

УДК 615.322:582.998.1:615.451.16:615.275.4:615.074

## ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛИСАХАРИДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ВАСИЛЬКА ШЕРОХОВАТОГО (*CENTAUREA SCABIOSA* L.) И ВАСИЛЬКА ЛОЖНОПЯТНИСТОГО (*CENTAUREA PSEUDOMACULOSA* DOBRO CZ.)

© М.С. Ларькина<sup>1\*</sup>, С.В. Кривошеков<sup>1,2</sup>, А.М. Гурьев<sup>1</sup>, Т.В. Кадырова<sup>1</sup>, Е.В. Ермилова<sup>1</sup>, В.В. Коцерубская<sup>1</sup>, М.С. Юсубов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Сибирский государственный медицинский университет, Московский тракт, 2, Томск, 634050 (Россия), e-mail: mmmaria@sibmail.com

<sup>2</sup>Томский политехнический университет, пр. Ленина, 30, Томск, 634050 (Россия)

Авторами статьи проведена характеристика полисахаридных комплексов василька шероховатого (*Centaurea scabiosa* L.) и василька ложнопятнистого (*Centaurea pseudomaculosa* Dobroc.). Предложена методика последовательного выделения из надземных частей объектов исследования водорастворимых полисахаридов и пектиновых веществ. Установлено, что содержание водорастворимых полисахаридов в надземной части *C. scabiosa* в 2,8 раза больше ( $2,7 \pm 0,3\%$ ,  $n = 3$ ), чем в *C. pseudomaculosa* ( $0,97 \pm 0,50\%$ ,  $n = 3$ ), пектиновых веществ в надземной части *C. scabiosa* в 2 раза больше ( $7,6 \pm 0,4\%$ ,  $n = 3$ ), чем в *C. pseudomaculosa* ( $3,9 \pm 0,3\%$ ,  $n = 3$ ). Мономерными единицами полисахаридных комплексов *C. scabiosa* и *C. pseudomaculosa* являются остатки D-галактуроновой кислоты, L-рамнозы, D-ксилозы, D-маннозы, D-глюкозы и D-галактозы. Из водорастворимых полисахаридов *C. scabiosa* методом ионообменной хроматографии выделены три полисахаридные фракции (с молекулярными массами 667, 722 и 1027 кДа), мономерными единицами которых являются D-галактуронозная кислота, L-рамноза, D-галактоза, D-ксилоза и D-глюкоза.

**Ключевые слова:** водорастворимые полисахариды, пектиновые вещества, *Centaurea scabiosa* L., *Centaurea pseudomaculosa* Dobroc., DEAE-целлюлоза, D-галактуронозная кислота.

### Введение

Растения рода *Centaurea* сем. *Asteraceae* насчитывают около 800 видов, из них на территории Сибири и Дальнего Востока произрастает 16 видов василька. Род *Centaurea* издавна широко применяется в народной и официальной медицине [1–3]. На кафедре фармацевтической химии СибГМУ в течение нескольких лет проводились фитохимические и фармакологические исследования некоторых видов: *Centaurea scabiosa* L., *Centaurea pseudomaculosa* Dobroc., *Centaurea jacea* L., *Centaurea phrygia* L. [4]. Установлено, что наиболее перспективными являются *C. Scabiosa* и *C. pseudomaculosa*, водные и водно-этанольные экстракты которых обладают выраженным противовоспалительным и антиоксидантным действием [5–7]. Кроме того, фармакологические исследования выявили наличие противосудорожных, антигипоксических и гепатопротекторных свойств у экстрактов *C. scabiosa* [8–10]. Изучение химического состава экстрактов данных видов показало, что основными группами биологически активных

---

Ларькина Мария Сергеевна – доцент кафедры фармацевтической химии, кандидат фармацевтических наук, e-mail: marialarkina@mail.ru, mmmaria@sibmail.com

Кривошеков Сергей Владимирович – младший научный сотрудник, инженер, e-mail: ksv\_tsu@mail.ru

Гурьев Артем Михайлович – руководитель Центра внедрения технологий, доктор фармацевтических наук, e-mail: titan-m@mail.ru

