

Для корреспонденции

Перова Ирина Борисовна – кандидат фармацевтических наук, научный сотрудник лаборатории метаболизма и протеомного анализа ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»
 Адрес: 109240, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14
 Телефон: (495) 698-53-60
 E-mail: Erin.Feather@yandex.ru

Перова И.Б., Малинкин А.Д., Бессонов В.В., Эллер К.И.

Исследование лигнанов и антоцианинов как основных биологически активных веществ полифенольной природы плодов лимонника китайского

Investigation of lignans and anthocyanins as the main biologically active polyphenols of *Schizandra chinensis* fruits

Perova I.B., Malinkin A.D., Bessonov V.V., Eller K.I.

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Москва
 Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow

Впервые изучены содержание и состав дибензоциклооктадиеновых лигнанов и антоцианинов в 10 образцах плодов китайского лимонника, собранных в Московской области, Хабаровском и Приморском краях. Профиль лигнанов определяли в соответствии с разработанной методикой высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным спектрометрическим и масс-спектрометрическим детектированием. Была проведена валидация методики по показателям линейности, правильности и прецизионности. Во всех образцах обнаружены 11 характеристических для лимонника китайского лигнанов. В сушеных плодах основным лигнаном был схизандрин, в свежемороженых плодах – англоилгомизин О. Общее содержание лигнанов в свежемороженых плодах составило 5,50 мг/г, в сушеных плодах варьировало от 12,50 до 18,95 мг/г. Антоцианины лимонника китайского в основном представлены гликозидами цианидина, среди которых преобладает цианидин-3-ксилозилрутинозид. Общее содержание антоцианинов, определенное с помощью рН-дифференциальной спектрофотометрии, составило от 0,21 мг/г в свежемороженых плодах до 0,35–0,72 мг/г в сушеных плодах. Полученные результаты могут быть использованы для идентификации и стандартизации плодов китайского лимонника и продуктов их переработки.

Ключевые слова: лимонник китайский, лигнаны, антоцианины, высокоэффективная жидкостная хроматография, масс-спектрометрия

*For the first time the content and composition of dibenzocyclooctadiene lignans and anthocyanins in 10 samples of Chinese magnolia-vine fruits (*Schizandra chinensis*) collected in the Moscow Region, Khabarovsk and Primorsky Krai were studied. The*

Для цитирования: Перова И.Б., Малинкин А.Д., Бессонов В.В., Эллер К.И. Исследование лигнанов и антоцианинов как основных биологически активных веществ полифенольной природы плодов лимонника китайского // *Вопр. питания*. 2018. Т. 87, № 3. С. 79–87. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10035

Статья поступила в редакцию 27.11.2017. **Принята в печать** 11.05.2018.

For citation: Perova I.B., Malinkin A.D., Bessonov V.V., Eller K.I. Investigation of lignans and anthocyanins as the main biologically active polyphenols of *Schizandra chinensis* fruits. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2018; 87 (3): 79–87. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10035 (in Russian)

Received 27.11.2017. **Accepted for publication** 11.05.2018.

determination of the profile of lignans was carried out according to the our original HPLC technique with diode-array spectrophotometric and mass spectrometric detection. The validation of the methodology for linearity, accuracy and precision was carried out. 11 characteristic for *Schizandra chinensis* lignans were found in all samples. In dried fruits the main lignan was schisandrine, in fresh-frozen fruits – angeloylgomizin O. The total content of lignans in fresh-frozen fruits was 5.50 mg/g, in dried fruits – from 12.50 to 18.95 mg/g. Anthocyanins of Chinese magnolia-vine were mainly represented by cyanidin glycosides, among which cyanidin-3-xylosylrutinoside was predominated. The total content of anthocyanins determined by pH-differential spectrophotometry was from 0.21 mg/g in fresh-frozen fruits to 0.35–0.72 mg/g in dried fruits. The results obtained can be used to identify and standardize the fruits of Chinese magnolia- vine and the products of their processing.

Keywords: chinese magnolia-vine, lignans, anthocyanins, high performance liquid chromatography, mass spectrometry

Плоды лимонника китайского [*Schizandra chinensis* (Turcz.) Baill.] – вьющейся листопадной лианы семейства лимонниковые (*Schizandraceae*) – являются богатым источником биологически активных веществ (БАВ). Наряду с использованием плодов лимонника (*Fructus Schizandrae*) в качестве лекарственного растительного сырья их также употребляют в пищу в виде соков, пюре, варенья, джемов и настоек. Сок лимонника применяют для винного букетирования. В качестве вкусоароматического ингредиента плоды лимонника добавляют в чай. Сушеные плоды и экстракты лимонника используют при производстве специализированных пищевых продуктов, в том числе для питания спортсменов.

В результате ряда фитохимических исследований из плодов лимонника были выделены и идентифицированы различные БАВ, такие как лигнаны, полисахариды, флавоноиды, в частности антоцианины, эфирные масла, органические кислоты, витамины [1]. Основной и наиболее характерной группой БАВ для растений семейства лимонниковые являются лигнаны. В растениях рода лимонник присутствуют 5 классов лигнанов: дибензоциклооктадиеновые (тип А), спиробензофураноидные дибензоциклооктадиеновые (тип В), 4-арилтетралиновые (тип С), 2,3-диметил-1,4-диарилбутановые (тип D) и 2,5-диарилтетрагидрофурановые (тип E) [2]. Однако наибольшей биологической активностью обладают дибензоциклооктадиеновые лигнаны (рис. 1), которые в свою очередь могут подразделяться на 2 типа в зависимости от стереоструктуры: R- или S-бифенильной

конфигурации. Кроме того, циклооктеновые кольца этих лигнанов представлены в виде конформаций твист-ванна-кресло или твист-ванна. Множество хиральных особенностей и стереоизомеров приводит к образованию очень сложных структур соединений данного типа.

