

EDN DTKLHD

DOI 10.5281/zenodo.8271879

УДК 634.232:581.19

Жбанова Е. В., Лукьянчук И. В.

**БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПЛОДОВ
ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ И ОТБОРНЫХ ФОРМ ЗЕМЛЯНИКИ В
УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РАЙОНА**

ФГБНУ «Федеральный научный центр имени И. В. Мичурина»

Реферат. Земляника садовая (*Fragaria* × *ananassa Duch.*) – одна из самых популярных и экономически важных ягодных культур, выращиваемых во всем мире. В последнее время значительно возрос интерес к выведению сортов земляники, богатых полезными фитохимическими веществами. Цель исследования состояла в комплексной оценке химического состава плодов перспективных сортов и отборных форм земляники в условиях Центрально-Черноземного района и выделении источников для диетического (лечебно-профилактического) питания и технологической переработки. Объектами исследования служили сорта и перспективные отборные формы земляники, созданные с использованием методов интрогрессивной и межсортовой гибридизации, селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина», а также зарубежные сорта (всего 26 образцов). Изучение химического состава плодов проводили в 2018–2022 гг. на приборно-аналитической базе лаборатории биохимии и пищевых технологий с применением стандартных методов анализа. Определены следующие параметры показателей химического состава плодов: содержание растворимых сухих веществ – 11,0 % Brix, суммы сахаров – 7,9 %, органических кислот – 0,84 %, аскорбиновой кислоты – 60,3 мг/100 г, антоцианов – 59,3 мг/100 г. Наибольшим содержанием сахаров (более 9,0 % по средним многолетним данным) отличались сорта Ласточка, Флора, отборная форма 35-16 (922-67 × *Maryshka*). Все исследованные образцы характеризовались оптимальной для культуры земляники кислотностью. Высокий сахаро-кислотный индекс отмечен у сортов Ласточка (15,2), Яркая (11,6), *VitaZanta* (12,2), отборных форм 26-5 (Рубиновый кулон × 298-19-9-43 – 11,5), 928-12 (298-19-9-43 × Привлекательная – 11,4). Высоким содержанием витамина С (90,8 мг/100 г по средним многолетним данным) характеризовалась отборная форма 56-7 (*Gigantella Maxim* × Привлекательная). Максимальное значение признака у нее достигало 110,4 мг/100 г. Значительным накоплением витамина С отличалась также отборная форма 25-1 (Рубиновый кулон × *Maryshka*) – среднее многолетнее – 79,1 мг/100 г, максимальное – 84,9 мг/100 г. Темной окраской плодов и повышенным накоплением антоцианов характеризовались сорта Флора и Привлекательная (среднее многолетнее значение – 66,8 и 76,5 мг/100 г соответственно). Более 100 мг/100 г антоцианов по средним многолетним данным отмечено у отборных форм 21-14 (Урожайная ЦГЛ × Рубиновый кулон), 25-1 (Рубиновый кулон × *Maryshka*), 35-1 (922-67 × *Maryshka*). Выделенные генотипы, обладающие высокими показателями качества плодов, рекомендованы для использования в диетическом питании, технологической переработке и замораживании, а также в дальнейшей селекционной работе.

Ключевые слова: земляника садовая (*Fragaria* × *ananassa Duch.*), химический состав, пищевая ценность, аскорбиновая кислота, антоцианы.

Для цитирования: Жбанова Е. В., Лукьянчук И. В. Биохимические показатели качества плодов перспективных сортов и отборных форм земляники в условиях Центрально-Черноземного района // Таврический вестник аграрной науки. 2023. № 2(34). С. 30–38. EDN: DTKLHD. DOI 10.5281/zenodo.8271879.

For citation: Zhanova Ye. V., Luk'yanchuk I. V. Biochemical indices of fruit quality in promising strawberry varieties and selected forms under conditions of the Central Chernozem Region // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2023. No. 2(34). P. 30–38. EDN: DTKLHD. DOI 10.5281/zenodo.8271879.

Введение

Земляника садовая (*Fragaria × ananassa* Duch.) – одна из самых популярных и экономически важных ягодных культур, выращиваемых во всем мире. Среди ягод она наиболее предпочтительна благодаря изысканному вкусу, аромату, богатству биологически активными соединениями [1]. Разработанные ранее селекционные программы по землянике были сосредоточены, как правило, на выведении сортов с определенными хозяйственно ценными (урожайность, крупноплодность, устойчивость к болезням и вредителям) и сенсорными признаками (вкус, привлекательный внешний вид). Однако в последнее время значительно возрос интерес к выведению сортов, богатых полезными для здоровья фитохимическими веществами [2].

Плоды земляники – важный источник фитонутриентов – сахаров, органических кислот, аскорбиновой кислоты, фенольных кислот, флавоноидов, антоцианов, минеральных веществ [1, 3–5]. Благодаря высокой пищевой ценности землянику считают продуктом функционального питания [3]. В многочисленных клинических исследованиях показано, что плоды земляники способствуют снижению риска развития ряда хронических заболеваний, таких как рак, сердечно-сосудистые заболевания, ожирение, диабет, воспалительные и нейродегенеративные заболевания (болезни Паркинсона, Альцгеймера) [6].

