

УДК 641.5

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНОГО КОМПЛЕКСА ПЛОДОВ СЛИВЫ *PRUNUS USSURIENSIS* И *PRUNUS INSITITIA* В СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

© *А.В. Арисов¹, А.В. Вяткин^{1*}, М.Г. Исакова², Т.Н. Слепнева²*

¹ *Уральский государственный экономический университет,
ул. 8 Марта, 62, Екатеринбург, 620144 (Россия),
e-mail: 3dognight2009@mail.ru*

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

В статье представлены результаты исследования антиоксидантного комплекса в плодах 11 сортов сливы, произрастающих в Свердловской области, включая 6 сортов сливы уссурийской (*Prunus ussuriensis*) и 5 сортов терносливы (*Prunus insititia*). В результате исследований антиоксидантных показателей значения антиоксидантной активности составили, ммоль/дм³ экв, у терносливы от 21.748±0.652 до 52.404±1.572 (наибольшее значение у сорта «Исеть», наименьшее значение – у сорта «Серго» соответственно); у сливы уссурийской – от 4.713±0.141 до 23.993±0.720 (наибольшее значение – у сорта «Достойная», наименьшее – у сорта «Уральские зори» соответственно); особо можно выделить перспективную форму терносливы «23-15» со значением 81.2±2.4. При этом содержание флавоноидов составило, мг/100 г съедобной части, у терносливы – от 333.9±10.0 до 504.7±15.1; у сливы уссурийской – от 72.3±2.1 до 368.4±11.1. Наибольшее значение данного показателя – 647.2±19.4 мг/100 г в перспективной форме терносливы «23-15». Содержание антоцианов у терносливы находится в диапазоне от 31.8±0.9 до 76.8±2.3; у сливы уссурийской – от 6.9±0.2 до 35.1±1.0; особо можно выделить перспективную форму терносливы «23-15» со значением 99.1±2.9 мг цианидин-3-гликозида/100 г съедобной части. Содержание фенольных веществ у терносливы находится в диапазоне от 482.9±14.4 до 663.7±19.9; у сливы уссурийской – от 104.6±3.1 до 532.8±15.9; особо можно выделить перспективную форму терносливы «23-15» со значением 703.7±21.1 мг галловой кислоты/100 г съедобной части.

Ключевые слова: плодово-ягодное сырье, слива уссурийская, тернослива, антиоксидантная активность, пищевые системы, переработка и хранение.

Введение

Вариабельность химического состава плодово-ягодного сырья зависит, помимо сортовых особенностей, от множества факторов, таких как ареал произрастания и почвенно-климатические условия. В питании человека плоды и ягоды традиционно рассматриваются как источники различных биологически активных веществ [1]. Особенности их химического состава позволяют формировать и изменять органолептические характеристики при изготовлении продуктов питания из плодово-ягодного сырья посредством современных технологических операций, методов и технологий, которые в свою очередь направлены на создание специальных условий, способствующих максимальному сохранению содержащихся в плодах и ягодах биологически активных веществ [2, 3].

Арисов Александр Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий питания, e-mail: arisov_av@usue.ru

Вяткин Антон Владимирович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры туристического бизнеса и гостеприимства, e-mail: 3dognight2009@mail.ru

Исакова Маргарита Германовна – старший научный сотрудник, e-mail: sadovodnauka@mail.ru

Слепнева Татьяна Николаевна – руководитель, младший научный сотрудник, e-mail: tatyana_slepneva@mail.ru

Одной из перспективных плодовых культур в Свердловской области является слива, получившая широкую популярность за такие ценные свойства как зимостойкость, скороплодность, урожайность, высокие органолептические показатели качества плодов при значительном содержании различных биологически активных веществ [2] и веществ-антиоксидантов [4–6].

* Автор, с которым следует вести переписку.

Перспективность использования плодов сливы определяется противовоспалительными [4, 7], диуретическими, слабительными, отхаркивающими и антибактериальными свойствами [8–10], обусловленными макро- и микроэлементами (табл. 1), пищевые волокнами, моно- и дисахаридами (табл. 2), аскорбиновой кислотой 4–12 мг/100 г съедобной части, витамином Е 0.04–0.25, рибофлавином 85–110 мкг%, каротином – 2.5%, дубильными и красящими веществами, содержание которых находится в диапазоне 900–1800 мг% [2, 11–13].

Цель работы – исследование антиоксидантного комплекса 11 сортов сливы, произрастающих в Свердловской области, включая 6 сортов сливы уссурийской и 5 – терносливы.