Фармакологические исследования показали, что экстракты и настойки лимонника оказывают гепатопротекторное, антиоксидантное, нейропротекторное, неспецифическое общеукрепляющее (адаптогенное) действие, повышают остроту зрения, особенно ночного [1–3]. В случае использования плодов лимонника китайского значимый вклад в биологическую активность вносят антоцианины, наличие которых также является одним из критериев подлинности [4].

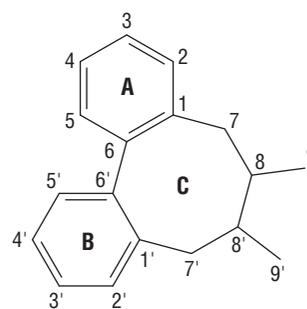


Рис. 1. Химическая структура C₁₈-дибензоциклооктадиена

Таблица 1. Сведения об изученных образцах лимонника

| Образец, № | Вид сырья | Регион сбора | Год сбора |
|------------|----------------------|-------------------------------------|-----------|
| 1 | Свежемороженые плоды | Московская область | 2014 |
| 2 | Сушеные плоды | Хабаровский край, Хабаровский район | 2012 |
| 3 | | | 2013 |
| 4 | | | 2014 |
| 5 | | | 2010 |
| 6 | | Хабаровский край, г. Хабаровск | 2013 |
| 7 | | | 2014 |
| 8 | | Приморский край, г. Дальнегорск | 2015 |
| 9 | | Приморский край, Спасский район | 2015 |
| 10 | | Приморский край, Лазовский район | 2015 |

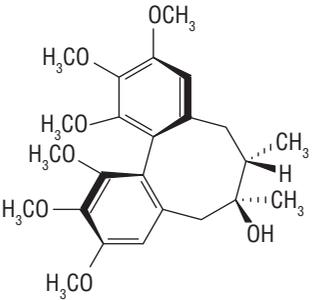
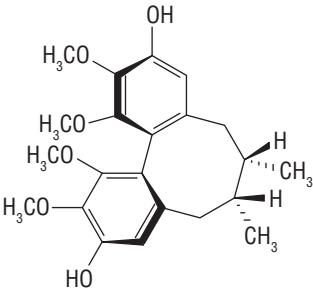
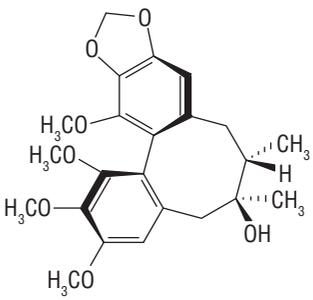
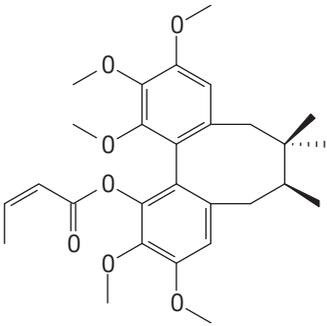
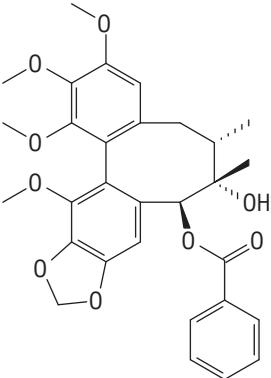
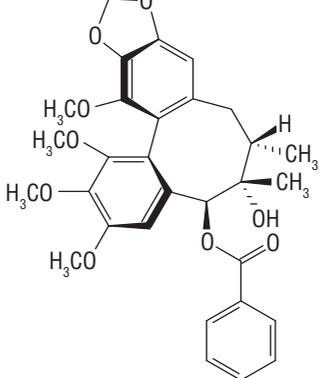
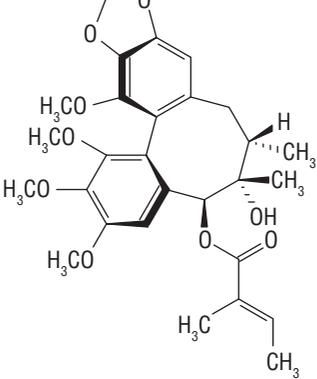
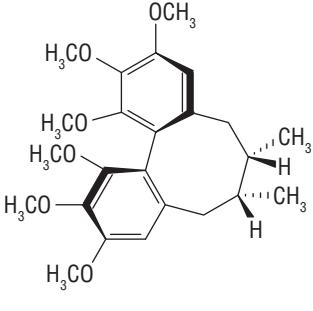
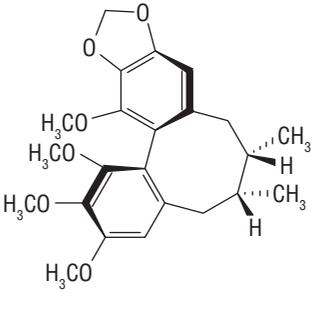
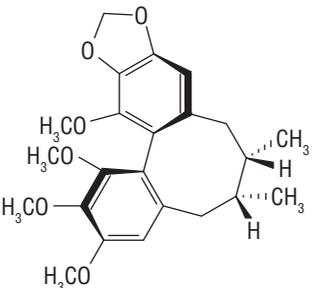
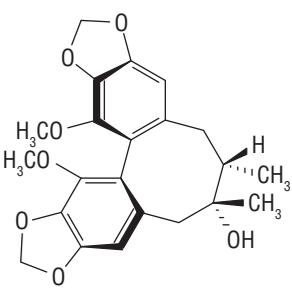
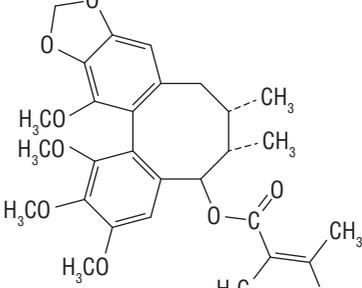
| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| <p>1. Схизандрин</p> | <p>2. Гомизин J</p> | <p>3. Гомизин А</p> |
|  |  |  |
| <p>4. Ангелоилгомизин Н</p> | <p>5. Гомизин G</p> | <p>6. Схизантерин А</p> |
|  |  |  |
| <p>7. Схизантерин В</p> | <p>8. Схизандрин А</p> | <p>9. γ-Схизандрин</p> |
|  |  |  |
| <p>10. Схизандрин В</p> | <p>11. Схизандрин С</p> | <p>12. Ангелоилгомизин О</p> |

