УДК 543.554, 54.056

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ НЕКОТОРЫХ РАСТЕНИЙ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Aqueous Extracts Antioxidant Activity Determination of Some Plants from the Ural Region

Тарасов А.В., Бухаринова М.А., Хамзина Е.И.
Tarasov A.V., Bukharinova M.A., Khamzina E.I.

Реферат

Водные экстракты растений находят широкое применение в фармацевтической, косметической и пищевой промышленности. В результате проведенного исследования определена антиоксидантная активность (АОА) растений Уральского региона: облепихи, малины, крапивы, рябины, красной и черной смородины. АОА рассчитывали потенциометрическим методом с использованием медиаторной системы $K_3[Fe(CN)_6]/K_4[Fe(CN)_6]$. Величина АОА пропорциональна выходу экстрактивных веществ. В пределах проанализированного интервала температур (60–100 °С) найденная величина АОА для разных растений изменяется разнонаправленно при повышении температуры экстракции. Среди изученных образцов максимальной АОА обладают экстракты из листьев облепихи и малины, а минимальной – экстракт из листьев крапивы. Свежеприготовленные экстракты содержат максимальное количество антиоксидантов.

Ключевые слова:

*растения
Уральского региона;
экстракты;
экстракция;
антиоксиданты;
антиоксидантная
активность;
потенциометрический
метод*

Abstract

A man often uses aqueous extracts of plants in pharmaceutical, cosmetic and food industries. As a result, the study determined plants antioxidant activity (AOA) of the Ural region: sea buckthorn, raspberry, nettle, dogberry, red and black currant. Researchers calculated the AOA by the potentiometric method using the mediator system $K_3[Fe(CN)_6]/K_4[Fe(CN)_6]$. The AOA value is proportional to the extra active substances output. Within the analyzed temperature range (60–100 °C), the determined AOA value for different plants varies in different directions while the extraction temperature is increasing. Among the studied samples, extracts from sea buckthorn and raspberry leaves have the maximum AOA, and extract from nettle leaves get the minimum. Freshly prepared extracts contain the maximum number of antioxidants.

Keywords:

*plants of the Ural region;
extracts;
extraction;
antioxidants;
antioxidant activity;
potentiometric method*

Большинство биохимических реакций, составляющих основу жизнедеятельности клеточных организмов, являются окислительно-восстановительными, продуцирующими оксиданты свободно-радикального характера, среди которых особое место занимают активные формы кислорода и азота. Свободные радикалы, окисляя молекулы липидов, белков, ДНК, нарушают

процессы жизнедеятельности клетки, а в иных случаях ведут к ее гибели (апоптозу). Различные экзогенные и эндогенные неблагоприятные факторы способны приводить к интенсификации процессов генерации оксидантов и ослаблению антиоксидантной защиты организма. В результате возникает явление, получившее название «окислительный (оксидативный) стресс» [13; 29].

В настоящее время поиском биологически активных веществ, обладающих антиоксидантными свойствами, с целью регуляции окислительного стресса в организме человека занимаются многие исследователи. Решить эту задачу возможно путем разработки продуктов питания, напитков, биологически активных добавок, лекарственных препаратов и косметических средств, содержащих необходимые организму антиоксиданты [8; 17; 18; 19; 23].

Из наиболее доступных источников антиоксидантов основными являются лекарственные

и дикорастущие растения [4], которые, помимо антиоксидантных, обладают рядом других биологически важных свойств (см. таблицу).

Благодаря набору ценных свойств растения положительно влияют на различные системы организма человека: нервную, иммунную, сердечно-сосудистую, лимфатическую, пищеварительную, репродуктивную, мочевыделительную и покровную [11; 14; 15; 16; 24]. Полезные свойства растений обуславливают их широкое применение в фармацевтической, косметической и пищевой промышленности.

