

УДК 633.88: 582.973

## СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПЛОДАХ *LONICERA CAERULEA* L. И ЕЕ ПОДВИДОВ В УСЛОВИЯХ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

© К.А. Пупыкина<sup>1</sup>, Р.Г. Абдуллина<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Башкирский государственный медицинский университет, ул. Ленина, 3, Уфа, 450008, Россия

<sup>2</sup> Южно-Уральский ботанический сад-институт Уфимского федерального исследовательского центра РАН, ул. Менделеева, 195/3, Уфа, 450080, Россия, rimtaabdullina@yandex.ru

Жимолость синяя – ценное ягодное растение, культура которого начала активно развиваться в последние годы в странах с умеренным климатом. Ценность этого вида обусловлена сверхдлительным сроком созревания плодов, высоким содержанием витамина С и биологически активных фенольных соединений. *Цель исследования:* сравнительное изучение биологически активных фенольных соединений в плодах некоторых представителей рода *Lonicera* L. Объектами исследования служили *Lonicera caerulea* L. и ее подвиды: *Lonicera caerulea* subsp. *edulis* и *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* рода *Lonicera* L. коллекции Южно-Уральского Ботанического сада. Для анализа использовали плоды указанных таксонов, собранные в фазу полного созревания и высушенные до воздушно-сухого состояния. Для описания диагностических признаков сырья проведено микроскопическое исследование. Методом тонкослойной хроматографии обнаружены рутин и цианидин-3-О-глюкозид.

По результатам проведенных анализов наиболее высокими показателями по содержанию флавоноидов отмечена *Lonicera caerulea* (2.78%). Наибольший показатель по антоцианам у *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* (2.17%), что почти в два раза превышает показатели *Lonicera caerulea* subsp. *edulis* (1.14%).

Проведенное исследование с определенной степенью достоверности предполагает наличие каротиноидов в плодах изученных жимолостей и позволяет рекомендовать как перспективные источники сырья для получения биологически активных веществ.

*Ключевые слова:* жимолость, *Lonicera caerulea*, флавоноиды, антоцианы, плодовые растения, биологически активные вещества.

**Для цитирования:** Пупыкина К.А., Абдуллина Р.Г. Содержание фенольных соединений в плодах *Lonicera caerulea* L. и ее подвидов в условиях Южно-Уральского ботанического сада // Химия растительного сырья. 2024. №4. С. xxx–xxx. DOI: 10.14258/jcprm.20240412248.

### Введение

Род жимолость *Lonicera* L. относится к семейству *Caprifoliaceae* Juss. и насчитывает более 130 видов, произрастающих в основном в умеренной зоне северного полушария [1]. Среди большого разнообразия плодово-ягодных культур, произрастающих на территории Башкирского Предуралья, особого внимания заслуживает *Lonicera caerulea* и ее подвиды.

*Lonicera caerulea* L. (жимолость синяя) встречается по всей северной европейской части России, Средней Европе, в подлеске горных лесов, также на влажных местах по опушкам и болотам. Раскидистый густоветвистый кустарник высотой до 2 м. Зацветает в конце апреля – начале мая бледно-желтыми колокольчиками длиной до 1.2 см. Ягоды темно-синие с сизым налетом, начинают созревать во второй половине июня. Растет довольно медленно, образует плотные кусты, морозостойка, теневынослива, хорошо переносит увлажненные почвы. На вкус плоды горькие [1, 2].

*Lonicera caerulea* subsp. *altaica* Pall. (жимолость алтайская) распространена в Западной и Восточной Сибири, Казахстане и Монголии. Растет в подлеске разных лесов, встречается в горных районах на

\* Автор, с которым следует вести переписку.

открытых склонах, среди скал и каменистых россыпей и иногда выше лесного пояса. Представляет собой кустарник высотой до 1.5 м, с густой кроной. Листья продолговатые, длиной 3–7 см. Цветки парные с шиловидными, сросшимися в основании прицветниками. Венчик желтоватый, с двумя плохо выраженными губами и длинной трубчато-воронковидной частью. Начинает цвести в конце мая. Плод – ягода, удлинненно-эллиптический, темно-синего цвета, длиной около 1 см, сочный, на вкус горький, начинают созревать в середине июня [1, 2].

*Lonicera caerulea* subsp. *edulis* (Turcz. ex Freyn) Hulten (жимолость съедобная) растет в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, а также в Корее и Китае, преимущественно в горных районах, на известняках, также в темнохвойных лесах и их опушках, на торфяных болотах и на влажных лугах. Это листопадный кустарник высотой до 1 м с густой шаровидной кроной. Листья продолговато-эллиптические или овально-ланцетные с заостренными верхушками. Цветки желтоватые, обоеполые, расположены попарно в пазухах листьев. Созревание плодов начинается в конце июня. Плоды продолговато-эллиптические, красно-фиолетового цвета длиной 0.9–1.2 см [1, 3].

Последние годы ученые и специалисты из всех стран мира исследуют новые виды плодовых растений, на наличие в их составе полезных для человека макро-, микроэлементов и биологически активных веществ, способных оказывать выраженное воздействие на регулирование многочисленных процессов организма.

Например, в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва) было собранно и изучено 15 образцов плодов жимолости съедобной, собранных в Тамбовской, Воронежской, Московской областях и Карелии на содержание полифенольных соединений. Основными группами полифенольных соединений были антоцианы и проантоцианидины. По результатам исследования впервые определены наиболее перспективные сорта отечественной жимолости с точки зрения наивысшего содержания полифенольных антиоксидантов и иридоидов с потенциальной противовоспалительной, гипогликемической, гиполипидемической, антимикробной и других видов биологической активности [4].