Экспериментальная часть

Исследуемые плоды сливы 11 сортов, включая 6 сортов сливы уссурийской и 5 сортов терносливы, урожая 2021 года, предоставлены Свердловской селекционной станцией садоводства – структурным подразделением ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН.

Для агроэкологических условий Среднего Урала наиболее адаптивными и зимостойкими видами в создании современного сортимента являются: слива уссурийская (*Prunus salicina* subsp. *ussuriensis* Koval et. Kost.) и тернослива (*Prunus domestica* subsp. *insititia* L.). На Свердловской селекционной станции садоводства – структурном подразделении ФГБНУ «УрФАНИЦ УрО РАН» создана генетическая коллекция *Prunus* L., в изучении 314 сортов и селекционных форм, гибридный фонд – 2.8 тыс. сеянцев. Районированы по Волго-Вятскому и Уральскому регионам сорта сливы уссурийской: «Пионерка», «Уральские зори»; изучены и рекомендованы к районированию сорта – «Достойная», «Нейва», «Горлица», «Шелест». Сорта терносливы «Исеть», «Серго», «Тагил», «Ермак» также рекомендованы к районированию, перспективная форма «23-15» проходит комплексное сортоизучение.

Описание данных сортов сливы представлено, включая массу плодов, значения плодоношения и дегустационную оценку, в таблице 3.

Таблица 1. Содержание макро- и микроэлементов в плодах сливы уссурийской и терносливы [2, 11–13]

Наименование	Содержание, мг/100 г						
	Na	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn
Слива уссурийская	25.2±3.3	285.0±27.0	27.2±1.9	6.9±0.4	0.30±0.03	0.03±0.01	0.13±0.02
Тернослива	14.7±1.9	239.0±22.6	32.2±2.5	17.2±0.9	0.19±0.1	0.03±0.01	0.12±0.02

Таблица 2. Содержание пищевых волокон, моно- и дисахаридов в плодах сливы уссурийской и терносливы [2, 11–13]

Наименование	Содержание, %					
	Сахара			Пищевые волокна		Углеводы
	фруктоза	глюкоза	сахароза	нерастворимые	растворимые	
Слива уссурийская	1.40±0.05	2.41±0.09	3.87±0.18	0.79±0.04	0.079±0.04	9.97±0.10
Тернослива	1.25±0.04	2.15±0.08	3.46±0.16	0.97±0.04	0.97±0.04	9.43±0.10

Таблица 3. Краткая характеристика исследуемых сортов сливы уссурийской и терносливы

Сорт	Плоды					Отделяемость косточки	Урожайность, кг/дер
	масса, г		окраска кожцы	окраска мякоти	вкус, балл		
	средняя	мах					
<i>Prunus salicina</i> subsp. <i>ussuriensis</i> Koval et. Kost.							
«Уральские зори»	25.0	30.0	красная	желтая	4.5	свободно	10–12.0
«Горлица»	20.0	25.0	бордовая	желтая	4.8	свободно	25–50.0
«Пионерка»	15.0	20.0	красная	желтая	4.5	хорошо	15–20.0
«Шелест»	25.0	30.0	бордовая	желтая	4.8	хорошо	20–40.0
«Достойная»	25.0	30.0	бордовая	желтая	4.8	хорошо	25–40.0
«Нейва»	25.0	30.0	желтая	желтая	5.0	свободная	15–30.0
<i>Prunus domestica</i> subsp. <i>insititia</i> L.							
«Серго»	9.0	11.00	темно-синяя	зеленая	4.4	хорошо	20–30.0
«Тагил»	9.0	11.0	темно-синяя	зеленая	4.2	хорошо	30–60.0
«Исеть»	9.0	11.0	темно-синяя	зеленая	4.0	хорошо	25–50.0
«Ермак»	9.0	11.0	темно-синяя	зеленая	4.2	хорошо	20–40.0
«23-15»	9.0	11.0	темно-синяя	зеленая	4.3	хорошо	20–40.0

Основные этапы, а также методология [14–16] проводимых исследований представлена на рисунке 1. Результаты исследований представляли в виде среднего арифметического и стандартной ошибки среднего ($M \pm m$), медианы (Me) и размаха колебаний показателя от минимальной до максимальной величины (min–max).

Общая антиоксидантная активность исследуемых плодов вишни 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.

В качестве средств измерения использовался многофункциональный потенциометрический анализатор МПА-1 (НПВП «Ива», Россия). Рабочим электродом служил платиновый планарный электрод (НПВП «Ива», Россия), электрод сравнения – стандартный хлорсеребряный.