Состав антиоксидантов в листьях и полезные свойства растений Уральского региона

Растение	Состав антиоксидантов в листьях	Полезные свойства
Облепиха крушиновидная (Hippophae rhamnoides L.) [5; 6; 14; 20; 24]	Витамины: С и Е (α, β- и γ-токоферолы). Каротиноиды: α, β- и γ-каротины, лютеин, криптоксантин, виолаксантин, неоксантин. Фенолкарбоновые кислоты и их производные: галловая, хлорогеновая. Флавоноиды: изорамнетин, кверцетин, кемпферол, мирицетин, астрагалин, изокверцетин, 3-β-D-глюкофуранозил-β-D-глюкопиранозид изорамнетина, 3-галактозилглюкозид кверцетина, 3-O-β-D-глюкопиранозидо-7-O-α-L-рамнопиранозид изорамнетина, катехины ((-) эпикатехин, (+) галлокатехин, (-) эпигаллокатехин, (-) эпикатехингаллат, (+) галлеокатехингаллат), лейкоантоцианы (лейкоцианидин, лейкодельфинидин)	Поливитаминальное, противовоспалительное, ранозаживляющее и гемостатическое, противоатеросклеротическое, болеутоляющее, жаропонижающее, обеззараживающее
Малина обыкновенная (Rubus idaeus L.) [5; 6; 15; 20; 24]	Витамины: С и Е. Каротин. Фенолкарбоновые кислоты в гидролизате: п-кумаровая, ванилиновая, кофейная, галловая, гентиизиновая. Флавоноиды: кверцетин, кемпферол, гиперозид, изокверцитрин, афцелин, астрагалин, рамнозид кемпферола, катехины ((+) катехин, (+) катехин, (-) эпикатехин, (-) эпикатехин)	Поливитаминальное, противовоспалительное, жаропонижающее, обеззараживающее, ранозаживляющее и гемостатическое, противокашлевое, потогонное, противоатеросклеротическое
Крапива двудомная (Urtica dioica L.) [5; 6; 16; 20; 24]	Витамины: С, Е и К. Фенолкарбоновые кислоты и их гидролизаты: галловая, п-кумаровая, кофейная, феруловая. Кумарины: эллаговая кислота. Флавоноиды: кверцетин. Каротиноиды: β-каротин, ксантофил, виолаксантин	Поливитаминальное, ранозаживляющее и гемостатическое, обеззараживающее, диуретическое, отхаркивающее
Рябина обыкновенная (Sorbus aucuparia L.) [5; 6; 15; 20; 24]	Фенолкарбоновые кислоты и их производные: хлорогеновая, изохлорогеновая, кофейная, п-кумаровая. Флавоноиды: рутин, астрагалин, кемпферол, изокверцетин, 3-β-софорозид кверцетина, 3-β-софорозид кемпферола, антоцианы (гидролизат цианидина)	Поливитаминальное, противовоспалительное, потогонное, диуретическое, желчегонное, ранозаживляющее и гемостатическое, обеззараживающее
Смородина черная (Ribes nigrum L.) [5; 6; 15; 20; 24]	Витамины: С. Флавоноиды: 3-глюкозиды кемпферола, кверцетина и мирицетина, катехины (катехин, галлокатехин). Иридоиды: асперулин	Поливитаминальное, противовоспалительное, жаропонижающее, потогонное, диуретическое, гемостатическое, антиревматическое
Смородина красная (Ribes rubrum L.) [5; 6; 15; 20; 24]	Витамины: С. Флавоноиды: астрагалин, изокверцитрин, катехины (катехин, галлокатехин, эпикатехин)	Противовоспалительное, жаропонижающее, потогонное, желчегонное, диуретическое, антиревматическое, гемостатическое

На территории России растительное сырье в свежем виде доступно не круглый год, а только три летних месяца; всё остальное время используют высушенные формы растений, из которых готовят экстракты или вытяжки [7]. Экстракты лекарственных и пищевых растений являются важнейшими источниками природных антиоксидантов [5; 6; 25; 27] за счет содержания витаминов, органических кислот (главным образом, оксибензойных и оксикоричных), кумаринов, стильбенов, флавоноидов, каротиноидов и других биологически активных веществ [5; 6; 12; 30]. Экстракты готовят путем извлечения активных действующих веществ из растений с помощью экстрагентов (растворителей) [21]. В качестве растворителей используют воду, спирты, водно-спиртовые смеси, органические жидкости, масла и сверхкритические флюиды (например, диоксид углерода и воду – при критических значениях давления и температуры). В некоторых случаях применяют дополнительные физические воздействия: нагрев, ультразвук, микроволновое (сверхвысокочастотное) излучение, центробежную силу и др. [9].