Аскорбиновая кислота (витамин С) принадлежит к важнейшим биологически активным соединениям, необходимым для нормального функционирования организма. Аскорбиновая кислота (АК) и продукт ее окисления – дегидроаскорбиновая кислота (ДАК) участвуют во всех окислительно-восстановительных реакциях, активирует пищеварительные ферменты, способствуют синтезу белка коллагена, входящему в состав тканей суставов, стенок кровеносных сосудов, обеспечивают нормальный иммунологический статус организма и его устойчивость к инфекциям и стрессу, усиливают активность фагоцитов – клеток крови, уничтожающих возбудителей болезней. Витамин С как антиоксидант играет защитную роль при сердечно-сосудистых заболеваниях. Аскорбиновая кислота жизненно важна для правильного функционирования иммунной системы, так как принимает участие в иммуномодулирующих процессах. Витамин С является кофактором многочисленных ферментов, содержащих ионы железа, то есть гидроксилаз и оксигеназ [7]. Недостаток витамина С характерен для значительной части (10–30 %) взрослого и детского населения РФ, особенно в зимне-весенний период года, что обусловлено недостаточным и нерегулярным потреблением зелени, свежих овощей и фруктов [8].

Антоцианы – хорошо известные полифенольные соединения, определяющие окраску плодов и ягод, и в количественном отношении являющиеся наиболее важными в плодах земляники. Кроме того, они обладают высокой антиоксидантной активностью. Благодаря применению современных методов высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) в плодах земляники идентифицировано более 25 различных антоциановых пигментов, составлен антоциановый профиль. Основные антоциановые соединения данной культуры – пеларгонидин-3-*O*-глюкозид и пеларгонидин-3-*O*-рутинозид. В меньшем количестве обнаруживается цианидин-3-*O*-глюкозид [9–12]. Пеларгонидин-3-*O*-глюкозид обеспечивает характерный ярко-красный цвет плодов земляники, а цианидин-3-*O*-глюкозид определяет более темный красный цвет [13]. Темноокрашенные плоды наиболее предпочтительны как в

отношении антиоксидантных свойств, так и в плане наибольшей пригодности для переработки и замораживания.

Плоды земляники характеризуются высокой антиоксидантной активностью благодаря высокому содержанию полифенолов, среди которых преобладают антоцианины – 41 %; флаван-3-олы составляют 28 %, эллаготаннины – 14 %, коричные кислоты (конъюгированные) – 13 %, флавонолы – 3 %, эллаговая кислота (конъюгированная) – 1 % [10]. Земляника входит в список 100 продуктов с максимальным значением ORAC (oxygen radical absorbance capacity – способность поглощения радикалов кислорода) – 3577 мкмольТЕ/100 г, превосходя смородину красную, вишню, крыжовник [3].

В Польше А. Nowicka с сотрудниками [14] при исследовании большого массива сортов выделили формы с высокими антиоксидантными свойствами: Roxana, Gigaline, Selvik, ThurigaISK, Eratina, Siria, Dagol, Plarionfre, Grenadier, Kimberly. При изучении генетических ресурсов земляники Т. Dzhanzezova с сотрудниками [11] выделили форму S94, сочетающую высокую антиоксидантную активность (4,6 ммоль эквивалентов тролокса g^{-1} сырой массы плодов и 24,6 ммоль $Fe^{2+} g^{-1}$ сырой массы плодов) и общее содержание антоцианов (1,76 г kg^{-1} сырой массы плодов) в пересчете на цианидин-3-О-глюкозид. Корейскими исследователями [15] выделены ценные сорта: Josaenghongshim (с наибольшим содержанием полифенолов и флавоноидов) и Seolhyang (с высокой антиоксидантной активностью, измеренной по методу ABTS ([2,2'-azinobis(3-ethylbenzthiazoline)-6-sulfonic acid] – [2,2'-азино-бис(этилбензтиазолин – 6 сульфоновая кислота)]) – $9179 \pm 1,0$ ммольТЕ/100 г сырой массы). Турецкими исследователями [4] выделены сорта Rubygem, Victoria и FL-127, характеризующиеся высоким накоплением биологически активных веществ (включая полифенольные соединения) и антиоксидантной способностью.

Цель исследований – комплексная оценка химического состава плодов перспективных сортов и отборных форм земляники в условиях Централь-Черноземного района и выделение источников для диетического (лечебно-профилактического) питания и технологической переработки.

Материалы и методы исследований

Объектами исследования служили 26 образцов земляники: сорта и перспективные отборные формы, созданные в ФНЦ им. И. В. Мичурина с использованием методов интрогрессивной и межсортовой гибридизации, а также зарубежные сорта (таблица 1).