Измерение общей антиоксидантной активности исследуемого плодово-ягодного сырья осуществлялось поэтапно. В начале заполнялась стеклянная электрохимическая ячейка 10 мл K-Na фосфатным буферным раствором, содержащим медиаторную систему $K_3[Fe(CN_6)]/K_4[Fe(CN_6)]$ в соотношении 0.01/0.0001 моль·экв/л. После этого осуществлялось погружение рабочего платинового планарного электрода и электрода сравнения стандартного хлорсеребряного в ячейку. В дальнейшем осуществлялось измерение начального потенциала медиаторной системы (E_1). Добавляется 0.5 мл исследуемого образца. После чего производится измерение конечного потенциала медиаторной системы (E_2). И в итоге осуществляется расчет общей антиоксидантной активности с использованием выражения:

$$X = \frac{aC_{ox} - C_{red}}{1 + a},$$

где $a = 10^{\frac{e(E_1 - E_2)}{2.3RT} \ln F} \times \frac{C_{red}}{C_{ox}}$; E_1, E_2 – потенциалы, устанавливающиеся в системе до и после введения анализируемого источника антиоксидантов, мВ; C_{ox} – концентрация окисленной формы медиатора, моль/л; C_{red} – концентрация восстановленной формы медиатора, моль/л; X – общая антиоксидантная активность, моль·экв/л.



Рис. 1. Общая схема исследований

Флавоноиды в пересчете на рутин определялись спектрофотометрически после реакции комплексообразования с алюминия хлоридом. Для этого измельчался 1 г сырья, который в дальнейшем помещался в колбу со шлифом объемом 150 мл, прибавляется 30 мл 5% спирта. Колба присоединяется к обратному холодильнику, нагревается на водяной кипящей бане 30 мин при периодическом встряхивании, с целью смывания со стенок частиц сырья. В дальнейшем, извлечение фильтруется в колбу объемом 100 мл через вату, при этом частицы сырья не должны попадать на фильтр. В колбу для экстрагирования помещается вата, прибавляется 30 мл спирта (50%). Экстракция повторяется дважды, как описано выше, фильтруется извлечение в эту же мерную колбу. На заключительном этапе проводится охлаждение и доведение объема извлечения до метки 50% спиртом, после чего перемешивается (раствор А).

В колбу объемом 25 мл заливается 1 мл алюминия хлорида в 95% спирте, и объем до метки доводится 95% спиртом. Через 40 мин определяется оптическая плотность спектрофотометром, применяя длину волны 415 нм и кювету толщиной слоя 10 мм. Раствор сравнения: 1 мл извлечения плюс 1 капля кислоты уксусной плюс спирт 95%. Параллельно определяем оптическую плотность ГСО рутин, который приготовлен также как испытуемый раствор.

Содержание суммы флавоноидов, пересчитанной на рутин и на сухое сырье в процентах (x), рассчитываем по формуле:

$$x = \frac{D \times M_0 \times 1000000}{D_0 \times M \times 100 \times (100 - W)},$$

где D – показатель оптической плотности испытуемой пробы; D₀ – показатель оптической плотности пробы ГСО рутин; M – показатель массы сырья, г; M₀ – показатель массы ГСО рутин, г; W – показатель потери массы при высушивании сырья, %

Суммарную массовую долю антоцианов определяли методом pH-дифференциальной спектрофотометрии, основанной на изменении 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.

Исследование общего содержания фенольных веществ проводилось по колориметрическому методу определения общего содержания фенольных веществ основанному на применении реактива Фолина-Чокальтеу.

В стерильных пробирках приливали к 0.25 мл готового экстракта концентрацией 0.1 мг исходного сырья/см³, 0.25 мл 50%-ного водного раствора реактива Фолина-Чокальтеу, 0.50 мл насыщенного раствора карбоната натрия и 4.00 мл дистиллированной воды. В контрольную пробу приливали вместо экстракта 0.25 мл дистиллированной воды. Смесь выдерживали 25 мин при 25 °С при постоянном помешивании для завершения реакции. Далее пробы центрифугировали 10 мин при скорости 2000 об/мин.

Содержание фенольных веществ в растворе определяли спектрофотометрическим методом на приборе КФК. Спектр поглощения снимали при длине волны 725 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещали контрольную пробу. Калькуляцию фенольных соединений в мг галловой кислоты/100 г продукта проводили по калибровочной кривой.