Рис. 2. Химические структуры 11 основных лигнанов лимонника китайского и ангелоилгомизина О

Цель данной работы – определение содержания и состава основных дибензоциклооктадиеновых лигнанов и антоцианинов плодов лимонника китайского.

Материал и методы

Изучено 10 образцов плодов лимонника китайского, произрастающих в Московской области и Дальневосточном регионе (табл. 1).

Профиль лигнанов и антоцианинов в лимоннике исследовали с использованием системы жидкостной хроматографии Agilent 1100 («Agilent Technologies», США), оснащенной дегазатором, бинарным насосом, термостатом колонок, термостатируемым автосамплером, спектрофотометрическим диодно-матричным детектором (ДМД) и времяпролетным масс-селективным детектором Agilent 6210 LC/MS-TOF (ВЭЖХ-МС-TOF). Суммарное содержание антоцианинов определяли с помощью спектрофотометра Shimadzu 1800 («Shimadzu», Япония) с диапазоном длин волн 190–1100 нм.

Для определения содержания и состава лигнанов была разработана оригинальная ВЭЖХ-методика с ДМД и МС. Условия ВЭЖХ: колонка ProteCol C18 HPH125 250×4,6 мм, 5 мкм; подвижная фаза: 0,1% раствор муравьиной кислоты (А), ацетонитрил (В); линейный градиент: 0 мин – 50% В, 50 мин – 95% В, 51–60 мин – 50% В; скорость потока растворителя 0,5 см³/мин, температура колонки 25 °С, температура автосамплера 20 °С, объем вводимой пробы 10 мм³; детектирование при $\lambda=254$ нм и $\lambda=235$ нм. Спектры снимали в диапазоне от 190 до 400 нм. Параметры масс-спектрометрии: напряжение на капилляре – 3,5 кВ, поток газа-осушителя (азот) – 9 дм³/мин, температура – 325 °С, давление на распылителе – 0,27 МПа, сканирование масс – в режиме регистрации положительных ионов в диапазоне от 100 до 1500 m/z.

Подготовка проб: около 3,0 г измельченных замороженных плодов лимонника или около 1,0 г измельченных сухих плодов лимонника помещали в круглодонную колбу объемом 100 см³, добавляли 80 см³ 70% этанола и нагревали на кипящей водяной бане с обратным холодильником в течение 1 ч. Затем обрабатывали на ультразвуковой (УЗ) бане Codyson CD-4820 («Shenzhen Codyson Electrical Co., Ltd.», Китай) при комнатной температуре в течение 5 мин, охлаждали до комнатной температуры, перемещали в мерную колбу объемом 100 см³, доводили объем 70% этанолом. 1,5–2 см³ извлечения помещали в центрифужную пробирку и центрифугировали на центрифуге Eppendorf Centrifuge 5424 («Eppendorf», Германия) при 15 000 об./мин в течение 10 мин.

Количественную оценку содержания лигнанов в плодах лимонника осуществляли методом внешнего стандарта.

Стандартный раствор схизандрина (схизандрол А, ≥98,0%, «ZHONGXIN INNOVA®», Китай) (0,98 мг/см³) готовили в метаноле, помещая на 3 мин в УЗ-баню. Ра-

бочие растворы получали путем разбавления в 2, 10, 100 и 1000 раз. Все растворы хранили в холодильнике при температуре +4 °С.

Суммарное содержание мономерных антоцианинов определяли рН-дифференциальным методом, подготовку проб осуществляли по методике, описанной ранее [5]. Профиль антоцианинов определяли по разработанной нами ранее методике [6].

Результаты и обсуждение

Лигнаны

В исследованных образцах обнаружено более 20 индивидуальных лигнанов, среди которых выделяют 11 основных и наиболее характеристичных лигнанов (рис. 2), по содержанию которых фармакопейный вид лимонника *Schizandra chinensis* (Turcz.) Baill. (Bei-Wuweizi, северный лимонник) можно отличить от нефармакопейного вида *Schizandra sphenanthera* Rehd. et Wils. (Nan-Wuweizi, южный лимонник) [7, 8].