Кадырова Татьяна Владимировна – доцент кафедры фармацевтической химии, кандидат фармацевтических наук, e-mail: kadyrov2@sibmail.com

Ермилова Елена Васильевна – заведующая кафедрой фармацевтической химии, доктор фармацевтических наук, e-mail: nedel@mail.tomsknet.ru

Коцерубская Вероника Валерьевна – интерн фармацевтического факультета, e-mail: kocerubskaya@mail.ru

Юсубов Мехман Сулейман-оглы – заведующий кафедрой химии СибГМУ, заведующий кафедрой технологии органических веществ и полимерных материалов, доктор химических наук, профессор, e-mail: yusubov@mail.ru

---

\* Автор, с которым следует вести переписку.

веществ являются фенольные соединения (флавоноиды, гидроксикоричные кислоты, кумарины, дубильные вещества), сесквитерпеновые лактоны и полисахариды [11–14]. Следует отметить возрастающий интерес к изучению растительных полисахаридов в связи с их своеобразным строением, уникальными биологическими функциями и широким спектром физиологической активности (противовоспалительной, иммуномодулирующей и противоопухолевой и т.д.) [15–16]. Таким образом, изучение полисахаридных комплексов (ПСК) *C. scabiosa* и *C. pseudomaculosa* является актуальным.

Цель настоящей работы – изучение химического состава полисахаридных комплексов (ПСК) *Centaurea scabiosa* и *Centaurea pseudomaculosa*.

### **Экспериментальная часть**

*Растительный материал.* Надземные части василька ложнопятнистого и василька шероховатого собраны в 2013 г. в окрестностях Томска и с. Заварзино Томской области соответственно. Надземные части заготавливали в фазе массового цветения и высушивали до воздушно-сухого состояния.

*Общие аналитические методы.* Идентификацию моносахаридов, входящих в состав ПСК, осуществляли после полного кислотного гидролиза 2 моль/л трифторуксусной кислотой (ТФА) при нагревании в течение 5 ч при 100 °С в запаянной ампуле [17]. Избыток ТФА удаляли многократным упариванием досуха со спиртом метиловым.

Моносахариды в гидролизате ПСК изучали методом ГЖХ-МС в виде соответствующих ТМС-моносахаридов. ТМС-моносахариды получали по следующей методике: к полученной в результате кислотного гидролиза смеси моносахаридов (после выпаривания досуха) добавляли 100 мкл безводного пиридина, смесь выдерживали в сушильном шкафу при 50 °С в течение 20 мин. Далее добавляли 25 мкл N-триметилсилилимидазола (Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Германия), смесь выдерживали в сушильном шкафу при 70 °С в течение 40 мин. К полученной смеси ТМС-производных добавляли 1 мл гексана, интенсивно взбалтывали и оставляли до расслоения смеси. Далее верхний слой отбирали и анализировали ГЖХ-МС [18].

Хромато-масс-спектрометрию ТМС-эфиров проводили на газовом хроматографе «Agilent 7890A» (США) с масс-селективным детектором Agilent 5975С, капиллярной колонкой HP5MS (30 м × 250 мкм × 0,25 мкм), газ-носитель – гелий (скорость потока 1 мл/мин).

Содержание урсоловых кислот (УК) в ПСК устанавливали карбазол-серным методом в пересчете на галактуроновую кислоту [18]; общее содержание белка – на основании реакции с биуретовым реактивом по методу Флореса [19], используя спектрофотометр Unico 2800 (США).

Молекулярно-массовое распределение в образцах определяли методом эксклюзионной ВЭЖХ по времени удерживания в соответствии с калибровочными значениями, определенными по стандартным образцам декстранов с помощью жидкостного хроматографа Ultimate 3000 «Dionex» (США) с рефрактометрическим детектором, разделение проводилось на эксклюзионной колонке TSK-gel GMP<sub>XL</sub> 300x7,8 mm («Supelco», Япония), подвижная фаза – вода, 1,0 мл/мин.

<sup>1</sup>H-ЯМР-спектры записывали на спектрометре Фурье AVANCE AV 300 фирмы Bruker (Германия), рабочая частота – 300 МГц, растворитель – D<sub>2</sub>O. В качестве внутреннего стандарта использовали тетраметилсилан. Все значения химических сдвигов выражены в м.д. (δ-шкала) по отношению к ТМС.