Таблица 1 – Объекты исследования

Сорт	Происхождение
1	2
Ласточка	922-67 × Привлекательная (ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина», Россия)
Привлекательная	Рубиновый кулон × Albritton (ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина», Россия)
Урожайная ЦГЛ	Senga Sengana × Redcoat (ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина», Россия)
Флора	Senga Sengana × Redcoat (ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина», Россия)
Юниол	Ордена трудового красного знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Республика Крым, Россия
Яркая	Senga Sengana × Redcoat (ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина», Россия)
Elianny	оригинатор – Albert Konnings / Geobr. Vissers., Нидерланды
Kimberly	Gorella × Chandier (Агрохолдинг «VissersAardbeiplanten B.V.», Нидерланды)
Korona	Tamella × Induka (Институт селекции плодовоощных культур, Вагенинген, Нидерланды)
VimaZanta	Elsanta × Korona (Агрохолдинг «VissersAardbeiplanten B.V.», Нидерланды)
Отборная форма	
21-14	Урожайная ЦГЛ × Рубиновый кулон
25-1	Рубиновый кулон × Maryshka

Продолжение таблицы 1

1	2
26-5	Рубиновый кулон × 298-19-9-43
26-8	
26-10	
35-1	922-67 × Maryshka
35-5	
35-8	
35-16	
56-7	Gigantella Maxim × Привлекательная
56-17	
56-19	
911-16	Фейерверк × Фестивальная ромашка
914-13	Фестивальная × Привлекательная
928-12	298-19-9-43 × Привлекательная
933-4	<i>F. virginiana ssp. platipetala</i> × Рубиновый кулон

Исследования химического состава проводили в 2018–2022 гг. на базе лаборатории биохимии и пищевых технологий. Содержание растворимых сухих веществ, выраженное в % Wrix , оценивали с помощью цифрового рефрактометра RX-5000i, Atago, Япония (ГОСТ ISO 2173-2013). Общую кислотность определяли титрованием водного экстракта гомогената плодов 0,1 N раствором NaOH (ГОСТ ISO 750-2013); результаты выражали в процентах лимонной кислоты. Сумму сахаров определяли по методу Бертрана (ГОСТ 8756.13-87), содержание аскорбиновой кислоты – по ГОСТ 24556-89. Для титрования использовали автоматический титратор G20S серии Titration Compact, Mettler Toledo, Швейцария. Титрование проводили в трехкратной повторности. Суммарное содержание антоцианов определяли методом рН-дифференциальной спектрофотометрии (спектрофотометр Genesys 10uv, Thermo, США) по ГОСТ 32709-2014. Результаты выражали в мг/100 г сырого веса в пересчете на цианидин-3-глюкозид.

Результаты и их обсуждение

В таблице 2 отражены параметры показателей химического состава плодов в исследуемой группе образцов земляники. По содержанию растворимых сухих веществ среднее арифметическое совпадает с медианой. Среднее арифметическое по содержанию сахаров несколько отличается от медианы (7,9 и 8,0 % соответственно). Среднее арифметическое по содержанию кислот совпадает и с медианой, и модой. Содержание аскорбиновой кислоты составило в среднем 60,3 мг/100 г; медиана и мода – 60,0 мг/100 г. У наиболее варьирующего по сортам показателя – содержание антоцианов, медиана и мода более заметно отличались от среднего арифметического.

Таблица 2 – Статистические параметры показателей химического состава плодов земляники

Показатель	Описательная статистика					
	среднее, М	стандартная ошибка, m	минимум-максимум	интервал, (Δ)	медиана, Md	мода, Md
PCB, % Wrix	11,0	0,2	8,5–12,2	3,7	11,0	12,1
Сумма сахаров, %	7,9	0,2	6,2–9,4	3,2	8,0	8,3
Титруемая кислотность, %	0,84	0,02	0,62–1,09	0,47	0,84	0,84
Сахар/кислота	9,8	0,3	7,4–15,2	7,8	9,6	8,4
Витамин С, мг/100 г	60,3	2,0	38,4–90,8	52,4	60,0	60,0
Антоцианы, мг/100 г	59,3	4,9	30,4–110,4	80,0	56,3	39,7

Несмотря на особую актуальность высокого содержания в плодах новых сортов земляники биологически активных компонентов, содержание сахаров и органических кислот, во многом определяющих гармоничный вкус, остается важным критерием. Минимальное за период исследования содержание растворимых сухих веществ и сахаров отмечено у отборной формы 56-19 – 7,6 % Brix и 5,0 % соответственно, максимальное значение отмечено у сорта Флора: РСВ – 16,4 % Brix, сахаров – 13,3% (таблица 3).

Таблица 3 – Химический состав плодов перспективных сортов и отборных семян земляники (среднее за 2018–2022 гг.)