Типичные хроматограммы извлечения из плодов лимонника китайского изображены на рис. 3.

Номера пиков 11 основных лигнанов и англоилгомизина О на хроматограмме соответствуют их номерам в табл. 2 и на рис. 3.

Времена удерживания, УФ-максимумы и результаты масс-спектрометрического анализа 11 основных лигнанов лимонника представлены в табл. 2.

Были определены некоторые валидационные характеристики разработанной методики определения лигнанов.

Линейность. В подобранных хроматографических условиях были трижды введены рабочие растворы схизандрина в 5 концентрациях. Калибровочная кривая концентрации схизандрина (мг/см³) от площади пика (mA) имела линейный характер ($y=23592x+42,195$; $R^2=0,9999$).

Правильность и прецизионность. Для оценки правильности и внутрилабораторной прецизионности методики были проанализированы стандартные растворы схизандрина с низкой (0,0098 мг/см³), средней (0,098 мг/см³) и высокой (0,490 мг/см³) концентрациями и рассчитано относительное стандартное отклонение (RSD). Правильность определяли по результатам 6 параллельных измерений рабочих растворов схизандрина. Среднее значение было использовано для расчета RSD. Промежуточная прецизионность определялась повторным анализом тех же растворов один раз в день в течение 5 дней.

Относительное стандартное отклонение повторяемости для низкой концентрации составило 0,53%, для средней – 0,33%, для высокой – 0,15%. Относительное стандартное отклонение промежуточной прецизионности для низкой концентрации было 0,51%, для средней – 0,30%, для высокой – 0,25%.

Результаты исследования содержания схизандрина представлены в табл. 3. Ошибка определения по результатам 3 параллельных исследований для всех лигнанов не превышала 7,2%.

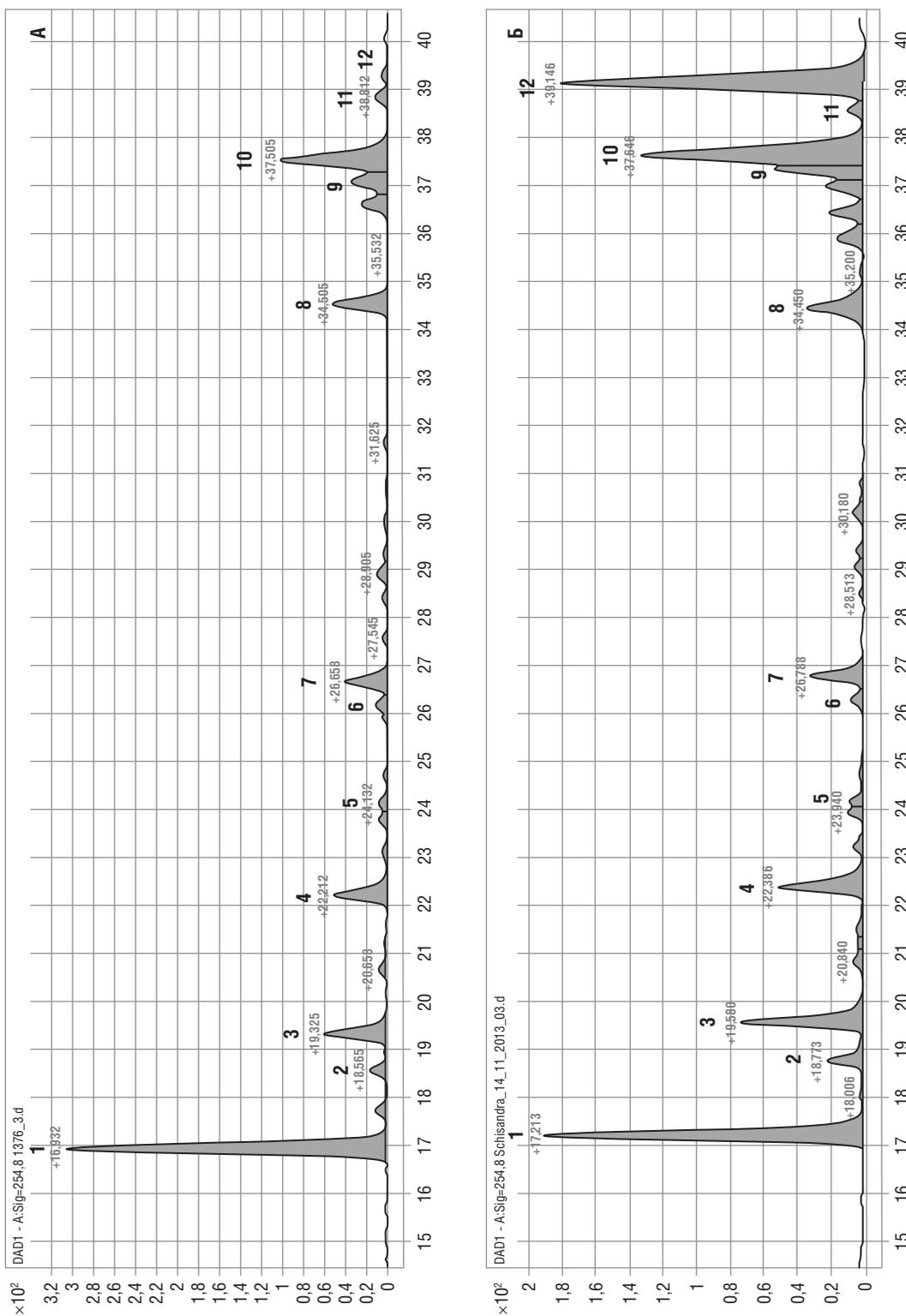


Рис. 3. Хроматограммы извлечений из плодов лимонника китайского: образец № 7 (А) и образец № 1 (Б) при $\lambda=254$ нм. Здесь и на рис. 4: по оси абсцисс – время выхода, минуты; по оси ординат – единицы поглощения (Absorbance Unit), mAU.

