

УДК 664.5

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛОВ, ФЛАВОНОИДОВ И УРОВЕНЬ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ДЛЯ ПЛОДОВ ШИПОВНИКА (*ROSA L.*), КОРЫ ДУБА (*QUERCUS ROBUR L.*), КОРНЯ РЕВЕНЯ (*RHEUM OFFICINALE*), КОРНЯ ЖЕНЬШЕНЯ (*PANAX L.*), ПОЧЕК БЕРЕЗЫ (*BETULA L.*)

© Н.В. Макарова\*, Д.Ф. Игнатова, Н.Б. Еремеева

Самарский государственный технический университет,  
ул. Молодогвардейская, 244, Самара, 443100 (Россия),  
e-mail: MakarovaNV1969@yandex.ru

Растительное сырье имеет огромный неиспользуемый потенциал на территории России. Оно содержит в своем составе большое количество биологически активных веществ, обладает потенциальными антиоксидантными свойствами. В результате сравнительного изучения содержания фенолов, флавоноидов, антирадикальной способности по методу с реактивом 2,2'-дифенил-1-пикрилгидразилом, восстанавливающей силы по методу FRAP с реактивом 2,4,6-три(2-пиридил)-1,3,5-триазином в экстрактах, полученных по трем различным технологиям экстрагирования (мацерация 37 °С 2 ч, микроволновое облучение 800 Вт 1 мин, ультразвуковое воздействие 37 °С, 37 кГц 90 мин) из растительного сырья: плодов шиповника (*Rosa L.*), коры дуба (*Quercus robur L.*), корня ревеня (*Rheum officinale*), корня женьшеня (*Panax L.*), почек березы (*Betula L.*) доказано преимущество в уровне изученных показателей для технологии получения экстрактов с использованием инновационного воздействия – ультразвукового облучения. Экстракты растительного сырья могут быть использованы в фармацевтической, косметической промышленности и как компоненты пищевых систем. Отмечается общая тенденция, которая наблюдалась при изучении различных показателей: концентрированные экстракты, в которых сохраняются фенольные соединения и флавоноиды после концентрирования (экстракт корня ревеня и экстракт почек березы), проявляют наилучшую антирадикальную активность и восстанавливающую силу; тогда, как при их разрушении, падают и другие показатели.

*Ключевые слова:* экстракты, фенолы, флавоноиды, свободные радикалы, плоды шиповника (*Rosa L.*), кора дуба (*Quercus robur L.*), корень ревеня (*Rheum officinale*), корень женьшеня (*Panax L.*), почки березы (*Betula L.*).

### Введение

В настоящее время профилактическая борьба с раковыми заболеваниями является актуальной для мирового медицинского сообщества. Огромную роль в формировании механизма образования раковых клеток играет оксидативный стресс, вызванный как действием свободных радикалов, так и другими окислительными процессами [1, 2]. Именно антиоксиданты способны предотвратить и нейтрализовать как действие свободных радикалов, так и других окислительных процессов на клеточном уровне. Поиск антиоксидантов для введения в пищевые и фармацевтические системы ведется постоянно как среди пищевого,

Макарова Надежда Викторовна – доктор химических наук, профессор, заведующая кафедрой технологии и организации общественного питания, e-mail: makarovanv1969@yandex.ru

Игнатова Динара Фанисовна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, e-mail: dinara-bakieva@mail.ru

Еремеева Наталья Борисовна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии и организации общественного питания, e-mail: rnmvnatasha@rambler.ru

так и среди растительного сырья [3]. Кроме противоракового действия антиоксиданты проявляют антидиабетический, противовоспалительный, антимикробный эффекты.

Растительное сырье имеет огромный неиспользуемый потенциал на территории России. Оно представлено множеством объектов, которые могут быть использованы как в фармацевтической, так и в парфюмерной и пищевой отраслях.

\* Автор, с которым следует вести переписку.

Корень ревеня относится как к съедобным пищевым, так и к медицинским объектам. В статье [4] египетских ученых для корня ревеня исследованы такие показатели, как общее содержание танинов, фенолов, флавоноидов, индивидуальный состав флавоноидов хроматографическими методами, антиоксидантная (способность улавливать свободные радикалы) и противовоспалительная активности. На основании полученных результатов делаются выводы, что корень ревеня может быть натуральным противовоспалительным и антиоксидантным средством.

Для выделения антралина из корня ревеня, обладающего высокой биологической активностью, были проведены исследования по подбору технологии экстрагирования (мацерация или метод Сокслета) и типа растворителя (метанол, бензин, толуол, трихлорметан, дихлорметан, ацетон) [5].

Турецкие ученые рекомендуют кору дуба как один из возможных источников антиоксидантных веществ, необходимых для предотвращения окислительного стресса в организме человека [6].

С помощью хроматографических и спектрофотометрических методов анализа удалось выделить и идентифицировать ряд диолов, триолов, производных каэмпферола, нарингинина, ундекана в экстрактах почек березы [7].