Следует отметить, что разработка экологически безопасных способов экстракции для получения биологически активных соединений из источников растительного происхождения – одно из приоритетных направлений развития методов разделения и концентрирования в аналитической химии. Направление по замене токсичных органических растворителей нетоксичными водными соответствует основным принципам «зеленой» химии.

Значительный интерес представляет определение АОА (как интегрального параметра) растительных экстрактов, поскольку они содержат сотни антиоксидантов, обладающих синергетическим действием [1]. Существует ряд методов определения АОА [13; 22; 28]. Описаны, в частности, оптические, хроматографические и электрохимические методы, различающиеся способом регистрации сигнала. В настоящее время широкое применение находят электрохимические методы [2; 3; 10; 26] – они чувствительны, просты, экспрессны, а оборудование и реактивы для них доступны любой лаборатории.

Цель исследования – определение АОА водных экстрактов растений Уральского региона и изучение влияния температуры экстракции на найденную величину АОА.

Материалы и методы исследования

Реактивы. Использованы следующие химические реактивы: KCl х.ч. ГОСТ 4232 (НПО «ЭКРОС», Россия); $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ч.д.а. ГОСТ 245 («Вектон», Россия); $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ч.д.а. ГОСТ 4172 («Химреактивснаб», Россия); $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ х.ч. ГОСТ 4206

(«Вектон», Россия), $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ х.ч. ГОСТ 4207 («Реахим», Россия).

Оборудование. Экстракты получали путем выдерживания измельченных листьев растений с экстрагентом (водой) при перемешивании, используя мешалку магнитную с подогревом RCT basic (IKA-Werke, Германия). Для определения АОА использовали многофункциональный потенциометрический анализатор МПА-1 («ИВА», Россия). В качестве рабочего электрода использовали планарный платиновый электрод («ИВА», Россия); электродом сравнения служил хлорсеребряный электрод $\text{Ag}|\text{AgCl}|3.5 \text{ M KCl}$ типа ЭВЛ-1М3.1 (ГЗИП, Белоруссия). Для получения деионизованной воды с удельным сопротивлением 18 МОм·см использовали установку «Аквалаб УВОИ-МФ-1812» («Медиана-Фильтр», Россия).

Приготовление экстрактов. Для приготовления водных растительных экстрактов 1 г высушенных и измельченных листьев растения помещали в коническую колбу, добавляли 50 см³ деионизованной воды, выдерживали при определенной температуре (60; 80 и 100 °C) и перемешивании в течение 30 мин. Полученные взвеси фильтровали, используя обеззоленные фильтры «синяя лента» («ЭКОС-1», РФ), для анализа использовали фильтрат. Готовые экстракты хранили при температуре 4 ± 2 °C в течение нескольких дней для дальнейших исследований.

Метод и расчеты. АОА растительных экстрактов определяли потенциометрическим методом, включающим в себя медиаторную систему [2; 26]. Источником информации о концентрации антиоксидантов служит изменение потенциала платинового электрода, помещенного в буферный раствор, содержащий медиаторную систему $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]/\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Изменение потенциала наблюдалось при введении пробы и являлось следствием изменения соотношения окисленной и восстановленной форм компонентов медиаторной системы в результате протекания реакции (1):

где АО – антиоксидант(-ы); AO_{ox} – окисленная форма антиоксиданта(-ов).

АОА рассчитывали на основании полученной разности потенциалов по формулам (2–3) и выражали в миллимолях эквивалентов антиоксидантов в 1 дм³ (ммоль-экв./дм³) [2]:

$$\text{AOA} = \frac{C_{\text{ox}} - \alpha C_{\text{red}}}{1 + \alpha}, \quad (2)$$

$$\alpha = \left(\frac{C_{\text{ox}}}{C_{\text{red}}} \right) \cdot 10^{\Delta E_{\text{NF}}/2,3RT}, \quad (3)$$

где C_{ox} – концентрация $K_3[Fe(CN)_6]$ в электрохимической ячейке, моль/дм³; C_{red} – концентрация $K_4[Fe(CN)_6]$ в электрохимической ячейке, моль/дм³; n – количество электронов в электродной реакции ($n = 1$); F – постоянная Фарадея ($F = 96485,333$ Кл/моль); R – универсальная газовая постоянная ($R = 8,314$ Дж/моль×К); T – температура, К.

