

УДК 641.5

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНОГО КОМПЛЕКСА ЖИМОЛОСТИ *LONICERA CAERULEA L.* СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

© *A.B. Арисов¹, А.В. Вяткин^{1*}, В.М. Тиунов¹, О.В. Чугунова¹, Н.С. Евтушенко²*

¹ Уральский государственный экономический университет, ул. 8 Марта /
Народной Воли, 62/45, Екатеринбург, 620144, Россия, 3dognight2009@mail.ru

² Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО
РАН, ул. Белинского, 112а, Екатеринбург, 620142, Россия

В статье представлены результаты трехлетнего исследования антиоксидантного комплекса в ягодах 11 сортов жимолости, произрастающих в Свердловской области. В результате исследований антиоксидантных показателей у жимолости значения антиоксидантной активности составили от 22.356 ± 0.671 до 60.537 ± 1.816 ммол/дм³ экв (наибольшее значение наблюдается у среднераннего сорта «Полянка Котова» со средним значением 55.622 ± 1.660 ммол/дм³ экв; наименьшее – у среднепозднего сорта «Лазурит» со средним значением 24.412 ± 0.732 ммол/дм³ экв). При этом содержание флавоноидов составило от 162.4 ± 4.9 до 288.3 ± 8.7 мг/100 г съедобной части (наибольшее значение – у среднераннего сорта «Полянка Котова» со средним значением 264.9 ± 7.9 ; наименьшее значение наблюдается у раннего сорта «Зинри» со средним значением 182.4 ± 5.5 мг/100 г съедобной части). Содержание антоцианов у жимолости находится в диапазоне от 2072.9 ± 62.2 – 7505.6 ± 225.2 мг цианидин-3-гликозида/100 г съедобной части (наибольшее значение – у среднераннего сорта «Полянка Котова» со средним значением 6791.8 ± 203.8 ; наименьшее – у раннего сорта «Зинри» со средним значением 3222.5 ± 96.7 мг цианидин-3-гликозида/100 г съедобной части). Содержание фенольных веществ у жимолости находится в диапазоне от 378.2 ± 11.4 – 1162.8 ± 34.9 мг галловой кислоты/100 г съедобной части (наибольшее значение – у среднераннего сорта «Полянка Котова» со средним значением 1057.9 ± 31.7 ; наименьшее – у среднего сорта «Амазонка» со средним значением 521.2 ± 15.6 мг галловой кислоты/100 г съедобной части). Кроме того, экспериментально доказана эффективность замораживания ($T = -42$ °C) и низкотемпературного хранения ($T = -18$ °C) как метода сохранения антиоксидантных характеристик жимолости в срок до 9 месяцев: за период наблюдений 2021–2023 гг. в конце срока хранения сохранность значений общей антиоксидантной активности находится в диапазоне 77.7–89.8% (наивысшая сохранность наблюдается у раннего сорта «Сильгинка» – от 89.5 до 87.1%).

Ключевые слова: плодово-ягодное сырье, жимолость, пищевые системы, переработка и хранение.

Для цитирования: Арисов А.В., Вяткин А.В., Тиунов В.М., Чугунова О.В., Евтушенко Н.С. Исследование антиоксидантного комплекса жимолости *Lonicera caerulea L.* Свердловской области // Химия растительного сырья. 2025. №3. С. 283–293. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250315647>.

Введение

Одной из перспективных ягодных культур, получивших широкое распространение в садоводстве Российской Федерации и целом ряде зарубежных стран, расположенных в умеренных климатических зонах, таких как Польша, Япония, Канада, а также северных регионах Китая и США [1–8], является жимолость синяя (*Lonicera caerulea L.*). Популярность и значение данной культуры обусловлены ценными хозяйствственно-биологическими свойствами, к которым относятся высокая зимостойкость и устойчивость к заморозкам, раннее созревание, естественная адаптация к климатическим особенностям северных регионов, а также пригодность для промышленной механической уборки урожая [9–19]. При этом многие аспекты культивирования [14–17] и промышленного применения [20–23] остаются требующими решения и научных изысканий. К ним относятся сравнительно невысокая урожайность в сравнении с традиционными ягодными культурами, долгое формирование хозяйствственно-ценного урожая с момента насаждения. Также трудности реализации вызывают осыпаемость, короткий срок транспортировки и скоропортящийся характер ягод.

Помимо хороших вкусовых качеств ценность ягод жимолости обусловлена значительным содержанием целого комплекса нутриентов: витаминов, включая аскорбиновую кислоту, каротин и витамины

* Автор, с которым следует вести переписку.

группы В; полезных веществ, включая аминокислоты, пектины, макро- и микроэлементы [9–13, 16, 18, 19, 24, 25]. Отдельно необходимо отметить значительное содержание полифенольных соединений антиоксидантной природы, которые обусловливают широкий спектр биологической активности ягод, а именно противовоспалительное, антимикробное, гиполипидемическое, гипогликемическое, антиоцессивное, гепато- и нейропротекторное воздействие на организм человека, подтвержденное исследованиями отечественных и зарубежных авторов [1–7, 9, 10, 19–25].

Цель – исследование антиоксидантного комплекса сортов жимолости, произрастающих в Свердловской области, а именно значение общей антиоксидантной активности, а также содержание флавоноидов, фенольных соединений и антоцианов.

Экспериментальная часть

Исследуемые ягоды жимолости 11 сортов, урожая 2021–2023 гг., соответствовали требованиям ГОСТ Р 58012-2017 «Жимолость свежая съедобная. Технические условия» и были предоставлены структурным подразделением ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН «Свердловская селекционная станция садоводства». В таблице 1 содержится характеристика исследуемых сортов жимолости, включая сроки созревания, массу плодов, плодоношение и дегустационную оценку.

Основные этапы, а также методология [16, 17, 25] проводимых исследований представлены на рисунке 1. Результаты исследований выражали в виде среднего арифметического и стандартной ошибки среднего ($M \pm m$), медианы (Me) и размаха колебаний показателя от минимальной до максимальной величины (min–max).