*Методика последовательного выделения водорастворимых полисахаридов (ВРПС) и пектиновых веществ (ПВ) из сырья.* Навеску сырья (надземная часть василька шероховатого или василька ложнопятнистого) (50,0 г) заливали 1000 мл воды очищенной (соотношение сырья к воде 1 : 20) и нагревали на кипящей водяной бане в течение 2 ч при периодическом перемешивании. Затем процеживали извлечение, отжимали сырье, отделяли его от экстракта и фильтровали через бумажный фильтр. Заливали навеску сырья еще 500 мл воды очищенной и нагревали на водяной бане при идентичных условиях в течение 1 ч. Оставляли охлаждаться до комнатной температуры и фильтровали через многослойный тканевый фильтр. Фильтрат упаривали под вакуумом при температуре не более 50 °С до 100 мл. Полученный раствор медленно выливали в 300 мл 96% спирта этилового и оставляли в прохладном месте для отстаивания осадка на 24 ч. Отстоявшийся раствор сливали, а осадок фильтровали через бумажный фильтр, промывая последовательно 96% этанолом, этилацетатом и ацетоном. Затем осадок, не высушивая, переносили с фильтра в стеклянный стакан и растворяли в 100 мл воды очищенной при быстром перемешивании на магнитной мешалке в течение 3 ч при комнатной температуре. Полученный раствор центрифугировали (4000 об./мин, 30 мин) и упаривали супернатант до объема 40 мл. После этого раствор диализовали через целлофановую

пленку OrDial D-Clean (Бельгия) с размером пор 5 кДа в течение 72 ч в 3000 мл воды очищенной при комнатной температуре, меняя воду через 12 ч. Затем раствор упаривали под вакуумом, замораживали и высушивали на лиофильной сушилке SP Scientific Advantage EL-85 (США).

Шрот сырья, оставшийся в колбе после извлечения ВРПС водой, использовали для извлечения ПВ 0,7% раствором оксалата аммония аналогично методике извлечения ВРПС.

Для количественного определения ПСК использовали гравиметрический метод [19].

Разделение ВРПС василька шероховатого на полисахаридные фракции проводили методом ионообменной колоночной хроматографии на DEAE-целлюлозе (СГ-форма, емкость сорбента 0,9–1,0 мэкв/г, размер частиц 100–200 мкм) [20].

Навеску ВРПС василька шероховатого (0,300 г) растворяли в 0,01 моль/л растворе натрия хлорида, после центрифугировали в течение 5 мин 1500 об./мин. Отделяли раствор от осадка, далее раствор наносили на колонку (24 × 2,5 см) с DEAE-целлюлозой («Whatman», Германия). Колонку последовательно промывали растворами хлорида натрия по 500 мл с возрастающей концентрацией – 0,01; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 и 0,5 моль/л. Скорость элюента – 46 мл/ч. Отбирали фракции объемом по 25 мл. Выход полисахаридов из колонки контролировали качественной реакцией по методу Смита [21]. Полученные фракции концентрировали и очищали с помощью установки Vivaflow 200 (США) с использованием кассеты 5000 MWCO, замораживали и лиофильно высушивали.

### Обсуждение результатов

Для выделения водорастворимых полисахаридов (ВРПС) и пектиновых веществ (ПВ) из надземных частей объектов предложена последовательная схема, позволяющая более комплексно использовать сырье. В качестве экстрагента для выделения ВРПС использовали воду очищенную с последующим осаждением в водном извлечении спиртом этиловым ПСК. Из шрота, оставшегося после выделения ВРПС, извлекали ПВ экстракцией 0,7% раствором оксалата аммония и последующим осаждением спиртом этиловым. При этом были подобраны следующие условия: двукратная экстракция на кипящей водяной бане, соотношение сырье – экстрагент 1 : 20 (первая экстракция) и 1 : 10 (вторая экстракция), время экстракции – 2 и 1 ч соответственно. Очистку от белков проводили пересаживанием спиртом этиловым и центрифугированием осадка денатурированных белков. Для очистки от фенольных соединений, сапонинов, низкомолекулярных соединений использовали метод диализа через полупроницаемую мембрану. Изменение pH (pH < 7) используемых экстрагентов не привело к увеличению выходов ВРПС и ПВ, кроме того, возможен в таких условиях нежелательный гидролиз нативных полисахаридов. Полноту экстракции проверяли с помощью реакции с реактивом Фелинга после предварительного гидролиза ПС в извлечении 20% раствором серной кислоты. Экспериментально было определено, что полнота извлечения достигается при двукратной экстракции.