Методика анализа. Для определения АОА образцов в электрохимическую ячейку помещали 9,8 см³ буферного раствора (рН 7,2), 0,10 см³ раствора 1,00 моль/дм³ $K_3[Fe(CN)_6]$ и 0,10 см³ раствора 0,01 моль/дм³ $K_4[Fe(CN)_6]$. Измеряли начальный потенциал исходного раствора (E_1).

После установления начального потенциала в электрохимическую ячейку вносили 0,20 см³ исследуемого экстракта и измеряли потенциал системы (E_2), фиксировали изменение потенциала медиаторной системы $\Delta E = E_1 - E_2$ (рис. 1).

Результаты определения АОА представлены как *среднее ± доверительный интервал* для трех независимых измерений при уровне значимости, равном 0,05.

Результаты и их обсуждение

Влияние температуры экстракции на величину найденной АОА водных экстрактов растений показано на диаграмме, представленной на рис. 2.

Наибольшая величина АОА экстрактов из облепихи и рябины наблюдается при температуре экстракции 100 °С: $71,4 \pm 5,9$ и $14,4 \pm 1,3$ ммоль-экв./дм³ соответственно. АОА экстрактов из малины и черной смородины максимальна при температуре экстракции 80 °С: $36,8 \pm 3,2$ и $7,7 \pm 1,2$ ммоль-экв./дм³ соответственно. Для экстрактов красной смородины и крапивы температурный фактор практически не оказывает влияния на найденную величину АОА: $7,2 \pm 1,1$ и $0,9 \pm 0,1$ ммоль-экв./дм³ соответственно.

Рис. 1. Потенциограмма, полученная при определении АОА растительного экстракта

Рис. 2. Влияние температуры экстракции на величину АОА водных экстрактов листьев растений

Рис. 3. Изменение величины АОА водных экстрактов листьев черной смородины и малины во времени

Наибольшая АОА экстрактов облепихи и малины по сравнению с экстрактами других растений вне зависимости от температуры экстракции обусловлена, по-видимому, большим содержанием водорастворимых антиоксидантов (в первую очередь, витаминов и флавоноидов) и веществ, антиоксидантные свойства которых в настоящий момент не доказаны, но которые способны окисляться $K_3[Fe(CN)_6]$. К последним следует отнести циклитолы и тритерпеноиды [12; 13].

Изменение АОА водных экстрактов листьев малины и черной смородины в течение первых четырех дней хранения после приготовления иллюстрирует рис. 3, из которого следует, что максимальная АОА характерна для растительных экстрактов в день приготовления. В течение последующих двух дней происходит уменьшение АОА экстрактов, а начиная с третьего дня величина АОА экстрактов практически не изменяется во времени.

Заключение

Актуальная в настоящее время проблема обеспечения населения полезными и безопасными продуктами питания и средствами ухода решается исследователями разных отраслей – пищевой промышленности, фарминдустрии, нутрицевти-

ки, косметологии и др. Для обеспечения антиоксидантного эффекта и ряда других полезных свойств растения могут рассматриваться как универсальный сырьевой компонент. Использование потенциометрического метода, включающего в себя медиаторную систему, позволило оценить и сравнить АОА водных экстрактов разных растений. Показано, что для достоверного определения АОА требуется выбрать оптимальную температуру экстракции. При повышенных температурах экстракции найденная величина АОА и, следовательно, выход экстрактивных веществ выше; при этом изменение температуры экстракции по-разному влияет на найденную величину АОА растений. Независимо от температуры экстракции наибольший показатель АОА имеют водные экстракты листьев облепихи и малины. Отмечено, что максимальная величина АОА характерна для свежеприготовленных растительных экстрактов.

Использование растений, богатых биологически активными веществами, может обеспечить высокий антиоксидантный эффект в пищевой (напитки), фармацевтической (биологически активные добавки) и косметической (средства по уходу за кожей и волосами) промышленности.

Авторы выражают благодарность научному руководителю исследования заслуженному деятелю науки РФ, доктору химических наук, профессору Х.З. Брайниной.