Таблица 1. Краткая характеристика исследуемых сортов жимолости [14]

Наименование сорта	Сроки созревания	Масса плодов, г		Плодоношение, т/га		Дегустационная оценка, балл	Описание вкуса плодов
		min	max	min	max		
Зинри	Ранний	1.1	1.3	7.6	8.9	5.0	Кисло-сладкий, очень приятный
Сильгинка		1.4	2.2	8.7	10.6	4.9	Кисло-сладкий, очень хороший
Полянка Котова	Среднеранний	0.8	1.3	11.5	12.3	5.0	Кисло-сладкий, десертный
Стрежевчанка		1.8	2.7	8.2	14.8	4.9	Кисло-сладкий, приятный
Амазонка	Средний	1.0	1.1	4.5	6.6	4.8	Сладко-кислый, с горчинкой
Бумеранг		0.8	1.1	12.3	15.8	4.9	Кисло-сладкий, хороший
Нимфа		0.9	1.1	4.6	6.7	4.8	Кисло-сладкий, очень приятный
Югана		1.4	1.6	11.2	12.5	4.8	Кисло-сладкий, десертный
Гордость Бакчара	Средне-поздний	1.3	1.7	8.7	10.6	4.8	Кисло-сладкий, хороший
Лазурит		1.3	2.5	4.6	7.6	5.0	Кисло-сладкий, очень хороший
Бакчарский великан	Поздний	1.8	2.5	5.3	7.6	4.8	Сладко-кисловатый, приятный

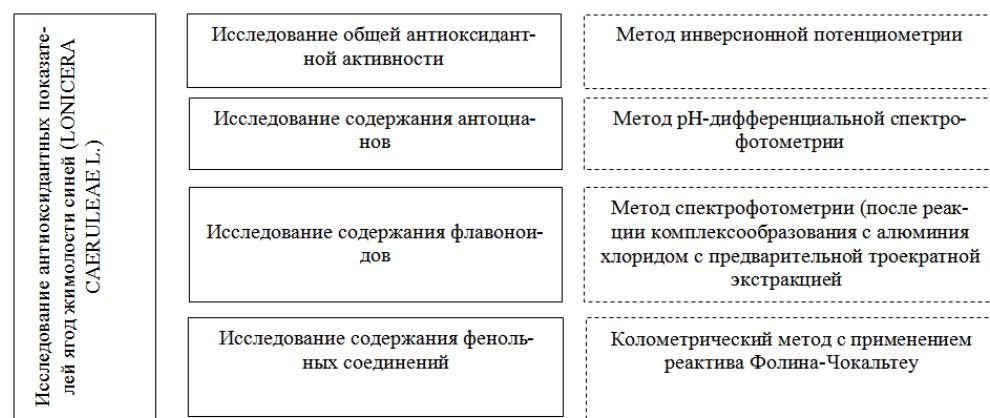


Рис. 1. Методология проводимых исследований

Общая антиоксидантная активность исследуемых плодов осуществлялась методом инверсионной потенциометрии, в основе которого – химическое взаимодействие антиоксидантов с медиаторной системой $K_3[Fe(CN)_6]/K_4[Fe(CN)_6]$, которое приводило к изменению ее окислительно-восстановительного потенциала.

Измерение общей антиоксидантной активности исследуемого плодово-ягодного сырья происходило следующим образом: на первом этапе осуществлялось заполнение электрохимической ячейки 10 мл $K_3[Fe(CN)_6]/K_4[Fe(CN)_6]$ в соотношении 0.01/0.0001 моль·экв/л.; затем рабочий платиновый планарный электрод и электрод сравнения стандартный хлорсеребряный помещались в рабочую ячейку; после чего измерялся начальный потенциал медиаторной системы (E_1); на заключительном этапе, после добавления 0.5 мл исследуемого образца, производилось измерение конечного потенциала медиаторной системы (E_2).

Измерение содержания флавоноидов в пересчете на рутин осуществлялось спектрофотометрическим методом после реакции комплексообразования с алюминия хлоридом и происходило следующим образом: на первом этапе измельчалось сырье массой 1 г, которое в дальнейшем помещалось в колбу со шлифом объемом 150 мл, к которому прибавлялось 30 мл 5% спирта, после чего емкость присоединялась к обратному холодильнику и нагревалась на водяной бане в течение 30 мин при периодическом встряхивании; в дальнейшем извлечение фильтруется в колбу объемом 100 мл, куда прибавляется 30 мл спирта (50%). При этом описанная выше экстракция и фильтрование повторялись дважды в эту же мерную колбу; на заключительном этапе проводилось охлаждение и доведение объема извлечения до метки 50% спиртом с перемешиванием. В колбу объемом 25 мл заливается раствор алюминия хлорида в 95% спирте объемом 1 мл, с доведением объема до метки 95% спиртом. Через 40 мин определялась оптическая плотность с использованием спектрофотометра, применяя длину волны 415 нм и кювету толщиной слоя 10 мм. Параллельно изготавливается раствор сравнения с использованием 1 мл извлечения с 5 мл уксусной кислоты и 95% спирта. И в заключение определялась оптическая плотность ГСО рутина, который изготавлялся по той же методике.

Суммарная массовая доля антоцианов определялась методом pH-дифференциальной спектрофотометрии, основанном на изменения поглощения света с длиной волны 510 нм при изменении кислотности растворов соковой продукции с pH от 1 до 4.4 в соответствии с ГОСТ Р 53773-2010.

Измерение общего содержания фенольных веществ осуществлялось по колориметрическому методу определения общего содержания фенольных веществ, основанному на применении реактива Фолина-Чокальтеу и происходило следующим образом: на начальном этапе 0.25 мл готового экстракта концентрацией 0.1 мг исходного сырья/см³ соединялись с 0.25 мл 50% водного раствора реактива Фолина-Чокальтеу и 0.50 мл насыщенного раствора карбоната натрия с последующим добавлением 4.00 мл дистиллированной воды, при этом в контрольную пробу приливали 0.25 мл дистиллированной воды вместо экстракта; в дальнейшем смесь выдерживалась 25 мин при 25 °C при постоянном помешивании для завершения реакции и подвергалась центрифугированию в течение 10 мин при скорости 2000 об./мин; в заключение содержание фенольных веществ в растворе определялось спектрофотометрическим методом на приборе КФК, при длине волны 725 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм, с размещением в кювете сравнения контрольной пробы и последующей калькуляцией фенольных соединений в мг галловой кислоты/100 г продукта по калибровочной кривой.

Обсуждение результатов

По результатам проведенных исследований ягод жимолости (рис. 2) значения антиоксидантной активности у исследованных сортов находятся в диапазоне от 22.356 ± 0.671 до 60.537 ± 1.816 ммоль/дм³ экв. Наибольшие значения исследуемого показателя по результатам трехлетних наблюдений можно отметить у следующих сортов, ммоль/дм³ экв: среднеранний сорт «Полянка Котова» со средним значением 55.622 ± 1.660 (диапазон от 49.624 ± 1.489 до 60.537 ± 1.816), среднепоздний сорт «Гордость Бакчара» со средним значением 48.330 ± 1.450 (диапазон от 42.659 ± 1.280 до 51.863 ± 1.556), средний сорт «Бумеранг» со средним значением 41.944 ± 1.258 (диапазон от 37.801 ± 1.134 до 46.814 ± 1.404). Наименьшие значения наблюдаются у следующих сортов, ммоль/дм³ экв: среднепоздний сорт «Лазурит» со средним значением 24.412 ± 0.732 (диапазон от 22.356 ± 0.671 до 28.048 ± 0.841), ранний сорт «Зинри» со средним значением 28.270 ± 0.848 (диапазон от 25.165 ± 0.755 до 30.980 ± 0.929), а также средний сорт «Амазонка» со средним значением 28.625 ± 0.859 (диапазон от 26.716 ± 0.801 до 29.825 ± 0.895). При этом наиболее устойчивые показатели

с наименьшим отклонением от средних значений трехлетних наблюдений наблюдаются у следующих сортов: средний сорт «Югана» – 4.0%, средний сорт «Амазонка» – 4.4%, а также средний сорт «Нимфа» – 5.9%.