В работе Марты Голба изучалась *Lonicera caerulea* L. на содержание фитохимических веществ. Было установлено, что ягоды жимолости в основном состоят из гидроксикоричных и гидроксibenзойных кислот, флавонов, изофлавонов, флавонолов, антоцианов, а также иридоидов. Свойства плодов *L. caerulea* заключаются в их способности минимизировать негативное воздействие ультрафиолетового излучения, сахарного диабета и нейродегенеративных заболеваний, а также проявлять гепато- и кардиопротекторную активность [5].

В другой работе были изучены фитохимические свойства сортов жимолостей и ее генотипов. В плодах жимолостей обнаружено и представлено 21 полифенольное соединение в виде 6 антоцианов, 6 флаван-3-олов, 4 фенольных кислот, 3 флавонолов и 2 флавонов. Содержание полифенольных соединений сильно коррелировало с антиоксидантной активностью, что можно считать интересными с точки зрения применения в питании человека [6].

По данным литературы, плоды синих жимолостей являются перспективными видами растительного сырья, так как содержат ценные биологически активные вещества: весь спектр витаминов, макро- и микроэлементов, различные фенольные соединения (антоцианы, флавоны, флавоны, гидроксикоричные кислоты) и другие [7–11]. Благодаря такому разнообразному составу биологически активных веществ, плоды жимолости используются как поливитаминные, антиоксидантные, противовоспалительные, антибактериальные, ранозаживляющие, жаропонижающие, гипотензивные средства [12–15].

Цель исследования – сравнительное изучение биологически активных фенольных соединений в плодах некоторых представителей рода *Lonicera* в условиях Южно-Уральского ботанического сада.

### **Экспериментальная часть**

В качестве объектов исследования использовали один вид и два подвида жимолостей коллекции Южно-Уральского ботанического сада-института – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (далее – ЮУБСИ УФИЦ РАН): *L. caerulea* (syn.: *L. kamtschatica* (Sevast.) – жимолость синяя, *L. caerulea* subsp. *altaica* (syn.: *L. caerulea* subsp. *altaica* (Pall.) Gladkova, *L. caerulea* var. *altaica* Fisch. ex Sweet.) – жимолость алтайская и *L. caerulea* subsp. *edulis* (syn.: *L. caerulea* subsp. *altaica* Pall., *L. caerulea* subsp. *altaica* (Pall.) Gladkova) – жимолость съедобная. В своей работе придерживались таксономического деления рода *Lonicera* L., предложенного А.И. Поярковой [16] и дополненного А.К. Скворцовым и А.Г. Куклиной [2].

Для выявления характерных анатомо-диагностических признаков плодов жимолостей использовали микроскоп. Для этого брали кусочки плода, помещали в пробирку, заливали просветляющей жидкостью – 5% раствором натрия гидроксида и кипятили над пламенем спиртовки в течение 2–3 мин, не допуская сильного размягчения. Затем содержимое переливали в стеклянный стакан, жидкость сливали через 2–4 слоя марли и сырье тщательно промывали водой. Содержимое стакана с небольшим количеством воды переносили в чашку Петри. Из воды кусочки плодов вынимали скальпелем, помещали на предметное стекло и капали включающую жидкость – 33% раствор глицерина. Кусочки сырья разделяли препаровальной иглой на две части, одну из них осторожно переворачивали. Толстые слои плода раздавливали скальпелем. Объект накрывали покровным стеклом, слегка придавливали для удаления пузырьков воздуха и рассматривали под микроскопом сначала при малом, затем при большом увеличении.

Наибольшее накопление биологически активных веществ в плодах жимолости происходит в период их полного созревания, поэтому сбор сырья осуществляли выборочно по мере созревания плодов. Сушили плоды сразу же после сбора воздушно-теньевым способом, раскладывая тонким слоем. Плоды не мыли. Сырье хранилось в сухом хорошо проветриваемом помещении, без попадания прямых солнечных лучей, при влажности не более 60% [17].

Определение флавоноидов в аналитических пробах сырья жимолостей проводили на базе кафедры фармакогнозии с курсом ботаники и основ фитотерапии Башкирского государственного медицинского университета. Микроскопическое исследование образцов сырья проводили на временных микропрепаратах, приготовленных в соответствии со статьей «Техника микроскопического и микрохимического исследования лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов» [18]. Количественное определение флавоноидов осуществляли методом дифференциальной спектрофотометрии по разработанной нами методике, а группы антоцианов методом прямой спектрофотометрии. Для определения флавоноидов группы флаванолов использовали метод дифференциальной спектрофотометрии. Предварительно были изучены спектральные характеристики спиртовых извлечений из плодов жимолостей и затем извлечений с добавлением комплексообразующей добавки – спиртового раствора алюминия хлорида, чтобы исключить влияние сопутствующих веществ. При этом было установлено, что при добавлении раствора алюминия хлорида наблюдается батохромный сдвиг и максимум поглощения отмечается при длине волны  $410 \pm 5$  нм, что совпадает с максимумом поглощения стандартного образца – рутина, поэтому данная длина волны была выбрана в качестве аналитической для методики количественного определения. Также были изучены условия экстракции из растительного сырья и подобраны оптимальные параметры для проведения количественного определения: экстрагент – спирт этиловый 60%, соотношение сырья и экстрагента 1 : 100, двукратная экстракция, время экстракции – 1 ч, комплексообразователь – 2% спиртовой раствор алюминия хлорида, количество комплексообразователя – 1 мл, время реакции комплексообразования – 30 мин, аналитическая длина волны –  $410 \pm 5$  нм.