Обсуждение результатов

По результатам проведенных исследований плодов терносливы (рис. 2), значения антиоксидантной активности составили, ммоль/дм³ экв: наибольшие значения у перспективной селекционной формы «23-15» – 81.220±2.437 и сорта «Исеть» – 52.404±1.572; наименьшие значения у сорта «Тагил» – 26.359±0.791 и сорта «Серго» – 21.748±0.652. Полученные данные позволяют рекомендовать терносливу как основу для функциональных продуктов питания с антиоксидантной активностью, направленных на снижение негативных последствий развития окислительного стресса [18–20], и наглядно демонстрируют значительное содержание антиоксидантов в исследуемых сортах терносливы, которое составляет от 67.9 до 254.2% от рекомендуемой суточной нормы потребления в пересчете на аскорбиновую кислоту (значения АОА аскорбиновой кислоты – 32.024±0.350 ммоль-экв/дм³).

По результатам проведенных исследований плодов сливы уссурийской (рис. 2) значения антиоксидантной активности составили, ммоль/дм³ экв: наибольшие значения у сорта «Достойная» – 23.993±0.720 и сорта «Нейва» – 23.326±0.700; наименьшие значения у сорта «Шелест» – 17.842±0.535 и «Уральские зори»

– 4.713 ± 0.141 . Полученные данные позволяют рекомендовать сливу уссурийскую как дополнительный компонент для функциональных продуктов питания антиоксидантной направленности и наглядно демонстрируют значительное содержание антиоксидантов в исследуемых сортах уссурийской сливы, которое составляет от 14.7 до 74.9% от рекомендуемой суточной нормы потребления в пересчете на аскорбиновую кислоту.

Согласно данным исследований (рис. 3), наибольшее содержание фенольных веществ в плодах наблюдается в перспективной селекционной форме «23-15» – 703.7 ± 21.1 и сорте «Исеть» – 663.8 ± 19.9 ; наименьшее значение у сорта «Серго» – 483.0 ± 14.4 . Среди плодов сливы уссурийской по данному показателю особо выделяются сорта «Достойная» – 532.8 ± 15.9 и «Нейва» – 518.0 ± 15.5 ; наименьшее значение наблюдается у сорта «Уральские зори» – 104.7 ± 3.1 мг галловой кислоты/100 г съедобной части.

Содержание флавоноидов в исследуемых сортах терносливы также является значительным. Так (рис. 4), наибольшие содержания флавоноидов, мг/100 г съедобной части, наблюдаются в перспективной форме «23-15» – 647.2 ± 19.4 и сорте «Исеть» – 504.7 ± 15.1 ; наименьшее значение – у сорта «Серго» – 334.0 ± 10.0 . В то же время у сливы уссурийской наибольшие значения составили у сортов «Достойная» – 368.4 ± 11.1 и «Нейва» – 358.2 ± 10.7 ; наименьшее значение наблюдается у сорта «Уральские зори» – 72.4 ± 2.1 . Полученные значения в целом коррелируются со значениями общей антиоксидантной активности.

Наибольшее содержание антоцианов наблюдается в плодах таких сортов терносливы, мг цианидин-3-гликозида/100 г съедобной части, как перспективная форма «23-15» – 99.1 ± 2.9 и сорт «Исеть» – 76.9 ± 2.3 ; наименьшее значение у сорта «Серго» – 31.9 ± 0.9 . Среди плодов сливы уссурийской по данному показателю особо выделяются сорта «Достойная» – 35.2 ± 1.0 и «Нейва» – 34.2 ± 1.0 ; наименьшее значение наблюдается у сорта «Уральские зори» – 6.9 ± 0.2 (рис. 5).

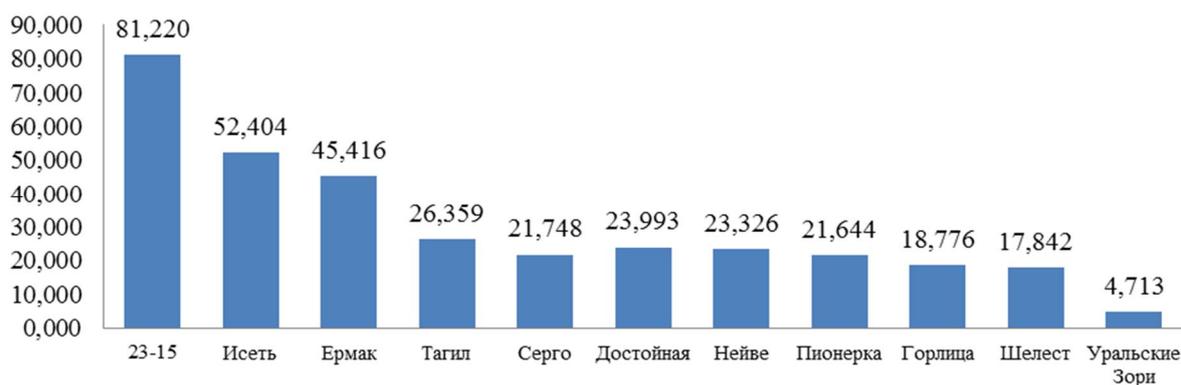


Рис. 2. Результаты исследования антиоксидантной активности у плодов терносливы и сливы уссурийской, произрастающих в Свердловской области, ммоль/дм³ экв