Установлено, что содержание ВРПС в надземной части *C. scabiosa* в 2,8 раза больше ( $2,7 \pm 0,3\%$ ,  $n = 3$ ), чем в *C. pseudomaculosa* ( $0,97 \pm 0,50\%$ ,  $n = 3$ ); ПВ в надземной части *C. scabiosa* в 2 раза больше ( $7,6 \pm 0,4\%$ ,  $n = 3$ ), чем в *C. pseudomaculosa* ( $3,9 \pm 0,3\%$ ,  $n = 3$ ) (табл. 1).

Полученные полисахаридные комплексы (ПСК) – ВРПС и ПВ – были охарактеризованы по следующим показателям: качественному мономерному составу (содержание уроновых кислот (УК), содержание белка) и молекулярно-массовому распределению.

Мономерный состав всех выделенных ПСК изучали методом ГЖХ-МС после кислотного гидролиза. Водорастворимые полисахариды и пектиновые вещества изучаемых видов имеют схожий качественный мономерный состав, мономерными единицами которого по результатам анализа являются D-галактуроновая кислота, L-рамноза, D-ксилоза, D-манноза, D-глюкоза и D-галактоза.

Определение молекулярно-массового распределения выявило, что ВРПС *C. scabiosa* содержат два основных компонента с Мм – 1490 кДа (62,5%) и 15 кДа (33,6%), и два в незначительных количествах – 1060 кДа (1,7%) и 400 кДа (1,7%) с общим содержанием УК –  $63,7 \pm 3,9\%$  ( $n = 5$ ). ВРПС *C. pseudomaculosa* содержат также два основных компонента с Мм – 770 кДа (40,8%) и 14 кДа (57,6%), и один в минорном количестве – 440 кДа (1,6%) с общим содержанием УК –  $46,1 \pm 1,8\%$  ( $n = 5$ ). ПВ *C. scabiosa* содержат два основных компонента с Мм – 399 кДа (55,8%) и 103 кДа (37,9%), и один в минорном количестве – 32 кДа (6,3%) с общим содержанием УК –  $61,6 \pm 4,6\%$  ( $n = 5$ ). ПВ *C. pseudomaculosa* содержат один основной компонент с Мм 354 кДа (84,4%) и два в минорных количествах – 92 кДа (7,2%) и 15 кДа (8,4%) с общим

содержанием УК –  $45,8 \pm 2,2\%$  ( $n = 5$ ). Из полученных результатов установлено, что содержание уоновых кислот в ПСК василька шероховатого в 1,3 раза выше, чем в ПСК василька ложнопятнистого (табл. 1).

Содержание белка в ВРПС *C. scabiosa* –  $6,8 \pm 0,9\%$  ( $n = 5$ ), в ВРПС *C. pseudomaculosa* –  $8,3 \pm 1,1\%$ , в ПВ *C. scabiosa* –  $5,9 \pm 1,2\%$ , в ПВ *C. pseudomaculosa* –  $7,8 \pm 1,2\%$  (табл. 1).

Исходя из химико-фармакологических исследований василька шероховатого и учитывая более высокие выходы ВРПС и ПВ, чем в васильке ложнопятнистом, для более глубокого изучения химического строения ПСК следующим этапом проводили выделение полисахаридных фракций из ВРПС *C. scabiosa* и исследование их химической структуры. В результате ионообменной хроматографии ВРПС *C. scabiosa* на DEAE-целлюлозе водными растворами хлорида натрия возрастающей концентрации получены кислые полисахариды, которые элюировались из колонки 0,1 М (CS1), 0,1 М (CS2) и 0,2 М (CS3) растворами хлорида натрия.