Сорт, отборная форма	Показатель					
	РСВ, % Brix	Сумма сахаров, %	Титруемая кислотность, %	Сахар/кислота	Витамин С, мг/100г	Антоцианы, мг/100г
1	2	3	4	5	6	6
Ласточка	$11,9 \pm 1,2^*$ 10,0–15,4	$9,3 \pm 0,8$ 8,3–11,8	$0,62 \pm 0,04$ 0,52–0,69	$15,2 \pm 1,5$ 12,6–19,0	$55,0 \pm 3,2$ 46,7–60,3	$39,7 \pm 3,4$ 34,2–48,8
Привлекательная	$11,6 \pm 0,8$ 9,7–14,6	$8,8 \pm 0,9$ 7,5–12,4	$0,96 \pm 0,04$ 0,86–1,10	$9,3 \pm 1,3$ 7,4–14,4	$70,7 \pm 4,7$ 61,9–85,8	$76,5 \pm 6,5$ 59,1–92,1
Урожайная ЦГЛ	$10,6 \pm 0,5$ 9,3–12,6	$7,8 \pm 0,5$ 6,8–9,7	$0,97 \pm 0,09$ 0,62–1,18	$8,3 \pm 0,9$ 6,9–11,9	$60,0 \pm 3,6$ 54,4–74,0	$30,4 \pm 3,1$ 22,1–41,0
Флора	$12,1 \pm 1,2$ 9,9–16,4	$9,2 \pm 1,2$ 7,0–13,3	$1,09 \pm 0,05$ 0,94–1,23	$8,5 \pm 1,04$ 6,2–11,6	$60,8 \pm 4,3$ 49,6–76,1	$66,8 \pm 5,3$ 53,1–84,7
Юниол	$9,1 \pm 0,5$ 8,3–9,9	$6,6 \pm 0,2$ 6,3–6,9	$0,65 \pm 0,11$ 0,50–0,86	$10,5 \pm 1,3$ 8,0–12,6	$38,4 \pm 4,2$ 30,1–42,7	$39,7 \pm 6,4$ 30,8–52,2
Яркая	$10,5 \pm 0,7$ 9,1–11,6	$7,9 \pm 0,3$ 7,4–8,4	$0,69 \pm 0,05$ 0,59–0,76	$11,6 \pm 0,4$ 11,0–12,5	$55,4 \pm 5,3$ 47,1–65,4	$30,7 \pm 2,2$ 27,0–34,6
Elianny	$10,1 \pm 0,8$ 9,1–11,6	$7,4 \pm 1,1$ 5,9–9,6	$0,78 \pm 0,09$ 0,68–0,97	$9,9 \pm 2,2$ 6,1–13,7	$46,2 \pm 7,6$ 33,2–59,4	$34,2 \pm 0,4$ 33,4–34,9
Kimberly	$8,5 \pm 0,3$ 8,0–8,9	$6,2 \pm 0,4$ 5,4–6,9	$0,82 \pm 0,08$ 0,71–0,97	$7,8 \pm 1,2$ 5,6–9,7	$58,9 \pm 5,0$ 49,5–66,7	$36,8 \pm 6,1$ 24,6–43,9
Korona	$9,4 \pm 0,7$ 7,9–10,4	$6,8 \pm 0,9$ 5,1–7,8	$0,75 \pm 0,11$ 0,61–0,96	$9,7 \pm 2,3$ 5,3–12,8	$60,7 \pm 3,9$ 54,8–68,1	$37,6 \pm 5,0$ 31,7–47,5
VimaZanta	$10,6 \pm 0,5$ 9,6–11,5	$8,6 \pm 1,0$ 6,5–9,7	$0,73 \pm 0,08$ 0,59–0,86	$12,2 \pm 2,5$ 7,6–16,1	$60,0 \pm 6,2$ 48,9–70,4	$56,4 \pm 3,8$ 51,9–63,9
21-14	$10,5 \pm 0,6$ 9,1–12,1	$7,6 \pm 0,4$ 6,7–8,4	$0,80 \pm 0,07$ 0,64–0,92	$9,9 \pm 1,4$ 7,3–13,1	$59,3 \pm 6,3$ 46,9–75,2	$110,4 \pm 14,1$ 79,3–145,9
25-1	$11,8 \pm 0,4$ 11,1–12,6	$8,0 \pm 0,9$ 6,8–9,7	$0,80 \pm 0,06$ 0,72–0,91	$10,2 \pm 1,6$ 8,4–13,5	$79,1 \pm 3,4$ 73,0–84,9	$108,5 \pm 5,2$ 101,3–118,6
26-5	$12,1 \pm 0,7$ 11,3–13,5	$8,8 \pm 0,4$ 8,1–9,6	$0,77 \pm 0,09$ 0,61–0,91	$11,5 \pm 0,9$ 10,5–13,3	$61,9 \pm 1,4$ 59,0–63,4	$56,2 \pm 3,6$ 48,9–59,9
26-8	$12,0 \pm 1,0$ 10,9–14,0	$7,2 \pm 1,0$ 5,8–9,1	$0,84 \pm 0,10$ 0,64–0,96	$8,7 \pm 1,3$ 6,0–10,3	$50,3 \pm 3,2$ 44,8–55,9	$38,2 \pm 4,0$ 30,7–44,4
26-10	$12,2 \pm 1,4$ 9,7–14,5	$8,7 \pm 1,0$ 6,8–10,4	$0,93 \pm 0,02$ 0,91–0,97	$9,4 \pm 1,3$ 7,0–11,4	$65,3 \pm 6,3$ 55,9–77,4	$56,7 \pm 5,1$ 50,3–66,7
35-1	$12,1 \pm 0,1$ 11,8–12,4	$8,1 \pm 0,4$ 6,9–8,8	$0,84 \pm 0,04$ 0,76–0,94	$9,7 \pm 0,9$ 7,6–11,6	$58,2 \pm 5,7$ 44,0–70,5	$103,3 \pm 14,0$ 87,6–131,3
35-5	$10,2 \pm 0,2$ 9,8–10,7	$7,0 \pm 0,2$ 6,7–7,4	$0,86 \pm 0,08$ 0,66–1,07	$8,4 \pm 0,8$ 6,7–10,2	$56,1 \pm 1,5$ 51,9–59,0	$59,3 \pm 2,3$ 52,7–62,7
35-8	$11,1 \pm 0,5$ 9,2–12,1	$7,8 \pm 0,4$ 6,3–8,7	$0,93 \pm 0,04$ 0,79–1,05	$8,4 \pm 0,2$ 8,0–9,3	$60,7 \pm 3,4$ 48,6–69,5	$64,8 \pm 7,0$ 44,0–81,7
35-16	$11,8 \pm 1,0$ 9,0–13,6	$9,4 \pm 0,5$ 8,8–10,4	$0,92 \pm 0,03$ 0,86–0,96	$10,3 \pm 0,3$ 9,8–10,8	$54,6 \pm 5,9$ 37,3–63,8	$94,5 \pm 12,1$ 64,1–117,2
56-7	$11,8 \pm 0,2$ 11,4–12,1	$8,3 \pm 0,5$ 7,2–9,0	$1,04 \pm 0,16$ 0,77–1,34	$8,4 \pm 1,7$ 6,4–11,7	$90,8 \pm 9,9$ 78,1–110,4	$57,6 \pm 7,6$ 43,5–69,4
56-17	$10,8 \pm 1,0$ 8,9–11,9	$7,1 \pm 0,4$ 6,3–7,6	$0,98 \pm 0,12$ 0,86–1,21	$7,4 \pm 0,7$ 6,2–8,8	$64,8 \pm 3,1$ 59,0–69,5	$56,0 \pm 4,2$ 49,2–63,7
56-19	$10,9 \pm 1,7$ 7,6–13,1	$7,0 \pm 1,0$ 5,0–8,4	$0,84 \pm 0,04$ 0,78–0,92	$8,4 \pm 1,5$ 5,4–10,1	$63,9 \pm 4,8$ 54,3–70,4	$53,7 \pm 10,2$ 36,1–71,4
911-16	$10,7 \pm 0,7$ 9,5–12,1	$8,2 \pm 0,7$ 7,2–9,6	$0,91 \pm 0,13$ 0,70–1,15	$9,5 \pm 2,1$ 6,7–13,7	$48,8 \pm 3,5$ 43,6–55,4	$33,8 \pm 1,1$ 32,3–36,1

