

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ РЕСУРСНЫХ ВИДОВ

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИСАХАРИДОВ В НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ *FERULA KUHISTANICA* (ARIACEAE)

© 2022 г. Д. З. Азизов¹, *, Р. К. Рахманбердыева¹, М. Х. Маликова¹, М. А. Маматханова¹

¹Институт химии растительных веществ им. акад. С.Ю. Юнусова АН РУз, Ташкент, Республика Узбекистан

*e-mail: d.azizov88@mail.ru

Поступила в редакцию 28.03.2022 г.

После доработки 12.04.2022 г.

Принята к публикации 07.06.2022 г.

Изучена сезонная динамика содержания и состава водорастворимых полисахаридов и пектиновых веществ, установлен оптимальный срок заготовки надземной части *Ferula kuhistanica*. Определен количественный моносахаридный и макро- и микроэлементный составы полисахаридов.

Ключевые слова: *Ferula kuhistanica*, сезонная динамика, водорастворимые полисахариды, пектиновые вещества, экстракция, гидролиз, уроновые кислоты

DOI: 10.31857/S0033994622030037

Ferula L. — один из наиболее распространенных родов многолетних растений, относящихся к семейству Ариасеае. Виды рода *Ferula* встречаются повсеместно в Азии и Европе, особенно распространены в зоне пустынь Средней Азии, в Афганистане и Иране. К роду *Ferula* L. в настоящее время относят более 150 видов [1–3]. Центральная Азия является одним из типичных районов произрастания представителей рода, здесь встречается максимальное разнообразие видов. Многие виды *Ferula* являются хорошими кормовыми растениями, относятся к эфирноносным и медоносным растениям [4]. Растения этого рода широко используются в пищевой промышленности в качестве пряноароматического, а также консервирующего материала [3]. В настоящее время этот род представляет большой интерес также как сырьевая база для получения различных групп биологически активных соединений, обладающих широким спектром фармакологической активности. Компонентный состав *Ferula* представлен кумаринами, органическими сульфидами, сесквитерпеновыми лактонами, фурукумаринами, флавоноидами, сложными эфирами ароматических спиртов.

Одним из широко распространенных видов рода *Ferula* является *F. kuhistanica* Eug. Ког. Смола этого лекарственного растения в народной медицине применяется для лечения опухолей, ран и язв [5]. В ветеринарии смолу используют как ранозаживляющее при опухолях, а также в качестве слабительного. Его плоды обладают трихомоностатическими свойствами [6]. Как уже указано выше, в химическом отношении изучены низко-

молекулярные соединения. На основе сложных эфиров *F. kuhistanica* в Институте химии растительных веществ АН РУз создан препарат “куфэстрол” для увеличения яйценоскости птиц [7–9]. Следует отметить, что в литературе мало информации об углеводном составе растений данного рода.

Ранее из надземной части (листья, стебли) *F. kuhistanica* и *F. tenuisecta* нами были выделены и изучены различные группы полисахаридов: водорастворимые полисахариды (ВРПС), пектиновые вещества (ПВ) и гемицеллюлозы (ГМЦ). Показано, что распределение этих полисахаридов в растении неравномерно, наибольшее их накопление наблюдается в листьях [10]. Доминирующими являются водорастворимые полисахариды. Из надземной части *F. kuhistanica* выделен водорастворимый полисахарид — арабиногалактан. Химическими и спектральными методами выявили основную цепь полимера, состоящую, в основном из остатков 1 → 6-β-галактопиранозы, перемежающихся с редкими остатками 1 → 2-β-галактопиранозы. В положении С-3 1,6-замещенных остатков галактопиранозы имеются боковые ответвления, представленные α-арабинофуранозой или ее 1,5-связанными олигомерами, а также дисахаридными фрагментами β-GlcрA-4-O-Me-(1 → 6)-β-Galp-(1 → небольшая часть 1,6-замещенных остатков основной цепи несет моносахаридные остатки β-Galp-(1 → в положении С-2, т.е. арабиногалактан относится к арабино-3,6-галактанам. При изучении фармакологической активности было выявлено, что водорастворимый полисахарид и пектиновые вещества *F. kuhistanica* нормализует функции желудочно-кишечного тракта,

т.е. являются пребиотиками. Поэтому необходимой задачей является заготовка сырья с максимальным содержанием полисахаридов.