Значения, полученные в результате проведенных исследований содержания фенольных соединений в ягодах жимолости (рис. 3) исследуемых сортов, находятся в диапазоне: 378.2 ± 11.4 – 1162.8 ± 34.9 мг галловой кислоты/100 г съедобной части. Наибольшие значения исследуемого показателя по результатам трехлетних наблюдений можно отметить у следующих сортов, мг галловой кислоты/100 г съедобной части: среднеранний сорт «Полянка Котова» со средним значением 1057.9 ± 31.7 (диапазон от 938.6 ± 28.2 до 1162.8 ± 34.9), среднепоздний сорт «Гордость Бакчара» со средним значением 990.7 ± 29.7 (диапазон от 933.1 ± 28.0 до 1042.7 ± 31.3), средний сорт «Югана» со средним значением 768.3 ± 23.1 (диапазон от 734.7 ± 22.0 до 800.7 ± 24.0). Наименьшие значения наблюдаются у следующих сортов, мг галловой кислоты/100 г съедобной части: средний сорт «Амазонка» со средним значением 521.2 ± 15.6 (диапазон от 378.2 ± 11.4 до 663.5 ± 19.9), ранний сорт «Зинри» со средним значением 586.3 ± 17.6 (диапазон от 497.4 ± 14.9 до 695.1 ± 20.9), а также средний сорт «Нимфа» со средним значением 645.9 ± 19.4 (диапазон от 541.3 ± 16.2 до 763.8 ± 22.9). При этом наиболее устойчивые показатели с наименьшим отклонением от средних значений трехлетних наблюдений наблюдаются у следующих сортов: средний сорт «Югана» – 2.9%, ранний сорт «Сильгинка» – 3.1%, а также средний сорт «Гордость Бакчара» – 3.9%. Полученные данные коррелируются с данными, полученными другими исследователями [1, 9, 19, 25].

Значения, полученные в результате проведенных исследований содержания флавоноидов в ягодах жимолости (рис. 4) исследуемых сортов, находятся в диапазоне: 162.4 ± 4.9 – 288.3 ± 8.7 мг/100 г съедобной части. Наибольшие значения исследуемого показателя по результатам трехлетних наблюдений можно отметить у следующих сортов, мг/100 г съедобной части: среднеранний сорт «Полянка Котова» со средним значением 264.9 ± 7.9 (диапазон от 236.3 ± 7.1 до 288.3 ± 8.7), среднепоздний сорт «Гордость Бакчара» со средним значением 250.0 ± 7.5 (диапазон от 220.7 ± 6.6 до 268.3 ± 8.1), среднеранний сорт «Стрежевчанка» со средним значением 231.5 ± 6.9 (диапазон от 197.8 ± 5.9 до 261.6 ± 7.9). Наименьшие значения наблюдаются у следующих сортов, мг/100 г съедобной части: ранний сорт «Зинри» со средним значением 182.4 ± 5.5 (диапазон от 162.4 ± 4.9 до 199.9 ± 6.0), средний сорт «Амазонка» со средним значением 191.8 ± 5.8 (диапазон от 179.1 ± 5.4 до 199.8 ± 6.0), а также среднепоздний сорт «Лазурит» со средним значением 196.9 ± 5.9 (диапазон от 180.3 ± 5.4 до 226.2 ± 6.8). При этом наиболее устойчивые показатели с наименьшим отклонением от средних значений трехлетних наблюдений наблюдаются у следующих сортов: средний сорт «Югана» – 4.0%, средний сорт «Амазонка» – 4.4%, а также средний сорт «Нимфа» – 3.9%. Полученные данные коррелируются с данными, полученными другими исследователями [3, 9, 18].

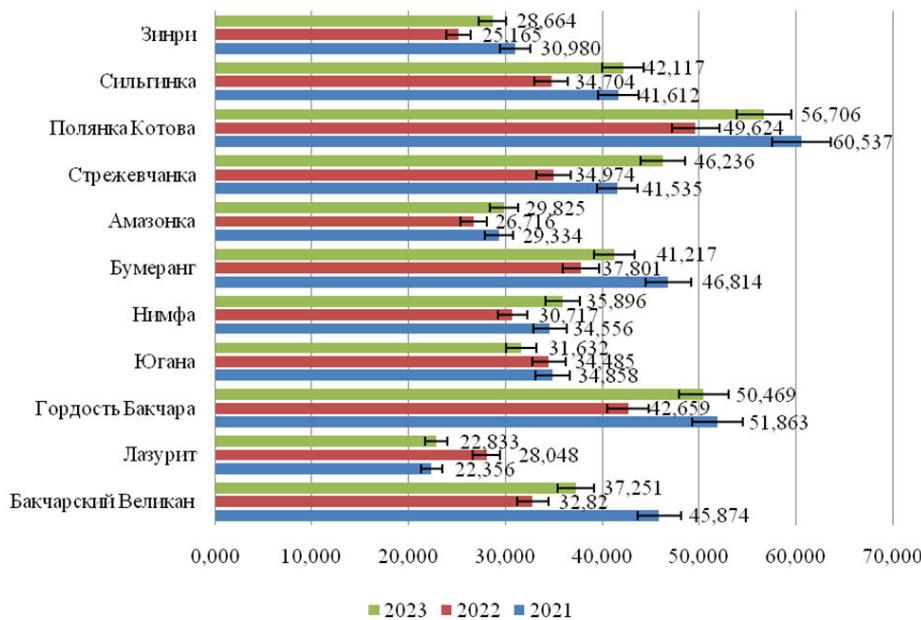


Рис. 2. Результаты исследования антиоксидантной активности у ягод жимолости исследуемых сортов урожая 2021–2023 гг., ммоль/л ЭКВ