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	6
914-13	$12,2 \pm 0,9$ 10,4–13,5	$8,3 \pm 0,8$ 6,7–9,2	$0,81 \pm 0,11$ 0,64–1,02	$10,6 \pm 1,8$ 8,6–14,2	$64,3 \pm 5,5$ 54,1–72,8	$59,8 \pm 7,9$ 46,5–73,9
928-12	$12,1 \pm 1,0$ 10,0–13,3	$8,3 \pm 0,7$ 7,0–9,1	$0,74 \pm 0,06$ 0,63–0,83	$11,4 \pm 1,5$ 9,2–14,4	$64,9 \pm 2,1$ 61,3–68,6	$99,8 \pm 7,3$ 89,2–113,9
933-4	$10,5 \pm 1,2$ 8,1–14,0	$8,2 \pm 0,8$ 7,2–9,7	$0,90 \pm 0,03$ 0,85–0,96	$9,2 \pm 0,9$ 8,0–11,0	$60,0 \pm 2,0$ 55,1–63,4	$40,0 \pm 6,2$ 28,1–57,5

Примечание. * – в числителе – средняя арифметическая величина (M) и стандартная ошибка (m); в знаменателе – пределы варьирования (min-max).

Наибольшим содержанием сахаров (выше 9,0 % по средним многолетним данным) отличались сорта Ласточка, Флора, отборная форма 35-16. Все исследованные образцы характеризовались умеренной кислотностью. Наименьшее за период исследования содержание органических кислот выявлено у сорта Юниол (0,50 %), наибольшее – у отборной формы 56-17 (1,34 %).

Согласно современным рекомендациям [16], в плодах новых сортов земляники должно содержаться: растворимых сухих веществ – более 12%, сахаров – более 8%, аскорбиновой кислоты – более 80 мг/100 г, антоцианов – более 80 мг/100 г, органических кислот – не выше 1,5 %. По содержанию растворимых сухих веществ заданному критерию (выше 12,0 % Brix) соответствовали сорт Флора и отборные формы 26-5, 26-8, 35-1, 914-13, 928-12. Высоким среднемноголетним уровнем содержания растворимых сухих веществ характеризовался сорт Ласточка (11,9 % Brix) и отборные формы 35-16 (11,8 % Brix), 56-7 (11,8 % Brix).

Сахарно-кислотный индекс (СКИ) важен для определения десертных качеств плодов и ягод. Высокий СКИ отмечен у сортов Ласточка (15,2), Яркая (11,6), VimaZanta (12,2), отборных форм 26-5 (11,5), 928-12 (11,4).

Интервалы изменчивости по содержанию витамина С в плодах земляники составили от 43,6 до 110,4 мг/100 г. Из всего исследованного массива образцов наиболее высоким уровнем содержания витамина С (90,8 мг/100 г по среднемноголетним данным) характеризовалась отборная форма 56-7 – максимальное значение признака у нее достигало 110,4 мг/100 г. Высоким накоплением витамина С также отличалась отборная форма 25-1 (среднее многолетнее – 79,1 мг/100 г, максимальное – 84,9 мг/100 г). Низкое содержание витамина С установили у отборной формы 911-16 (среднее многолетнее – 48,8 мг/100 г).