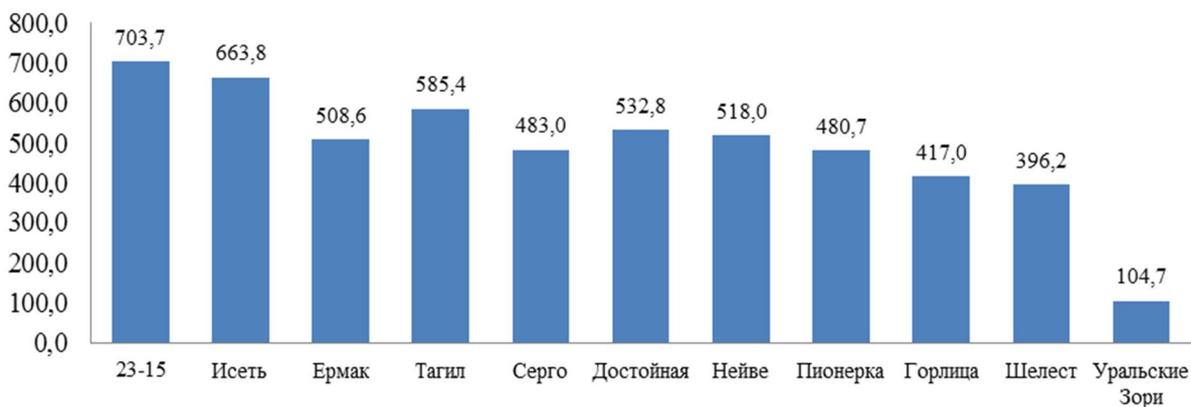


Рис. 3. Результаты исследования содержания фенольных веществ в плодах сливы уссурийской и терносливы, произрастающих в Свердловской области, мг галловой кислоты/100 г съедобной части

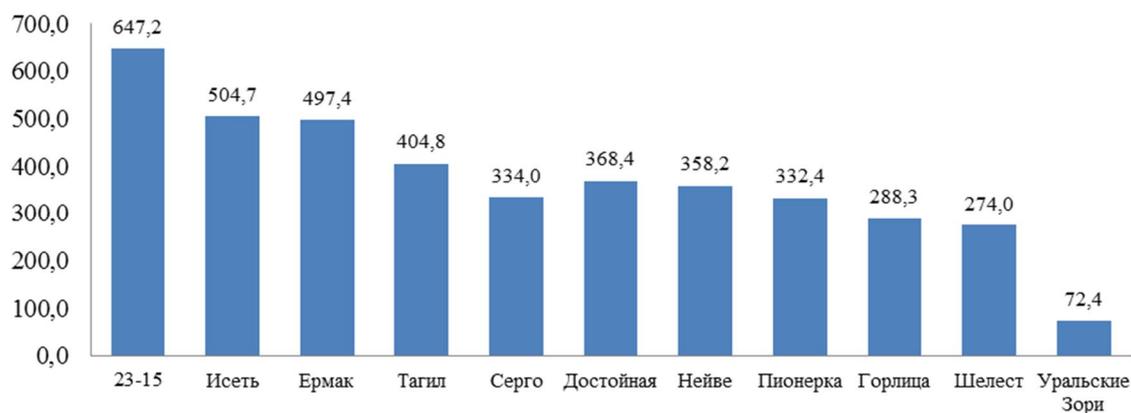


Рис. 4. Результаты исследования содержания флавоноидов в плодах сливы уссурийской и терносливы, произрастающих в Свердловской области, мг/100 г съедобной части