Установлено, что все три фракции содержат белка менее 0,5%. В состав фракций входит большое количество УК (CS1, CS2 и CS3:  $28,2 \pm 6,4$ ;  $40,6 \pm 5,2$  и  $41,2 \pm 5,4\%$  соответственно,  $n = 3$ ), что свидетельствует о кислой природе ПС.

Для определения гомогенности и чистоты полученные фракции проанализированы методом эксклюзионной ВЭЖХ. В результате хроматографического анализа установлено, что все исследуемые фракции имеют различные молекулярные массы: CS1 – 667 кДа, CS2 – 722 кДа, CS3 – 1027 кДа, основными мономерными звеньями которых являются D-галактоза, D-ксилоза, D-галактуроновая кислота, L-рамноза и D-глюкоза (табл. 2).

Для установления характера гликозидных связей в углеводных цепях полисахаридов фракций CS1, CS2 и CS3 применяли <sup>1</sup>H-ЯМР-спектроскопию. Для идентификации полученных спектров использовали данные спектров стандартных образцов моно-, ди- и полисахаридов. Сигналы протонов в области 3,5–4,3 м.д. свидетельствуют о наличии в структурах всех трех исследуемых соединениях остатков α-D-глюкопиранозы, связанных α(1→4)-гликозидной связью. Интенсивный сигнал в области 3,7 м.д. соответствует протонам метоксигруппы (CH<sub>3</sub>-O), а сигнал в области 3,88 м.д. относится к сигналам протонов у атома углерода в 3-м положении у остатков α-D-галактопиранозы и α-D-глюкопиранозы. Кроме того, в спектрах соединений CS2 и CS3 наблюдаются сигналы 1,16 и 3,4 м.д., которые свидетельствуют о наличии в данных соединениях остатков α-L-рамнопиранозы.

Таблица 1. Характеристика ПСК из надземных частей *C. scabiosa* и *C. pseudomaculosa*

Название фракций	Выход*, %	Содержание УК, %	Содержание белка, %
ВРПС <i>C. scabiosa</i>	$2,7 \pm 0,3$	$63,7 \pm 3,9$	$6,8 \pm 0,9$
ВРПС <i>C. pseudomaculosa</i>	$0,97 \pm 0,50$	$46,1 \pm 1,8$	$8,3 \pm 1,1$
ПВ <i>C. scabiosa</i>	$7,6 \pm 0,4$	$61,6 \pm 4,6$	$5,9 \pm 1,2$
ПВ <i>C. pseudomaculosa</i>	$3,9 \pm 0,3$	$45,8 \pm 2,2$	$7,8 \pm 1,2$

\* Выходы фракций оценивали в процентах от массы воздушно-сухого растительного сырья.

Таблица 2. Характеристика фракций из ВРПС *C. scabiosa*

Название фракций	Выход*, %	Молекулярная масса, кДа	Содержание УК, %	Содержание белка, %	Мономерный состав
CS1	11,3	667	$28,2 \pm 6,4$	менее 0,5	Gal A, Rha, Gal, Xyl, Glu
CS2	12,1	722	$40,6 \pm 5,2$	менее 0,5	Gal A, Rha, Gal, Xyl, Glu
CS3	9,5	1027	$41,2 \pm 5,4$	менее 0,5	Gal A, Rha, Gal, Xyl, Glu

Примечание. \* Выходы фракций оценивали в процентах от массы ВРПС, нанесенной на колонку. Gal A – D-галактуроновая кислота, Rha – L-рамноза, Gal – D-галактоза, Xyl – D-ксилоза, Glu – D-глюкоза.

## Выводы

Предложена методика последовательного выделения из надземных частей объектов исследования водорастворимых полисахаридов и пектиновых веществ. Установлено, что надземные части василька шероховатого и василька ложнопятнистого содержат значительные количества водорастворимых полисахаридов и пектиновых веществ, при этом содержание их в васильке шероховатом в 2–3 раза выше, чем в васильке ложнопятнистом. Кроме того, содержание уоновых кислот в ПСК василька шероховатого в 1,3 раза выше, чем в ПСК василька ложнопятнистого. Мономерными единицами полисахаридных комплексов *C. scabiosa* и *C. pseudomaculosa* являются остатки D-галактуроновой кислоты, L-рамнозы, D-ксилозы, D-маннозы, D-глюкозы и D-галактозы. Из водорастворимых полисахаридов *C. scabiosa*, яв-

ляющегося более перспективным объектом, методом ионообменной хроматографии выделены три полисахаридные фракции (с молекулярными массами 667, 722 и 1027 кДа), в структуре которых присутствуют остатки  $\alpha$ -D-галактопиранозы,  $\alpha$ -L-рамнопиранозы,  $\alpha$ -D-глюкопиранозы, связанные  $\alpha(1\rightarrow4)$ -гликозидной связью, D-галактуроновая кислота и D-ксилоза.