Библиографический список

1. Аронбаев Д.М., Тен В.А., Юлаев М.Ф., Аронбаева С.Д. Исследование антиоксидантной активности растительности Ферганской долины // Молодой ученый. 2015. № 4. С. 43–50.
2. Брайнина Х.З., Иванова А.В., Шарафутдинова Е.Н. Оценка антиоксидантной активности пищевых продуктов методом потенциометрии // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2004. № 4. С. 73–75.
3. Бирюков В.В. Особенности определения концентрации антиоксидантов амперометрическим методом // Химия растительного сырья. 2013. № 3. С. 169–172.
4. Вахрушева Ю.А., Селина И.И., Оганесян Э.Т. Сравнительная антиоксидантная активность ягод шелковицы черной (*Morus nigra* L.), шелковицы белой (*Morus alba* L.) и шелковицы красной (*Morus rubra* L.) // Фармация и фармакология. 2015. № 2. С. 4–6.
5. Гудков С.В., Брусков В.И., Куликов А.В., Бобылев А.Г., Куликов Д.А., Молочков А.В. Биоантиоксиданты (часть 1) // Альманах клинической медицины. 2014. № 31. С. 61–65.
6. Гудков С.В., Брусков В.И., Куликов А.В., Бобылев А.Г., Куликов Д.А., Молочков А.В. Биоантиоксиданты (часть 2) // Альманах клинической медицины. 2014. № 31. С. 65–69.
7. Колдаев В.М., Зориков П.С., Бездетко Г.Н. Физико-химические свойства настоев на свежих и высушенных листьях лекарственных растений // Тихоокеанский медицинский журнал. 2013. № 2. С. 94–96.
8. Кравцова С.С., Бочкарева О.В., Хасанов В.В. Оценка содержания углеводов, флавоноидов и антиоксидантной активности мыла с растительными добавками // Химия растительного сырья. 2014. № 2. С. 249–253.
9. Маркин В.И., Черпасова М.Ю., Базарнова Н.Г. Основные направления использования микроволнового излучения при переработке растительного сырья (обзор) // Химия растительного сырья. 2014. № 4. С. 21–42.
10. Мисин В.М., Сажин Н.Н., Завьялов А.Ю., Яшин Я.И. Измерение содержания фенолов в экстрактах лекарственных трав и их смесях амперометрическим методом // Химия растительного сырья. 2009. № 4. С. 127–132.
11. Панесенко Ю.А., Ременякина Е.И., Левичкин В.Д., Басов А.А., Павлюченко И.И. Способы тестирования антиоксидантных свойств лекарственных препаратов в лабораторных условиях и возможности использования этих показателей в клинической практике // Научные ведомости Белгородского государственного национального исследовательского университета. Сер.: Медицина. Фармация. 2013. № 25. С. 239–243.
12. Петрова С.Н., Кузнецова А.А. Состав плодов и листьев смородины черной *Ribes nigra* // Химия растительного сырья. 2014. № 4. С. 43–50.
13. Проблемы аналитической химии. Химический анализ в медицинской диагностике / под ред. Г.К. Будникова. М.: Наука, 2010. Т. 11. С. 132–163.
14. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства Rutaceae – Elaeagnaceae / отв. ред. П.Д. Соколов. Л.: Наука, 1988. 357 с.
15. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства Hydrangeaceae – Haloragaceae / отв. ред. П.Д. Соколов. Л.: Наука, 1987. 326 с.