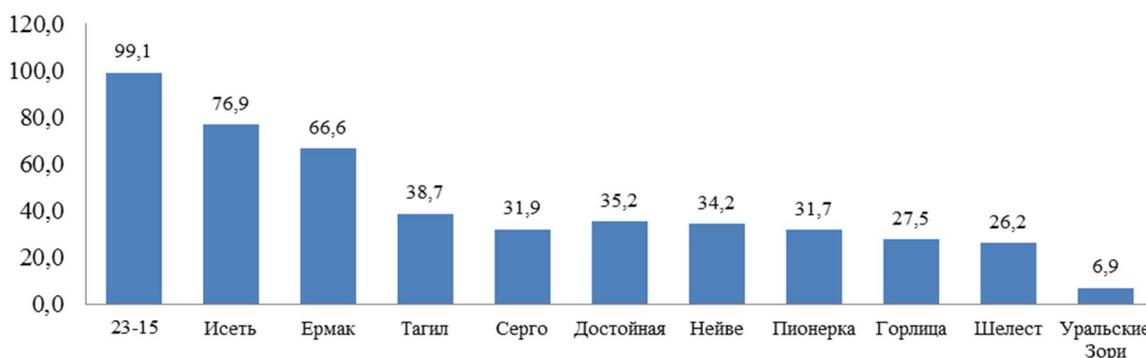


Рис. 5. Результаты исследования содержания антоцианов в плодах сливы уссурийской и терносливы, произрастающих в Свердловской области, мг цианидин-3-гликозида/100 г съедобной части

Выводы

В ходе исследования 11 сортов сливы, предоставленных структурным подразделением ФГБНУ Ур-ФАНИЦ УрО РАН Свердловской селекционной станцией садоводства, произрастающих в Свердловской области, получены новые данные по общей антиоксидантной активности плодов, содержания флавоноидов, фенолов и антоцианов. Полученные данные позволят более корректно рассчитывать пищевую ценность рационов и обоснованно выбирать тот или иной сорт при диетической коррекции рациона с целью повышения общей антиоксидантной активности, а также вести селекцию на улучшение качества плодов.

По совокупности показателей среди исследуемых сортов терносливы по содержанию флавоноидов, антоцианов и фенольных соединений можно выделить перспективную форму «23-15» и сорт «Исеть», со значениями общей антиоксидантной активности 81.2 ± 2.4 и 52.4 ± 1.5 ммоль/дм³ экв соответственно. Среди сортов сливы уссурийской можно выделить сорта «Достойная» и «Нейва», со значениями общей антиоксидантной активности 23.9 ± 0.7 и 23.3 ± 0.7 ммоль/дм³ экв соответственно.

Таким образом, исходя из всего вышесказанного, следует, что использование выделившихся сортов, как плодов терносливы, так и сливы уссурийской, в качестве компонента-антиоксиданта в составе пищевых систем, направленных на снижение негативного воздействия окислительного стресса на организм человека, является целесообразным.

Список литературы

1. 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.