*Методика.* Около 1.0 г (точная навеска) измельченного сырья помещали в колбу со шлифом вместимостью 100 мл, прибавляли 50 мл спирта этилового 60%, нагревали на кипящей водяной бане в течение 30 мин. Извлечение фильтровали через бумажный фильтр в мерную колбу на 100 мл, так чтобы частицы сырья не попали на фильтр. В колбу для экстрагирования добавляли еще 50 мл спирта этилового 60% и экстракцию повторяли еще 30 мин, извлечение фильтровали в ту же мерную колбу. После охлаждения объем извлечения доводили до метки спиртом этиловым 60%, перемешивали и получали раствор А (испытуемый раствор). В мерную колбу вместимостью 25 мл помещали 1.0 мл раствора А испытуемого раствора, 1 мл 2% спиртового раствора алюминия хлорида, доводили объем раствора спиртом этиловым 95% до метки, перемешивали и получали раствор Б (испытуемый раствор). Оптическую плотность раствора Б испытуемого раствора измеряли через 30 мин на спектрофотометре при длине волны 410 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения использовали раствор, состоящий из 1 мл раствора А испытуемого раствора, 1 мл 3% кислоты уксусной и доводили до метки в мерной колбе вместимостью 25 мл спиртом этиловым 60%. Параллельно, в тех же условиях, измеряли оптическую плотность комплекса стандартного образца (СО) рутина с алюминия хлоридом: в две мерные колбы вместимостью 25 мл помещали по 1.0 мл раствора СО рутина, в одну колбу прибавляли 1 мл 2% спиртового раствора хлорида алюминия в 95% спирте, а в другую – 1 мл 3% уксусной кислоты и доводили соответствующим спиртом до метки, перемешивали и через 30 мин измеряли оптическую плотность раствора Б СО рутина. Содержание суммы флавоноидов в пересчете на рутин в абсолютно сухом сырье в процентах (X) рассчитывали по формуле:

$$X = \frac{A \cdot a_0 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 100 \cdot 100}{A_0 \cdot a \cdot 1 \cdot 25 \cdot 100 \cdot (100 - W)}$$

где  $A$  – оптическая плотность испытуемого раствора;  $A_0$  – оптическая плотность СО рутина;  $a_0$  – масса СО рутина, г;  $a$  – масса навески сырья, г;  $W$  – потеря в массе при высушивании, %.

Определение антоцианов в плодах жимолостей проводили методом прямой спектрофотометрии [17, 18]. *Методика*: около 1.0 г (точная навеска) измельченного сырья помещали в коническую колбу со шлифом вместимостью 250 мл, прибавляли 50 мл спирта этилового 60%, содержащего кислоты хлористоводородной 1%. Колбу закрывали пробкой и взвешивали с точностью до  $\pm 0.01$  г, затем присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на кипящей водяной бане в течение 60 мин, затем охлаждали до комнатной температуры, закрывали той же пробкой, снова взвешивали и восполняли недостающий экстрагент. Извлечение фильтровали через бумажный фильтр в мерную колбу на 50 мл, объем извлечения доводили до метки спиртом этиловым 60%, содержащим кислоты хлористоводородной 1% (раствор А). Далее 1.0 мл раствора А помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл, доводили объем раствора спиртом этиловым 95%, содержащим кислоты хлористоводородную 1%, до метки и перемешивали (раствор Б). Оптическую плотность раствора Б измеряли на спектрофотометре при длине волны 546 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения использовали раствор, состоящий из 1 мл спирта этилового 60%, доведенный спиртом этиловым 96%, содержащим кислоты хлористоводородной 1% до метки в мерной колбе вместимостью 25 мл. Содержание суммы антоцианов в пересчете на цианидин-3-О-глюкозид в абсолютно сухом сырье в процентах ( $X$ ) вычисляли по формуле:

$$X = \frac{A \cdot 50 \cdot 25 \cdot 100}{E_{1\text{см}}^{1\%} \cdot a \cdot 1 \cdot (100 - W)}$$

где  $A$  – оптическая плотность раствора Б;  $E_{1\text{см}}^{1\%}$  – удельный показатель поглощения цианидин-3-О-глюкозида при длине волны 546 нм, равный 600;  $a$  – масса навески сырья, г;  $W$  – потеря в массе при высушивании, %.

Статистическую обработку данных осуществляли в соответствии с требованиями Государственной фармакопеи Российской Федерации с использованием критерия Стьюдента, вычислением доверительного интервала и определения средней арифметической ошибки [17].

### **Результаты и обсуждения**

Данные микроскопического анализа представлены на рисунке 1, которые позволили установить характерные диагностически значимые признаки плодов жимолостей, проявляющиеся на микропрепаратах независимо от вида растения: клетки эпидермиса многоугольные с утолщенными стенками, брахисклериды (каменистые клетки) в мякоти плода, оранжево-красные хромопласты, многоклеточные железки, друзы, капли масла, тонкостенные многоугольные клетки мезокарпия.