Корень женьшеня обладает высокими биологически активными свойствами. В обзоре [8] описаны его антиканцерогенные, противовоспалительные, иммуномодулирующие, гепатопротекторные, антидиабетические, тонизирующие эффекты. Основными компонентами в женьшене являются кислые полисахариды, фенольные соединения, сапонины [9].

Плоды шиповника также содержат широкий ряд биологически активных веществ. Именно для них выявлено наличие противоракового действия, способности лечить ревматоидный артрит, остеопороз, диабет, нейродегенеративные заболевания, микробные воспаления [10]. Этанольные экстракты плодов шиповника проявляют антиоксидантные свойства [11].

Таким образом, представленный материал свидетельствует о перспективности использования растительного сырья в качестве источника биологически активных веществ, в том числе и антиоксидантов.

Основной технологией получения комплекса биологически активных веществ, в том числе антиоксидантного действия из растительного сырья, является технология экстрагирования [12]. При этом важнейшую роль играет как технология, так и технологические параметры: тип растворителя для экстракции, температура, используемые методы интенсификации [13]. Именно микроволновое и ультразвуковое облучение используются в качестве инновационных методов экстрагирования.

Например, микроволновая экстракция используется для увеличения содержания фенолов и антоцианов при экстрагировании чилийских суперфруктов [14] или для повышения показателей антиоксидантной активности для плодов *Gordonia axillaris* [15]. Тогда как ультразвуковая экстракция на основании данных метода поверхности отклика считается наиболее оптимальной для высоких показателей общего содержания фенолов, антиоксидантной активности из куркумы [16], мякоти, кожуры, семян плодов анноны колючей [17].

Таким образом, приведенные примеры исследований показывают перспективность использования экстрактов растительного сырья в качестве источника биологически активных соединений, тогда как выбор технологии экстрагирования оказывает решающее действие на уровень показателей получаемого экстракта.

Целью данной работы является сравнительное исследование химического состава (общего содержания сухих веществ, полифенолов, флавоноидов), антиоксидантной активности для экстрактов плодов шиповника (*Rosa L.*), коры дуба (*Quercus robur L.*), корня ревеня (*Rheum officinale*), корня женьшеня (*Panax L.*), почек березы (*Betula L.*), полученных по трем различным технологиям экстрагирования (мацерация 37 °С 2 ч, микроволновое облучение 800 Вт 1 мин, ультразвуковое воздействие 37 °С, 37 кГц 90 мин). Химический состав и антиоксидантная активность изучены спектрофотометрическими методами. В качестве методик антиоксидантного действия были выбраны два наиболее широко распространенных метода: по улавливанию свободного радикала 2,2'-дифенил-1-пикрилгидразила, способности ингибировать каталитическое действие ионов металлов (FRAP-метод).

### **Экспериментальная часть**

*Метод мацерации для приготовления экстракта растительного сырья.* Навеску измельченного растительного сырья 1 г (для экстракта концентрацией 0.1 г/см<sup>3</sup>) помещали в колбу с притертой пробкой, добавляли 10 мл 96% этилового спирта, разбавленного водой в соотношении 1 : 1, выдерживали в термостате

при 37 °С в течение 2 ч при непрерывном перемешивании. Далее отделяли прозрачный слой экстракта центрифугированием на центрифуге в течение 15 мин при скорости 3000 об./мин.

*Метод приготовления экстракта растительного сырья с использованием микроволнового излучения.* Навеску измельченного растительного сырья 1 г (для экстракта концентрацией 0.1 г/см<sup>3</sup>) помещали в колбу с притертой пробкой, добавляли 10 мл 96% этилового спирта, разбавленного водой в соотношении 1 : 1, обрабатывали микроволновым излучением мощностью 800 Вт в течение 1 мин. Далее отделяли прозрачный слой экстракта центрифугированием на центрифуге в течение 15 мин при скорости 3000 об./мин.

*Метод приготовления экстракта растительного сырья с использованием ультразвукового излучения.* Навеску измельченного растительного сырья 1 г (для экстракта концентрацией 0.1 г/см<sup>3</sup>) помещали в колбу с притертой пробкой, добавляли 10 мл 96% этилового спирта, разбавленного водой в соотношении 1 : 1, обрабатывали ультразвуковым излучением на ультразвуковом приборе ПСБ-2835-05 частотой 37 кГц мощностью 250 Вт 90 мин при 37 °С. Далее отделяли прозрачный слой экстракта центрифугированием на центрифуге в течение 15 мин при скорости 3000 об./мин.

*Метод приготовления концентрированного экстракта растительного сырья.* Навеску измельченного растительного сырья 50 г помещали в колбу с притертой пробкой, добавляли 500 мл 96% этилового спирта, разбавленного водой в соотношении 1 : 1, обрабатывали ультразвуковым излучением частотой 37 кГц 90 мин при 37 °С. Далее отделяли прозрачный слой экстракта центрифугированием на центрифуге в течение 15 мин при скорости 3000 об./мин и концентрировали под вакуумом при температуре не выше 50 °С.