2. Демидова А.В., Макарова Н.В., Лукичева С.А., Быкова Т.О., Азаров О.И., Деменина Л.Г. Экспериментальное исследование антиоксидантных показателей сортовой сливы // Инновационные технологии в пищевой промышленности: сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Самара, 2016. С. 137–139.
3. Янова К.Ф., Кальченко Е.Ю. Биохимический состав некоторых сортов сливы // Инновационные решения молодых ученых в аграрной науке. 2019. С. 28–33.
4. Тиунов В.М., Чугунова О.В., Вяткин А.В. Исследование антиоксидантных показателей плодово-ягодного сырья, произрастающего в Свердловской области // Аграрный вестник Урала. 2022. №5(220). С. 49–59.
5. Bahrina A.A., Moshawiha S., Dhaliwal J.S., Kanakal M.M., Khan A., Kah Seng Lee, Bey Hing Goh, Hui Poh Goh, Nurolaini Kifli, Long Chiau Ming. Cancer protective effects of plums: A systematic review // Biomedicine & Pharmacotherapy. 2022. Vol. 146, Article 112568. DOI: 10.1016/j.biopha.2021.112568.
6. Jiawen Yu, Wu Li, Bangyan You, Shiyang Yang, Wenyan Xian, Yu Deng, Wei Huang, Ruili Yang. Phenolic profiles, bioaccessibility and antioxidant activity of plum (*Prunus Salicina* Lindl) // Food Research International. 2021. Vol. 143. Article 110300. DOI 10.1016/j.foodres.2021.110300.
7. Michalska A., Wojdyło A., Łysiak G.P., Figiel A. Chemical Composition and Antioxidant Properties of Powders Obtained from Different Plum Juice Formulations // International Journal of Molecular Sciences. 2017. Vol. 18(1). Pp. 176–190. DOI: 10.3390/ijms18010176.
8. Ezinne O.I., Charlton K.E. A Systematic Review on the Health Effects of Plums (*Prunus domestica* and *Prunus salicina*) // Phytotherapy Research. 2016. Vol. 30, no. 5. Pp. 701–731. DOI: 10.1002/ptr.5581.
9. Ершова И.В. Содержание биологически активных фенольных соединений в сибирских плодах и ягодах // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. №9. С. 44–47.
10. Богданов Р.Е., Жбанова Е.В. Оценка перспективных сортов и форм сливы по качеству и биохимическому составу плодов // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. Т. 54. С. 111–117. DOI: 10.31676/2073-4948-2018-54-111-117.
11. Рихтер А.А., Горина В.М. Полифенолы тканей плодов косточковых культур в профилактике некоторых заболеваний человека // Плодоводство. 2018. №30(1). С. 273–283.
12. 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.
13. Макаркина М.А., Павел А.Р., Ветрова О.А. Изучение биохимического состава плодов во ВНИИСПК // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2020. Т. 7. №1-2. С. 99–102.
14. Быкова Т.О., Демидова А.В., Еремеева Н.Б., Макарова Н.В., Деменина Л.Г. Химический состав и антиоксидантные свойства сортовой сливы и алычи // Хранение и переработка сельхозсырья. 2016. №5. С. 14–17.
15. Тарасов А.В., Чугунова О.В., Стожко Н.Ю. Потенциометрическая сенсорная система на основе модифицированных толстопленочных электродов для определения антиоксидантной активности напитков // Индустрия питания Food Industry. 2020. Т. 5. №3. С. 85–96. DOI: 10.29141/2500-1922-2020-5-3-10.
16. Тринеева О.В. Методы определения антиоксидантной активности объектов растительного и синтетического происхождения в фармации (обзор) // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2017. №4. С. 180–197.
17. 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. 222–231.
18. Sies H., Berndt C., Jones D.P. Oxidative Stress // Annual Review of Biochemistry. 2017. Vol. 86. Pp. 715–748. DOI: 10.1146/annurev-biochem-061516-045037.
19. Sies H. Oxidative Stress: Concept and Some Practical Aspects // Antioxidants. 2020. Vol. 9(9). Pp. 852–858. DOI: 10.3390/antiox9090852.
20. Bahrina A.A., Moshawiha S., Dhaliwal J.S., Kanakal M.M., Khan A., Lee K.S., Goh B.H., Goh H.P., Ming N.K.L.S. Cancer protective effects of plums: A systematic review // Biomedicine & Pharmacotherapy. 2022. Vol. 146. Article 112568. DOI: 10.1016/j.biopha.2021.112568.
21. Liguori I., Russo G., Curcio F., Bulli G., Aran L., Della-Morte D., Gargiulo G., Testa G., Cacciatore F., Bonaduce D., Abete P. Oxidative stress, aging, and diseases // Clinical Interventions in Aging. 2018. Vol.13. Pp. 757–772. DOI: 10.2147/CIA. C158513.

Поступила в редакцию 9 ноября 2022 г.

После переработки 29 марта 2023 г.

Принята к публикации 29 марта 2023 г.

Для цитирования: 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. DOI: 10.14258/jcprm.20230412083.

Arisov A.V.¹, Vyatkin A.V.^{1*}, Isakova M.G.², Slepneva T.N.² STUDY OF THE ANTIOXIDANT COMPLEX OF PLUM FRUITS *PRUNUS USSURIENSIS* AND *PRUNUS INSITITIA* IN THE SVERDLOVSK REGION

¹ Ural State Economic University, ul. 8 Marta, 62, Ekaterinburg, 620144 (Russia), e-mail: 3dognight2009@mail.ru

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

The article presents the results of a study of the antioxidant complex in the fruits of 11 plum varieties growing in the Sverdlovsk region, including 6 varieties of Ussuri plum (*Prunus ussuriensis*) and 5 varieties of blackthorn (*Prunus insititia*). As a result of studies of antioxidant indicators, the values of antioxidant activity were, mmol / dm³ eq, in blackthorn from 21.748±0.652 to 52.404±1.572 (highest value in the variety "Iset", the lowest value in the variety "Sergo"); in the plum of Ussuri from 4.713±0.141 to 23.993±0.720 (highest value in the variety "Iset", the lowest value in the variety "Sergo"); in the plum of Ussuri from 4.713±0.141 to 23.993±0.720 (highest value in the variety "Dostoynaya", the smallest in the variety "Uralsky Zori"); especially it is possible to highlight the promising form of thorns "23-15" with a value of 81.220±2.437. At the same time, the content of flavonoids was, mg / 100 g of the edible part, in blackthorn from 333.968±10.019 to 504.729±15.142; in Ussuri plum from 72.374±2.171 to 368.442±11.053. The highest value of this indicator is 647.235±19.417 mg/100 g in the perspective form of blackthorn "23-15".

Keywords: fruit and berry raw materials, ussuri plum, blackthorn, antioxidant activity, food systems, processing and storage.