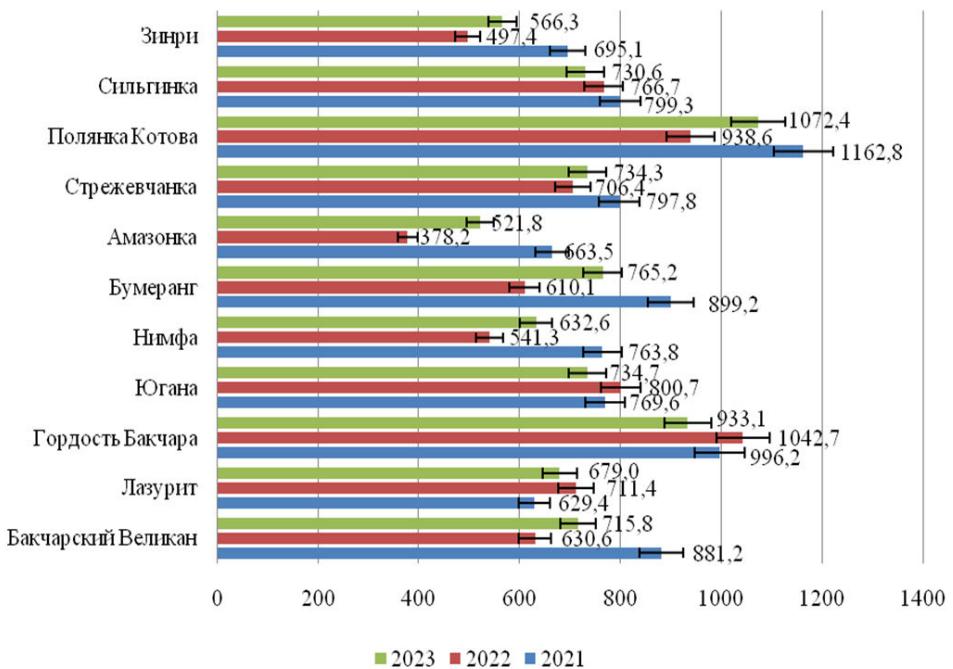


Рис. 3. Результаты исследования содержания фенолов у ягод жимолости исследуемых сортов урожая 2021–2023 гг., мг галловой кислоты/100 г съедобной части

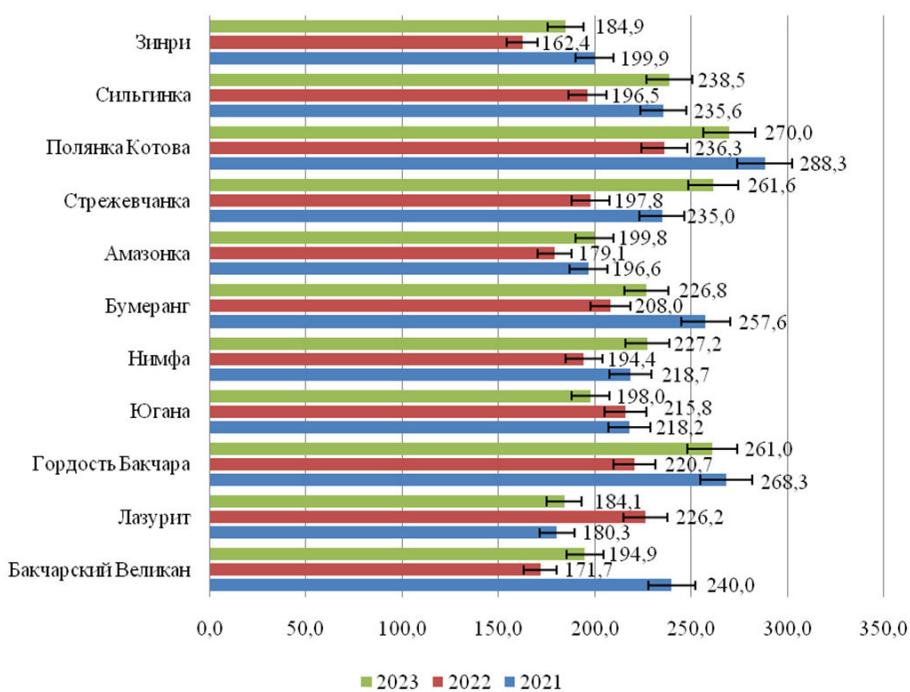


Рис. 4. Результаты исследования содержания флавоноидов у ягод жимолости исследуемых сортов урожая 2021–2023 гг., мг/100 г съедобной части

Значения, полученные в результате проведенных исследований содержания антоцианов в ягодах жимолости (рис. 5) исследуемых сортов, находятся в диапазоне: 2072.9 ± 62.2 – 7505.6 ± 225.2 мг цианидин-3-гликозида/100 г съедобной части. Наибольшие значения исследуемого показателя по результатам трехлетних наблюдений можно отметить у следующих сортов, мг цианидин-3-гликозида/100 г съедобной части: среднепрежний сорт «Полянка Котова» со средним значением 6791.8 ± 203.8 (диапазон от 6058.3 ± 181.8 до 7505.6 ± 225.2), среднепоздний сорт «Гордость Бакчара» со средним значением 6589.4 ± 197.7 (диапазон от 6430.2 ± 192.9 до 6730.2 ± 201.9), ранний сорт «Сильгинка» со средним значением 5068.5 ± 152.1 (диапазон от

4948.9±148.5 до 5159.2±154.8). Наименьшие значения наблюдаются у следующих сортов, мг цианидин-3-гликозида/100 г съедобной части: ранний сорт «Зинри» со средним значением 3222.5±96.7 (диапазон от 2748.6±82.5 до 3841.1±115.2), средний сорт «Амазонка» со средним значением 2796.2±83.9 (диапазон от 2072.9±62.2 до 3636.9±109.1), а также среднепоздний сорт «Лазурит» со средним значением 2873.0±86.2 (диапазон от 2714.0±81.4 до 3133.1±94.0). При этом наиболее устойчивые показатели с наименьшим отклонением от средних значений трехлетних наблюдений наблюдаются у следующих сортов: среднепоздний сорт «Гордость Бакчара» – 1.0%, ранний сорт «Сельгинка» – 1.0%, а также среднеранний сорт «Полянка Котова» – 3.7%. Полученные данные коррелируются с данными, полученными другими исследователями [1, 9, 18].

Помимо этого была исследована сохранность показателей общей антиоксидантной активности ягод жимолости при заморозке и долгосрочном хранении. Для этого ягоды жимолости исследуемых сортов замораживались при температурном режиме ($T = -42^{\circ}\text{C}$), а хранение осуществлялось при низкотемпературном режиме ($T = -18^{\circ}\text{C}$) для обеспечения требуемых потребительских свойств ягод.

У ягод урожая 2021 г. (табл. 2) сразу после заморозки значения общей антиоксидантной активности находятся в диапазоне от 20.331±0.610 до 55.898±1.677 с изменением показателя от 3.8 до 12.7%. После 9 месяцев хранения диапазон значений составил от 17.764±0.533 до 48.762±1.463 с изменением показателя от 10.5 до 20.7%, при этом наивысшая сохранность наблюдается у раннего сорта «Сильгинка» – 10.5%, раннего сорта «Зинри» – 12.9% и среднепозднего сорта «Гордость Бакчара» – 13.9%. Наибольшие отклонения наблюдаются у среднего сорта «Бумеранг» – 20.7% и средний сорт «Стрежевчанка» – 20.4%.