Предварительное определение флавоноидов выполняли по общепринятым в фитохимическом анализе методикам, которое позволило установить, что в трех таксонах жимолостей содержатся флавоноиды. Качественное обнаружение флавоноидов проводили методом тонкослойной хроматографии на пластинках «*Sorbfil* ПТСХ-АФ-А-УФ» размером 10×15. При исследовании хроматограмм во всех трех видах жимолостей было обнаружено 4 зоны адсорбции со значениями  $R_f$  (около 0.46), которые в УФ-свете до обработки хромогенным реактивом имели коричневую и голубую окраску, а после обработки пятна 1 и 3 имели желтую флюоресценцию, а пятно 2 голубую. При сравнении с веществами свидетелями, было установлено, что зона адсорбции 1 в видах жимолостей по значению  $R_f$  (около 0.46) и ярко-желтой флюоресценцией в УФ-свете совпадали со стандартным образцом – рутином (рис. 2).

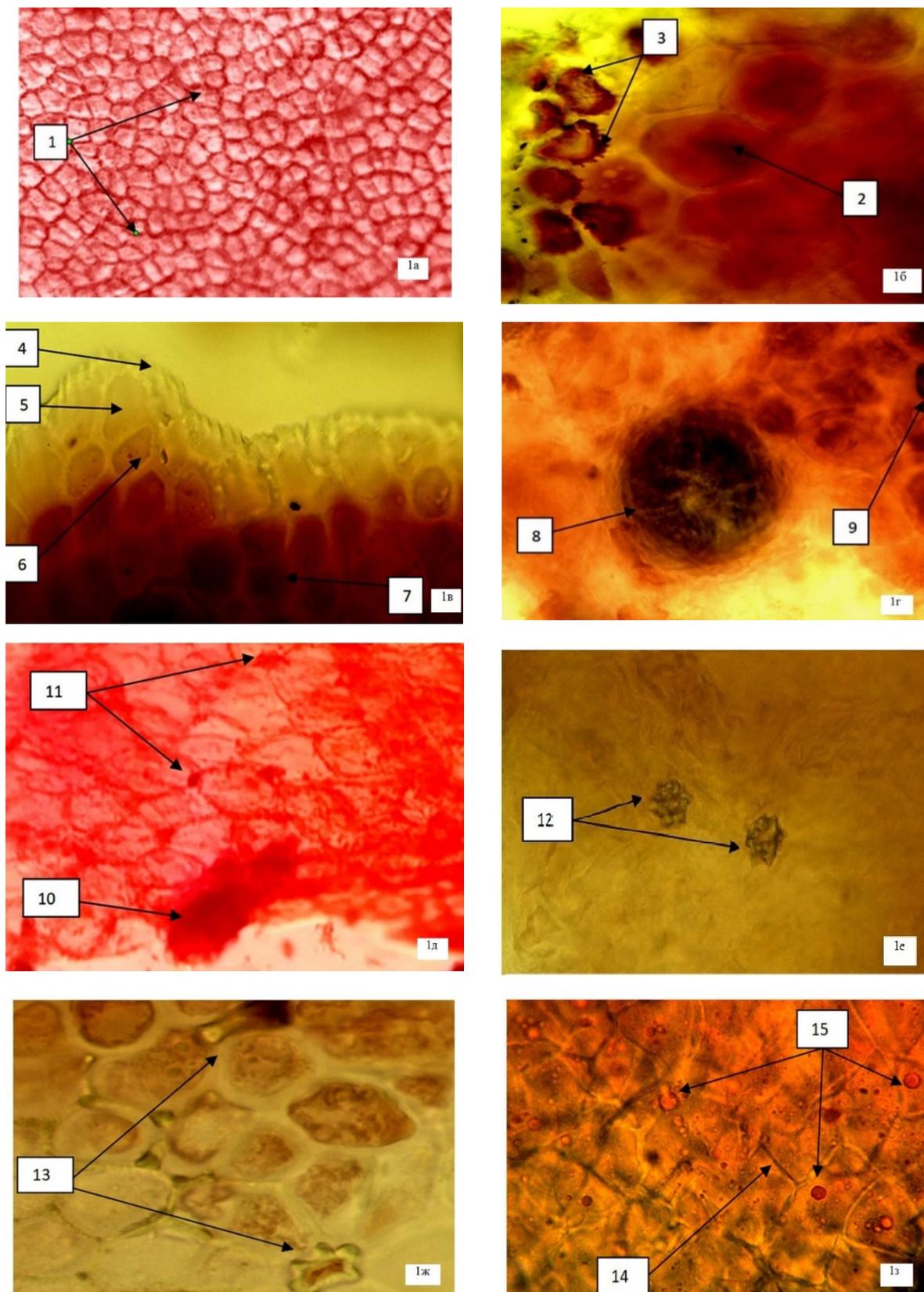


Рис. 1. а – многоугольные клетки эпидермиса с утолщенными стенками; б – *Экзокарпий* плода: 2 – паренхимные клетки с утолщенными стенками, 3 – брахеосклерейды; в – *Экзокарпий* плода: 4 – кутикула, 5 – клетки эпидермиса, 6 – колленхима, 7 – клетки мезокарпия; г – *Мезокарпий* плода: 8 – многоклеточная железа, 9 – капли масла; д – *Мезокарпий* плода: 10 – оранжево-красные хромопласты, 11 – друзы; е – *Мезокарпий* плода: 12 – друзы; ж – *Мезокарпий* плода: 13 – брахисклерейды; з – *Мезокарпий* плода: 14 – тонкостенные многоугольные клетки паренхимы, 15 – капли масла

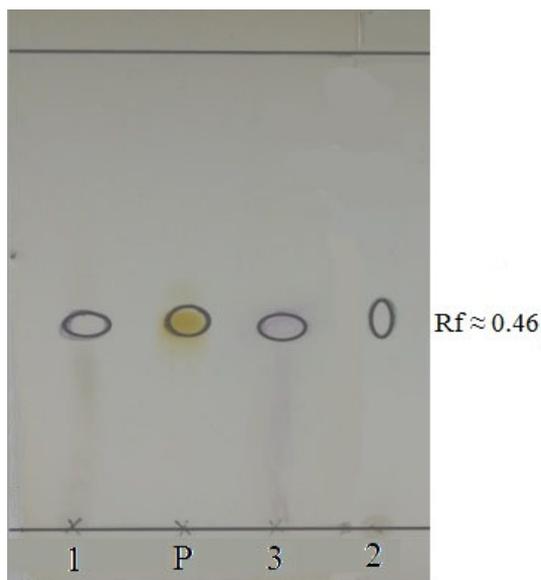


Рис. 2. Схема хроматограммы флавоноидов в исследуемых образцах сырья: 1 – *L. caerulea*; 2 – *L. caerulea* subsp. *altaica*; 3 – *L. caerulea* subsp. *edulis*; P – PCO рутин ( $R_f$  около 0.46)

Для второго извлечения наилучшее разделение смеси наблюдалось при использовании системы растворителей *n*-бутанол – ледяная уксусная кислота – вода (40 : 10 : 20). После хроматографирования пластинки нагревали в сушильном шкафу при температуре 100–105 °С в течение 3–5 мин. На хроматограммах трех видов жимолостей появлялись пятна малинового цвета на белом фоне с  $R_f$  около 0.36 на уровне с веществом стандартом – цианидин-3-О-гликозидом.

Результаты количественного определения суммы флавоноидов в пересчете на рутин представленные в таблице 1 показывают, что наибольшее содержание флавоноидов отмечалось в *L. caerulea* (2.78±0.11%), в меньшем количестве они представлены в *L. caerulea* subsp. *edulis* (2.37±0.05%).

Результаты определения антоцианов в плодах жимолостей приведены в таблице 2, на основании которых показатели содержания антоцианов преобладают в *L. caerulea* subsp. *altaica* (2.17±0.08%), в меньшем количестве они представлены в *L. caerulea* subsp. *edulis* (1.14±0.03%).

Спектральные характеристики спиртовых извлечений из плодов различных таксонов жимолостей, содержащих 1% хлористоводородную кислоту представлены на рисунке 3. Следует отметить, что все они имеют характерный для антоцианов максимум поглощения при длине волны 546 нм (рис. 3).

Кроме флавоноидов антоциановой группы в плодах жимолости содержатся флавоноиды группы флавонолов (производные кверцетина), что было подтверждено наличием характерных для него максимумов поглощения – 410±2 нм (рис. 4).

По литературным данным, высокие показатели флавоноидов отмечены в ЦСБС СО РАН, там был установлен индивидуально-групповой состав фенилпропнойного комплекса плодов *Lonicera caerulea* и ее подвидов различного эколого-географического происхождения. Показано, что содержание антоцианов, флавонолов и флавонов составляет 285–1251 и 31–195 мг% соответственно. Было установлено, что при скрещивании географически удаленных по месту происхождения образцов жимолости у гибридов первого поколения отмечается значительное увеличение содержания комплекса биофлавоноидов [9].

Также более высокими показателями отмечен эксперимент, проведенный в Сибирском ботаническом саду ТГУ. В плодах изученных сортов жимолостей выявлены значительные уровни антоцианов, которые варьируют в интервале 199–843 мг/100 г. Здесь было отмечено, что замораживание плодов жимолости при температуре –18 °С обеспечивает не только сохранение уровня антоцианов, но и в ряде случаев – его увеличение [19].

Близкими к нашим показателям по содержанию флавоноидов оказались данные ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». Общее содержание флавоноидов в плодах жимолости варьировало в пределах 9.2–46.6 мг/100 г [4]. Показатели флавоноидов сортов ‘Голубое веретено’, ‘Княгиня’, ‘Голубой десерт’ в интервале 188.3–257 мг% и две отборные формы 11–5 мг% выделенные в ГНУ ВНИИС им. И.В. Мичурина также близки к нашим данным [20].

Таблица 1. Результаты количественного определения флавоноидов в пересчете на рутин

№	Исследуемый объект	$X_{\text{ср}}$	$S_x$	P, %	$t(P,f)$	$\Delta X$	$\varepsilon, \%$
1	<i>L. caerulea</i>	2.78	0.0256	95	4.30	0.11	3.96
2	<i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i>	2.54	0.0209	95	4.30	0.09	3.54
3	<i>L. caerulea</i> subsp. <i>edulis</i>	2.37	0.0116	95	4.30	0.05	2.11

Таблица 2. Результаты определения антоцианов в плодах жимолостей

№	Исследуемый объект	$X_{\text{ср}}$	$S_x$	P, %	$t(P,f)$	$\Delta X$	$\varepsilon, \%$
1	<i>L. caerulea</i>	1.66	0.0139	95	4.30	0.06	3.61
2	<i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i>	2.17	0.0186	95	4.30	0.08	3.68
3	<i>L. caerulea</i> subsp. <i>edulis</i>	1.14	0.0069	95	4.30	0.03	2.63

Примечание к таблицам 1 и 2.  $X_{\text{ср}}$  – среднее значения содержания антоцианов для трех измерений;  $S_x$  – стандартное отклонение; P – доверительная вероятность (95%);  $t(P,f)$  – критерий Стьюдента;  $\Delta X$  – доверительный интервал;  $\varepsilon, \%$  – относительная ошибка