Таблица 2. Времена удерживания, УФ-максимумы поглощения, массы и соответствующие им протонированные ионы 11 основных лигнанов лимонника и минорного лигнана ангелоилгомизина О

| № | Лигнан | Rt _{254 нм} , мин (±0,2) | UV _{max} , нм (±2 нм) | m/z | Детектируемый ион |
|----|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|---|
| 1 | Схизандрин | 17,0 | 216, 252, 280 плечо | 415,21 433,22 450,24 471,18 887,43 | [M - H ₂ O + H] ⁺ [M + H] ⁺ [M + NH ₄] ⁺ [M + K] ⁺ [2M + Na] ⁺ |
| 2 | Гомизин J | 18,6 | 215, 251, 280 плечо | 389,19 411,18 427,15 799,37 | [M + H] ⁺ [M + Na] ⁺ [M + K] ⁺ [2M + Na] ⁺ |
| 3 | Гомизин А | 19,4 | 218, 255, 284 плечо | 399,27 417,19 434,22 439,17 455,14 855,36 | [M - H ₂ O + H] ⁺ [M + H] ⁺ [M + NH ₄] ⁺ [M + Na] ⁺ [M + K] ⁺ [2M + Na] ⁺ |
| 4 | Ангелоилгомизин Н | 22,2 | 214, 252, 285 плечо | 483,23 501,24 523,23 539,20 1023,47 | [M - H ₂ O + H] ⁺ [M + H] ⁺ [M + Na] ⁺ [M + K] ⁺ [2M + Na] ⁺ |
| 5 | Гомизин G | 24,1 | 224, 256, 284 плечо | 554,23 1090,42 1095,38 1111,36 | [M + NH ₄] ⁺ [2M + NH ₄] ⁺ [2M + Na] ⁺ [2M + K] ⁺ |
| 6 | Схизантерин А | 26,2 | 222, 254, 285 плечо | 554,23 1090,42 1095,38 1111,36 | [M + NH ₄] ⁺ [2M + NH ₄] ⁺ [2M + Na] ⁺ [2M + K] ⁺ |
| 7 | Схизантерин В | 26,7 | 218, 254, 284 плечо | 532,25 553,18 1051,43 | [M + NH ₄] ⁺ [M + K] ⁺ [2M + Na] ⁺ |
| 8 | Схизандрин А | 34,5 | 216, 248, 280 плечо | 417,37 434,25 439,21 455,18 855,43 | [M + H] ⁺ [M + NH ₄] ⁺ [M + Na] ⁺ [M + K] ⁺ [2M + Na] ⁺ |
| 9 | γ-Схизандрин | 36,7 | 218, 254, 280 плечо | 401,28 418,22 423,18 439,15 823,38 | [M + H] ⁺ [M + NH ₄] ⁺ [M + Na] ⁺ [M + K] ⁺ [2M + Na] ⁺ |
| 10 | Схизандрин В | 37,6 | 216, 254, 280 плечо | 401,28 418,22 423,18 439,15 823,38 | [M + H] ⁺ [M + NH ₄] ⁺ [M + Na] ⁺ [M + K] ⁺ [2M + Na] ⁺ |
| 11 | Схизандрин С | 38,9 | 220, 258, 284 плечо | 385,16 791,30 | [M + H] ⁺ [2M + Na] ⁺ |
| 12 | Ангелоилгомизин О | 39,1 | 216, 254, 282 плечо | 521,22 537,19 1019,43 | [M + Na] ⁺ [M + K] ⁺ [2M + Na] ⁺ |

В сушеных плодах лимонника (образцы № 2–10) преобладал схизандрин (25,7–37,2% от суммы лигнанов), количество которого варьировало от 3,59 до 6,22 мг/г (см. табл. 3). В свежемороженых плодах лимонника в качестве основного лигнана был найден ангелоилгомизин О – 1,05 мг/г (24,7% от суммы лигнанов), а содержание схизандрина составило 0,99 мг/г (18,0% от суммы

лигнанов). Во всех образцах, кроме № 2 и 3, обнаружено относительно высокое содержание схизандрина В (14,8–24,2% от суммы лигнанов) – 1,05–3,34 мг/г. Все образцы, за исключением образца № 2, отличаются достаточно высоким количеством гомизина А – от 0,39 мг/г в свежих плодах до 0,79–1,98 мг/г в сушеных (4,7–12,9% от суммы лигнанов). К другим мажорным

Таблица 3. Содержание лигнанов в лимоннике (мг/г)

| Основные лигнаны | Образец | | | | | | | | | |
|-------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Схизандрин | 0,99 | 5,20 | 5,21 | 4,29 | 5,05 | 6,22 | 4,61 | 5,39 | 4,03 | 3,59 |
| Гомизин J | 0,10 | 0,31 | 0,39 | 0,31 | 0,24 | 0,55 | 0,37 | 0,39 | 0,47 | 0,41 |
| Гомизин А | 0,39 | 0,84 | 0,79 | 1,01 | 1,05 | 0,90 | 0,93 | 1,42 | 1,98 | 1,77 |
| Ангелоилгомизин Н | 0,31 | 0,65 | 0,71 | 0,67 | 0,88 | 0,88 | 0,81 | 1,09 | 1,05 | 0,94 |
| Гомизин G | 0,23 | 0,17 | 0,14 | 0,17 | 0,13 | 0,14 | 0,19 | 0,28 | 0,30 | 0,29 |
| Схизантерин А | 0,05 | 0,16 | 0,23 | 0,15 | 0,18 | 0,17 | 0,11 | 0,20 | 0,24 | 0,21 |
| Схизантерин В | 0,18 | 0,48 | 0,54 | 0,41 | 0,64 | 0,72 | 0,52 | 0,53 | 0,47 | 0,43 |
| Схизандрин А | 0,26 | 0,92 | 1,18 | 0,71 | 1,00 | 1,76 | 0,99 | 1,02 | 0,77 | 0,68 |
| γ-Схизандрин | 0,24 | 0,76 | 0,59 | 0,52 | 0,45 | 0,77 | 0,60 | 0,58 | 0,77 | 0,73 |
| Схизандрин В | 1,05 | 0,58 | 0,54 | 3,03 | 2,09 | 3,34 | 2,60 | 2,46 | 2,41 | 2,14 |
| Схизандрин С | 0,04 | 0,67 | 1,18 | 0,33 | 0,21 | 0,50 | 0,50 | 1,11 | 1,11 | 1,20 |
| Сумма лигнанов* | 5,50 | 15,21 | 15,03 | 12,50 | 14,13 | 18,95 | 15,02 | 16,36 | 15,39 | 13,93 |

* – рассчитана по сумме всех пиков лигнанов на хроматограмме.

Таблица 4. Результаты высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным спектрометрическим и масс-спектрометрическим детектированием антоцианинов лимонника

| Антоцианин | Rt _{520 нм} , мин (±0,1) | UV _{max} , нм (±2 нм) | m/z | Детектируемый ион |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------------|---|
| Цианидин-3-латириозид-5-глюкозид | 8,4 | 280, 517 | 713,12 287,05 | [M] ⁺ [M – латироза* – глюкоза] ⁺ |
| Цианидин-3,5-диглюкозид | 11,3 | 280, 518 | 743,14 287,05 | [M] ⁺ [M – 2 глюкозы] ⁺ |
| Цианидин-3-латириозид-5-ксилозид | 14,0 | 280, 517 | 757,15 287,05 | [M] ⁺ [M – латироза – ксилоза] ⁺ |
| Цианидин-3-латириозид | 15,9 | 280, 518 | 581,11 287,05 | [M] ⁺ [M – латироза] ⁺ |
| Цианидин-3-ксилозилрутинозид | 16,2 | 280, 519 | 727,20 581,11 287,05 | [M] ⁺ [M – рамноза] ⁺ [M – ксилозилрутиноза] ⁺ |
| Цианидин-3-рутинозид | 17,8 | 280, 518 | 595,11 449,10 287,05 | [M] ⁺ [M – рамноза] ⁺ [M – рутиноза] ⁺ |
| Пеларгонидин-3-рутинозид | 22,0 | 280, 505 | 579,13 271,06 | [M] ⁺ [M – рутиноза] ⁺ |

Примечание. * – здесь и ниже: масса сахара минус 18 а.е.м. (молекула воды, получающаяся при образовании гликозидной связи).

лигнанам относятся схизандрин А, схизандрин С и ангелоилгомизин Н. Схизандрин А был найден в исследованных образцах в количестве 0,26–1,76 мг/г (4,7–9,3% от суммы лигнанов). Относительно высокое содержание схизандрина С отмечено в образцах № 3 и 8–10 – 1,11–1,20 мг/г (6,8–8,6% от суммы лигнанов). Наиболее высоким содержанием ангелоилгомизина Н отличались образцы № 5–10 – 0,81–1,09 мг/г (4,6–6,8% от суммы лигнанов).

В умеренных количествах в образцах лимонника обнаружены γ-схизандрин, схизантерин В и гомизин J. В замороженных плодах выявлено 0,24 мг/г γ-схизандрина, в сушеных – 0,45–0,77 мг/г. Содержание схизантерина В варьировало от 0,18 мг/г в образце № 1 до 0,43–0,72 мг/г в образцах № 2–10. Количество гомизина J в образце № 1 составило 0,10 мг/г, в сушеных образцах – 0,24–0,55 мг/г.

Меньше других основных лигнанов в исследуемых образцах было схизантерина А и гомизина G – 0,05–0,24 и 0,14–0,30 мг/г соответственно.

Суммарное содержание лигнанов в свежих плодах составило 5,50 или 550 мг/100 г, в сушеных – 12,50–18,95 мг/г.

Антоцианины

Впервые был определен профиль индивидуальных антоцианинов плодов лимонника китайского, произрастающих в Московской области, Хабаровском и Приморском краях. Типичная хроматограмма антоцианинов лимонника изображена на рис. 4. Результаты ВЭЖХ-ДМД-МС антоцианинов лимонника представлены в табл. 4.

Профиль антоцианинов в образцах лимонника отражен в табл. 5. Исследуемые образцы имели одинаковый

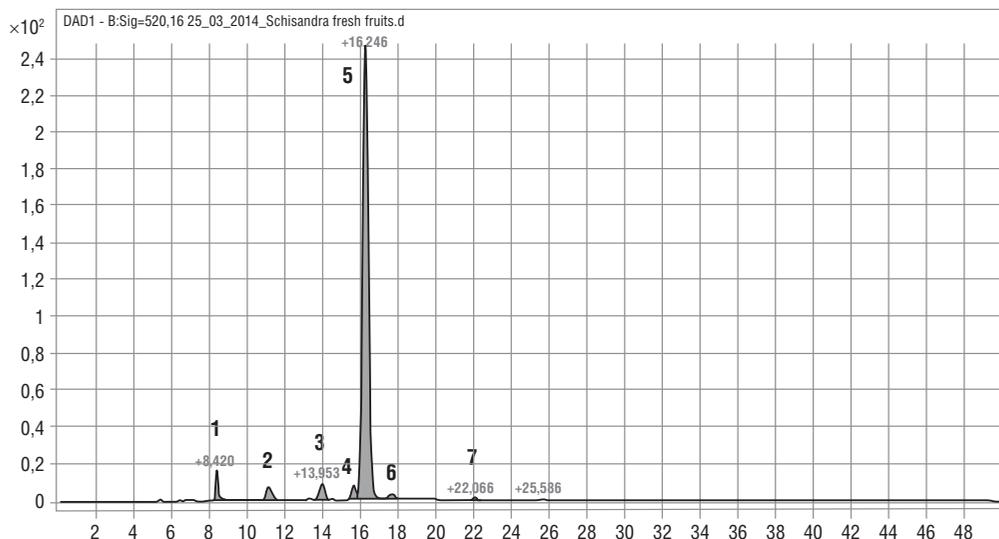


Рис. 4. Хроматограмма извлечения из замороженных плодов лимонника (образец № 1) при $\lambda=520$ нм. Порядок пиков антоцианов на хроматограмме соответствует их порядку в табл. 5

Таблица 5. Содержание и состав антоцианов в лимоннике

| Образец | Содержание, % от суммы антоцианов | | | | | | | ΣАЦ, мг/г |
|---------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|-----------|
| | цианидин-3-латириозид-5-глюкозид | цианидин-3,5-диглюкозид | цианидин-3-латириозид-5-ксилозид | цианидин-3-латириозид | цианидин-3-ксилозил-рутинозид | цианидин-3-рутинозид | пеларгонидин-3-рутинозид | |
| 1 | 2,6 | 2,8 | 3,3 | 2,6 | 86,5 | 1,3 | 0,5 | 0,21 |
| 2 | 3,2 | 0,8 | 1,2 | 1,2 | 87,5 | 2,1 | 2,7 | 0,58 |
| 3 | 9,2 | 0,6 | 1,5 | 1,3 | 78,5 | 2,3 | 3,3 | 0,42 |
| 4 | 1,8 | 1,0 | 2,0 | 1,4 | 83,5 | 2,9 | 1,6 | 0,65 |
| 5 | 9,7 | 0,7 | 1,3 | 1,2 | 79,6 | 2,8 | 4,7 | 0,35 |
| 6 | 2,1 | 2,7 | 3,5 | 1,5 | 87,4 | 1,9 | 0,9 | 0,48 |
| 7 | 3,6 | 1,0 | 1,4 | 1,3 | 86,7 | 2,7 | 3,3 | 0,72 |
| 8 | 3,0 | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 87,2 | 2,9 | 3,7 | 0,55 |
| 9 | 1,6 | 1,2 | 2,4 | 1,5 | 86,9 | 3,1 | 3,3 | 0,60 |
| 10 | 4,8 | 4,2 | 2,2 | 1,1 | 84,0 | 2,6 | 1,5 | 0,45 |

профиль антоцианов с выраженным преобладанием цианидин-3-ксилозилрутинозида (78,5–87,5% от общего содержания антоциановых пигментов) и в замороженных, и в сушеных плодах. Среди минорных антоцианов идентифицированы 3-латириозид-5-глюкозиды, 3,5-диглюкозиды, 3-латириозид-5-ксилозиды, и 3-латириозиды цианидина, а также 3-рутинозиды цианидина и пеларгонидина.

Суммарное содержание антоцианов в свежемороженых плодах лимонника (образец № 1) составило 0,21 мг/г, что соответствует их содержанию в плодах лимонника китайского, заготовленного в Китае, – 0,15–0,23 мг/г [9, 10], в высушенных плодах – от 0,35 до 0,72 мг/г.

Заключение

Полученные данные о количестве и профиле лигнанов и антоцианов могут быть использованы при хемотаксономической идентификации и стандартизации плодов лимонника китайского, а также для оценки биологической ценности лимонника в качестве сырья для производства специализированных пищевых продуктов и биологически активных добавок к пище.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14-36-00041).

Сведения об авторах

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва):

Перова Ирина Борисовна – кандидат фармацевтических наук, научный сотрудник лаборатории метаболомного и протеомного анализа

E-mail: Erin.Feather@yandex.ru

Малинкин Алексей Дмитриевич – кандидат фармацевтических наук, научный сотрудник лаборатории химии пищевых продуктов

E-mail: sindar7@mail.ru, malinkin@ion.ru

Бессонов Владимир Владимирович – доктор биологических наук, заведующий лабораторией химии пищевых продуктов

E-mail: bessonov@ion.ru

Эллер Константин Исаакович – доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией метаболомного и протеомного анализа

E-mail: ellki42@mail.ru, eller@ion.ru

Литература

- Hwang D.Y. Chapter 20. Therapeutic effects of lignans and blend isolated from Schisandra chinensis on hepatic carcinoma // *Recent Advances in Theories and Practice of Chinese Medicine* / ed. H. Kuang. 2012. P. 389–402.
- Panossian A., Wikman G. Pharmacology of Schisandra chinensis Bail.: an overview of Russian research and uses in medicine // *J. Ethnopharmacol.* 2008. Vol. 118. P. 183–212.
- Szopa A., Ekiert R., Ekiert H. Current knowledge of Schisandra chinensis (Turcz.) Baill. (Chinese magnolia vine) as a medicinal plant species: a review on the bioactive components, pharmacological properties, analytical and biotechnological studies // *Phytochem. Rev.* 2017. Vol. 16. P. 195–218.
- Jo S.-H., Ha K.-S., Moon K.-S. et al. In vitro and in vivo anti-hyperglycemic effects of omija (Schisandra chinensis) fruit // *Int. J. Mol. Sci.* 2011. Vol. 12. P. 1359–1370.
- Перова И.Б., Жогова А.А., Черкашин А.В., Эллер К.И., Раменская Г.В., Самылина И.А. Биологически активные вещества плодов калины обыкновенной // *Хим.-фарм. журн.* 2014. Т. 48, № 5. С. 32–39.
- Перова И.Б., Жогова А.А., Полякова А.В., Эллер К.И., Раменская Г.В., Самылина И.А. Биологически активные вещества кизила (Cornus mas L.) // *Вопр. питания.* 2014. Т. 83, № 5. С. 86–93.
- American Herbal Pharmacopoeia. Schisandra Berry, Shisandra Chinensis. Analytical, Quality Control, and Therapeutic Monograph / ed. R. Upton. Santa Cruz, 1999. P. 1–23.
- Lu Y., Chen D.-F. Analysis of Schisandra chinensis and Schisandra sphenanthera // *J. Chromatogr. A.* 2009. Vol. 1216. P. 1980–1990.
- Ma C., Yang L., Yang F. et al. Content and color stability of anthocyanins isolated from Schisandra chinensis fruit // *Int. J. Mol. Sci.* 2012. Vol. 13. P. 14 294–14 310.
- Wu X., Yu X., Jing H. Optimization of phenolic antioxidant extraction from Wuweizi (Schisandra chinensis) pulp using random-centroid optimization methodology // *Int. J. Mol. Sci.* 2011. Vol. 12. P. 6255–6266.

References

- Hwang D.Y. Chapter 20. Therapeutic effects of lignans and blend isolated from Schisandra chinensis on hepatic carcinoma. Edited by H. Kuang. *Recent Advances in Theories and Practice of Chinese Medicine.* 2012: 389–402.
- Panossian A., Wikman G. Pharmacology of Schisandra chinensis Bail.: An overview of Russian research and uses in medicine. *J. Ethnopharmacol.* 2008; 118: 183–212.
- Szopa A., Ekiert R., Ekiert H. Current knowledge of Schisandra chinensis (Turcz.) Baill. (Chinese magnolia vine) as a medicinal plant species: a review on the bioactive components, pharmacological properties, analytical and biotechnological studies. *Phytochem Rev.* 2017; 16: 195–218.
- Jo S.-H., Ha K.-S., Moon K.-S., et al. In vitro and in vivo anti-hyperglycemic effects of omija (Schisandra chinensis) fruit. *Int J Mol Sci.* 2011; 12: 1359–70.
- Perova I.B., Zhogova A.A., Cherkashin A.V., Eller K.I., Ramenskaya G.V., Samylyina I.A. Biologically active substances of cranberry tree (Viburnum opulus) fruits. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal* [Chemical-Pharmaceutical Journal]. 2014; 48 (5): 32–9. (in Russian)
- Perova I.B., Zhogova A.A., Polyakova A.V., Eller K.I., Ramenskaya G.V., Samylyina I.A. Biologically active substances of cornelian cherry fruits (Cornus mas L.). *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2014; 83 (5): 86–93. (in Russian)
- American Herbal Pharmacopoeia. Schisandra Berry, Shisandra Chinensis. Analytical, Quality Control, and Therapeutic Monograph. Edited by R. Upton. Santa Cruz, 1999: 1–23.
- Lu Y., Chen D.-F. Analysis of Schisandra chinensis and Schisandra sphenanthera. *J. Chromatogr A.* 2009; 1216: 1980–990.
- Ma C., Yang L., Yang F., et al. Content and color stability of anthocyanins isolated from Schisandra chinensis fruit. *Int J Mol Sci.* 2012; 13: 14 294–310.
- Wu X., Yu X., Jing H. Optimization of phenolic antioxidant extraction from Wuweizi (Schisandra chinensis) pulp using random-centroid optimization methodology. *Int J Mol Sci.* 2011; 12: 6255–66.