*Метод определения общего содержания фенольных веществ.* Содержание общих фенолов в водно-этанольных фруктовых экстрактах оценивали с помощью модифицированной версии метода Фолин-Чеколтеу [18]. Галловую кислоту использовали в качестве стандарта и водный раствор галловой кислоты (200 мг в 1 л) разбавляли дистиллированной водой, чтобы получить соответствующие концентрации для калибровочной кривой. Для анализа взяли 0,50 мл водно-этанольного плодового экстракта или стандарта галловой кислоты, 4.00 мл дистиллированной воды, 0.25 мл реактива Фолин-Чеколтеу и 0.25 мл насыщенного водного раствора карбоната натрия. Образцы встряхнули и выдержали в темноте 30 мин при комнатной температуре. Коэффициент поглощения при 725 нм на спектрофотометре. Результаты выражали в мг эквивалента галловой кислоты в 100 г сухого веса (мг ГК/100 г).

*Метод определения общего содержания флавоноидов.* Содержание флавоноидов в водно-этанольных экстрактах измеряли с использованием модифицированного метода [19]. Экстракт или стандартный раствор катехина в объеме 0.50 мл добавляли в мерную пробирку объемом 10 мл. Затем добавляли 2.50 мл дистиллированной воды, в нулевой момент времени добавляли 0.15 мл 5% нитрита натрия, через 5 мин добавили 0.30 мл 10 %-ного хлорида алюминия и выдержали еще 5 мин. Коэффициент поглощения измеряли при 510 нм. Содержание флавоноидов выражали в мг эквивалентов катехина в 100 г сухого веса (мг К/100 г).

*DPPH-метод (метод определения радикалудерживающей способности с использованием реактива 2,2'-дифенил-1-пикрилгидразила).* Одним из способов оценки антиоксидантной активности является колориметрия свободных радикалов. Данный метод основан на реакции стабильного синтетического радикала DPPH (2,2'-дифенил-1-пикрилгидразила), растворенного в этаноле, с образцом антиоксиданта, содержащегося в экстракте [20]. Чтобы охарактеризовать антиоксидантную активность, существует параметр – E<sub>C50</sub> – это та концентрация экстракта, при которой происходит 50%-ное ингибирование радикала DPPH антиоксидантом экстракта. Торможение реакций окислительного распада происходит тем быстрее и антиоксидантная активность образцов тем выше, чем ниже показатель E<sub>C50</sub>.

*FRAP-метод (метод определения железосвязывающей активности экстрактов).* Исследование восстанавливающей силы было проведено по методу [21] с модификацией для экстракта растительного сырья. Определение железосвязывающей активности проводили по калибровочной кривой в ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг растительного сырья.

### **Обсуждение результатов**

Содержание сухих веществ является важным физико-химическим показателем экстрактов, позволяющим оценить степень извлечения комплекса веществ из растительного сырья. Результаты определения содержания сухих веществ в экстрактах из плодов шиповника (*Rosa L.*), коры дуба (*Quercus robur L.*), корня ревеня (*Rheum officinale*), корня женьшеня (*Panax L.*), почек березы (*Betula L.*) представлены на рисунке 1.

Наивысшее содержание сухих веществ обнаружено именно в концентрированных экстрактах плодов шиповника (*Rosa L.*), коры дуба (*Quercus robur L.*), корня ревеня (*Rheum officinale*), корня женьшеня (*Panax L.*), почек березы (*Betula L.*). Именно ультразвуковые экстракты имеют высокие значения сухих веществ, тогда как экстракты, полученные с использованием микроволнового облучения, уступают по своим значениям экстрактам, полученным методом настаивания.

Фенольные вещества являются на данный момент одним из самых узнаваемых классов биологически активных соединений, проявляющих различные виды активности, среди которых наиболее актуальными на данный момент являются противораковый, антимикробный, противовоспалительный, антидиабетический [22] эффекты. Результаты определения общего содержания полифенолов в экстрактах из плодов шиповника (*Rosa L.*), коры дуба (*Quercus robur L.*), корня ревеня (*Rheum officinale*), корня женьшеня (*Panax L.*), почек березы (*Betula L.*) представлены на рисунке 2.

Несомненными лидерами по показателю общего содержания полифенолов среди изученных экстрактов растительных объектов выступают экстракты, полученные с использованием ультразвукового облучения (почки березы – 1287 мг ГК/100 г, корень женьшеня – 792 мг ГК/100 г, кора дуба – 1259 мг ГК/100 г, корень ревеня – 1117 мг ГК/100 г, плоды шиповника – 1114 мг ГК/100 г), по сравнению с экстрактами растительного сырья, полученными по обычной технологии – настаивания или с использованием микроволнового излучения. Среди всех изученных объектов растительного сырья выделяется почки березы и кора дуба. Класс фенолов состоит из огромного количества соединений, причем индивидуальный и количественный состав этих соединений зависит строго от природы вещества. Так как были использованы различные группы растительных объектов, их индивидуальный фенольный состав также различен. Фенольные соединения, входящие в состав изучаемых растительных объектов – плодов шиповника, коры дуба и корня женьшеня, оказались крайне термолабильны, что привело к их разрушению.