У ягод урожая 2022 г. (табл. 3) сразу после заморозки значения общей антиоксидантной активности находятся в диапазоне от 23.554±0.707 до 46.003±1.380 с изменением показателя от 5.1 до 9.3%. После 9 месяцев хранения диапазон значений составил от 20.757±0.623 до 39.650±1.190 с изменением показателя от 15.8 до 22.3%, при этом наивысшая сохранность наблюдается у раннего сорта «Сильгинка» – 15.8%, среднепозднего сорта «Лазурит» – 16.2% и среднего сорта «Югана» – 17.0%. Наибольшие отклонения наблюдаются у среднепозднего сорта «Гордость Бакчара» – 22.3% и средний сорт «Нимфа» – 22.0%.

У ягод урожая 2023 г. (табл. 4) сразу после заморозки значения общей антиоксидантной активности находятся в диапазоне от 21.113±0.633 до 50.412±1.512 с изменением показателя от 6.5 до 11.1%. После 9 месяцев хранения диапазон значений составил от 19.370±0.581 до 45.282±1.358 с изменением показателя от 12.9 до 21.9%, при этом наивысшая сохранность наблюдается у раннего сорта «Сильгинка» – 12.9%, среднего сорта «Югана» – 13.7%, а также среднепозднего сорта «Лазурит» и среднего сорта «Нимфа» – 15.2%. Наибольшие отклонения наблюдаются у среднего сорта «Амазонка» – 21.3% и среднераннего сорта «Полянка Котова» – 20.1%.

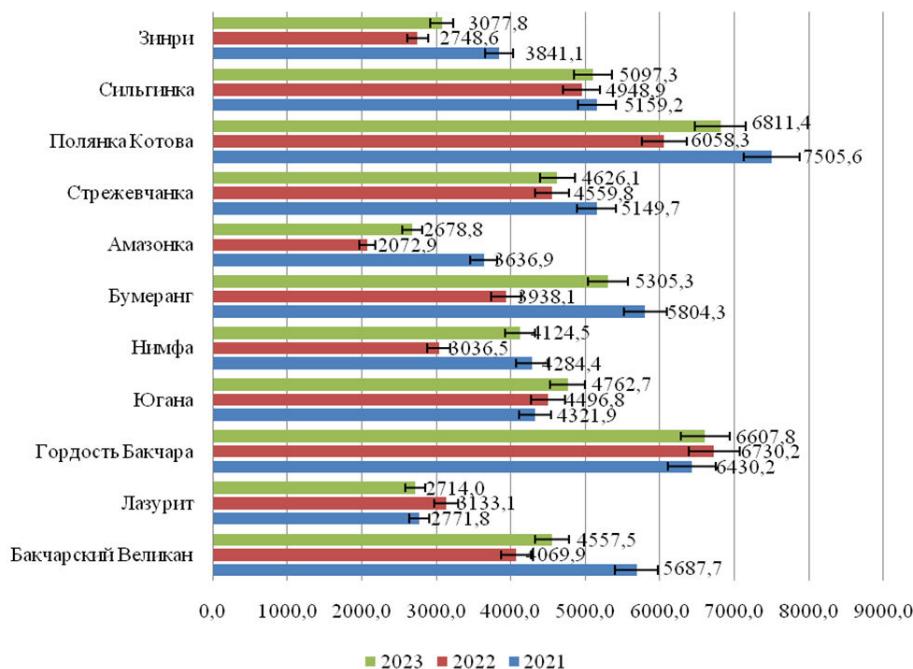


Рис. 5. Результаты исследования содержания антицианинов у ягод жимолости исследуемых сортов урожая 2021–2023 гг., мг цианидин-3-гликозида/100 г съедобной части

Таблица 2. Результаты исследования изменений общей антиоксидантной активности жимолости урожая 2021 г. при хранении в замороженном виде, ммоль/л ЭКВ

Наименование сорта	Срок хранения			
	0 месяцев	3 месяцев	6 месяцев	9 месяцев
Зинри	28.082±0.842	27.478±0.824	27.236±0.817	26.995±0.810
Сильгинка	38.124±1.144	37.718±1.132	37.475±1.124	37.231±1.117
Полянка Котова	55.898±1.677	54.979±1.649	51.557±1.547	48.762±1.463
Стрежевчанка	37.543±1.126	36.448±1.093	34.470±1.034	33.075±0.992
Амазонка	26.320±0.790	25.043±0.751	24.040±0.721	23.873±0.716
Бумеранг	42.199±1.266	40.356±1.211	38.300±1.149	37.128±1.114
Нимфа	30.476±0.914	29.391±0.882	28.368±0.851	27.882±0.836
Югана	30.430±0.913	29.892±0.897	29.480±0.884	28.942±0.868
Гордость Бакчара	49.872±1.496	48.493±1.455	47.387±1.422	44.664±1.340
Лазурит	20.331±0.610	19.824±0.595	18.418±0.553	17.764±0.533
Бакчарский великан	41.185±1.236	39.562±1.187	39.094±1.173	38.915±1.167

Таблица 3. Результаты исследования изменений общей антиоксидантной активности жимолости урожая 2022 г. при хранении в замороженном виде, ммоль/л ЭКВ

Наименование сорта	Срок хранения			
	0 месяцев	3 месяцев	6 месяцев	9 месяцев
Зинри	23.554±0.707	21.749±0.652	20.934±0.628	20.757±0.623
Сильгинка	31.957±0.959	30.438±0.913	29.855±0.896	29.233±0.877
Полянка Котова	46.003±1.380	44.176±1.325	43.125±1.294	39.650±1.190
Стрежевчанка	32.898±0.987	30.593±0.918	29.369±0.881	28.272±0.848
Амазонка	24.348±0.730	23.933±0.718	22.450±0.674	21.855±0.656
Бумеранг	34.472±1.034	32.080±0.962	30.518±0.916	29.871±0.896
Нимфа	28.504±0.855	26.344±0.790	24.732±0.742	23.944±0.718
Югана	32.712±0.981	30.637±0.919	29.166±0.875	28.628±0.859
Гордость Бакчара	39.960±1.199	38.188±1.146	35.213±1.056	33.130±0.994
Лазурит	25.449±0.763	24.885±0.747	23.842±0.715	23.510±0.705
Бакчарский великан	29.957±0.899	28.180±0.846	27.492±0.825	26.320±0.790

Таблица 4. Результаты исследования изменений общей антиоксидантной активности жимолости урожая 2023 г. при хранении в замороженном виде, ммоль/л ЭКВ

Наименование сорта	Срок хранения			
	0 месяцев	3 месяцев	6 месяцев	9 месяцев
Зинри	26.360±0.791	24.668±0.740	24.228±0.727	23.803±0.714
Сильгинка	38.176±1.145	37.355±1.121	37.027±1.111	36.698±1.101
Полянка Котова	50.412±1.512	49.626±1.489	47.231±1.417	45.282±1.358
Стрежевчанка	42.090±1.263	39.663±1.190	38.908±1.167	38.216±1.146
Амазонка	27.440±0.823	26.641±0.799	24.895±0.747	23.476±0.704
Бумеранг	38.287±1.149	36.499±1.095	35.422±1.063	33.620±1.009
Нимфа	33.227±0.997	31.957±0.959	30.590±0.918	30.451±0.914
Югана	29.562±0.887	28.000±0.840	27.462±0.824	27.305±0.819
Гордость Бакчара	46.453±1.394	45.260±1.358	43.050±1.292	41.172±1.235
Лазурит	21.113±0.633	20.737±0.622	19.701±0.591	19.370±0.581
Бакчарский великан	34.107±1.023	33.336±1.000	32.943±0.988	29.097±0.873

Заключение

По результатам проведенных исследований содержания фенольных соединений, флавоноидов, антоцианов, а также общей антиоксидантной активности в плодах 11 сортов жимолости синей урожая 2021–2023 гг., предоставленных ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН «Свердловская селекционная станция садоводства», можно сделать заключение о целесообразности включения жимолости в рецептуры кондитерских, хлебобулочных, молочных и других комбинированных продуктов питания с целью обогащения их состава веществами антиоксидантной направленности, отдельно выделяя такие сорта, как среднеранний сорт «Полянка Котова» и среднепоздний сорт «Гордость Бакчара».

Кроме того, экспериментально доказана эффективность замораживания ($T = -42^{\circ}\text{C}$) и низкотемпературного хранения ($T = -18^{\circ}\text{C}$) как метода сохранения антиоксидантных характеристик жимолости в срок до

9 месяцев: за период наблюдений 2021–2023 гг. в конце срока хранения сохранность значений общей антиоксидантной активности находится в диапазоне 77.7–89.8%.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Уральского государственного экономического университета и Уральского федерального аграрного научно-исследовательского центра. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

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

- Česonienė L., Labokas J., Jasutienė I., Šarkinas A., Kaškonienė V., Kaškonas P., Kazernavičiūtė R., Pažereckaitė A., Daubaras R. Bioactive Compounds, Antioxidant, and Antibacterial Properties of *Lonicera caerulea* Berries: Evaluation of 11 Cultivars // Plants. 2021. Vol. 10. 624. <https://doi.org/10.3390/plants10040624>.
- Meng Z., Xiumei M., Zhen X., Ao S., Mengchen Z., Yaru W., Dejian H., Xiaonan S., Junwei H., Yan Z. Polyphenols in twenty cultivars of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.): Profiling, antioxidant capacity, and α -amylase inhibitory activity // Food Chemistry. 2023. Vol. 421. Pp. 136–148. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136148>.
- Negreanu-Pirjol B.-S., Oprea O.C., Negreanu-Pirjol T., Roncea F.N., Prelipcean A.-M., Craciunescu O., Iosageanu A., Artem V., Ranca A., Motelica L. et al. Health Benefits of Antioxidant Bioactive Compounds in the Fruits and Leaves of *Lonicera caerulea* L. and *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot // Antioxidants. 2023. Vol. 12. 951. <https://doi.org/10.3390/antiox12040951>.
- Orsavová J., Sytařová I., Mlček J., Mišurcová L. Phenolic Compounds, Vitamins C and E and Antioxidant Activity of Edible Honeysuckle Berries (*Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica* Pojark) in Relation to Their Origin // Antioxidants. 2022. Vol. 11. 433. <https://doi.org/10.3390/antiox11020433>.
- Raudonė L., Liaudanskas M., Vilkickyte G., Kviklys D., Žvirkas V., Viškelis J., Viškelis P. Phenolic Profiles, Antioxidant Activity and Phenotypic Characterization of *Lonicera caerulea* L. Berries, Cultivated in Lithuania // Antioxidants. 2021. Vol. 10. 115. <https://doi.org/10.3390/antiox10010115>.
- Yu M., Wang B., Huang Z., Lv J., Teng Y., Li T., Zhang Y., Dong K., Qin D., Huo J., et al. Evaluation of Blue Honeysuckle Berries (*Lonicera caerulea* L.) Dried at Different Temperatures: Basic Quality, Sensory Attributes, Bioactive Compounds, and In Vitro Antioxidant Activity // Foods. 2024. Vol. 13. 1240. <https://doi.org/10.3390/foods13081240>.
- Zhen X., Dalong L., Dejian H., Junwei H., Haixia W., Xiaonan S., Yan Z. Non-extractable polyphenols from blue honeysuckle fruit pomace with strong antioxidant capacity: Extraction, characterization, and their antioxidant capacity // Food Research International. 2023. Vol. 174 (1). 113495. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113495>.
- Чугунова О.В., Тиунов В.М., Вяткин А.В., Евтушенко Н.С. Исследование физико-химических и органолептических показателей сортов жимолости // Вестник КрасГАУ. 2023. №10. С. 226–233. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-10-226-233>.
- Абдуллина Р.Г., Пупыкина К.А., Баламетова Р.Г. Биохимический состав плодов *Lonicera caerulea* L. и ее подвидов при интродукции в условиях Башкирского Предуралья // Химия растительного сырья. 2022. №3. С. 203–210. <https://doi.org/10.14258/jcprm20220310885>.
- Акимов М.Ю., Бессонов В.В., Коденцова В.М., Эллер К.И., Вржесинская О.А., Бекетова Н.А., Кошелева О.В., Богачук М.Н., Малинкин А.Д., Макаренко М.А., Шевякова Л.В., Перова И.Б., Рылина Е.В., Макаров В.Н., Жидехина Т.В., Кольцов В.А., Юшков А.Н., Новоторцев 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>.
- Акимов М.Ю., Макаров В.Н., Жбанова Е.В. Роль плодов и ягод в обеспечении человека жизненно важными биологически активными веществами // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, №2. С. 56–60. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10214>.
- Арисов А.В., Вяткин А.В., Исакова М.Г., Слепнева Т.Н. Исследование антиоксидантного комплекса плодов сливы *Prunus ussuriensis* и *Prunus insititia* в Свердловской области // Химия растительного сырья. 2023. №4. С. 353–360. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230412083>.
- Боярских И.Г., Сиромля Т.И. Макро- и микроэлементный состав жимолости синей и спиреи дубравколистной в ценопопуляциях горного Алтая в условиях геохимической аномалии // Химия растительного сырья. 2022. №4. С. 209–218. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20220411294>.

14. Евтушенко Н.С. Жимолость – ведущая культура для северного садоводства // Селекция и сорторазведение садовых культур: инновации в селекции плодовых и ягодных культур: материалы Международной научно-практической конференции. Орел, 2016. Т. 3. С. 42–44.
15. Евтушенко Н.С., Котов Л.А. Новый сорт жимолости синей Полянка Котова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. №60. С. 41–44.
16. Жбанова Е.В., Жидехина Т.В., Акимов М.Ю., Родюкова О.С., Хромов Н.В., Гурьева И.В. Плоды сортов ягодных и нетрадиционных садовых культур, выращенных в черноземье, – ценные источники незаменимых макронутриентов // Пищевая промышленность. 2021. №3. С. 8–11. <https://doi.org/10.24412/0235-2486-2021-3-0020>.
17. Ладыженская О.В., Аниськина Т.С., Симахин М.В. Совершенствование технологии размножения жимолости синей (*LONICERA CAERULEA L.*) одревесневшими черенками // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2023. №4. С. 20–32. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-4-20-32>.
18. Перова И.Б., Эллер К.И., Герасимов М.А., Батурина В.А., Акимов М.Ю., Акимова О.М., Миронов А.М., Кольцов В.А. Исследование комплекса биологически активных веществ в плодах перспективных сортов жимолости голубой (*Lonicera caerulea L.*) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023. №1 (184). С. 53–69. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-1-53-69>.
19. Пупыкина К.А., Абдуллина Р.Г. Содержание фенольных соединений в плодах *LONICERA CAERULEA L.* и ее подвидов в условиях Южно-Уральского ботанического сада // Химия растительного сырья. 2024. №4. С. 250–259. <https://doi.org/10.14258/jerpm.20240412248>.
20. Васюкова А.Т., Мазуркевич Е.М., Эдварс Р.А., Васюков М.В., Талби М. Показатели качества экстрактов и сублиматов в виде порошков, полученных при безотходной технологии переработки овощей и фруктов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2023. Т. 11. №4. С. 44–54.
21. Вовк Е.А., Бакайтис В.И., Позняковский В.М. Химический состав растительного сырья как фактор формирования пищевой ценности и функциональной направленности специализированных напитков // АПК России. 2021. Т. 28, №1. С. 98–104.
22. Скороспелова Е.В., Михайлова О.Ю., Шелковская Н.К. Технологические аспекты производства протертых масс без сахара на основе плодового и ягодного сырья алтайского сортимента // Ползуновский вестник. 2022. Т. 1, №4. С. 100–105. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.012>.
23. Феофилактова О.В., Стоянова О.Н., Мотовилов К.Я. Использование растительного сырья Уральского региона в производстве продукции предприятий общественного питания // Индустрия питания. 2019. Т. 4, №4. С. 44–52. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2019-4-4-6>.
24. Решетник Е.И., Грибанова С.Л., Егоров Д.В., Грицов Н.В. Использование растительного сырья при производстве кисломолочных продуктов для специализированного питания // Индустрия питания. 2021. Т. 6, №4. С. 39–45. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2021-6-4-4>.
25. Рупасова Ж.А., Авраменко С.Н., Добрянская К.А., Сулим Д.О., Павловский Н.Б., Ральцевич А.В. Генотипические особенности биохимического состава и антиоксидантного комплекса плодов сортов жимолости синей (*LONICERA CAERULEAE L.*) в условиях Белоруссии // Вестник БарГУ. Серия: Биологические науки (общая биология). Сельскохозяйственные науки (Агрономия). 2024. №2(16). С. 68–79.

Поступила в редакцию 25 июля 2024 г.

После переработки 11 марта 2025 г.

Принята к публикации 10 сентября 2025 г.

Arisov A.V.¹, Vyatkin A.V.^{1*}, Tiunov V.M.¹, Chugunova O.V.¹, Evtushenko N.S.² RESEARCH OF THE ANTIOXIDANT COMPLEX OF HONEYSUCKLE *LONICERA CAERULEA L.* IN THE SVERDLOVSK REGION

¹ Ural State Economic University, st. 8 Marta/Narodnoy Voli, 62/45, Yekaterinburg, 620144, Russia,
3dognight2009@mail.ru

² Ural Federal Agrarian Research Center Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, st. Belinskogo, 112a, Ekaterinburg, 620142, Russia

The article presents the results of a three-year study of the antioxidant complex in the berries of 11 varieties of honeysuckle growing in the Sverdlovsk region. As a result of studies of antioxidant indicators in honeysuckle, the values of antioxidant activity ranged from 22.356 ± 0.671 to 60.537 ± 1.816 mmol/dm³ eq (the highest value is observed in the mid-early variety «Polyanka Kotova» with an average value of 55.622 ± 1.660 mmol/dm³ eq; the lowest in the middle - late variety «Lazurit» with an average value of 24.412 ± 0.732 mmol/dm³ eq). At the same time, the content of flavonoids ranged from 162.4 ± 4.9 to 288.3 ± 8.7 mg/100 g of edible part (the highest value is in the mid-early variety «Polyanka Kotova» with an average value of 264.9 ± 7.9 ; the lowest value is observed in the early variety «Zinri» with an average value of 182.4 ± 5.5 mg/100 g of edible part). The content of anthocyanins in honeysuckle ranges from 2072.9 ± 62.2 – 7505.6 ± 225.2 mg of cyanidin-3-glycoside/100 g of edible part (the highest value is in the mid-early variety «Polyanka Kotova» with an average value of 6791.8 ± 203.8 ; the lowest value is for the early variety «Zinri» with an average value of 3222.5 ± 96.7 mg of cyanidin-3-glycoside/100 g of edible part). The content of phenolic substances in honeysuckle ranges from 378.2 ± 11.4 – 1162.8 ± 34.9 mg of gallic acid/100 g of edible part (the highest values are in the mid-early variety «Polyanka Kotova» with an average value of 1057.9 ± 31.7 ; the smallest in the average variety «Amazon» with an average value of 521.2 ± 15.6 mg of gallic acid/100 g of edible part. In addition, the effectiveness of freezing ($T = -42$ °C) and low-temperature storage ($T = -18$ °C) as a method of preserving the antioxidant characteristics of honeysuckle for up to 9 months has been experimentally proven: for the observation period 2021–2023. At the end of the storage period, the safety of the total antioxidant activity values is in the range of 77.7–89.8% (the highest safety is observed in the early variety «Silginka» – from 89.5 to 87.1%).

Keywords: fruit and berry raw materials, honeysuckle, food systems, processing and storage.

For citing: Arisov A.V., Vyatkin A.V., Tiunov V.M., Chugunova O.V., Evtushenko N.S. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 3, pp. 283–293. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250315647>.