Исследованные сорта и отборные формы характеризовались большим разнообразием по накоплению в плодах антоцианов – от 22,1 до 145,9 мг/100 г. Темной окраской плодов и повышенным накоплением антоцианов отличались сорта Флора и Привлекательная (среднее многолетнее значение – 66,8 и 76,5 мг/100 г соответственно). Более 100 мг/100 г антоцианов по среднемноголетним данным отмечено у отборных форм 21-14, 25-1, 35-1. Немного ниже данный показатель у отборных форм 35-16 (94,5 мг/100 г) и 928-12 (99,8 мг/100 г).

Выводы

В результате проведенных исследований получена развернутая характеристика перспективных сортов и отборных форм земляники по химическому составу плодов.

Высоким содержанием сахаров (> 9,0 % по средним многолетним данным) отличались сорта Ласточка, Флора, отборная форма 35-16 (922-67 × Maryshka); аскорбиновой кислоты – отборные формы 56-7 (Gigantella Maxim × Привлекательная) – среднее многолетнее 90,8 мг/100 г, 25-1 (Рубиновый кулон × Maryshka) – среднее многолетнее 79,1 мг/100 г.; антоцианов (>100 мг/100 г по средним многолетним данным) – отборные формы 21-14 (Урожайная ЦГЛ × Рубиновый кулон), 25-1

(Рубиновый кулон × Maryshka), 35-1(922-67 × Maryshka). Выделенные генотипы, обладающие высокими показателями качества плодов, рекомендованы для использования в диетическом питании, технологической переработке и замораживании, а также в дальнейшей селекционной работе.

Литература

1. Акимов М. Ю., Лукьянчук И. В., Жбанова Е. В., Лыжин А. С. Плоды земляники садовой (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) как ценный источник пищевых и биологически активных веществ (обзор) // Химия растительного сырья. 2020. № 1. С. 5–18. DOI: 10.14258/jcprm.2020015511.
2. Mezzetti B., Balducci F., Capocasa F., Zong C.-F., Cappelletti R., Di Vittori L., Mazzoni L., Giampieri F., Battino M. Breeding strawberry for higher phytochemicals content and claim it: is it possible? // International Journal of Fruit Science. 2016. Vol. 16(1). P. 194–206. DOI: 10.1080/15538362.2016.1250695.
3. Яшин А. Я., Веденин А. Н., Яшин Я. И., Немзер Б. В. Ягоды: химический состав, антиоксидантная активность. Влияние потребления ягод на здоровье человека // Аналитика. 2019. Т. 9. № 3. С. 222–230. DOI: 10.22184/2227-572X.2019.09.3.222.230.
4. Ürün I., Attar S.H., Sönmez D. A., Gündesli M. A., Ercisli S., Kafkas N. E., Bandic L. M., Duralija V. Comparison of polyphenol, sugar, organic acid, volatile compounds, and antioxidant capacity of commercially grown strawberry cultivars in Turkey // Plants. 2021. No. 10. Art. No. 1654. DOI: 10.3390/plants10081654.
5. Zhang Y., Yang M., Hou G., Zhang Y., Chen Q., Lin Y., Li M., Wang Y., He W., Wang X., Tang H., Luo Y. Effect of genotype and harvest date on fruit quality, bioactive compounds, and antioxidant capacity of strawberry // Horticulturae. 2022. Vol. 8(4). Art. No. 348. DOI: 10.3390/horticulturae8040348.
6. Miller K., Feucht W., Schmid M. Bioactive compounds of strawberry and blueberry and their potential health effects based on human intervention studies: a brief overview // Nutrients. 2019. Vol. 11(7). Art. No. 1510. DOI: 10.3390/nu11071510.
7. Николаева Л. А., Ненахова Е. В. Биологическая роль витаминов в организме. Методы оценки витаминной обеспеченности организма человека. Методы определения витамина С. Учебно-методическое пособие. Иркутск: ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России, 2014. 71 с.
8. Тутельян В. А. Нутрициология и клиническая диетология: национальное руководство // Под ред. Тутельян В. А., Никитюк Д. Б. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. 656 с.
9. Da Silva F. L., Escribano-Bailón M. T., Pérez Alonso J. J., Rivas Gonzalo J. C., Santos-Buelga C. Anthocyanin pigments in strawberry // LWT – Food Science and Technology. 2007. Vol. 40(2). P. 374–382. DOI: 10.1016/j.lwt.2005.09.018.
10. Giampieri F., Tulipani S., Alvarez-Suarez J. M., Quiles J. L., Mezzetti B., Battino M. The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health // Nutrition. 2012. Vol. 28(1). P. 9–19. DOI: 10.1016/j.nut.2011.08.009.
11. Dzhafezova T., Barba-Espín G., Müller R., Joernsgaard B., Hegelund J. N., Madsen B., Larsen D. H., Vega M. V. M., Toldam-Andersen T. Anthocyanin profile, antioxidant activity and total phenolic content of a strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) genetic resource collection // Food Bioscience. 2020. Vol. 36(1). Art. No. 100620. DOI: 10.1016/j.fbio.2020.100620.
12. Sirijan M., Pipattanawong N., Saeng-on B., Chairasart P. Anthocyanin content, bioactive compounds and physico-chemical characteristics of potential new strawberry cultivars rich in-anthocyanins // Journal of Berry Research. 2020. Vol. 10(3). P. 397–410. DOI: 10.3233/jbr190487.
13. Garzón G. A., Wrolstad R. E. Comparison of the stability of pelargonidin-based anthocyanins in strawberry juice and concentrate // Journal of Food Science. 2020. Vol. 67(4). P. 1288–1299. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb10277.x
14. Nowicka A., Kucharska A. Z., Sokół-Łętowska A., Fecka I. Comparison of polyphenol content and antioxidant capacity of strawberry fruit from 90 cultivars of *Fragaria* × *ananassa* Duch. // Food Chemistry. 2019. Vol. 270. P. 32–46. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.07.015.
15. Lee S., Cho J.-Y., Park K. D., Kim Y.-D., Yim S.-H. Assessment of validation and antioxidant activities of novel 12 Korean strawberry cultivars // Food Science and Technology (Campinas). 2022. Vol. 42(8). DOI: 10.1590/fst.76121.
16. Куликов И. М., Айтжанова С. Д., Андропова Н. В., Борисова А. А., Тумаева Т. А. Модель промышленного сорта земляники садовой для условий средней полосы России // Садоводство и виноградарство. 2020. № 3. С. 5–10. DOI: 10.31676/0235-2591-2020-3-5-10.

References

1. Akimov M. Yu., Luk'yanchuk I. V., Zhanova E. V., Lyzhin A. S. Strawberry fruit (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) as a valuable source of nutritional and biologically active substances (review) // Khimija Rastitel'nogo Syr'ja (Chemistry of plant raw material). 2020. No. 1. P. 5–18. DOI: 10.14258/jcprm.2020015511.
2. Mezzetti B., Balducci F., Capocasa F., Zong C.-F., Cappelletti R., Di Vittori L., Mazzoni L., Giampieri F., Battino M. Breeding strawberry for higher phytochemicals content and claim it: is it possible?

// International Journal of Fruit Science. 2016. Vol. 16(1). P. 194–206. DOI: 10.1080/15538362.2016.1250695.

3. Yashin A. Ya., Vedenin A. N., Yashin Ya. I., Nemzer B. V. Berries: chemical composition, antioxidant activity, impact of consumption of berries on health of the person // *Analytics*. 2019. No. 9(3). P. 222–230. DOI: 10.22184/2227-572X.2019.09.3.222.230.

4. Urün I., Attar S. H., Sönmez D. A., Gündesli M. A., Ercisli S., Kafkas N. E., Bandic L. M., Duralija B. Comparison of polyphenol, sugar, organic acid, volatile compounds, and antioxidant capacity of commercially grown strawberry cultivars in Turkey // *Plants*. 2021. No. 10. Art. No. 1654. DOI: 10.3390/plants10081654.

5. Zhang Y., Yang M., Hou G., Zhang Y., Chen Q., Lin Y., Li M., Wang Y., He W., Wang X., Tang H., Luo Y. Effect of genotype and harvest date on fruit quality, bioactive compounds, and antioxidant capacity of strawberry // *Horticulturae*. 2022. Vol. 8(4). P. 348. DOI: 10.3390/horticulturae8040348.

6. Miller K., Feucht W., Schmid M. Bioactive compounds of strawberry and blueberry and their potential health effects based on human intervention studies: a brief overview // *Nutrients*. 2019. Vol. 11(7). Art. No. 1510. DOI: 10.3390/nu11071510.

7. Nikolayeva L. A., Nenakhova E. V. Biological role of vitamins in the body. Methods for assessing the vitamin supply of the human body. Methods for the determination of vitamin C. Educational and methodical manual. Irkutsk: Irkutsk State Medical University (ISMU) of the Ministry of Health of Russia, 2014. 71 p.

8. Tutel'yan V. A. Nutrition and clinical dietetics: national guidelines // Ed. by Tutel'yan V. A., Nikityuk D. B. Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2020. 656 p.

9. Da Silva F. L., Escribano-Bailón M. T., Pérez Alonso J. J., Rivas Gonzalo J. C., Santos-Buelga C. Anthocyanin pigments in strawberry // *LWT – Food Science and Technology*. 2007. Vol. 40(2). P. 374–382. DOI: 10.1016/j.lwt.2005.09.018.

10. Giampieri F., Tulipani S., Alvarez-Suarez J. M., Quiles J. L., Mezzetti B., Battino M. The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health // *Nutrition*. 2012. Vol. 28(1). P. 9–19. DOI: 10.1016/j.nut.2011.08.009.

11. Dzhanfezova T., Barba-Espín G., Müller R., Joernsgaard B., Hegelund J. N., Madsen B., Larsen D. H., Vega M. V. M., Toldam-Andersen T. Anthocyanin profile, antioxidant activity and total phenolic content of a strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) genetic resource collection // *Food Bioscience*. 2020. Vol. 36(1). Art. No. 100620. DOI: 10.1016/j.fbio.2020.100620.

12. Sirijan M., Pipattanawong N., Saeng-on B., Chairprasart P. Anthocyanin content, bioactive compounds and physico-chemical characteristics of potential new strawberry cultivars rich in anthocyanins // *Journal of Berry Research*. 2020. Vol. 10(3). P. 397–410. DOI: 10.3233/jbr190487.

