

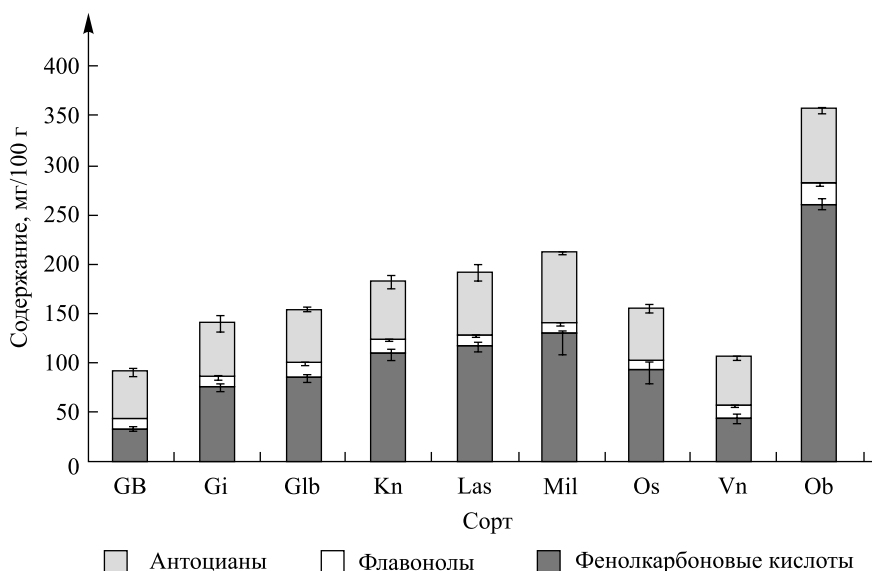


Рис. 3. Содержание антоцианов (в миллиграммах цианидин-3-О-рутинозида), флавонолов (в миллиграммах кверцетина) и фенолкарбоновых кислот (в миллиграммах кофейной кислоты) в 100 г плодов вишни: GB – Гриот белорусский, Gi – Жывица, Glb – Глубокская, Kn – Конфитюр, Las – Ласуха, Mil – Милавица, Os – Остромечевская, Vn – Вянок, Ob – Облачинска

Fig. 3. The anthocyanins content (in milligrams of cyanidin-3-O-rutinoside), flavonols content (in milligrams of quercetin) and phenolic acids content (in milligrams caffeic acid) of sour cherry fruits (100 g of FW): GB – Griot beloruskiy, Gi – Zhivitsa, Glb – Glubokskaya, Kn – Confiture, Las – Lasuha, Mil – Milavitsa, Os – Ostromechevskaya, Vn – Vianok, Ob – Oblachinska

Все изученные сорта вишни являются типичными морелями. Содержание антоцианов варьировалось от 32,69 до 259,45 мг цианидин-3-О-рутинозида на 100 г вишни и снижалось в последовательности: Облачинска > Милавица > Ласуха > Конфитюр > Остромечевская > Глубокская > Жывица > Вянок > Гриот белорусский (см. рис. 3). Параметры окраски сока их плодов представлены в табл. 2. В окраске сока вишни преобладают красные тона (вклад красного цвета в общую окраску составил 38,31–63,10 %), особенно у сортов Вянок, Гриот белорусский и Остромечевская. Доля желтого цвета в окраске сока была 28,01–43,59 %, больше всего его в окраске сортов Глубокская, Милавица и Облачинска, меньше всего – Ласуха и Вянок. Относительно высок процент пурпурного цвета (до 27,86 %), особенно в соке вишни сортов Конфитюр, Ласуха и Жывица, эти же сорта характеризуются самыми высокими значениями фиолетового индекса. В целом фиолетовый индекс сока варьировался от 0,06 до 0,73 (см. табл. 2).

Тон (бурый индекс) составлял от 0,52 до 1,00 и снижался в последовательности: Жывица > Глубокская ≈ Милавица > Конфитюр > Облачинска ≈ Остромечевская > Гриот белорусский > Ласуха ≈ Вянок (см. табл. 2).

Проведенный статистический анализ (РСА-тест) показал высокую репрезентативность результатов (рис. 4): ось абсцисс описывает 13,42 % варьирования признаков, ось ординат – 49,08 %.