Bibliography

1. Aronbaev D.M., Ten V.A., Julaev M.F., Aronbaeva S.D. Issledovanie antioksidantnoj aktivnosti rastitel'nosti Ferganskoy doliny // Molodoy uchenyj. 2015. № 4. S. 43–50.
2. Brajnina H.Z., Ivanova A.V., Sharafutdinova E.N. Ocenka antioksidantnoj aktivnosti pishhevyyh produktov metodom potenciometrii // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishhevaya tehnologiya. 2004. № 4. S. 73–75.
3. Birjukov V.V. Osobennosti opredeleniya koncentracii antioksidantov amperometricheskim metodom // Himiya rastitel'nogo syr'ja. 2013. № 3. S. 169–172.
4. Vahrusheva Ju.A., Selina I.I., Oganessian Je.T. Sravnitel'naja antioksidantnaja aktivnost' jagod shelkovicy chernoj (*Morus nigra* L.), shelkovicy belo (i) (*Morus alba* L.) i shelkovicy krasnoj (*Morus rubra* L.) // Farmacija i farmokologiya. 2015. № 2. S. 4–6.
5. Gudkov S.V., Bruskov V.I., Kulikov A.V., Bobylev A.G., Kulikov D.A., Molochkov A.V. Bioantioksidanty (chast' 1) // Al'manah klinicheskoy mediciny. 2014. № 31. S. 61–65.
6. Gudkov S.V., Bruskov V.I., Kulikov A.V., Bobylev A.G., Kulikov D.A., Molochkov A.V. Bioantioksidanty (chast' 2) // Al'manah klinicheskoy mediciny. 2014. № 31. S. 65–69.
7. Koldaev V.M., Zorikov P.S., Bezdetko G.N. Fiziko-himicheskie svoystva nastoev na svezhih i vysushennyh list'jah lekarstvennyh rastenij // Tihookeanskij medicinskij zhurnal. 2013. № 2. S. 94–96.
8. Kravcova S.S., Bochkareva O.V., Hasanov V.V. Ocenka soderzhanija uglevodov, flavonoidov i antioksidantnoj aktivnosti myla s rastitel'nymi dobavkami // Himiya rastitel'nogo syr'ja. 2014. № 2. S. 249–253.
9. Markin V.I., Cherpasova M.Ju., Bazarnova N.G. Osnovnye napravleniya ispol'zovaniya mikrovolnovogo izlucheniya pri pererabotke rastitel'nogo syr'ja (obzor) // Himiya rastitel'nogo syr'ja. 2014. № 4. S. 21–42.
10. Misin V.M., Sazhin N.N., Zav'jalov A.Ju., Jashin Ja.I. Izmerenie soderzhanija fenolov v jekstraktah lekarstvennyh trav i ih smesjah amperometricheskim metodom // Himiya rastitel'nogo syr'ja. 2009. № 4. S. 127–132.
11. Panesenko Ju.A., Remenjagina E.I., Levichkin V.D., Basov A.A., Pavljuchenko I.I. Sposoby testirovaniya antioksidantnyh svoystv lekarstvennyh preparatov v laboratornyh usloviyah i vozmozhnosti ispol'zovaniya jetih pokazatelej v klinicheskoy praktike // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo nacional'nogo issledovatel'skogo universiteta. Ser.: Medicina. Farmacija. 2013. № 25. S. 239–243.
12. Petrova S.N., Kuznecova A.A. Sostav plodov i list'ev smorodiny chernoj *Ribes nigra* // Himiya rastitel'nogo syr'ja. 2014. № 4. S. 43–50.
13. Problemy analiticheskoy himii. Himicheskij analiz v medicinskoj diagnostike / pod red. G.K. Budnikova. M.: Nauka, 2010. T. 11. S. 132–163.
14. Rastitel'nye resursy SSSR. Cvetkovye rastenija, ih himicheskij sostav, ispol'zovanie. Semejstva Rutaceae – Elaeagnaceae / otv. red. P.D. Sokolov. L.: Nauka, 1988. 357 s.
15. Rastitel'nye resursy SSSR. Cvetkovye rastenija, ih himicheskij sostav, ispol'zovanie. Semejstva Hydrangeaceae – Haloragaceae / otv. red. P.D. Sokolov. L.: Nauka, 1987. 326 s.

16. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства Magnoliaceae – Limoniaceae / отв. ред. А.А. Федоров. Л.: Наука, 1985. 460 с.
17. Родионова Н.С., Мануковская М.В., Небольсин А.Е., Серченя М.В. Применение метода ультразвукового экстрагирования в приготовлении напитка направленного действия из ягод черной смородины // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 2. С. 162–169.
18. Самуйлова Л.В., Пучкова Т.В. Косметическая химия: учеб. изд.: в 2 ч. М.: Школа косметических химиков, 2005. Ч. 1. Ингредиенты. С. 246–268.
19. Струпан Е.А., Колодяжная В.С., Струпан О.А. Технология получения экстрактов из дикорастущего растительного сырья, широко применяемого в пищевой промышленности и фитотерапии // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2012. № 8. С. 199–205.
20. Трегубова И.А., Косолапов В.А., Спасов А.А. Антиоксиданты: современное состояние и перспективы // Успехи физиологических наук. 2012. Т. 43. № 1. С. 75–89.
21. Халанская Д.М., Лодыгин А.Д., Курченко В.П. Исследование влияния технологических факторов на экстракцию биологически активных веществ растительного сырья // Молекулярно-генетические и биотехнологические основы получения и применения синтетических и природных биологически активных веществ: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 20–23 сентября 2017 г.). Минск – Ставрополь : Белорусский государственный университет, Северо-Кавказский федеральный университет, 2017. С. 290–293.
22. Ходос М.Я., Казаков Я.Е., Видревич М.Б., Брайнина Х.З. Мониторинг окислительного стресса в биологических объектах // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2017. Т. 14. № 3. С. 262–274.
23. Чугунова О.В., Пастушкова Е.В., Вяткин А.В. Практические аспекты использования плодово-ягодного сырья при создании продуктов, способствующих снижению уровня оксидативного стресса // Индустрия питания. 2017. № 2. С. 57–63.
24. Энциклопедия лекарственных растений. 3-е изд., испр. и доп. / Н.И. Мазнев. М.: Мартин, 2004. 496 с.
25. Akbarirad H., Gohari A.A., Kazemeini S.M., Mousavi R.A. An overview on some of important sources of natural antioxidants // Int. Food Res. J. 2016. Vol. 23. P. 928–933.
26. Brainina Kh.Z., Ivanova A.V., Sharafutdinova E.N. Potentiometry as a method of antioxidant activity investigation // Talanta. 2007. Vol. 71, № 1. P. 13–18.
27. Brewer M.S. Natural antioxidants: sources, compounds, mechanism of action, and potential application // Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 2011. Vol. 10. P. 221–247.
28. Pisoschi A.M., Negulescu G.P. Methods for total antioxidant activity determination: a review // Biochem. Anal. Biochem. 2011. Vol. 1. P. 1–10.
29. Rahman T., Hosen I., Towhidul Islam M.M., Shekhar H.U. Oxidative stress and human health // Adv. Biosci. Biotechnol. 2012. Vol. 3. P. 997–1019.
30. Shebis Y., Iluz D., Kinel-Tahan Y., Dubinsky Z., Yehoshua Y. Natural antioxidants: function and sources // Food Nutr. Sci. 2013. Vol. 4. P. 643–649.
16. Rastitel'nye resursy SSSR. Cvetkovye rastenija, ih himicheskiy sostav, ispol'zovanie. Semejstva Magnoliaceae – Limoniaceae / отв. ред. А.А. Федоров. Л.: Наука, 1985. 460 с.
17. Rodionova N.S., Manukovskaja M.V., Nebol'sin A.E., Serchenja M.V. Primenenie metoda ul'trazvukovogo jekstragirovanija v prigotovlenii napitka napravlennogo dejstvija iz jagod chernoj smorodiny // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tehnologij. 2016. № 2. S. 162–169.
18. Samujlova L.V., Puchkova T.V. Kosmeticheskaja himija: ucheb. izd.: v 2 ch. M.: Shkola kosmeticheskikh himikov, 2005. Ch. 1. Ingredienty. S. 246–268.
19. Strupan E.A., Kolodjaznaja V.S., Strupan O.A. Tehnologija poluchenija jekstraktov iz dikorastushhego rastitel'nogo syr'ja, shiroko primenjaemogo v pishhevoj promyshlennosti i fitoterapii // Vestnik Krasnojarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 8. S. 199–205.
20. Tregubova I.A., Kosolapov V.A., Spasov A.A. Antioksidanty: sovremennoe sostojanie i perspektivy // Uspehi fiziologicheskikh nauk. 2012. T. 43. № 1. S. 75–89.
21. Halanskaja D.M., Lodygin A.D., Kurchenko V.P. Issledovanie vlijanija tehnologicheskikh faktorov na jekstrakciju biologicheskii aktivnyh veshhestv rastitel'nogo syr'ja // Molekularno-geneticheskie i biotehnologicheskie osnovy poluchenija i primenenija sinteticheskikh i prirodnyh biologicheskii aktivnyh veshhestv: materialy Mezh-dunar. nauch.-prakt. konf. (Minsk, 20–23 sentjabrja 2017 g.). Minsk – Stavropol' : Belorusskij gosudarstvennyj universitet, Severo-Kavkazskij federal'nyj universitet, 2017. S. 290–293.
22. Hodos M.Ja., Kazakov Ja.E., Vidrevich M.B., Brajnina H.Z. Monitoring oksislitel'nogo stressa v biologicheskikh ob'ektah // Vestnik Ural'skoj medicinskoj akademicheskoy nauki. 2017. T. 14. № 3. S. 262–274.
23. Chugunova O.V., Pastushkova E.V., Vjatkin A.V. Prakticheskie aspekty ispol'zovanija plodovo-jagodnogo syr'ja pri sozdanii produktov, sposobstvujushhih snizheniju urovnja oksidativnogo stressa // Ind-ustrija pitaniya. 2017. № 2. S. 57–63.
24. Jenciklopedija lekarstvennyh rastenij. 3-e izd., ispr. i dop. / N.I. Maznev. M.: Martin, 2004. 496 s.
25. Akbarirad H., Gohari A.A., Kazemeini S.M., Mousavi R.A. An overview on some of important sources of natural antioxidants // Int. Food Res. J. 2016. Vol. 23. R. 928–933.
26. Brainina Kh.Z., Ivanova A.V., Sharafutdinova E.N. Potentiometry as a method of antioxidant activity investigation // Talanta. 2007. Vol. 71, № 1. P. 13–18.
27. Brewer M.S. Natural antioxidants: sources, compounds, mechanism of action, and potential application // Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 2011. Vol. 10. P. 221–247.
28. Pisoschi A.M., Negulescu G.P. Methods for total antioxidant activity determination: a review // Biochem. Anal. Biochem. 2011. Vol. 1. P. 1–10.
29. Rahman T., Hosen I., Towhidul Islam M.M., Shekhar H.U. Oxidative stress and human health // Adv. Biosci. Biotechnol. 2012. Vol. 3. P. 997–1019.
30. Shebis Y., Iluz D., Kinel-Tahan Y., Dubinsky Z., Yehoshua Y. Natural antioxidants: function and sources // Food Nutr. Sci. 2013. Vol. 4. P. 643–649.