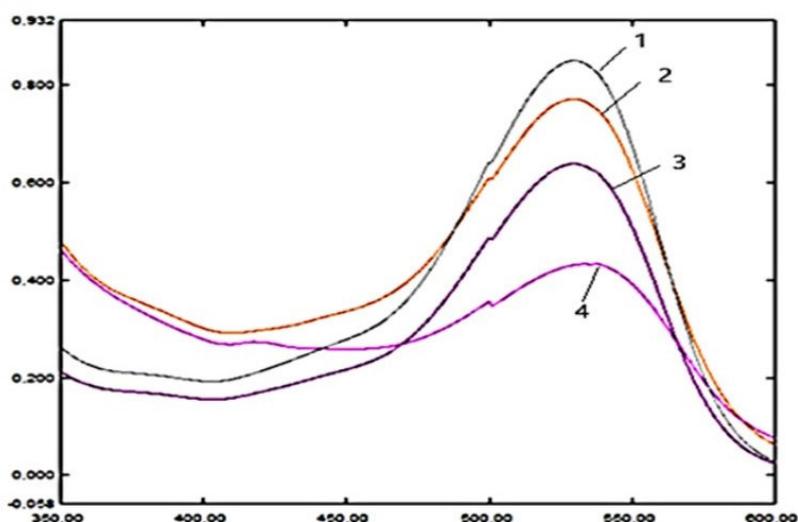


Рис. 3. Спектры поглощения спиртовых извлечений из плодов жимолости с алюминия хлоридом: 1 – *L. caerulea*; 2 – стандартный образец цианидин-3-О-гликозида; 3 – *L. caerulea* subsp. *altaica*; 4 – *L. caerulea* subsp. *edulis*

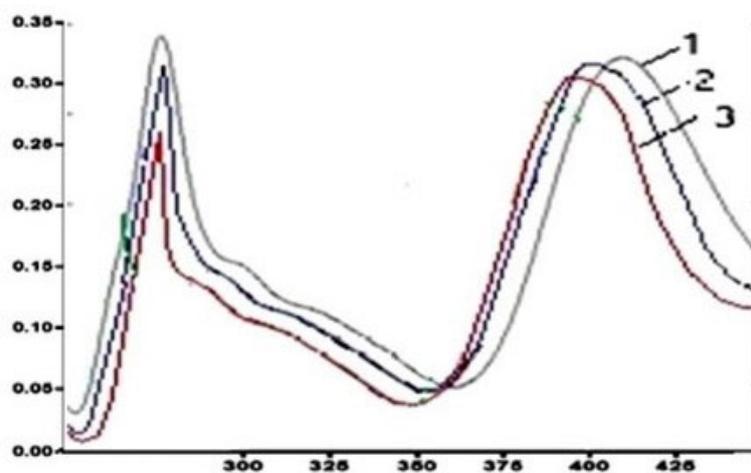


Рис. 4. УФ-спектр спиртового извлечения из плодов жимолости: 1 – *L. caerulea* subsp. *altaica*; 2 – *L. caerulea*; 3 – *L. caerulea* subsp. *edulis*

## Заключение

Таким образом, дана характеристика некоторых анатомо-диагностических признаков жимолостей и определено содержание флавоноидов в плодах *L. caerulea*, *L. caerulea* subsp. *edulis* и *L. caerulea* subsp. *altaica* коллекции Южно-Уральского Ботанического сада. По результатам проведенных анализов наиболее высокими показателями по содержанию флавоноидов в пересчете на рутин отмечена *L. caerulea* ( $2.78 \pm 0.11\%$ ). Наибольший показатель по антоцианам у *L. caerulea* subsp. *altaica* ( $2.17 \pm 0.08\%$ ), что почти в два раза превышает показатели *L. caerulea* subsp. *edulis* ( $1.14 \pm 0.03\%$ ). Рекомендуется продолжить изучение химического состава плодов жимолостей на выявление содержания биологически активных веществ с целью создания на их основе натуральных пищевых добавок.

### Финансирование

Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и растительные ресурсы России: оценка состояния и мониторинг динамики, проблемы сохранения, воспроизводства, увеличения и рационального использования» в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН по теме № 122033100041-9. Руководитель доктор биологических наук З.Х. Шуганов.

### Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

### Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

## Список литературы

1. Соколов П.Д. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства *Caprifoliaceae* – *Plantaginaceae*. М., 1990. С. 7–9.
2. Скворцов А.К., Куклина А.Г. Голубые жимолости: ботаническое изучение и перспективы культуры в средней полосе России. М., 2002. 160 с.
3. Абдуллина Р.Г., Пупыкина К.А., Баламетова Р.Г. Биохимический состав плодов *Lonicera caerulea* L. и ее подвидов при интродукции в условиях Башкирского Предуралья // Химия растительного сырья. 2022. №3. С. 203–210. <https://doi.org/10.14258/jcprm20220310885>.
4. Perova I.B., Rylyna E.V., Eller K.I., Akimov M.Y. The study of the polyphenolic complex and iridoid glycosides in various cultivars of edible honeysuckle fruits *Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn. // Vopr. Pitan. 2019. Vol. 88(6). Pp. 88–99. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10069>.
5. Gołba M., Sokół-Łętowska A., Kucharska A.Z. Health Properties and Composition of Honeysuckle Berry *Lonicera caerulea* L. An Update on Recent Studies // Molecules. 2020. Pp. 749–763. <https://doi.org/10.3390/molecules25030749>.
6. Wojdyło A., Jáuregui P.N., Carbonell-Barrachina A.A., Oszmiański J., Golis T. Variability of phytochemical properties and content of bioactive compounds in *Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica* berries // J. Agric. Food Chem. 2013. Pp. 12072–12084. <https://doi.org/10.1021/jf404109t>.
7. Чепелева Г.Г., Тимошин А.В. Потребительские и физико-химические характеристики различных видов жимолости // Химия растительного сырья. 2007. №4. С. 125–126.
8. Чулков А.Н., Гостищев Д.А., Дейнека В.И., Писарев Д.И., Сорокопудов В.Н., Сазонов С.А. Плоды жимолости синеплодной как источник антоцианов // Химия растительного сырья. 2011. №4. С. 173–176.
9. Боярских И.Г., Юшкова Ю.В., Черняк Е.И., Морозов С.В. Содержание биологически активных фенольных соединений в плодах *Lonicera caerulea* L. различного происхождения в условиях Лесостепи Приобья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. №3 (77). С. 39–45.
10. Kucharska A.Z., Sokół-Łętowska A., Oszmiański J., Piórecki N., Fecka I. Iridoids, Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Edible Honeysuckle Berries (*Lonicera caerulea* var. *kamtschatica* Sevast.) // Molecules. 2017. Vol. 22. Pp. 405–408. <https://doi.org/10.3390/molecules22030405>.
11. Боярских И.Г., Васильев В.Г., Кукушкина Т.А. Содержание биологически активных полифенолов *Lonicera caerulea* subsp. *pallasi* в природе и культуре // Химия растительного сырья. 2018. №2. С. 89–96. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018023452>.
12. Ochmian I., Skupien K., Grajkowski J., Smolic M., Ostrowska K. Chemical composition and physical characteristics of fruits of two cultivars of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) in relation to their degree of maturity and harvest date // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2012. Pp. 155–162. <https://doi.org/10.15835/nbha4017314>.
13. Bors B., Thomson J., Sawchuk E., Reimer P., Sawatzky R., Sander T. Haskap breeding and production final report. ADF 2008-0042. Saskatchewan Agriculture. Regina, 2012. 144 p.

14. Елисеева Л.Г., Блишников О.М. Ягоды жимолости съедобной – богатый источник биологически активных веществ // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. №7. С. 18–21.
15. Miyashita T., Hoshino Y. Interploid and interloid hybridizations to produce polyploid Haskar (*Lonicera caerulea* var. *emphyllocalyx*) plants // Euphytica. 2014. Pp. 15–27. <https://doi.org/10.1007/s10681-014-1159-4>.
16. Пояркова А.И. Род 1401. *Lonicera* L. // Флора СССР. М.-Л., 1958. Т. 23. С. 467–502.
17. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. М., 2018. URL: <http://www.femb.ru/femb/pharmасorea.php>.
18. Сергунова Е.В., Марахова А.И. Изучение качественного и количественного состава биологически активных веществ в плодах малины // Аналитика. 2018. №1. С. 70–76. <https://doi.org/10.22184/2227-572X.2018.38.1.70.76>.
19. Зибарева Л.Н., Филоненко Е.С., Сучкова С.А., Савенкова Н.В., Никитин А.И. Состав и содержание антоцианов в плодах жимолости в условиях Томской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183(1). С. 48–56. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-1-48-56>.
20. Бочарова Т.Е., Брыскин Д.М. Сравнительная оценка качества плодов перспективных сортообразцов жимолости селекции ГНУ ВНИИС им. И.В. Мичурина // Научные ведомости. Сер. Естественные науки. 2012. №21(140). С. 92–95.

Поступила в редакцию 12 декабря 2022 г.

После переработки 28 октября 2024 г.

Принята к публикации 5 ноября 2024 г.

Pupykina K.A.<sup>1</sup>, Abdullina R.G.<sup>2\*</sup> THE CONTENT OF PHENOLIC COMPOUNDS IN THE FRUITS OF *LONICERA CAERULEA* L. AND ITS SUBSPECIES IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH URAL BOTANICAL GARDEN

<sup>1</sup> Bashkir State Medical University, Lenina st., 3, Ufa, 450008, Russia

<sup>2</sup> South Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Mendeleeva st., 195/3, Ufa, 450080, Russia, [rimmaabdullina@yandex.ru](mailto:rimmaabdullina@yandex.ru)

Blue honeysuckle is a valuable berry plant, the culture of which has begun to develop actively in recent years in countries with a temperate climate. The value of this species is due to the early ripening period of fruits, high content of vitamin C and biologically active phenolic compounds. The purpose of the study: a comparative study of biologically active phenolic compounds in the fruits of some representatives of the genus *Lonicera* L. The objects of the study were *Lonicera caerulea* L. and its subspecies: *Lonicera caerulea* subsp. *edulis* and *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* of the genus *Lonicera* L. collections of the South Ural Botanical Garden. For the analysis, the fruits of these taxa collected during the full ripening phase and dried to an air-dry state were used. Microscopic examination was carried out to describe the diagnostic signs of raw materials. Rutin and cyanidin-3-O-glucoside were detected by thin-layer chromatography.

According to the results of the analyses carried out, *Lonicera caerulea* (2.78%) was noted as the highest in terms of flavonoid content. *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* has the highest anthocyanin index (2.17%), which is almost twice as high as *Lonicera caerulea* subsp. *edulis* (1.14%).