Именно для флавоноидов как подкласса фенолов отмечена наиболее существенная роль в фармацевтике и нутрицевтическом питании [23]. Ряд представителей флавоноидов (рутин, резвератрол, кверцетин, апигенин, каэмпферол, гидрокситиразол, гераниол, байкалин и т.д.) способны проявлять антиоксидантные, антимикробные, антидиабетические, антиканцерогенные, противовоспалительные, противогрибковые, нейропротекторные свойства. Результаты определения общего содержания флавоноидов в экстрактах из плодов шиповника (*Rosa L.*), коры дуба (*Quercus robur L.*), корня ревеня (*Rheum officinale*), корня женьшеня (*Panax L.*), почек березы (*Betula L.*) представлены на рисунке 3.

Анализируя данные рисунка 3 по уровню показателя общего содержания флавоноидов в экстрактах исследуемых растительных объектов, можно также выделить экстракцию с использованием ультразвука. А все объекты в порядке уменьшения показателя общего содержания флавоноидов можно расположить в ряд: кора дуба (764 мг К/100 г) > плоды шиповника (715 мг К/100 г) > корень ревеня (481 мг К/100 г) > березовые почки (457 мг К/100 г) > корень женьшеня (324 мг К/100 г). Аналогично фенольным веществам термолабильные флавоноиды в некоторых экстрактах разрушаются при концентрировании.

Свободные радикалы являются очень агрессивными частицами, способными разрушать отдельные частицы живой клетки или даже саму клетку в целом. Именно с высоким уровнем свободных радикалов многие медики связывают возникновение таких трех болезней как рак, сердечно-сосудистые заболевания, диабет, являющихся на данный момент основными причинами смертности во всем мире [24]. В нашей работе мы использовали методику исследования антирадикальной активности по реакции антиоксиданта со свободным радикалом 2,2'-дифенил-1-пикрилгидразилом. Результаты определения антирадикальной активности для экстрактов из плодов шиповника (*Rosa L.*), коры дуба (*Quercus robur L.*), корня ревеня (*Rheum officinale*), корня женьшеня (*Panax L.*), почек березы (*Betula L.*) представлены на рисунке 4.

Методика основана на способности антиоксидантов исходного сырья связывать стабильный хромоген-радикал 2,2'-дифенил-1-пикрилгидразил (DPPH). Реакция протекала в течение 30 мин в темноте при температуре 20 °С, после чего определяли коэффициент пропускания при 517 нм. Антирадикальную активность выражали в виде концентрации исходного экстракта в мг/мл, при котором происходило связывание 50% радикалов. Ультразвуковая экстракция как метод интенсификации процесса экстракции для растительного сырья и в случае антирадикальной активности является самой эффективной технологией экстрагирования. При этом все объекты имеют очень разный уровень и можно выделить ультразвуковой экстракт: почек березы (0.2 мг/см<sup>3</sup>), коры дуба (0.3 мг/см<sup>3</sup>), плодов шиповника (0.2 мг/см<sup>3</sup>). Не всегда концентрированные экстракты имеют более высокие показатели. Это возможно связано с разложением части веществ, ответственных за антирадикальную активность при концентрировании.

Многие ученые отмечают отрицательную роль ионов металлов в ускорении процессов окисления и углублении оксидативного стресса [25]. Именно изучение восстанавливающей силы антиоксиданта дает представление о возможностях предотвращения окисления по данному механизму. Результаты определения восстанавливающей силы по методу FRAP для экстрактов из плодов шиповника (*Rosa L.*), коры дуба (*Quercus robur L.*), корня ревеня (*Rheum officinale*), корня женьшеня (*Panax L.*), почек березы (*Betula L.*) представлены на рисунке 5.

Рис. 1. Результаты определения содержания сухих веществ в экстрактах из растительных объектов

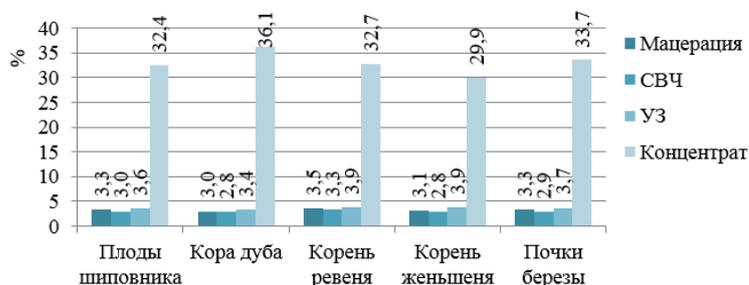


Рис. 2. Результаты определения общего содержания полифенолов в экстрактах из растительных объектов

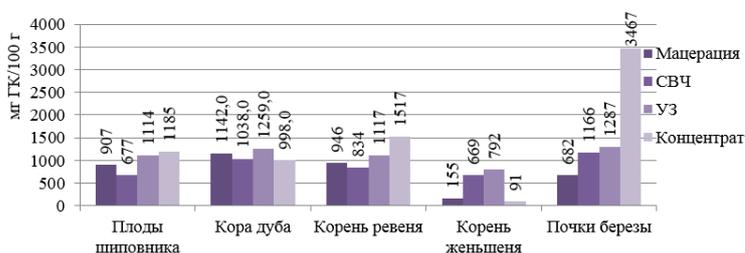


Рис. 3. Результаты определения общего содержания флавоноидов в экстрактах из растительных объектов

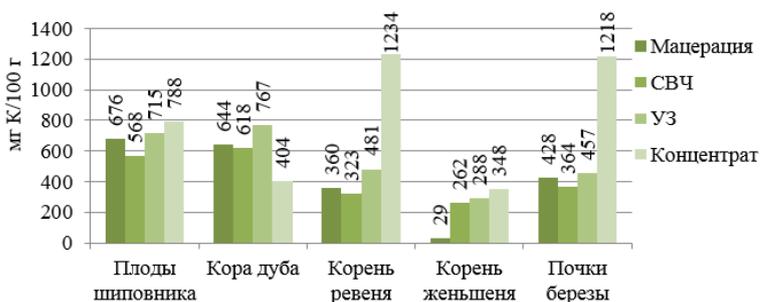
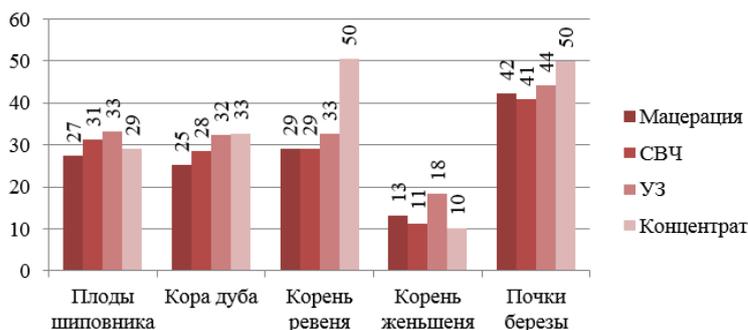


Рис. 4. Результаты определения антирадикальной активности для экстрактов из растительных объектов



Рис. 5. Результаты определения восстанавливающей силы по методу FRAP для экстрактов из растительных объектов



Среди всех анализируемых объектов по уровню FRAP показателя выделяются экстракты, полученные с использованием ультразвуковой технологии, и их значения находятся в пределах 44.16–18.36 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг, тогда как микроволновые имеют значения в пределах 40.95–11.34 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг, а экстракты, полученные методом настаивания – 42.30–13.14 ммоль Fe<sup>2+</sup>/1 кг. Именно ультразвуковой экстракт почек березы и является более эффективным ингибитором катализирующего воздействия ионов металлов на процессы окисления.

Также хотелось бы отметить общую тенденцию, которая наблюдалась при изучении различных показателей: концентрированные экстракты, в которых сохраняются фенольные соединения и флавоноиды после концентрирования (экстракт корня ревеня и экстракт почек березы), проявляют наилучшую антирадикальную активность и восстанавливающую силу, тогда как при их разрушении, падают и другие показатели.

### Выводы

Суммируя полученные данные, можно констатировать следующее:

1) использование ультразвуковой экстракции как метода интенсификации процесса извлечения биологически активных соединений из плодов шиповника (*Rosa L.*), коры дуба (*Quercus robur L.*), корня ревеня (*Rheum officinale*), корня женьшеня (*Panax L.*), почек березы (*Betula L.*) является весьма эффективным. Это доказывает уровень содержания фенолов и флавоноидов в экстрактах;

2) для экстрактов плодов шиповника (*Rosa L.*), коры дуба (*Quercus robur L.*), корня ревеня (*Rheum officinale*), корня женьшеня (*Panax L.*), почек березы (*Betula L.*), полученных тремя технологиями (мацерация, микроволновая и ультразвуковая обработка), именно УЗ-экстракт имеет высшие показатели антиоксидантной активности;

3) экстракты плодов шиповника (*Rosa L.*), коры дуба (*Quercus robur L.*), почек березы (*Betula L.*) можно рекомендовать как источники антиоксидантных веществ для включения в состав пищевых систем, фармакологических средств, косметических веществ.

### Список литературы

1. Cannavó S.P., Tonacci A., Bertino L., Casciaro M., Borgia F., Gangemi S. The role of oxidative stress in the biology of melanoma: a systematic review // *Pathology – Res. and Practice*. 2019. Vol. 215. Pp. 21–28. DOI: 10.1016/j.prp.2018.11.020.
2. Sáez-Freire M., Blanco-Gómez A., Castillo-Lluva S. The biological age linked to oxidative stress modifies breast cancer aggressiveness // *Free Radical Biol. and Med.* 2018. Vol. 120. Pp. 133–146. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2018.03.012.
3. Neha K., Haider M.R., Pathak A., Yar M.Y. Medicinal prospects of antioxidants: a review // *Eur. J. Med. Chem.* 2019. Vol. 178. Pp. 687–704. DOI: 10.1016/j.ejmech.2019.06.010.
4. Ibrahim E.A., Baker D.H.A., El-Baz F.K. Anti-inflammatory and antioxidant activities of rhubarb roots extract // *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.* 2016. Vol. 39. N17. Pp. 93–99.
5. Ashnagar A., Naseri N.G., Nasab H.H. Isolation and identification of anthralin from the roots of rhubarb plant (*Rheum palmatum*) // *ECJHAO*. 2007. Vol. 4. N4. Pp. 546–549. DOI: 10.1155/2007/620396.
6. Hamad A.M.A. Some natural antioxidants sources from foods and tree barks // *Int. J. Sci. and Technol. Res.* 2019. Vol. 8. N3. Pp. 93–98.
7. Vedernikov D.N., Roshchin V.L. Extractive compounds of betulaceae family birch buds (*Betula pendula* Roth.): IV. Composition of sesquiterpene diols, triols, and flavonoids // *Russ. J. Bioorg. Chem.* 2012. Vol. 38. N7. Pp. 753–761. DOI: 10.1134/S1068162012070217.
8. Metwaly A.M., Lianlian Z., Luqi H., Deqiang D. Black ginseng and its saponins: preparation, phytochemistry and pharmacological effects // *Molecules*. 2019. Vol. 24. P. 1856. DOI: 10.3390/molecules24101856.
9. Cho Ch.-W., Kim Y.-Ch., Rhee Y.K., Lee Y.-Ch., Kim K.-T. Chemical composition characteristics of Korean straight ginseng products // *J. Ethnic Foods*. 2014. Vol. 1. Pp. 24–28. DOI: 10.1016/j.jef.2014.11.007.
10. Mármol I., Sánchez-de-Diego C., Jiménez-Moreno N., Ancín-Azpilicueta C., Rodríguez-Yoldi M.J. Therapeutic applications of rose hips from different *Rosa* species // *Int. J. Mol. Sci.* 2017. Vol. 18. P. 1137. DOI: 10.3390/ijms18061137.
11. Taneva I., Petkova N., Dimov I., Ivanov I., Denev P. Characterization of rose hip (*Rosa canina L.*) fruits extracts and evaluation of their *in vitro* antioxidant activity // *J. Pharmac. and Phytochem.* 2016. Vol. 5. N2. Pp. 35–38.
12. Elnour A.A.M., Mirghani M.E.S., Musa K.H., Kabbashi N.A., Alam M.Z. Challenges of extraction techniques of natural antioxidants and their potential application opportunities as anti-cancer agents // *Health Sci. J.* 2018. Vol. 12. N5. P. 596. DOI: 10.21767/1791-809X.1000596.
13. Xu D.-P., Li Y., Meng X., Zhou T., Zhou Y., Zheng J., Zhang J.-J., Li H.-B. Natural antioxidants in foods and medicinal plants: extraction, assessment and resources // *Int. J. Mol. Sci.* 2017. Vol. 18. P. 86. DOI: 10.3390/ijms18010096.
14. Vázquez-Espinosa M., Espada-Bellido E., de Peredo A.V.G., Ferreiro-González M., Carrera C., Palma M., Barroso C.G., Barbero G.F. Optimization of microwave-assisted extraction for the recovery of bioactive compounds from

- the Chilean superfruit (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz) // *Agronomy*. 2018. Vol. 8. P. 240. DOI: 10.3390/agronomy8110240.
15. Li Y., Li Sh., Lin Sh.-J., Zhang J.-J., Zhao C.-N., Li H.-B. Microwave-assisted extraction of natural antioxidants from the exotic *Gordonia axillaris* fruit: optimization and identification of phenolic compounds // *Molecules*. 2017. Vol. 22. P. 1481. DOI: 10.3390/molecules22091481.
  16. Sahin S. Optimization of ultrasonic-assisted extraction parameters for antioxidants from *Curcuma longa* L. // *Trakya Univ. J. Nat. Sci.* 2018. Vol. 19. N2. Pp. 121–128. DOI: 10.23902/trkjnat.344985.
  17. Aguilar-Hernández G., García-Magaña M.L., Vivar-Vera M.A., Sáyago-Ayerdi S.G., Sánchez-Burgos J.A., Morales-Castro J., Anaya-Esparza L.M., González E.M. Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Annona muricata* by-products and pulp // *Molecules*. 2019. Vol. 24. P. 904. DOI: 10.3390/molecules24050904.
  18. Ramón-Gonçalves M., Gómez-Mejía E., Rosales-Conrado N., León-González M.E., Madrid Y. Extraction, identification and quantification of polyphenols from spent coffee grounds by chromatographic methods and chemometric analyses // *Waste Manag.* 2019. Vol. 96. Pp. 15–24. DOI: 10.1016/j.wasman.2019.07.009.
  19. Hamed Y.S., Abdin M., Akhtar H.M.S., Chen D., Wan P., Chen G., Zeng X. Extraction, purification by macrospores resin and *in vitro* antioxidant activity of flavonoids from *Moringa oliefera* leaves. // *South Afr. J. Bot.* 2019. Vol. 124. Pp. 270–279. DOI: 10.1016/j.sajb.2019.05.006.
  20. Politi F.A.S., Queiroz-Fernandes G.M., Rodrigues E.R., Freitas J.A., Pietro R.C.L.R. Antifungal, antiradical and cytotoxic activities of extractives obtained from *Tagetes patula* L. (Asteraceae), a potential acaricide plant species // *Micr. Pathogen.* 2016. Vol. 95. Pp. 15–20. DOI: 10.1016/j.micpath.2016.02.016.
  21. Aruwa C.E., Amoo S.O., Kudanga T. Extractable and macromolecular antioxidants of *Oputia ficus-indica* cladodes: phytochemical profiling, antioxidant and antibacterial activities // *South Afr. J. Bot.* 2019. Vol. 125. Pp. 402–410. DOI: 10.1016/j.sajb.2019.08.007.
  22. Bayir A.G., Aksoy A.N., Koçyiğit A. The importance of polyphenols as functional food in health // *Bezmialem Sci.* 2019. Vol. 7. N2. Pp. 157–163. DOI: 10.14235/bas.galenos.2018.2486.
  23. Hayat M., Abbas M., Munir F., Hayat M.Q., Keyani R., Amir R. Potential of plant flavonoids in pharmaceutics and nutraceutics // *J. Biomol. Biochem.* 2017. Vol. 1. N1. Pp. 12–17.
  24. Kumar S., Pandey A.K. Free radicals: health implications and their mitigation by herbals // *Brit. J. Med. & Med. Res.* 2015. Vol. 7. N6. Pp. 438–457. DOI: 10.9734/BJMMR/2015/16284.
  25. Breitenbach M., Eckl P. Introduction to oxidative stress in biomedical and biological research // *Biomolecules*. 2015. Vol. 8. Pp. 1169–1177. DOI: 10.3390/biom5021169.

Поступила в редакцию 28 октября 2019 г.

После переработки 13 апреля 2020 г.

Принята к публикации 28 апреля 2020 г.

**Для цитирования:** Макарова Н.В., Игнатова Д.Ф., Еремеева Н.Б. Влияние технологии экстрагирования на содержание фенолов, флавоноидов и уровень антиоксидантной активности для плодов шиповника (*Rosa* L.), коры дуба (*Quercus robur* L.), корня ревеня (*Rheum officinale*), корня женьшеня (*Panax* L.), почек березы (*Betula* L.) // *Химия растительного сырья*. 2020. №3. С. 271–278. DOI: 10.14258/jcrptm.2020036608.

Makarova N.V.\*, Ignatova D.F., Ereemeeva N.B. INFLUENCE OF EXTRACTION TECHNOLOGY ON THE CONTENT OF PHENOLS, FLAVONOIDS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY FOR HIPPS (*ROSA* L.), OAK BARK (*QUERCUS ROBUR* L.), ROOT RHENA (*RHEUM OFFICINALE*), GINSENG ROOT (*PANAX* L.), KIDNEY BIRCH (*BETULA* L.)

Samara State Technical University, ul. Molodogvardeyskaya, 244, Samara, 443100 (Russia),  
e-mail: MakarovaNV1969@yandex.ru

Plant materials have huge untapped potential in Russia. It has potential antioxidant properties, contains a large number of biologically active substances. As a result of a comparative study of the content of phenols, flavonoids, anti-radical ability according to the method with 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl reagent, restoring forces according to FRAP method with 2,4,6-tri(2-pyridyl)-1,3 reagent, 5-triazine in extracts obtained by three different extraction technologies (maceration 37 °C for 2 hours, microwave irradiation 800 W 1 min, ultrasonic treatment 37 °C, 37 kHz 90 min) from plant materials: rosehips (*Rosa* L.), oak bark (*Quercus robur* L.), rhubarb root (*Rheum officinale*), ginseng root (*Panax* L.), birch buds (*Betula* L.) on the advantage in the level of the studied indicators for the technology of extracts using innovative effects – ultrasonic irradiation. Extracts of plant materials are potential sources of antioxidant substances and can be used in the pharmaceutical, cosmetic industry and as components of food systems. A general trend is observed, which was observed in the study of various indicators: concentrated extracts, in which phenolic compounds and flavonoids are preserved after concentration (rhubarb root extract and birch bud extract), exhibit the best antiradical activity and restoring power; then, as with their destruction, other indicators fall.

**Keywords:** extracts, phenols, flavonoids, free radicals, rose hips (*Rosa* L.), oak bark (*Quercus robur* L.), rhubarb root (*Rheum officinale*), ginseng root (*Panax* L.), birch buds (*Betula* L.).

### References

1. Cannavò S.P., Tonacci A., Bertino L., Casciaro M., Borgia F., Gangemi S. *Pathology – Res. and Practice*, 2019, vol. 215, pp. 21–28. DOI: 10.1016/j.prp.2018.11.020.
2. Sáez-Freire M., Blanco-Gómez A., Castillo-Lluisa S. *Free Radical Biol. and Med.*, 2018, vol. 120, pp. 133–146. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2018.03.012.
3. Neha K., Haider M.R., Pathak A., Yar M.Y. *Eur. J. Med. Chem.*, 2019, vol. 178, pp. 687–704. DOI: 10.1016/j.ejmech.2019.06.010.
4. Ibrahim E.A., Baker D.H.A., El-Baz F.K. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, 2016, vol. 39, no. 17, pp. 93–99.
5. Ashnagar A., Naseri N.G., Nasab H.H. *ECJHAO*, 2007, vol. 4, no. 4, pp. 546–549. DOI: 10.1155/2007/620396
6. Hamad A.M.A. *Int. J. Sci. and Technol. Res.*, 2019, vol. 8, no. 3, pp. 93–98.
7. Vedernikov D.N., Roshchin V.L. *Russ. J. Bioorg. Chem.*, 2012, vol. 38, no. 7, pp. 753–761. DOI: 10.1134/S1068162012070217.
8. Metwaly A.M., Lianlian Z., Luqi H., Deqiang D. *Molecules*, 2019, vol. 24, p. 1856. DOI: 10.3390/molecules24101856
9. Cho Ch.-W., Kim Y.-Ch., Rhee Y.K., Lee Y.-Ch., Kim K.-T. *J. Ethnic Foods*, 2014, vol. 1, pp. 24–28. DOI: 10.1016/j.jef.2014.11.007.
10. Mármol I., Sánchez-de-Diego C., Jiménez-Moreno N., Ancín-Azpilicueta C., Rodríguez-Yoldi M.J. *Int. J. Mol. Sci.*, 2017, vol. 18, p. 1137. DOI: 10.3390/ijms18061137.
11. Taneva I., Petkova N., Dimov I., Ivanov I., Denev P. *J. Pharmac. and Phytochem.*, 2016, vol. 5, no. 2, pp. 35–38.
12. Elnour A.A.M., Mirghani M.E.S., Musa K.H., Kabbashi N.A., Alam M.Z. *Health Sci. J.*, 2018, vol. 12, no. 5, p. 596. DOI: 10.21767/1791-809X.1000596.
13. Xu D.-P., Li Y., Meng X., Zhou T., Zhou Y., Zheng J., Zhang J.-J., Li H.-B. *Int. J. Mol. Sci.*, 2017, vol. 18, p. 86. DOI: 10.3390/ijms18010096.
14. Vázquez-Espinosa M., Espada-Bellido E., de Peredo A.V.G., Ferreiro-González M., Carrera C., Palma M., Barroso C.G., Barbero G.F. *Agronomy*, 2018, vol. 8, p. 240. DOI: 10.3390/agronomy8110240.
15. Li Y., Li Sh., Lin Sh.-J., Zhang J.-J., Zhao C.-N., Li H.-B. *Molecules*, 2017, vol. 22, p. 1481. DOI: 10.3390/molecules22091481.
16. Sahin S. *Trakya Univ. J. Nat. Sci.*, 2018, vol. 19, no. 2, pp. 121–128. DOI: 10.23902/trkjnat.344985.
17. Aguilar-Hernández G., García-Magaña M.L., Vivar-Vera M.A., Sáyago-Ayerdi S.G., Sánchez-Burgos J.A., Morales-Castro J., Anaya-Esparza L.M., González E.M. *Molecules*, 2019, vol. 24, p. 904. DOI: 10.3390/molecules24050904
18. Ramón-Gonçalves M., Gómez-Mejía E., Rosales-Conrado N., León-González M.E., Madrid Y. *Waste Manag.*, 2019, vol. 96, pp. 15–24. DOI: 10.1016/j.wasman.2019.07.009.
19. Hamed Y.S., Abdin M., Akhtar H.M.S., Chen D., Wan P., Chen G., Zeng X. *South Afr. J. Bot.*, 2019, vol. 124, pp. 270–279. DOI: 10.1016/j.sajb.2019.05.006.
20. Politi F.A.S., Queiroz-Fernandes G.M., Rodrigues E.R., Freitas J.A., Pietro R.C.L.R. *Micr. Pathogen.*, 2016, vol. 95, pp. 15–20. DOI: 10.1016/j.micpath.2016.02.016.
21. Aruwa C.E., Amoo S.O., Kudanga T. *South Afr. J. Bot.*, 2019, vol. 125, pp. 402–410. DOI: 10.1016/j.sajb.2019.08.007
22. Bayir A.G., Aksoy A.N., Koçyiğit A. *Bezmi'alem Sci.*, 2019, vol. 7, no. 2, pp. 157–163. DOI: 10.14235/bas.galenos.2018.2486.
23. Hayat M., Abbas M., Munir F., Hayat M.Q., Keyani R., Amir R. *J. Biomol. Biochem.*, 2017, vol. 1, no. 1, pp. 12–17.
24. Kumar S., Pandey A.K. *Brit. J. Med. & Med. Res.*, 2015, vol. 7, no. 6, pp. 438–457. DOI: 10.9734/BJMMR/2015/16284.
25. Breitenbach M., Eckl P. *Biomolecules*, 2015, vol. 8, pp. 1169–1177. DOI: 10.3390/biom5021169.

Received October 28, 2019

Revised April 13, 2020

Accepted April 28, 2020

**For citing:** Makarova N.V., Ignatova D.F., Ereemeeva N.B. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 3, pp. 271–278. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020036608.

\* Corresponding author.