### Список литературы

1. Федорова А.А. Растительные ресурсы СССР: цветковые растения, их химический состав, использование; семейства *Asteraceae*. Л., 1987. 326 с.
2. Khammar A., Djeddi S. Pharmacological and Biological Properties of some *Centaurea* Species // *European Journal of Scientific Research*. 2012. Vol. 84, N3. Pp. 398–416.
3. Vele T., Dejan D., Vlatka V. Constituents of the roots of plants species *Centaurea scabiosa* // *J. Serb. Chem. Soc.* 1994. Vol. 59, N12. Pp. 979–981.
4. Кадырова Т.В., Ермилова Е.В., Краснов Е.А., Каминский И.П., Ларькина М.С., Дудко В.В. Химический состав перспективных растений, их антиоксидантная активность и фармакологическая активность // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья : тезисы докладов Всеросс. науч. конф. Барнаул, 2007. С. 86.
5. Ларькина М.С., Сапрыкина Э.В., Кадырова Т.В., Ермилова Е.В., Пешкина Р.А. Антиоксидантная активность экстракта василька шероховатого при токсическом поражении печени крыс // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2011. №8. С. 25–28.
6. Кадырова Т.В., Ларькина М.С., Ермилова Е.В., Краснов Е.А., Аврамчик О.А. Антиоксидантная активность экстрактов из надземной части *Centaurea scabiosa* L. (*Asteraceae*) // Растительные ресурсы. 2010. Вып. 1. С. 102–106.
7. Каминский И.П., Краснов Е.А., Кадырова Т.В., Сазонов А.Э., Рахимова Б.Б., Ивасенко С.А., Адекенов С.М. Противоописторхозные свойства экстрактов из *Centaurea scabiosa* (*Asteraceae*) // Растительные ресурсы. 2010. №1. С. 106–112.
8. Ларькина М.С., Сапрыкина Э.В., Геренг Е.А., Кадырова Т.В., Ермилова Е.В., Пешкина Р.А. Гепатопротекторные свойства василька шероховатого // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2011. №7. С. 28–32.
9. Ларькина М.С., Сапрыкина Э.В., Кадырова Т.В., Ермилова Е.В. Влияние экстракта василька шероховатого на содержание общих липидов и их отдельных компонентов у крыс с гепатитом // Фармация: современное состояние и перспективы : тезисы докладов Междунар. науч.-практ. конф. Алматы, 2010. С. 206–207.
10. Кадырова Т.В., Краснов Е.А., Корнякова А.В. Противосудорожные свойства экстрактов из *Centaurea scabiosa* (*Asteraceae*) // Растительные ресурсы. 2006. №4. С. 70–75.
11. Ларькина М.С., Кадырова Т.В., Ермилова Е.В. Фенольные соединения видов рода *Centaurea* мировой флоры (обзор) // Химия растительного сырья. 2011. №4. С. 7–14.
12. Ларькина М.С., Кадырова Т.В., Ермилова Е.В., Краснов Е.А. Количественное определение флавоноидов в надземной части василька шероховатого (*Centaurea scabiosa* L.) // Химико-фармацевтический журнал. 2009. №4. С. 14–17.
13. Ларькина М.С., Кадырова Т.В., Коваль В.В., Ермилова Е.В., Юсубов М.С. Флавоноиды надземной части василька шероховатого (*Centaurea Scabiosa* L.) // Химия растительного сырья. 2012. №4. С. 175–180.
14. Краснов Е.А., Каминский И.П., Кадырова Т.В. Антимикробная активность экстрактов из надземной части *Centaurea scabiosa* (*Asteraceae*) // Растительные ресурсы. 2012. №2. С. 262–266.
15. Оводов Ю.С. Полисахариды цветковых растений: структура и физиологическая активность // Биоорганическая химия. 1998. Т. 24, №7. С. 483–501.
16. 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.
17. Корж А.П., Гурьев А.М., Белоусов М.В., Юсубов М.С., Белянин М.Л. Состав водорастворимых полисахаридов из цветков *Calendula officinalis* L. // Химико-фармацевтический журнал. 2012. №4. С. 23–25.
18. Galambos J.T. The reaction of carbazole with carbohydrates: I. Effect of borate and sulfamate on the carbazole color of sugars // *Anal. Biochem.* 1967. Vol. 19. Pp. 119–132.
19. Государственная фармакопея СССР: Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. 11-е изд. М., 1990. 337 с.
20. Neukom H., Deuel H., Heri W.J. Chromatographische Fraktionierung von Polysackariden an Cellulose-Anionenaustauschern // *Helv. Chim. Acta.* 1960. Vol. 43. Pp. 64–68.
21. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A., Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances // *Analyt. Chem.* 1956. Vol. 28. Pp. 350–356.