**Тарасов
Алексей Валерьевич**

**Tarasov
Aleksy Valerievich**

Тел./Phone: (343) 221-27-69
E-mail: tarasovav@usue.ru

*И.о. директора Научно-инновационного центра сенсорных технологий
Уральский государственный экономический университет
620144, РФ, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45*

*Acting Director of the Scientific and Innovation Center for Sensory Technologies
Ural State University of Economics
620144, Russia, Ekaterinburg, 8 March St. / Narodnoy Voli St., 62/45*

**Бухаринова
Мария Александровна**

**Bukharinova
Mariya Aleksandrovna**

Тел./Phone: (343) 221-27-69
E-mail: m.a.bukharinova@usue.ru

*Стажер-исследователь Научно-инновационного центра сенсорных технологий, аспирант
Уральский государственный экономический университет
620144, РФ, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45*

*Researcher of the Scientific and Innovation Center for Sensory Technologies, Postgraduate Student
Ural State University of Economics
620144, Russia, Ekaterinburg, 8 March St. / Narodnoy Voli St., 62/45*

**Хамзина
Екатерина Ильясовна**

**Khamzina
Ekaterina Ilyasovna**

Тел./Phone: (343) 221-27-69
E-mail: xei260296@mail.ru

*Инженер кафедры физики и химии, магистрант
Уральский государственный экономический университет
620144, РФ, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45*

*Engineer of the Physics and Chemistry Department, Master's Degree Student
Ural State University of Economics
620144, Russia, Ekaterinburg, 8 March St. / Narodnoy Voli St., 62/45*

Рецензент

**Матерн
Анатолий Иванович**

**Matern
Anatoliy Ivanivich**

*Доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой аналитической химии
Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина*

*Doctor of Chemical Science, Professor, Head of the Analytical Chemistry Department
The Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin*