

УДК 547.814.5/.466: 577.114.7:634.723.1 (470.638)

ИЗУЧЕНИЕ СУММАРНОГО СОДЕРЖАНИЯ АНТИОКСИДАНТОВ, ПОЛИСАХАРИДОВ, ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА И АМИНОКИСЛОТ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ

© С.Л. Аджиахметова*, Н.М. Червонная, Д.И. Поздняков, Э.Т. Оганесян

Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ФГБОУ ВО
ВолеГМУ, пр. Калинина, 11, Пятигорск, 357532 (Россия),
e-mail: similla503@mail.ru

В настоящей работе представлены сведения о суммарном содержании антиоксидантов, полисахаридов, микро- и макроэлементов и аминокислот листьев смородины черной. Цель данной работы – изучение химического состава листьев смородины черной (*Ribes nigrum* L.). Количественное содержание флавоноидов проводили спектрофотометрически, пектиновых веществ – гравиметрически, а процентное соотношение функциональных групп в пектиновых веществах – титриметрическим методом. Определение липидно-холестеринового профиля крови на фоне введения пектиновых веществ, выделенных из листьев смородины черной, выполняли на 30 крысах. Процедуры введения растворов исследуемых пектиновых веществ и раствора холестерина были разделены 2-часовым интервалом. Суммарное содержание антиоксидантов определяли амперометрическим методом. Максимальное содержание антиоксидантов выявлено в извлечении из листьев смородины черной, полученном экстракцией спиртом этиловым 50%. Содержание водорастворимых полисахаридов и пектиновых веществ из листьев смородины черной составляет 2.17 ± 0.06 и $9.91 \pm 0.28\%$ соответственно. Исследуемые пектиновые вещества относятся к группе низкоэтерифицированных пектинов. Применение пектиновых веществ из листьев смородины черной способствовало коррекции дислипидемии. Сумма флавоноидов в анализируемом объекте составляет $0.67 \pm 0.01\%$. В извлечении из смородины листьев черной, полученном экстракцией водой очищенной, обнаружены аспарагиновая и глутаминовая кислоты, аланин, пролин, метионин и валин. На основании полученных данных в извлечении из смородины, полученном экстракцией спиртом этиловым 70%, преобладает калий. В ходе исследования изучены флавоноиды, полисахариды, аминокислоты, микро- и макроэлементы листьев смородины черной.

Ключевые слова: листья смородины черной, антиоксидантная активность, флавоноиды, полисахариды, аминокислоты, микро- и макроэлементы.

Введение

Одним из перспективных объектов, на основе которого можно создавать лечебные и лечебно-профилактические средства, является смородина черная (*Ribes nigrum* L.), представитель семейства крыжовниковые (*Grossulariaceae* DC.) [1, 2].

Известно, что листья смородины черной содержат витамины, дубильные вещества, флавоноиды, полисахариды, эфирное масло, органические кислоты, минеральные соли [1–3] и проявляют мочегонное и противовоспалительное действия, используются при простудных и инфекционных заболеваниях, а также повышают аппетит, стимулируют работу желудка, печени и кишечника [1, 2].

Аджиахметова Сими́лла Леонтьевна – доцент кафедры органической химии, e-mail: similla503@mail.ru

Червонная Надежда Михайловна – старший преподаватель кафедры органической химии, e-mail: nadezhda.chervonnaya@yandex.ru

Поздняков Дмитрий Игоревич – доцент кафедры фармакологии с курсом клинической фармакологии, e-mail: pozdniackow.dmitry@yandex.ru

Оганесян Эдуард Тоникович – доктор фармацевтических наук, профессор, заведующий кафедрой органической химии, e-mail: edwardov@mail.ru

Листья и плоды смородины черной используются в фармпромышленности в качестве компонентов биологически активных добавок и косметических средств: «Вертера Форте Черная смородина» 500 г; «Герботон» 50 мл и 100 мл; листья черной смородины, 50 г; сироп листа смородины и листа малины на меду, 100 мл; драже «Литовит. Черная смородина»; БАД-батончик «Черная Смородина».

* Автор, с которым следует вести переписку.

Одной из важнейших характеристик веществ является антиоксидантная активность, определению которой уделяется особое внимание. С этой точки зрения соединения наиболее широко используются как антиоксиданты [4].

В настоящее время особое значение приобретают пектиновые вещества, которые могут быть использованы в качестве комплексообразующих лигандов с ионами таких токсических химических элементов, как свинец, кобальт, кадмий и т.д. [5–8].

Все изложенное выше явилось основанием для осуществления исследований по изучению суммарного содержания антиоксидантов, полисахаридов, микро- и макроэлементов, аминокислот листьев смородины черной (*Ribes nigrum* L.).

Экспериментальная часть

Объектом исследования явились листья смородины черной (*Ribes nigrum folia*) (сорт «Богатырь»), заготовленные в фазу плодоношения, с экземпляров, выращиваемых в открытом грунте в климатических условиях г. Железноводска Ставропольского края. Образцы заготовлены кафедрой фармакогнозии, ботаники и технологии фитопрепаратов. Сушку сырья проводили воздушно-теньевым методом и установили, что содержание влажности в листьях смородины черной составляет 7.67% (после статистической обработки данных).

Определение суммарного содержания антиоксидантов. Исследования проводили на жидкостном хроматографе «Цвет Яуза-01-АА» амперометрическим методом, позволяющим непосредственно измерять содержание всех антиоксидантов в пробе [9–11]. Используя градуировочный график зависимости выходного сигнала от концентрации кверцетина и галловой кислоты, измеряли массовую концентрацию антиоксидантов [10–12].

Массовую концентрацию (мг/г) определяли по формуле 1.

$$X = \frac{X_{\Gamma} \cdot V_n \cdot N}{m_n \cdot 1000} \quad (1)$$

где X_{Γ} – массовая концентрация антиоксидантов, найденная по градуировочному графику, мг/л; V_n – объем анализируемого извлечения, мл; m_n – навеска анализируемого сырья, г; N – кратность разбавления анализируемого извлечения.

Качественное и количественное определение флавоноидов. Предварительно нами были получены извлечения из листьев смородины черной, в качестве экстрагентов использовали воду очищенную и спирт этиловый различной концентрации (95, 70, 50%). Хроматографический анализ осуществляли в сочетании с качественными реакциями с ионизирующими и комплексообразующими добавками. В качестве систем растворителей использовали *n*-бутанол – кислота уксусная – вода (4 : 1 : 5), 15% уксусная кислота и этилацетат – кислота уксусная – вода очищенная (5 : 1 : 1) [13, 14].

Количественное определение флавоноидов проводили спектрофотометрическим методом на приборе спектрофотометр СФ-103 «Аквилон» в кювете толщиной слоя 10 мм. Извлечения из смородины черной листьев, полученных экстракцией 50% спиртом этиловым, с 2% спиртовым раствором алюминия хлорида, а также комплекс рутина с хлоридом алюминия имеют максимальное поглощение при одной и той же длине волны 410–415 нм. При расчете содержания суммы флавоноидов использовали величину удельного показателя поглощения комплексного соединения рутина с алюминия хлоридом [13].

Методика последовательного гравиметрического выделения водорастворимых полисахаридов (ВРПС), пектиновых веществ (ПВ), гемицеллюлозы А и гемицеллюлозы Б (Гц А и Гц Б).

Количественное определение указанных фракций из листьев смородины черной определяли гравиметрически [15–18]. Очистку от высокомолекулярных соединений проводили пересаживанием спиртом этиловым и центрифугированием образующегося осадка [19, 20].

Для установления качественного мономерного состава выделенных фракций проводили гидролиз 2 н кислотой серной в течение 10 ч для ВРПС и в течение 48 ч для ПВ, Гц А и Гц Б при $t = 100$ °С. Далее проводили нейтрализацию карбонатом бария с помощью универсальной индикаторной бумаги до $pH=7$, фильтровали и упаривали на водяной бане до небольшого остатка [4, 5]. Моносахаридный состав фракций устанавливали методом восходящей бумажной хроматографии с использованием стандартных образцов свидетелей. Подвижной фазой служила система растворителей *n*-бутанол – уксусная кислота – вода

(4 : 1 : 5), а неподвижной – бумага марки FN-7 (Германия) В качестве проявителя использовали анилинфталатный реактив и 1% раствор резорцина в этаноле с 2М кислотой соляной (1 : 9) [15, 16].

Процентное соотношение функциональных групп в пектиновых веществах, таких как свободные карбоксильные группы (K_c); метоксилированные карбоксильные группы ($K_m, \%$); общее количество карбоксильных групп (K_o); степень метоксилированности (этерификации) ($\lambda, \%$); содержание метоксильных групп ($-O-CH_3$) определяли титриметрическим методом [20–22].

Определение липидно-холестеринового профиля крови на фоне введения пектиновых веществ, выделенных из листьев смородины черной. Животные. Определения выполняли на 30 крысах – самцах линии Wistar массой 200–220 г, разделенных на 3 равные группы ($n=10$). Содержание животных и проведение экспериментов соответствовало международным этическим нормам (Директива ЕС, 2010).

Исследования липидокорректирующего влияния пектиновых веществ, выделенных из смородины черной. Дизайн исследования: первая группа крыс – интактные животные (ИН). У оставшихся крыс моделировали гиперхолестеринемию путем курсового (14 дней) перорального введения 3% раствора холестерина в подсолнечном масле [23–27]. При этом вторую группу крыс составили животные негативного контроля (НК), не получавшие фармакологическую поддержку. Третьей группе крыс *per os* вводили исследуемые пектиновые вещества, выделенные из листьев смородины черной (ПВ), в количестве 1 мл 1% раствора на 100 г массы животного.

Процедуры введения растворов исследуемых пектиновых веществ и раствора холестерина были разделены 2-часовым интервалом. По истечении 14 дней у животных производили забор крови из яремной вены с последующим получением сыворотки и определением параметров, характеризующих состояние липидно-холестеринового профиля крови: общего холестерина (хол. общ.), холестерина липопротеидов низкой плотности (хол. ЛПНП), холестерина липопротеидов высокой плотности (хол. ЛПВП) и триглицеридов (ТГ). В работе использовались стандартные наборы реактивов производства «Ольвекс Диагностика» (Швеция) [23–27].

Определение аминокислотного и элементного состава. Предварительное хроматографическое определение аминокислотного состава осуществляли методом восходящей бумажной хроматографии в сравнении со стандартными образцами. Подвижной фазой служили системы растворителей *n*-бутанол – уксусная кислота – вода (4 : 1 : 3) и ацетон – вода (3 : 2), а неподвижной – бумага марки FN-7 (Германия). В качестве проявителя использовали спиртовой раствор нингидрина [28].

Содержание свободных и связанных аминокислот, а также элементный состав определяли методом капиллярного электрофореза на электрофоретическом приборе Капель №17727-01 [29, 30].

Обсуждение результатов

Суммарное содержание антиоксидантов в исследуемых извлечениях R. nigrum folia. Содержание антиоксидантов в спиртовых, водно-спиртовых и водных извлечениях из смородины черной листьев в пересчете на кверцетин и галловую кислоту, площади пиков и кратность разбавления представлены в таблице 1.

Амперометрическим методом установлено суммарное содержание антиоксидантов в анализируемых извлечениях из *R. nigrum folia.*, оптимальный экстрагент – спирт этиловый 50%.

Исследование полисахаридных комплексов. Анализ полисахаридного комплекса листьев смородины черной осуществляли гравиметрически. Установлено наличие ВРПС, ПВ, Гц А и Б, а также их мономерный состав после кислотного гидролиза (табл. 2).

Таблица 1. Содержание антиоксидантов (в пересчете на кверцетин и галловую кислоту) в извлечениях из *R. nigrum folia*

| Экстрагенты | Вода очищенная | Спирт этиловый 50% | Спирт этиловый 70% | Спирт этиловый 95% |
|---|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Площадь пика | 5433.05 | 4019.89 | 3778.62 | 3147.87 |
| Кратность разбавления исследуемого извлечения | 2 | 4 | 4 | 4 |
| Массовая концентрация (мг/г) антиоксидантов в пересчете на кверцетин ($n=6$) | 0.958±0.006 | 1.398±0.007 | 1.301±0.009 | 1.082±0.005 |
| Массовая концентрация (мг/г) антиоксидантов в пересчете на галловую кислоту ($n=6$) | 0.622±0.007 | 0.903±0.005 | 0.847±0.004 | 0.699±0.003 |

Водорастворимая фракция состоит из Glu, Ara, Xyl и Rha; фракция ПВ из Glu, Ara, Xyl, Rha и Gal A; во фракциях Гц А и Гц Б идентифицированы Glu, Ara, Xyl. Гравиметрическим методом установлено преобладание ПВ и Гц А.

Исследуемые пектиновые вещества характеризуются невысокой степенью этерификации (λ) и поэтому относятся к группе низкоэтерифицированных пектинов, что может свидетельствовать об их высокой комплексообразующей способности [20–22]. Результаты представлены в таблице 3.

Влияние пектиновых веществ листьев смородины черной на липидно-холестериновый профиль плазмы крови крыс в условиях экспериментальной гиперхолестеринемии.

У группы интактных крыс содержание общего холестерина, холестерина ЛПНП, холестерина ЛПВП и ТГ составляло 2.42 ± 0.08 ммоль/л; 1.47 ± 0.098 ммоль/л; 0.97 ± 0.026 и 0.47 ± 0.03 ммоль/л соответственно (рис. 1). В условиях экспериментальной гиперхолестеринемии у животных группы НК по сравнению с ИН крысами отмечено повышение концентрации общего холестерина, холестерина ЛПНП и ТГ на 95.5% ($p < 0.05$), 134% ($p < 0.05$) и 110.6% ($p < 0.05$) соответственно. Содержание холестерина ЛПВП у НК группы животных, напротив, уменьшилось, по отношению к ИН крысам на 86.5% ($p < 0.05$), что согласуется с литературными данными [23].

На фоне коррекции экспериментальной дислипидемии пектиновыми веществами из листьев смородины отмечено снижение по отношению к НК группе крыс концентрации общего холестерина, холестерина ЛПНП и ТГ на 23.2% ($p < 0.05$); 26.9% ($p < 0.05$) и 90.4% ($p < 0.05$) соответственно. При этом содержание холестерина ЛПВП при применении пектиновых веществ листьев смородины статистически значимо не отличалось от аналогичного значения НК группы крыс [24–26].

Таблица 2. Качественный и количественный состав полисахаридов, выделенных из *R. nigrum folia*

| Содержание полисахаридов, % (n=6) | Моносахариды и их коэффициенты подвижности | | | | |
|-----------------------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| | Глюкоза (Glu) | Ксилоза (Xyl) | Рамноза (Rha) | Арабиноза (Ara) | Галактуриновая кислота (Gal A) |
| ВРПС – 2.17 ± 0.06 | 0.26 ± 0.01 | 0.34 ± 0.01 | 0.46 ± 0.02 | 0.33 ± 0.02 | – |
| ПВ – 9.91 ± 0.28 | 0.24 ± 0.01 | 0.38 ± 0.01 | 0.49 ± 0.02 | 0.32 ± 0.02 | 0.29 ± 0.01 |
| Гц А – 10.53 ± 0.34 | 0.26 ± 0.01 | 0.36 ± 0.02 | 0.47 ± 0.02 | – | – |
| Гц Б – 1.30 ± 0.04 | 0.25 ± 0.01 | 0.36 ± 0.02 | 0.49 ± 0.02 | – | – |

Примечание: коэффициенты подвижности стандартных образцов (n-бутанол – уксусная кислота – вода очищенная (4 : 1 : 5): 0.25 ± 0.01 (Glu); 0.28 ± 0.01 (Gal A); 0.31 ± 0.02 (Ara); 0.36 ± 0.02 (Xyl); 0.48 ± 0.02 (Rha).

Таблица 3. Содержание функциональных групп в пектиновых веществах, выделенных из *R. nigrum folia*

| Объект исследования | Кс | Км | Ко | λ , % | -O-CH ₃ |
|-------------------------|------|------|-------|---------------|--------------------|
| Листья смородины черной | 9.14 | 4.82 | 13.96 | 34.50 | 3.32 |

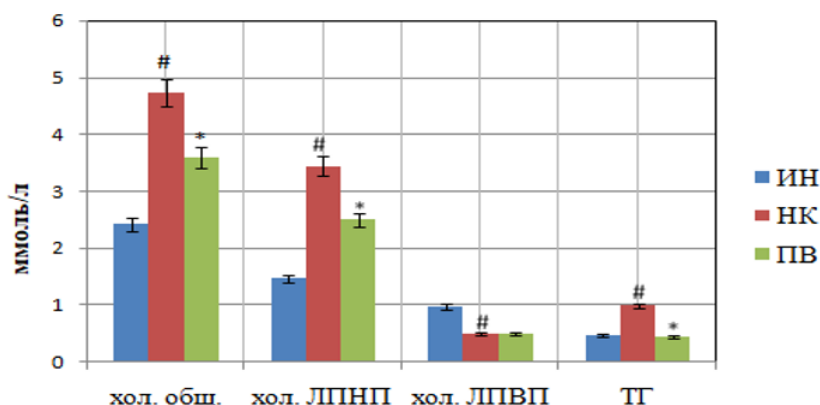


Рис. 1. Влияние ПВ, выделенных из *Ribes nigrum folia*, на липидно-холестериновый профиль крови
Примечание: ПВ – пектиновые вещества, выделенные из листьев смородины черной, ИН – интактные животные, НК – негативный контроль, хол. общ. – общий холестерин, хол. ЛПВП – холестерин липопротеидов высокой плотности, хол. ЛПНП – холестерин липопротеидов низкой плотности, ТГ – триглицериды. # – статистически значимо относительно ИН группы животных; * – статистически значимо относительно НК группы животных.

Исследование флавоноидов

Предварительный хроматографический анализ флавоноидов. Проведена качественная реакция на флавоноиды: цианидиновая проба или проба Синода, а аналитический эффект – красное окрашивание. Наибольшее количество фенольных соединений, конкретно флавоноидов, наблюдается в извлечениях из *R. nigrum folia*, полученных экстракцией спиртом этиловым 50%. Хроматографический анализ свидетельствует о том, что наилучшее разделение полученных извлечений наблюдается при использовании в качестве системы растворителей: этилацетат – кислота уксусная – вода очищенная (5 : 1 : 1). Обнаружено восемь зон адсорбции, которые в дальнейшем будут детально изучены.

Количественное определение флавоноидов. Комплексное соединение рутина и извлечения из листьев смородины черной, полученного экстракцией 50% спиртом этиловым, с 2% спиртовым раствором алюминия хлорида, имеют максимальное поглощение при одной и той же длине волны 410–415 нм (рис. 2). Поэтому при расчете содержания суммы флавоноидов использовали величину удельного показателя поглощения комплексного соединения рутина с алюминия хлоридом [13].

Количественное определение флавоноидов проводили в 6 повторностях. Сумма флавоноидов в листьях смородины черной при использовании в качестве экстрагента спирт этиловый 50%, составляет $0.67 \pm 0.01\%$.

При количественном определении флавоноидов в листьях смородины установлено, что при экстракции 50% спиртом этиловым содержание суммы флавоноидов максимальное. Результаты определения общего содержания фенольных веществ в анализируемых образцах приведены в таблице 4.

Определение аминокислотного и элементного состава.

Аминокислоты. Анализ осуществляли хроматографическим методом: после обработки хроматограмм спиртовым раствором нингидрина наблюдали наличие сине-фиолетовых зон адсорбции, совпадающих по значениям коэффициентов подвижности с соответствующими свидетелями [28]. Таким путем установлено наличие глутаминовой и аспарагиновой кислоты, глицин, метионин и валин (табл. 5).

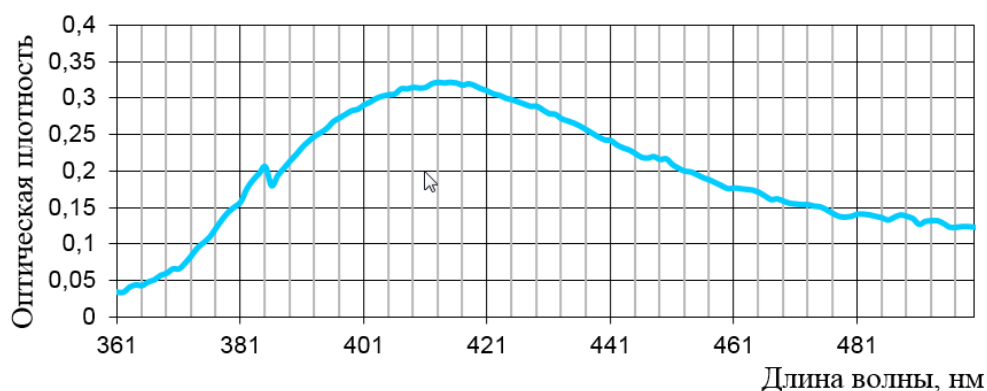


Рис. 2. УФ-спектр поглощения комплекса 50% спиртового извлечения из *R. nigrum folia* с 2% спиртовым раствором алюминия хлорида

Таблица 4. Содержание суммы флавоноидов в извлечениях, полученных экстракцией спиртом этиловым 50% из *R. nigrum folia*

| № | Навеска сырья, г | Оптическая плотность | Сумма флавоноидов, % | Метрологические характеристики | |
|---|------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|--------|
| 1 | 1.0446 | 0.3220 | 0.668 | $\bar{x} =$ | 0.67 |
| 2 | 1.0148 | 0.3196 | 0.683 | | |
| 3 | 1.0362 | 0.3214 | 0.672 | | |
| 4 | 1.0056 | 0.3079 | 0.664 | | |
| 5 | 1.0217 | 0.3183 | 0.675 | | |
| 6 | 1.0305 | 0.3086 | 0.649 | | |
| | | | | $S =$ | 0.0047 |
| | | | | $\Delta x =$ | 0.0121 |
| | | | | $E = 1.81\%$ | |

Таблица 5. Качественное определение аминокислот водного извлечения, полученного из *Ribes nigrum folia*

| Коэффициент подвижности из фильтрата смородины листьев | Коэффициент подвижности | | | | |
|--|-------------------------|-----------|----------------------|-----------|-----------|
| | Аспарагиновая кислота | Глицин | Глутаминовая кислота | Метионин | Валин |
| Система растворителей: <i>n</i> -бутанол – уксусная кислота – вода (4 : 1 : 3) | | | | | |
| 0.30±0.01 | 0.29±0.01 | 0.35±0.02 | 0.48±0.02 | 0.53±0.03 | 0.54±0.03 |
| 0.34±0.02 | | | | | |
| 0.49±0.02 | | | | | |
| 0.52±0.02 | | | | | |
| 0.55±0.03 | | | | | |
| Система растворителей: ацетон – вода (3 : 2) | | | | | |
| 0.47±0.01 | 0.46±0.01 | 0.45±0.02 | 0.51±0.02 | 0.72±0.02 | 0.64±0.03 |
| 0.44±0.02 | | | | | |
| 0.50±0.02 | | | | | |
| 0.74±0.02 | | | | | |
| 0.66±0.03 | | | | | |

Электрофоретическое определение аминокислотного состава. На спектрограммах представлено содержание свободных аминокислот в извлечении из листьев смородины черной, полученном экстракцией водой очищенной.

В анализируемом извлечении обнаружено 12 свободных аминокислот (табл. 6), из которых 6 – незаменимых (Arg, Phe, Leu, Met, Thr, Val). В наибольшем количестве содержатся Arg, Val, Pro, Glu и Asp.

Электрофоретическое определение элементного состава. Содержание макро- и микроэлементов в извлечении из листьев смородины черной, полученных экстракцией спиртом этиловым 50%, представлено в таблице 7.

Следует отметить, что количественно в анализируемом извлечении, полученном из листьев смородины черной, преобладает калий (67000 мг/кг).

Таблица 6. Содержание свободных аминокислот в извлечении из *R. nigrum folia*, полученном экстракцией водой очищенной

| Аминокислоты | Содержание, мг/кг (извлечения) | Аминокислоты | Содержание, мг/кг (извлечения) |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| аргинин (Arg) | 4795 | метионин (Met) | 314.4 |
| кислота глутаминовая (Glu) | 1920 | треонин (Thr) | 308.1 |
| валин (Val) | 930.2 | лейцин (Leu) | 177.8 |
| пролин (Pro) | 595.4 | серин (Ser) | 95.46 |
| кислота аспарагиновая (Asp) | 566.2 | β-фенилаланин (Phe) | 47.78 |
| глицин (Gly) | 427.8 | α-аланин (Ala) | 12.67 |

Таблица 7. Содержание микро- и макроэлементов в извлечении из *R. nigrum folia*, полученных экстракцией спиртом этиловым 50%

| Показатель | Содержание, мг/кг (извлечения) | Показатель | Содержание, мг/кг (извлечения) |
|--------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|
| Калий | 67000 | Железо | 163 |
| Кальций | 5973 | Медь | 23.2 |
| Магний | 5700 | Марганец | 22.6 |
| Натрий | 622 | Цинк | 2.7 |
| Фосфор общий | 510 | Молибден | 0.03 |

Выводы

1. Амперометрическим методом установлено суммарное содержание антиоксидантов в анализируемых извлечениях из *R. nigrum folia*., оптимальный экстрагент – спирт этиловый 50% и составило 1.398±0.007 мг/г и 0.903±0.005 мг/г в пересчете на кверцетин и галловую кислоту соответственно.

2. Гравиметрическим анализом полисахаридного комплекса листьев смородины черной установлено наличие ВРПС, ПВ, Гц А и Б, также установлен мономерный состав данных фракций. Водорастворимая фракция состоит из Glu, Ara, Xyl и Rha; фракция ПВ из Glu, Ara, Xyl, Rha и Gal А; во фракциях Гц А и Гц Б

идентифицированы Glu, Ara, Xyl. Гравиметрическим методом установлено преобладание ПВ и Гц А. Исследуемые пектиновые вещества характеризуются невысокой степенью этерификации (λ) и поэтому относятся к группе низкоэтерифицированных пектинов.

3. Применение исследуемых пектиновых веществ из листьев смородины черной способствовало коррекции дислипидемии, выражаемой в нормализации концентрации общего холестерина, холестерина ЛПНП, холестерина ЛПВП и ТГ.

4. Сумма флавоноидов в листьях смородины черной при использовании в качестве экстрагента спирт этиловый 50% составляет $0.67 \pm 0.01\%$.

5. В анализируемом извлечении обнаружено 12 свободных аминокислот, из которых 6 – незаменимых (Arg, Phe, Leu, Met, Thr, Val). В наибольшем количестве содержатся Arg, Val, Pro, Glu и Asp. Количественно в исследуемом извлечении, полученном из листьев смородины черной, преобладает калий (67000 мг/кг).

Список литературы

1. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства Hydrangeaceae – Haloragaceae. Л., 1987. С. 13–15.
2. Гроссгейм А.А. Флора Кавказа. М.; Л., 1950. С. 46–47.
3. Петрова С.Н., Кузнецова А.А. Состав плодов и листьев смородины черной *Ribes nigrum* L. (Обзор). // Химия растительного сырья. 2014. №4. С. 43–50. DOI: 10.14258/jcrpm.201404221.
4. Анисимович И.П., Дейнека В.И., Дейнека Л.А., Фролов П.А., Мясникова П.А. Параметры антиоксидантной активности соединений: относительная антиоксидантная активность чая // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2010. №9 (80). Вып. 11. С. 104–110.
5. Абрамова Е.Р., Текеева Д.И., Аджахметова С.Л., Лукашук С.П. Изучение полисахаридов некоторых представителей семейств *Primulaceae* и *Asteraceae* // Беликовские чтения: тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции. Пятигорск, 2018. С. 104–107.
6. Донченко Л.В., Фирсов Г.Г. Пектин: основные свойства, производство и применение. М., 2007. 276 с.
7. Оводов Ю.С. Полисахариды цветковых растений: структура и физиологическая активность // Биоорганическая химия. 1998. Т. 24(7). С. 483–501.
8. Криштанова Н.А., Сафонова М.Ю., Болотова В.Ц. Перспективы использования растительных полисахаридов в качестве лечебных и лечебно-профилактических средств // Вестник ВГУ. 2005. №1. С. 212–221.
9. Патент №2238554 (РФ). Способ определения суммарной антиоксидантной активности биологически активных веществ / В.П. Пахомов и др. – 20.10.2004.
10. Яшин А.Я., Яшин Я.И. Прибор для определения антиоксидантной активности растительных лекарственных экстрактов и напитков // Международная информационная система по резонансным технологиям. 2004. №34. С. 10–14.
11. Яшин А.Я. Инжекционно-проточная система с амперометрическим детектором для селективного определения антиоксидантов в пищевых продуктах и напитках // Российский химический журнал. 2008. №2. С. 130–135.
12. Аджахметова С.Л. Антиоксидантная активность экстрактов из листьев, плодов и стеблей крыжовника отклоненного (*Grossularia reclinata* (L.) Mill.) // Фундаментальные исследования. 2013. №10(6). С. 1297–1301.
13. Государственная фармакопея Российской Федерации. 14-е изд. М., 2018. URL: <http://femb.ru/feml>.
14. Запретов М.Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. М., 1993. 272 с.
15. Кочетков Н.К. Химия биологически активных соединений. М., 1970. 631 с.
16. Магометова Э.Ш., Аджахметова С.Л. Полисахаридный комплекс листьев ежевики сизой // Беликовские чтения: тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции. Пятигорск, 2017. С. 198–200.
17. Гущина М.Е., Аджахметова С.Л., Оганесян Э.Т. Изучение полисахаридного комплекса листьев рябинника рябинолистного // Фармация и фармакология. 2015. №3(10). С. 46–48.
18. Злобин А.А., Мартинсон Е.А., Литвинцев С.Г., Овечкина И.А., Дурнев Е.А., Оводова Р.Г. Пектиновые вещества рябины обыкновенной // Химия растительного сырья. 2011. №1. С. 39–44.
19. Ларькина М.С., Кривошеков С.В., Гурьев А.М., Кадырова Т.В., Ермилова Е.В., Коцерубская В.В., Юсубов М.С. Характеристика полисахаридных комплексов василька шероховатого (*Centaurea scabiosa* L.) и василька ложнопятнистого (*Centaurea pseudomaculosa* Dobroc.) // Химия растительного сырья. 2016. №2. С. 19–24. DOI: 10.14258/jcrpm.201602786.
20. Позднякова Т.А., Бубенчиков Р.А. Количественное определение функциональных групп пектиновых веществ травы герани сибирской (*Geranium sibiricum* L.) // Фундаментальные исследования. 2014. №11-1. С. 110–113.
21. Бубенчикова В.Н., Дроздова И.Л. Пектиновые вещества *Fragaria vesca* L. // Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения: материалы VII Международного съезда «Фитофарм 2003» (Санкт-Петербург – Пушкин, 3–5 июля 2003 г.). СПб., 2003. С. 24–27.
22. Бузина Г.В., Иванова О.Ф., Сосновский Л.Б. Титрометрический метод количественной и качественной характеристики пектиновых веществ // Хлебопекарня и кондитерская промышленность. 1965. №4. С. 15–18.
23. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / под общ. ред. Р.У. Хабриева. М., 2005. 832 с.

24. Jiang T., Gao X., Wu C. et al. Apple-Derived Pectin Modulates Gut Microbiota, Improves Gut Barrier Function, and Attenuates Metabolic Endotoxemia in Rats with Diet-Induced Obesity // *Nutrients*. 2016. Vol. 8(3). 126. DOI: 10.3390/nu8030126.
25. Jesch E.D., Carr T.P. Food Ingredients That Inhibit Cholesterol Absorption // *Preventive Nutrition and Food Science*. 2017. Vol. 22 (2). Pp. 67–80. DOI: 10.3746/pnf.2017.22.2.67.
26. Ku C.S., Kim B., Pham T.X. et al. Hypolipidemic Effect of a Blue-Green Alga (*Nostoc commune*) Is Attributed to Its Nonlipid Fraction by Decreasing Intestinal Cholesterol Absorption in C57BL/6J Mice // *Journal of Medicinal Food*. 2015. Vol. 18(11). Pp. 1214–1222. DOI: 10.1089/jmf.2014.0121.
27. Jakobsdottir G., Xu J., Molin G., Ahrné S., Nyman M. High-Fat Diet Reduces the Formation of Butyrate, but Increases Succinate, Inflammation, Liver Fat and Cholesterol in Rats, while Dietary Fibre Counteracts These Effects. *Bassaganya-Riera J // PLoS ONE*. 2013. Vol. 8(11). e80476. DOI: 10.1371/journal.pone.0080476.
28. Гринкевич Н.И. Химический анализ лекарственных растений. М., 1983. 176 с.
29. Комарова Н.В., Каменцев Я.С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «Капель». СПб., 2006. 212 с.
30. Захарова М.В. и др. Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству. Краснодар, 2010. 273 с.

Поступила в редакцию 20 мая 2020 г.

После переработки 9 августа 2021 г.

Принята к публикации 10 августа 2021 г.

Для цитирования: Аджихметова С.Л., Червонная Н.М., Поздняков Д.И., Оганесян Э.Т. Изучение суммарного содержания антиоксидантов, полисахаридов, элементного состава и аминокислот растительного сырья смородины черной // *Химия растительного сырья*. 2021. №3. С. 265–274. DOI: 10.14258/jcrpm.2021037774.

Adzhiakhmetova S.L.*, Chervonnaya N.M., Pozdnyakov D.I., Oganeyan E.T. STUDY OF THE TOTAL CONTENT OF ANTIOXIDANTS, POLYSACCHARIDES, ELEMENT COMPOSITION AND AMINO ACIDS OF VEGETABLE RAW MATERIAL OF *RIBES NIGRUM* L.

Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of the Volgograd State Medical University, pr. Kalinina, 11, Pyatigorsk, 357532 (Russia), e-mail: similla503@mail.ru

This paper presents information on the total content of antioxidants, polysaccharides, micro and macro elements and amino acids of *Ribes nigrum* L. leaves. The purpose of this work is to study the chemical composition of *Ribes nigrum* L. leaves. The flavonoids were quantified spectrophotometrically, pectin substances gravimetrically, and the percentage of functional groups in pectin substances was carried out by the titrimetric method. The determination of the lipid-cholesterol blood profile of pectin substances isolated from of *Ribes nigrum* L. leaves was performed on 30 rats. The procedure for introducing solutions of the studied pectin substances and cholesterol solution were separated by a 2-hour interval. The total content of antioxidants was determined by amperometric method. The maximum content of antioxidants was revealed in the extraction of *Ribes nigrum* L. leaves, obtained by extraction with ethyl alcohol 50%. The content of water-soluble polysaccharides and pectin substances from of *Ribes nigrum* L. leaves is 2.17 ± 0.06 and 9.91 ± 0.28 , respectively. The studied pectin substances belong to the group of low esterified pectins. The use of pectin substances from of *Ribes nigrum* L. leaves contributed to the correction of dyslipidemia. The sum of flavonoids in the analyzed object is $0.67 \pm 0.01\%$. The extraction of *Ribes nigrum* L. leaves obtained by extraction with purified water revealed aspartic and glutamic acids, alanine, proline, methionine and valine. Based on the data obtained, potassium predominates in the extraction from currants obtained by extraction with ethyl alcohol 70%. During the study, flavonoids, polysaccharides, amino acids, micro and macro elements of *Ribes nigrum* L. leaves were studied.

Keywords: *Ribes nigrum* L. leaves, antioxidant activity, flavonoids, polysaccharides, amino acids, micro and macro elements.

References

1. *Rastitel'nyye resursy SSSR: Tsvetkovyye rasteniya, ikh khimicheskiy sostav, ispol'zovaniye; Semeystva Hydrangeaceae – Haloragaceae*. [Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use; Family Hydrangeaceae – Haloragaceae]. Leningrad, 1987, pp. 13–15. (in Russ.).
2. Grossgeym A.A. *Flora Kavkaza*. [Flora of the Caucasus]. Moscow, Leningrad, 1950, pp. 46–47. (in Russ.).
3. Petrova S.N., Kuznetsova A.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, no. 4, pp. 43–50. DOI: 10.14258/jcprm.201404221. (in Russ.).
4. Anisimovich I.P., Deyneka V.I., Deyneka L.A., Frolov P.A., Myasnikova P.A. *Nauchnyye vedomosti. Seriya Yestestvennyye nauki*, 2010, vol. 9 (80), no. 11, pp. 104–110. (in Russ.).
5. Abramova Ye.R., Tekeyeva D.I., Adzhiakhmetova S.L., Lukashuk S.P. *Belikovskiy chteniya: tezisy dokladov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Belikovskie readings: abstracts of the All-Russian scientific and practical conference]. Pyatigorsk, 2018, pp. 104–107. (in Russ.).
6. Donchenko L.V., Firsov G.G. *Pektin: osnovnyye svoystva, proizvodstvo i primeneniye*. [Pectin basic properties, production and application]. Moscow, 2007, 276 p. (in Russ.).
7. Ovodov Yu.S. *Bioorganicheskaya khimiya*, 1998, vol. 24(7), pp. 483–501. (in Russ.).
8. Krishtanova N.A., Safonova M.Yu., Bolotova V.Ts. *Vestnik VGU*, 2005, no. 1, pp. 212–221. (in Russ.).
9. Patent 2238554 (RU). 20.10.2004. (in Russ.).
10. Yashin A.Ya., Yashin Ya.I. *Mezhdunarodnaya informatsionnaya sistema po rezonansnym tekhnologiyam*, 2004, no. 34, pp. 10–14. (in Russ.).
11. Yashin A.Ya. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal*, 2008, no. 2, pp. 130–135. (in Russ.).
12. Adzhiakhmetova S.L. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2013, no. 10(6), pp. 1297–1301. (in Russ.).
13. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii. 14-ye izd. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. 14th ed.]. Moscow, 2018. URL: <http://femb.ru/feml>. (in Russ.).
14. Zaprometov M.N. *Fenol'nyye soyedineniya: rasprostraneniye, metabolism i funktsii v rasteniyakh*. [Phenolic Compounds: Distribution, Metabolism and Function in Plants]. Moscow, 1993, 272 p. (in Russ.).
15. Kochetkov N.K. *Khimiya biologicheskii aktivnykh soyedineniy*. [Chemistry of biologically active compounds]. Moscow, 1970, 631 p. (in Russ.).
16. Magometova E.SH., Adzhiakhmetova S.L. *Belikovskiy chteniya: tezisy dokladov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Belikovskie readings: abstracts of the All-Russian scientific-practical conference]. Pyatigorsk, 2017, pp. 198–200. (in Russ.).
17. Gushchina M.Ye., Adzhiakhmetova S.L., Oganeyan E.T. *Farmatsiya i farmakologiya*, 2015, no. 3(10), pp. 46–48. (in Russ.).
18. Zlobin A.A., Martinson Ye.A., Litvinets S.G., Ovechkina I.A., Durnev Ye.A., Ovodova R.G. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2011, no. 1, pp. 39–44. (in Russ.).
19. Lar'kina M.S., Krivoshchekov S.V., Gur'yev A.M., Kadyrova T.V., Yermilova Ye.V., Kotserubskaya V.V., Yusubov M.S. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2016, no. 2, pp. 19–24. DOI: 10.14258/jcprm.201602786. (in Russ.).
20. Pozdnyakova T.A., Bubenchikov R.A. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2014, no. 11-1, pp. 110–113. (in Russ.).
21. Bubenchikova V.N., Drozdova I.L. *Aktual'nyye problemy sozdaniya novykh lekarstvennykh preparatov prirodnogo proiskhozhdeniya: materialy VII Mezhdunarodnogo s'yezda «Fitofarm 2003» (Sankt-Peterburg – Pushkin, 3–5 iyulya)*

* Corresponding author.

- 2003 g.). [Actual problems of creating new medicinal products of natural origin: materials of the VII International Congress "Phytopharm 2003" (St. Petersburg - Pushkin, July 3-5, 2003)]. St. Petersburg, 2003, pp. 24–27. (in Russ.).
22. Buzina G.V., Ivanova O.F., Sosnovskiy L.B. *Khlebopekarnya i konditerskaya promyshlennost'*, 1965, no. 4, pp. 15–18. (in Russ.).
23. *Rukovodstvo po eksperimental'nomu (doklinicheskomu) izucheniyu novykh farmakologicheskikh veshchestv* [Guidelines for experimental (preclinical) study of new pharmacological substances], ed. R.U. Khabriyev. Moscow, 2005, 832 p. (in Russ.).
24. Jiang T., Gao X., Wu C. et al. *Nutrients*, 2016, vol. 8(3), 126. DOI: 10.3390/nu8030126.
25. Jesch E.D., Carr T.P. *Preventive Nutrition and Food Science*, 2017, vol. 22 (2), pp. 67–80. DOI: 10.3746/pnf.2017.22.2.67.
26. Ku C.S., Kim B., Pham T.X. et al. *Journal of Medicinal Food*, 2015, vol. 18(11), pp. 1214–1222. DOI: 10.1089/jmf.2014.0121.
27. Jakobsdottir G., Xu J., Molin G., Ahrné S., Nyman M. *PLoS ONE*, 2013, vol. 8(11), e80476. DOI: 10.1371/journal.pone.0080476.
28. Grinkevich N.I. *Khimicheskiy analiz lekarstvennykh rasteniy*. [Chemical analysis of medicinal plants]. Moscow, 1983, 176 p. (in Russ.).
29. Komarova N.V., Kamentsev Ya.S. *Prakticheskoye rukovodstvo po ispol'zovaniyu sistem kapillyarnogo elektroforeza «Kapel'»*. [A practical guide to using the systems of capillary electrophoresis "Kapel'"]. St. Petersburg, 2006, 212 p. (in Russ.).
30. Zakharova M.V. i dr. *Metodicheskoye i analiticheskoye obespecheniye issledovaniy po sadovodstvu* [Methodical and analytical support for gardening research]. Krasnodar, 2010, 273 p. (in Russ.).

Received May 20, 2020

Revised August 9, 2021

Accepted August 10, 2021

For citing: Adzhiakhmetova S.L., Chervonnaya N.M., Pozdnyakov D.I., Oganesyanyan E.T. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 3, pp. 265–274. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021037774.