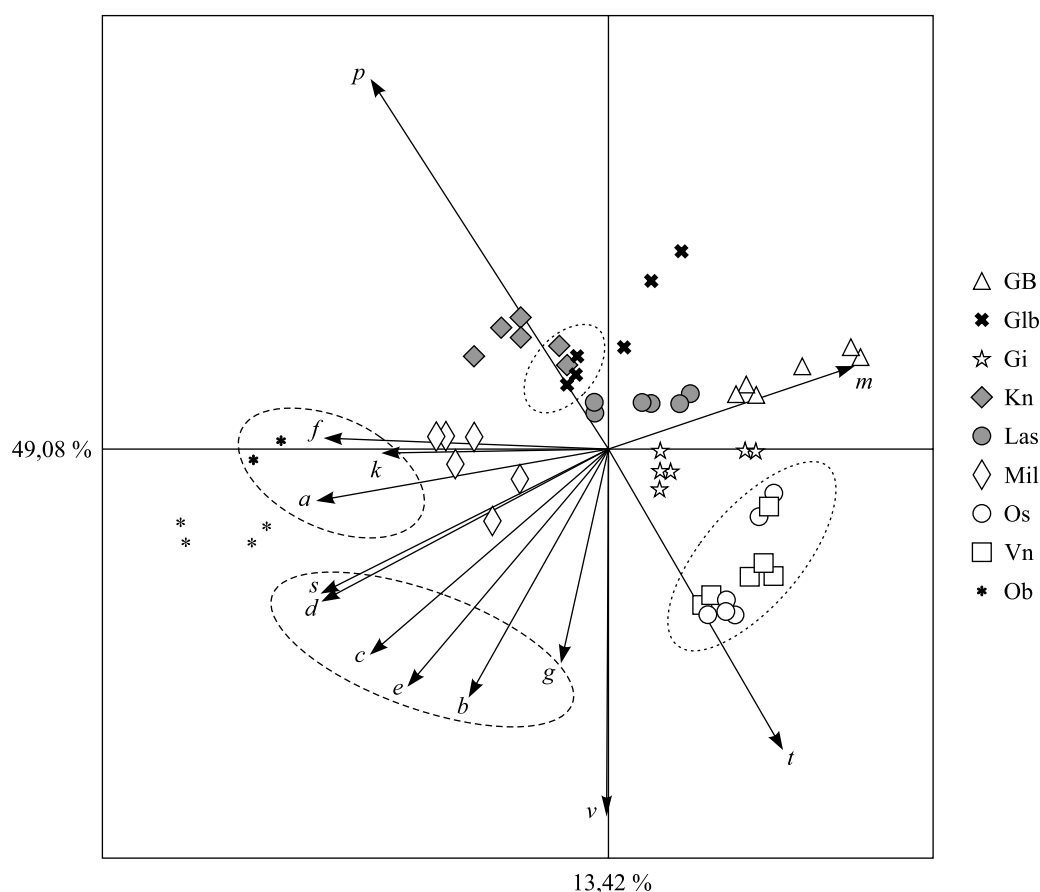


Рис. 4. Диаграмма статистического анализа главных компонент (РСА-тест) для плодов вишни: GB – Гриот белорусский, Glb – Глубокская, Gi – Жывица, Kn – Конфитюр, Las – Ласуха, Mil – Милавица, Os – Остромечевская, Vn – Вянок, Ob – Облачинска.

Дегустационные параметры: *b* – внешний вид, *c* – сочность, *e* – вкус, *g* – аромат.

Биохимические параметры: *a* – содержание антоцианов, *f* – содержание флавонолов, *k* – содержание фенолкарбоновых кислот, *p* – общее содержание фенольных соединений, *d* – содержание сухих веществ, *t* – титруемая кислотность, *s* – содержание сахаров.

Помологические параметры: *m* – масса плода, *v* – выход сока

Fig. 4. Principal component analysis for cherry fruits:

GB – Griot beloruskiy, Glb – Glubokskaya, Gi – Zhivitsa, Kn – Confiture, Las – Lasuha, Mil – Milavitsa, Os – Ostromechevskaya, Vn – Vianok, Ob – Oblachinska.

Degustation parameters: *b* – appearance, *c* – juiciness, *e* – taste, *g* – aroma.

Biochemical parameters: *a* – anthocyanins content, *f* – flavonols content, *k* – phenolic acids content, *p* – total phenolic content,

d – dry matter content, *t* – titratable acidity, *s* – sugar content.

Pomological parameters: *m* – fruit mass, *v* – juice yield

Для плодов вишни дегустационные параметры (внешний вид плодов, аромат, вкус и сочность) находятся в обратной зависимости от массы плода (помологический параметр), а титруемая кислотность – от содержания ФС (биохимические параметры). Наиболее близки между собой биохимические и дегустационные показатели, в частности сочность плодов, содержание сухих веществ и растворимых сахаров. На диаграмме все дегустационные параметры находятся в одной области. Среди ФС ближе всего к дегустационным параметрам было содержание антоцианов (см. рис. 4).

Из 9 изученных сортов самым высоким содержанием фенолкарбоновых кислот, антоцианов и флавонолов характеризуются плоды сортов Облачинска и Милавица. Для этих же сортов выявлены близкие корреляционные связи между дегустационными показателями и содержанием антоцианов, флавонолов и фенолкарбоновых кислот. Наиболее близки по биохимическим и помологическим параметрам плоды сортов Конфитюр и Глубокская, а также Остромечевская и Вянок (см. рис. 4).

Необходимо отметить, что наибольшее число дегустаторов (16,42 % от общего количества) отдали предпочтение сорту Облачинска (общий дегустационный балл – 4,57), который имеет мелкие плоды, отличается средним сахарокислотным индексом, высоким содержанием ФС, в частности флавонолов и антоцианов. Кроме того, по сравнению с остальными сортами вишни он характеризуется высокой антиоксидантной активностью плодов [17]. Вместе с тем 14,92 % дегустаторов отдали предпочтение другому сорту – Остромечевская (общий дегустационный балл – 4,57). Данный сорт является крупноплодным, отличается сбалансированным соотношением сахаров и кислот, но содержит меньше ФС, в частности флавонолов и антоцианов. Среди сортов белорусской селекции, внесенных в государственный реестр Республики Беларусь [1], предпочтение отдано среднеплодному сорту Милавица (12,68 % дегустаторов, общий дегустационный балл – 4,53), который также обладает сбалансированным вкусом. Отметим, что для плодов данного сорта характерен средний уровень содержания ФС, в том числе антоцианов, флавонолов и фенолкарбоновых кислот, а также средняя антиоксидантная активность (результаты представлены в работе [17]). В то же время при треугольном дегустационном анализе не выявлена способность достоверно различать межсортовые отличия вишни по вкусу и внешнему виду плодов.

Заключение

Проведенные исследования по изучению влияния ФС на органолептические показатели плодов вишни указывают на наличие достоверной отрицательной корреляционной зависимости между массой плодов и содержанием антоцианов, фенолкарбоновых кислот, флавонолов, сахаров, а также дегустационными параметрами. Среди биохимических показателей наибольшее влияние на дегустационную оценку плодов вишни оказывает содержание антоцианов, но при этом она не зависит от общего количества ФС.

По совокупности изученных параметров можно рекомендовать к использованию сорта Облачинска и Милавица для расширения площадей, отводимых под культивирование вишни. Эти же сорта и сорт Остромечевская могут быть использованы в качестве исходных форм при создании новых сортов и гибридов вишни с высокими дегустационными показателями в сочетании с повышенной пищевой ценностью.

Библиографические ссылки

1. Привалов ФИ, Гриб СИ, Матыс ИС, Козловская ЗА, Кильчевский АВ, Лемеш ВА и др., редакторы. *Генетические ресурсы растений в Беларуси: мобилизация, сохранение, изучение и использование*. Минск: Четыре четверти; 2019. 452 с.
2. Таранов АА. Новый сорт вишни Милавица. В: Самусь ВА, Матвеев ВА, Шмыглевская НА, Васеха ВВ, Гашенко ТА, Дмитриева АМ и др., редакторы. *Плодоводство. Том 27*. Самохваловичи: [б. и.]; 2015. с. 115–121.
3. Mitić MN, Obradović MV, Kostić DA, Micić RJ, Pecev ET. Polyphenol content and antioxidant activity of sour cherries from Serbia. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*. 2012;18(1):53–62. DOI: 10.2298/CICEQ110701046M.
4. Wojdyło A, Nowicka P, Laskowski P, Oszmiański J. Evaluation of sour cherry (*Prunus cerasus* L.) fruits for their polyphenol content, antioxidant properties, and nutritional components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014;62(51):12332–12345. DOI: 10.1021/jf504023z.
5. Çelik H, Özgen M, Serçe S, Kaya C. Phytochemical accumulation and antioxidant capacity at four maturity stages of cranberry fruit. *Scientia Horticulturae*. 2008;117(4):345–348. DOI: 10.1016/j.scienta.2008.05.005.
6. Doshi P, Adsule P, Banerjee K. Phenolic composition and antioxidant activity in grapevine parts and berries (*Vitis vinifera* L.) cv. Kishmish chornyi (Sharad seedless) during maturation. *International Journal of Food Science and Technology*. 2006;41(suppl. 1):1–9. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2006.01214.x.
7. Kader AA. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. In: Michalczuk L, editor. *Proceedings of the International symposium on effect of pre- and postharvest factors on storage of fruit*. [S. l.]: International Society for Horticultural Science; 1999. p. 203–208. (Acta Horticulturae; 485). DOI: 10.17660/ActaHortic.1999.485.27.
8. Колбас НЮ, Троянчук ВА, Полулятко ИГ, Првулович Д. Фенольные соединения в дегустационной оценке плодов черешни. *Вестник Брэскага ўніверсітэта. Серыя 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі*. 2019;2:25–33.

9. Седов ЕН, Огольцова ТП, редакторы. *Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур*. Орел: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур; 1999. 606 с.
10. Kaack K. Maturation and picking time for sweet cherries (*Prunus avium*) and sour cherries (*Prunus cerasus* L.). *European Food Research and Technology*. 2017;243(4):539–546. DOI: 10.1007/s00217-016-2753-6.
11. Waterhouse AL. Determination of total phenolics. In: *Current protocols in food analytical chemistry*. [S. l.]: John Wiley & Sons; 2002. p. 11.1.1–11.1.8.
12. Fukumoto LR, Mazza G. Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000;48(8):3597–3604. DOI: 10.1021/jf000220w.
13. Giusti MM, Wrolstad RE. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In: *Current protocols in food analytical chemistry*. [S. l.]: John Wiley & Sons; 2001. p. F1.2.1–F1.2.13.
14. Wang H, Nair MG, Iezzoni AF, Strasburg GM, Booren AM, Gray JI. Quantification and characterization of anthocyanins in Balaton tart cherries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1997;45(7):2556–2560. DOI: 10.1021/jf960896k.
15. Kim D-O, Padilla-Zakour OI. Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: cherry, plum, and raspberry. *Journal of Food Science*. 2004;69(9):S395–S400. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2004.tb09956.x.
16. Zozio S, Pallet D, Dornier M. Evaluation of anthocyanin stability during storage of a coloured drink made from extracts of the Andean blackberry (*Rubus glaucus* Benth.), açai (*Euterpe oleracea* Mart.) and black carrot (*Daucus carota* L.). *Fruits*. 2011;66(3):203–215. DOI: 10.1051/fruits/2011030.
17. Колбас НЮ. Антоциановый комплекс и антиоксидантная активность плодов некоторых представителей семейства розоцветные (*Rosaceae* Juss.). Решетников ВН, редактор. Брест: БрГУ; 2019. 173 с.

References

1. Privalov FI, Grib SI, Matys IS, Kozlovskaya ZA, Kil'chevskii AV, Lemesh VA, et al., editors. *Geneticheskie resursy rastenii v Belarusi: mobilizatsiya, sokhranenie, izuchenie i ispol'zovanie* [Plant genetic resources in Belarus: mobilization, conservation, study and use]. Minsk: Chetyre chetverti; 2019. 452 p. Russian.
2. Taranov AA. New sour cherry cultivar Milavitsa. In: Samus VA, Matveyev VA, Shmiglevskaya NA, Vasekha VV, Gashenko TA, Dmitrieva AM, et al., editors. *Fruit-growing. Volume 27*. Samokhvalovich: [s. n.]; 2015. p. 115–121. Russian.
3. Mitić MN, Obradović MV, Kostić DA, Micić RJ, Pecev ET. Polyphenol content and antioxidant activity of sour cherries from Serbia. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*. 2012;18(1):53–62. DOI: 10.2298/CICEQ110701046M.
4. Wojdyło A, Nowicka P, Laskowski P, Oszmiański J. Evaluation of sour cherry (*Prunus cerasus* L.) fruits for their polyphenol content, antioxidant properties, and nutritional components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014;62(51):12332–12345. DOI: 10.1021/jf504023z.
5. Çelik H, Özgen M, Serçe S, Kaya C. Phytochemical accumulation and antioxidant capacity at four maturity stages of cranberry fruit. *Scientia Horticulturae*. 2008;117(4):345–348. DOI: 10.1016/j.scienta.2008.05.005.
6. Doshi P, Adsule P, Banerjee K. Phenolic composition and antioxidant activity in grapevine parts and berries (*Vitis vinifera* L.) cv. Kishmish chornyi (Sharad seedless) during maturation. *International Journal of Food Science and Technology*. 2006;41(suppl. 1):1–9. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2006.01214.x.
7. Kader AA. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. In: Michalczuk L, editor. *Proceedings of the International symposium on effect of pre- and postharvest factors on storage of fruit*. [S. l.]: International Society for Horticultural Science; 1999. p. 203–208. (Acta Horticulturae; 485). DOI: 10.17660/ActaHortic.1999.485.27.
8. Kolbas NY, Trayanchuk VA, Palubiatka IG, Prvulović D. The phenolic compounds in tasting evaluation of the sweet cherries fruits. *Vesnik of Brest University. Series 5. Chemistry. Biology. Sciences about Earth*. 2019;2:25–33. Russian.
9. Sedov EN, Ogoľ'tsova TP, editors. *Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur* [The program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut-bearing crops]. Орел: Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut selektsii plodovykh kul'tur; 1999. 606 p. Russian.
10. Kaack K. Maturation and picking time for sweet cherries (*Prunus avium*) and sour cherries (*Prunus cerasus* L.). *European Food Research and Technology*. 2017;243(4):539–546. DOI: 10.1007/s00217-016-2753-6.
11. Waterhouse AL. Determination of total phenolics. In: *Current protocols in food analytical chemistry*. [S. l.]: John Wiley & Sons; 2002. p. 11.1.1–11.1.8.
12. Fukumoto LR, Mazza G. Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000;48(8):3597–3604. DOI: 10.1021/jf000220w.
13. Giusti MM, Wrolstad RE. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In: *Current protocols in food analytical chemistry*. [S. l.]: John Wiley & Sons; 2001. p. F1.2.1–F1.2.13.
14. Wang H, Nair MG, Iezzoni AF, Strasburg GM, Booren AM, Gray JI. Quantification and characterization of anthocyanins in Balaton tart cherries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1997;45(7):2556–2560. DOI: 10.1021/jf960896k.
15. Kim D-O, Padilla-Zakour OI. Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: cherry, plum, and raspberry. *Journal of Food Science*. 2004;69(9):S395–S400. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2004.tb09956.x.
16. Zozio S, Pallet D, Dornier M. Evaluation of anthocyanin stability during storage of a coloured drink made from extracts of the Andean blackberry (*Rubus glaucus* Benth.), açai (*Euterpe oleracea* Mart.) and black carrot (*Daucus carota* L.). *Fruits*. 2011;66(3):203–215. DOI: 10.1051/fruits/2011030.
17. Kolbas NY. *Antotsianovyi kompleks i antioksidantnaya aktivnost' plodov nekotorykh predstavitelei semeistva rozotsvetnyye (Rosaceae Juss.)* [Anthocyanin complex and antioxidant activity in the fruits of some Rosaceae species]. Reshetnikov VN, editor. Brest: Brest State A. S. Pushkin University; 2019. 173 p. Russian.