Поступило в редакцию 30 июня 2015 г.

После переработки 4 марта 2016 г.

Lar'kina M.S.<sup>1\*</sup>, Krivoshechekov S.V.<sup>1,2</sup>, Gur'ev A.M.<sup>1</sup>, Kadyrova T.V.<sup>1</sup>, Ermilova E.V.<sup>1</sup>, Kotserubskaya V.V.<sup>1</sup>, Iusubov M.S.<sup>1,2</sup> CHARACTERISTICS OF THE POLYSACCHARIDE COMPLEXES ISOLATED FROM *CENTAUREA SCABIOSA* L. AND *CENTAUREA PSEUDOMACULOSA* DOBROZ.

<sup>1</sup>Siberian State Medical University, Moskovskii trakt, 2, Tomsk, 634050 (Russia), e-mail: mmmaria@sibmail.com

<sup>2</sup>Tomsk Polytechnic University, Lenina ave., 30, Tomsk, 634050 (Russia)

In the paper described comparative characteristic of polysaccharide complexes rough cornflower (*Centaurea scabiosa* L.) and lozhnoplyatnistogo cornflower (*Centaurea pseudomaculosa* Dobrocz.). Was proposed the technique of sequential selection of water-soluble polysaccharides and pectins from the above-ground parts of the research objects. The content of water-soluble polysaccharides from the above-ground part of *C. scabiosa* is 2,8 times more ( $2,7 \pm 0,3\%$ ,  $n = 3$ ) than in *C. pseudomaculosa* ( $0,97 \pm 0,50\%$ ,  $n = 3$ ), pectins from the above-ground part of *C. scabiosa* is 2 times more ( $7,6 \pm 0,4\%$ ,  $n = 3$ ), than in *C. pseudomaculosa* ( $3,9 \pm 0,3\%$ ,  $n = 3$ ). The main monomer units of the polysaccharide complexes *C. scabiosa* and *C. pseudomaculosa* are D-galacturonic acid, L-rhamnose, D-xylose, D-mannose, D-galactose and D-glucose. From water-soluble polysaccharides of perspective *C. scabiosa* was isolated by ion exchange chromatography three fractions of polysaccharides (molecular weights of 667, 722 and 1027 kDa), which contain D-galacturonic acid, L-rhamnose, D-xylose, D-galactose and D-glucose.

**Keywords:** water-soluble polysaccharides, pectins, *Centaurea scabiosa* L., *Centaurea pseudomaculosa* Dobrocz., DEAE-cellulose, D-galacturonic acid.

## References

1. Fedorova A.A. *Rastitel'nye resursy SSSR: tsvetkovye rasteniia, ikh khimicheskii sostav, ispol'zovanie; semeistva Asteraceae*. [Plant resources of the USSR: flowering plants, their chemical composition, the use of; Asteraceae family]. Leningrad, 1987, 326 p. (in Russ.).
2. Khammar A., Djeddi S. *European Journal of Scientific Research*, 2012, vol. 84, no. 3, pp. 398–416.
3. Vele T., Dejan D., Vlatka V. *J. Serb. Chem. Soc.*, 1994, vol. 59, no. 12, pp. 979–981.
4. Kadyrova T.V., Ermilova E.V., Krasnov E.A., Kaminskii I.P., Lar'kina M.S., Dudko V.V. *Novye dostizhenia v khimii i khimicheskoi tekhnologii rastitel'nogo syr'ia: tezisy dokladov Vseross. nauch. konf.* [New advances in chemistry and chemical technology of vegetable raw materials: abstracts of All-Russian Scientific Conference]. Barnaul, 2007, p. 86. (in Russ.).
5. Lar'kina M.S., Saprykina E.V., Kadyrova T.V., Ermilova E.V., Peshkina R.A. *Voprosy biologicheskoi, meditsinskoi i farmatsevticheskoi khimii*, 2011, no. 8, pp. 25–28. (in Russ.).
6. Kadyrova T.V., Lar'kina M.S., Ermilova E.V., Krasnov E.A., Avramchik O.A. *Rastitel'nye resursy*, 2010, issue 1, pp. 102–106. (in Russ.).
7. Kaminskii I.P., Krasnov E.A., Kadyrova T.V., Sazonov A.E., Rakhimova B.B., Ivashenko S.A., Adekenov S.M. *Rastitel'nye resursy*, 2010, no. 1, pp. 106–112. (in Russ.).
8. Lar'kina M.S., Saprykina E.V., Gereng E.A., Kadyrova T.V., Ermilova E.V., Peshkina R.A. *Voprosy biologicheskoi, meditsinskoi i farmatsevticheskoi khimii*, 2011, no. 7, pp. 28–32. (in Russ.).
9. Lar'kina M.S., Saprykina E.V., Kadyrova T.V., Ermilova E.V. *Farmatsiia: sovremennoe sostoianie i perspektivy: tezisy dokladov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Pharmacy: current status and prospects: Abstracts of the International scientific-practical conference]. Almaty, 2010, pp. 206–207. (in Russ.).
10. Kadyrova T.V., Krasnov E.A., Kornikova A.V. *Rastitel'nye resursy*, 2006, no. 4, pp. 70–75. (in Russ.).
11. Lar'kina M.S., Kadyrova T.V., Ermilova E.V. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2011, no. 4, pp. 7–14. (in Russ.).
12. Lar'kina M.S., Kadyrova T.V., Ermilova E.V., Krasnov E.A. *Khimiko-farmatsevticheskii zhurnal*, 2009, no. 4, pp. 14–17. (in Russ.).
13. Lar'kina M.S., Kadyrova T.V., Koval' V.V., Ermilova E.V., Iusubov M.S. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2012, no. 4, pp. 175–180. (in Russ.).
14. Krasnov E.A., Kaminskii I.P., Kadyrova T.V. *Rastitel'nye resursy*, 2012, no. 2, pp. 262–266. (in Russ.).
15. Ovodov Iu.S. *Bioorganicheskaia khimiia*, 1998, vol. 24, no. 7, pp. 483–501. (in Russ.).
16. Krishtanova N.A., Safonova M.Iu., Bolotova V.Ts. *Vestnik VGU*, 2005, no. 1, pp. 212–221. (in Russ.).
17. Korzh A.P., Gur'ev A.M., Belousov M.V., Iusubov M.S., Belianin M.L. *Khimiko-farmatsevticheskii zhurnal*, 2012, no. 4, pp. 23–25. (in Russ.).
18. Galambos J.T. *Anal. Biochem.*, 1967, vol. 19, pp. 119–132.
19. *Gosudarstvennaia farmakopeia SSSR: Vyp. 2. Obshchie metody analiza. Lekarstvennoe rastitel'noe syr'e*. [The State Pharmacopoeia of the USSR: Vol. 2. General methods of analysis. Medicinal plant material]. 11 ed., Moscow, 1990, 337 p. (in Russ.).
20. Neukom H., Deuel H., Heri W.J. *Helv. Chim. Acta.*, 1960, vol. 43, pp. 64–68.
21. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A., Smith F. *Analyt. Chem.*, 1956, vol. 28, pp. 350–356.

Received June 30, 2015

Revised March 4, 2016

\* Corresponding author.