The conducted study with a certain degree of reliability suggests the presence of carotenoids in the fruits of the studied honeysuckle and allows us to recommend them as promising sources of raw materials for the production of biologically active substances.

**Keywords:** honeysuckle, *Lonicera caerulea*, flavonoids, anthocyanins, fruit plants, biologically active substances.

**For citing:** Pupykina K.A., Abdullina R.G. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2024, no. 4, pp. xxx–xxx. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20240412248.

## References

1. Sokolov P.D. *Rastitel'nyye resursy SSSR: Tsvetkovyye rasteniya, ikh khimicheskiy sostav, ispol'zovaniye. Se-meystva Caprifoliaceae – Plantaginaceae*. [Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use. Families Caprifoliaceae – Plantaginaceae]. Moscow, 1990, pp. 7–9. (in Russ.).
2. Skvortsov A.K., Kuklina A.G. *Golubyye zhimolosti: botanicheskoye izucheniye i perspektivy kul'tury v sredney polose Rossii*. [Blue honeysuckles: botanical study and prospects of culture in the central zone of Russia]. Moscow, 2002, 160 p. (in Russ.).
3. Abdullina R.G., Pupykina K.A., Balametova R.G. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2022, no. 3, pp. 203–210. <https://doi.org/10.14258/jcprm20220310885>. (in Russ.).

\* Corresponding author.

4. Perova I.B., Rylyina E.V., Eller K.I., Akimov M.Y. *Vopr. Pitan.*, 2019, vol. 88(6), pp. 88–99. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10069>.
5. Gołba M., Sokół-Łętowska A., Kucharska A.Z. *Molecules*, 2020, pp. 749–763. <https://doi.org/10.3390/molecules25030749>.
6. Wojdyło A., Jáuregui P.N., Carbonell-Barrachina A.A., Oszmiański J., Golis T. *J. Agric. Food Chem.*, 2013, pp. 12072–12084. <https://doi.org/10.1021/jf404109t>.
7. Chepeleva G.G., Timoshin A.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2007, no. 4, pp. 125–126. (in Russ.).
8. Chulkov A.N., Gostishchev D.A., Deyneka V.I., Pisarev D.I., Sorokopudov V.N., Sazonov S.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2011, no. 4, pp. 173–176. (in Russ.).
9. Boyarskikh I.G., Yushkova Yu.V., Chernyak Ye.I., Morozov S.V. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2011, no. 3 (77), pp. 39–45. (in Russ.).
10. Kucharska A.Z., Sokół-Łętowska A., Oszmiański J., Piórecki N., Fecka I. *Molecules*, 2017, vol. 22, pp. 405–408. <https://doi.org/10.3390/molecules22030405>.
11. Boyarskikh I.G., Vasil'yev V.G., Kukushkina T.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2018, no. 2, pp. 89–96. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018023452>. (in Russ.).
12. Ochmian I., Skupien K., Grajkowski J., Smolic M., Ostrowska K. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2012, pp. 155–162. <https://doi.org/10.15835/nbha4017314>.
13. Bors B., Thomson J., Sawchuk E., Reimer P., Sawatzky R., Sander T. *Haskap breeding and production final report. ADF 2008-0042. Saskatchewan Agriculture*. Regina, 2012, 144 p.
14. Yeliseyeva L.G., Blinnikova O.M. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya*, 2013, no. 7, pp. 18–21. (in Russ.).
15. Miyashita T., Hoshino Y. *Euphytica*, 2014, pp. 15–27. <https://doi.org/10.1007/s10681-014-1159-4>.
16. Poyarkova A.I. *Flora SSSR*. [Flora of the USSR]. Moscow-Leningrad, 1958, vol. 23, pp. 467–502. (in Russ.).
17. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii. XIV izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIV ed.]. Moscow, 2018. URL: <http://www.femb.ru/femb/pharmacopea.php>. (in Russ.).
18. Sergunova Ye.V., Marakhova A.I. *Analitika*, 2018, no. 1, pp. 70–76. <https://doi.org/10.22184/2227-572X.2018.38.1.70.76>. (in Russ.).
19. Zibareva L.N., Filonenko Ye.S., Suchkova S.A., Savenkova N.V., Nikitin A.I. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i seleksii*, 2022, vol. 183(1), pp. 48–56. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-1-48-56>. (in Russ.).
20. Bocharova T.Ye., Bryskin D.M. *Nauchnyye vedomosti. Ser. Yestestvennyye nauki*, 2012, no. 21(140), pp. 92–95. (in Russ.).

Received December 12, 2022

Revised October 28, 2024

Accepted November 5, 2024

#### Сведения об авторах

Пупыкина Кира Александровна – профессор кафедры фармакогнозии с курсом ботаники и фитотерапии, доктор фармацевтических наук, [pupykinaka@gmail.com](mailto:pupykinaka@gmail.com)

Абдуллина Римма Галимзяновна – научный сотрудник лаборатории дендрологии и интродукции древесных растений, [rimmaabdullina@yandex.ru](mailto:rimmaabdullina@yandex.ru)

#### Information about authors

Pupykina Kira Aleksandrovna – professor of the department of pharmacognosy with a course in botany and phytotherapy, Doctor of Pharmaceutical Sciences, [pupykinaka@gmail.com](mailto:pupykinaka@gmail.com)

Abdullina Rimma Galimzyanovna – research fellow of the laboratory of dendrology and introduction of woody plants, [rimmaabdullina@yandex.ru](mailto:rimmaabdullina@yandex.ru)