References

- Česonienė L., Labokas J., Jasutienė I., Šarkinas A., Kaškonienė V., Kaškonas P., Kazernavičiūtė R., Pažereckaitė A., Daubaras R. *Plants*, 2021, vol. 10, 624. <https://doi.org/10.3390/plants10040624>.
- Meng Z., Xiumei M., Zhen X., Ao S., Mengchen Z., Yaru W., Dejian H., Xiaonan S., Junwei H., Yan Z. *Food Chemistry*, 2023, vol. 421, pp. 136–148. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136148>.
- Negreanu-Pirjol B.-S., Oprea O.C., Negreanu-Pirjol T., Roncea F.N., Prelipcean A.-M., Craciunescu O., Iosageanu A., Artem V., Ranca A., Motelica L. et al. *Antioxidants*, 2023, vol. 12, 951. <https://doi.org/10.3390/antiox12040951>.
- Orsavová J., Sytařová I., Mlček J., Mišurcová L. *Antioxidants*, 2022, vol. 11, 433. <https://doi.org/10.3390/antiox11020433>.
- Raudonė L., Liudanskas M., Vilkickyte G., Kviklys D., Žvikas V., Viškelis J., Viškelis P. *Antioxidants*, 2021, vol. 10, 115. <https://doi.org/10.3390/antiox10010115>.
- Yu M., Wang B., Huang Z., Lv J., Teng Y., Li T., Zhang Y., Dong K., Qin D., Huo J. et al. *Foods*, 2024, vol. 13, 1240. <https://doi.org/10.3390/foods13081240>.
- Zhen X., Dalong L., Dejian H., Junwei H., Haixia W., Xiaonan S., Yan Z. *Food Research International*, 2023, vol. 174 (1), 113495. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113495>.
- Chugunova O.V., Tiunov V.M., Vyatkin A.V., Yevtushenko N.S. *Vestnik KrasGAU*, 2023, no. 10, pp. 226–233. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-10-226-233>. (in Russ.).
- Abdullina R.G., Pupykina K.A., Balametova R.G. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2022, no. 3, pp. 203–210. <https://doi.org/10.14258/jcprm20220310885>. (in Russ.).
- Akimov M.Yu., Bessonov V.V., Kodentsova V.M., Eller K.I., Vrzhesinskaya O.A., Beketova N.A., Kosheleva O.V., Bogachuk M.N., Malinkin A.D., Makarenko M.A., Shevyakova L.V., Perova I.B., Rylina Ye.V., Makarov V.N., Zhidkikhina T.V., Kol'tsov V.A., Yushkov A.N., Novotortsev 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.).
- Akimov M.Yu., Makarov V.N., Zhabanova Ye.V. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2019, vol. 33, no. 2, pp. 56–60. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10214>. (in Russ.).
- Arisov A.V., Vyatkin A.V., Isakova M.G., Slepneva T.N. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2023, no. 4, pp. 353–360. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230412083>. (in Russ.).
- Boyarskikh I.G., Siromlya T.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2022, no. 4, pp. 209–218. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20220411294>. (in Russ.).
- Yevtushenko N.S. *Seleksiya i sortorazvedeniye sadovykh kul'tur: innovatsii v selektsii plodovykh i yagodnykh kul'tur: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Selection and variety breeding of horticultural crops: innovations in the selection of fruit and berry crops: materials of the International scientific and practical conference]. Orel, 2016, vol. 3, pp. 42–44. (in Russ.).

* Corresponding author.

15. Yevtushenko N.S., Kotov L.A. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, no. 60, pp. 41–44. (in Russ.).
16. Zhibanova Ye.V., Zhidkikhina T.V., Akimov M.Yu., Rodyukova O.S., Khromov N.V., Gur'yeva I.V. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2021, no. 3, pp. 8–11. <https://doi.org/10.24412/0235-2486-2021-3-0020>. (in Russ.).
17. Ladyzhenskaya O.V., Anis'kina T.S., Simakhin M.V. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2023, no. 4, pp. 20–32. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-4-20-32>. (in Russ.).
18. Perova I.B., Eller K.I., Gerasimov M.A., Baturina V.A., Akimov M.Yu., Akimova O.M., Mironov A.M., Kol'tsov V.A. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*, 2023, no. 1 (184), pp. 53–69. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-1-53-69>. (in Russ.).
19. Pupykina K.A., Abdullina R.G. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2024, no. 4, pp. 250–259. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20240412248>. (in Russ.).
20. Vasyukova A.T., Mazurkevich Ye.M., Edvars R.A., Vasyukov M.V., Talbi M. *Vestnik YuUrGU. Seriya «Pishchevyye i biotekhnologii»*, 2023, vol. 11, no. 4, pp. 44–54. (in Russ.).
21. Vovk Ye.A., Bakaytis V.I., Poznyakovskiy V.M. *APK Rossii*, 2021, vol. 28, no. 1, pp. 98–104. (in Russ.).
22. Skorospelova Ye.V., Mikhaylova O.Yu., Shelkovskaya N.K. *Polzunovskiy vestnik*, 2022, vol. 1, no. 4, pp. 100–105. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.012>. (in Russ.).
23. Feofilaktova O.V., Stoyanova O.N., Motovilov K.Ya. *Industriya pitaniya*, 2019, vol. 4, no. 4, pp. 44–52. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2019-4-4-6>. (in Russ.).
24. Reshetnik Ye.I., Gribanova S.L., Yegorov D.V., Gritsov N.V. *Industriya pitaniya*, 2021, vol. 6, no. 4, pp. 39–45. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2021-6-4-4>. (in Russ.).
25. Rupasova Zh.A., Avramenko S.N., Dobryanskaya K.A., Sulim D.O., Pavlovskiy N.B., Ral'tsevich A.V. *Vestnik BarGU. Seriya: Biologicheskiye nauki (obshchaya biologiya). Sel'skokhozyaystvennyye nauki (Agronomiya)*, 2024, no. 2(16), pp. 68–79. (in Russ.).

Received July 25, 2024

Revised March 11, 2025

Accepted September 10, 2025

Сведения об авторах

- Арисов Александр Валерьевич – доцент, кандидат технических наук, reviver200@mail.ru
- Вяткин Антон Владимирович – доцент, кандидат технических наук, 3dognight2009@mail.ru
- Тиунов Владислав Михайлович – доцент, кандидат технических наук, vladislav.tiunoff@yandex.ru
- Чугунова Ольга Викторовна – заведующая кафедрой, доктор технических наук, профессор, chugun.ova@yandex.ru
- Евтушенко Надежда Степановна – старший научный сотрудник, кандидат сельско-хозяйственных наук, sadovodstvo@list.ru

Information about authors

- Arisov Aleksandr Valerievich – Associate Professor, PhD in Engineering, reviver200@mail.ru
- Vyatkin Anton Vladimirovich – Associate Professor, PhD in Engineering, 3dognight2009@mail.ru
- Tiunov Vladislav Mikhailovich – Associate Professor, PhD in Engineering, vladislav.tiunoff@yandex.ru
- Chugunova Olga Viktorovna – Head of Department, Doctor of Engineering, Professor, chugun.ova@yandex.ru
- Evtushenko Nadezhda Stepanovna – Senior Researcher, PhD in Agricultural Sciences, sadovodstvo@list.ru