13. Garzón G. A., Wrolstad R. E. Comparison of the stability of pelargonidin-based anthocyanins in strawberry juice and concentrate // *Journal of Food Science*. 2020. Vol. 67(4). P. 1288–1299. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb10277.x.

14. Nowicka A., Kucharska A. Z., Sokół-Łętowska A., Fecka I. Comparison of polyphenol content and antioxidant capacity of strawberry fruit from 90 cultivars of *Fragaria × ananassa* Duch. // *Food Chemistry*. 2019. Vol. 270. P. 32–46. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.07.015.

15. Lee S., Cho J.-Y., Park K. D., Kim Y.-D., Yim S.-H. Assessment of validation and antioxidant activities of novel 12 Korean strawberry cultivars // *Food Science and Technology (Campinas)*. 2022. Vol. 42(8). DOI: 10.1590/fst.76121.

16. Kulikov I. M., Aytzhanova S. D., Andronova N. V., Borisova A. A., Tumaeva T. A. A model of a commercial strawberry variety for the conditions of central Russia // *Horticulture and viticulture*. 2020. No. 3. P. 5–10. DOI: 10.31676/0235-2591-2020-3-5-10.

UDC 634.232:581.19

Zhbanova Ye. V., Luk'yanchuk I. V.

BIOCHEMICAL INDICES OF FRUIT QUALITY IN PROMISING STRAWBERRY VARIETIES AND SELECTED FORMS UNDER CONDITIONS OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

Summary. *Strawberry (Fragaria × ananassa Duch.) is one of the most popular and economically important berry crops widely cultivated in the world. In recent years, there has been a significant increase in interest in breeding strawberry varieties rich in beneficial phytochemicals. The aim of the current research was twofold: comprehensive assessment of chemical composition of fruits of promising strawberry varieties and selected forms under the Central Chernozem Region conditions; select sources for dietary (therapeutic and prophylactic) nutrition and technological processing. The research materials were 26*

strawberry samples: varieties and selected forms created at I.V. Michurin Federal Scientific Center (FSC) using the methods of introgressive and intervarietal hybridization, as well as foreign varieties. Chemical composition of fruits was studied in 2018–2022 at the instrumental and analytical facilities of the Laboratory of Biochemistry and Food Technologies using standard methods of analysis. The following parameters of fruit chemical composition were defined: soluble solids – 11.0 % Brix, total sugars – 7.9 %, organic acids – 0.84 %, ascorbic acid – 60.3 mg/100 g, anthocyanins – 59.3 mg/100 g. The highest sugar content (< 9.0 % according to long-term average data) was in strawberry varieties ‘Lastochka’, ‘Flora’ and in selected form 35-16 (922-67 × ‘Maryshka’). Optimal acidity was noted in all investigated strawberry samples. High sugar-acid index was registered in the varieties ‘Lastochka’ (15.2), ‘Yarkaya’ (11.6), ‘VimaZanta’ (12.2), as well as in selected forms 26-5 (‘Rubinovy kulon’ × 298-19-9-43 – 11.5) and 928-12 (298-19-9-43 × ‘Privlekatelnaya’ – 11.4). Selected form 56-7 (‘Gigantella Maxim’ × ‘Privlekatelnaya’) had high vitamin C content (90.8 mg/100 g according to long-term average data); maximum value of this trait – 110.4 mg/100g. In selected form 25-1 (‘Rubinovy kulon’ × ‘Maryshka’), we also registered high vitamin C content – 79.1 mg/100 g according to long-term average data; 84.9 mg/100 g maximum value of this trait. Varieties ‘Flora’ and ‘Privlekatelnaya’ were distinguished by darker colouring and higher anthocyanin accumulation (long term average data – 66.8 and 76.5 mg/100 g, respectively). According to long-term average data, accumulation of more than 100 mg/100 g of anthocyanins was observed in selected forms 21-14 (‘Urozhainaya’ CGL × ‘Rubinovy kulon’), 25-1 (‘Rubinovy kulon’ × ‘Maryshka’), 35-1 (922-67 × ‘Maryshka’). In the course of this research, we identified genotypes with high fruit quality parameters; they can be recommended for use in dietary nutrition, technological processing and freezing, as well as for further breeding work.

Keywords: *strawberry (Fragaria × ananassa Duch.), chemical composition, nutritional value, ascorbic acid, anthocyanins.*

Жбанова Екатерина Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимии и пищевых технологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина»; 393760, Россия, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Мичурина, 30; e-mail: shbanovak@yandex.ru.

Лукьянчук Ирина Васильевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории частной генетики и селекции, ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина»; 393760, Россия, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Мичурина, 30; e-mail: irina.lk2011@yandex.ru.

Zhbanova Yekaterina Viktorovna, Dr. Sc. (Agr.), leading researcher of Laboratory of biochemistry and food technologies, I.V. Michurin Federal Scientific Center; 30, Michurina str., Michurinsk, Tambov Region, 367014, Russia; e-mail: shbanovak@yandex.ru.

Luk'yanchuk Irina Vasilyevna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of Laboratory of private genetics and selection, I.V. Michurin Federal Scientific Center; 30, Michurina str., Michurinsk, Tambov Region, 367014, Russia; e-mail: irina.lk2011@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 28.02.2023.

Дата принятия к печати – 13.04.2023.