References

1. Akimov M.Yu., Makarov V.N Zhbanova Ye.V. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2019, vol. 33, no. 2, pp. 56–60. (in Russ.).
2. Demidova A.V., Makarova N.V., Lukicheva S.A., Bykova T.O., Azarov O.I., Demenina L.G. *Innovatsionnyye tekhnologii v pishchevoy promyshlennosti. Sbornik statey III Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem*. [Innovative technologies in the food industry. Collection of articles of the III All-Russian scientific and practical conference with international participation]. Samara, 2016, pp. 137–139. (in Russ.).
3. Yanova K.F., Kal'chenko Ye.Yu. *Innovatsionnyye resheniya molodykh uchenykh v agrarnoy nauke*, 2019, pp. 28–33. (in Russ.).
4. Tiunov V.M., Chugunova O.V., Vyatkin A.V. *Agrarnyy vestnik Urala*, 2022, no. 5(220), pp. 49–59. (in Russ.).
5. Bahrina A.A., Moshawiha S., Dhaliwal J.S., Kanakal M.M., Khan A., Kah Seng Lee, Bey Hing Goh, Hui Poh Goh, Nurolaini Kifli, Long Chiau Ming. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2022, vol. 146, Article 112568. DOI: 10.1016/j.biopha.2021.112568.
6. JiawenYu, Wu Li, BangyanYou, Shiyang Yang, Wenyan Xian, Yu Deng, Wei Huang, Ruili Yang *Food Research International*, 2021, vol. 143, article 110300. DOI 10.1016/j.foodres.2021.110300.
7. Michalska A., Wojdyło A., Łysiak G.P., Figiel A. *International Journal of Molecular Sciences*, 2017, vol. 18(1), pp. 176–190. DOI: 10.3390/ijms18010176.
8. Ezinne O.I., Charlton K.E. *Phytotherapy Research*, 2016, vol. 30, no. 5, pp. 701–731. DOI: 10.1002/ptr.5581.
9. Yershova I.V. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2016, vol. 30, no. 9, pp. 44–47. (in Russ.).
10. Bogdanov R.Ye., Zhbanova Ye.V. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*, 2018, vol. 54, pp. 111–117. DOI: 10.31676/2073-4948-2018-54-111-117. (in Russ.).
11. Richter A.A., Gorina V.M. *Plodovodstvo*, 2018, no. 30(1), pp. 273–283. (in Russ.).
12. 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., Rylyina Ye.V., Makarov V.N., Zhidekhina 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. (in Russ.).
13. Makarkina M.A., Pavel A.R., Vetrova O.A. *Selektsiya i sortorazvedeniye sadovykh kul'tur*, 2020, vol. 7, no. 1-2, pp. 99–102. (in Russ.).
14. Bykova T.O., Demidova A.V., Yeremeyeva N.B., Makarova N.V., Demenina L.G. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya*, 2016, no. 5, pp. 14–17. (in Russ.).
15. Tarasov A.V., Chugunova O.V., Stozhko N.Yu. *Food Industry*, 2020, vol. 5, no. 3, pp. 85–96. DOI: 10.29141/2500-1922-2020-5-3-10. (in Russ.).
16. Trineyeva O.V. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2017, no. 4, pp. 180–197. (in Russ.).
17. Yashin A.Ya., Vedenin A.N., Yashin Ya.I., Nemzer B.V. *Analitika*, 2019, vol. 9, no. 3, pp. 222–231. (in Russ.).
18. Sies H., Berndt C., Jones D.P. *Annual Review of Biochemistry*, 2017, vol. 86 pp. 715–748. DOI: 10.1146/annurev-biochem-061516-045037.
19. Sies H. *Antioxidants*, 2020, vol. 9(9), pp. 852–858. DOI: 10.3390/antiox9090852.
20. Bahrina A.A., Moshawiha S., Dhaliwal J.S., Kanakal M.M., Khan A., Lee K.S., Goh B.H., Goh H.P., Ming N.K.L.S. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2022, vol. 146, article 112568. DOI: 10.1016/j.biopha.2021.112568.
21. Igwe E.O., Charlton K.E. *Phytotherapy Research*, 2016, vol. 30(5), pp. 701–731. DOI: 10.1002/ptr.5581.
22. Liguori I., Russo G., Curcio F., Bulli G., Aran L., Della-Morte D., Gargiulo G., Testa G., Cacciatore F., Bonaduce D., Abete P. *Clinical Interventions in Aging*, 2018, vol.13, pp. 757–772. DOI: 10.2147/CIA. C158513.

Received November 9, 2022

Revised March 29, 2023

Accepted March 29, 2023

For citing: Arisov A.V., Vyatkin A.V., Isakova M.G., Slepneva T.N. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 4, pp. 353–360. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20230412083.

* Corresponding author.