Цель данной работы состоит в исследовании сезонной динамики содержания и состава различных полисахаридов надземной части *F. kuhistanica*, определении их физико-химических параметров и установлении оптимального срока заготовки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Инактивация сырья. Каждый образец растения (по 50 г) в соответствии с периодом вегетации обрабатывали кипящей смесью хлороформ–метанол (1 : 1) в течение 1 ч в соотношении 1 : 5. Затем остаток растения при нагревании обрабатывали 82%-ным этанолом для выделения спирторастворимых сахаров (СРС). Спиртовые экстракты отделяли фильтрованием, объединяли и упаривали до небольшого объема и анализировали бумажной хроматографией (БХ) на бумаге Filtrak FN-16, в системе *n*-бутанол–пиридин–вода 6 : 4 : 3. Для индикации гексоз применяли кислый фталат анилина (1), кетоз – 5%-ный спиртовой раствор мочевины – соляная кислота (2).

Выделение водорастворимых полисахаридов (ВРПС-х). Остаток сырья экстрагировали дважды водой при комнатной температуре в течение 2–3 ч, при гидромодуле 1 : 10 и 1 : 8 соответственно. Экстракты объединяли, центрифугировали, сгущали и осаждали 2-х кратным объемом этилового спирта. Выпавший осадок отделяли, промывали спиртом, обезвоживали ацетоном, сушили в вакууме над P_2O_5 . Выход ВРПС-х: 2.3 (начало вегетации), 2.55 (период цветения), 2.4 (период бутонизации) и 2.8 г (период плодоношения).

Выделение водорастворимых полисахаридов (ВРПС-г). Остаток сырья, после экстракции холодной водой, дважды экстрагировали водой (гидромодуль 1 : 8) при температуре 70 °С в течение 3 ч. Экстракты объединяли, сгущали и осаждали двукратным объемом спирта. Выпавший осадок обрабатывали, как описано выше. Выход ВРПС-г: 0.5 (начало вегетации), 0.8 (период цветения), 0.75 (период бутонизации) и 0.6 г (период плодоношения).

Выделение пектиновых веществ (ПВ). После выделения ВРПС мезгу дважды обрабатывали смесью равных объемов 0.5%-ных растворов щавелевой кислоты и оксалата аммония (1 : 10) при температуре 70 °С в течение 3 ч. Экстракты диализовали против проточной воды до нейтральной среды, упаривали и осаждали спиртом (1 : 2). Осадок отделяли, промывали этанолом, высушивали ацетоном. Сушили в вакууме над P_2O_5 . Выходы ПВ: 1.0 (начало вегетации), 3.0 (период цветения),

3.35 (период бутонизации) и 3.7 г (период плодоношения).

Полный кислотный гидролиз ВРПС, ПВ. Образцы ВРПС гидролизовали 1 н H_2SO_4 при 100 °С в течение 8 ч, ПВ – 2 н H_2SO_4 24 часа соответственно. Гидролизаты нейтрализовали $BaCO_3$, фильтраты деионизировали катионитом КУ-2 (H^+), упаривали до сиропа. Качественный и количественный моносахаридный состав изучали посредством БХ и ГХ.

Газохроматографический анализ (ГХ) анализ образцов проводили в виде ацетатов альдононитрилов моносахаридов [11] на хроматографе Shimadzu GC-2010 с пламенно-ионизационным детектором, кварцевая капиллярная колонка Shimadzu Rxi-624SilMS (30 м × 25 мм × 1.40 мкм), скорость подвижной фазы (N_2) 1.5 мл/мин, температура инжектора 260 °С, детектора – 280 °С и колонки – 230 °С.

Элементный анализ проводили на ICP-атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой ICP Nex ION 2000 (фирма Perkin Elmer EVOMA) СЕМ.

ИК-спектры образцов регистрировали на ИК-Фурье спектрометре фирмы Perkin-Elmer, модель 2000, в пластинках, прессованных с KBr.

Вязкость растворов полисахаридов измеряли с использованием вискозиметра Оствальда с диаметром капилляра 0.75 мм при температуре 22 °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Выделение водорастворимых полисахаридов (ВРПС), пектиновых веществ (ПВ) из надземной части *F. kuhistanica* проводили по ранее описанному способу [10]. Из литературы известно, что водорастворимые полисахариды проявляют широкий спектр биологической активности. Ранее при изучении биологической активности полисахаридов нами было выявлено, что ВРПС и ПВ надземной части *F. kuhistanica* проявляют пребиотическую активность и могут быть потенциальным источником для получения лекарственных препаратов и БАДов [10, 12]. Поэтому для выявления максимального содержания ВРПС и ПВ изучена динамика их накопления по периодам вегетации. Растения заготавливали в 2021 г. в Самаркандской обл. (Республика Узбекистан) в следующие фазы развития: I – начало вегетации (5.04.2021), II – цветение (1.05.2021), III – бутонизация (15.05.2021), IV – плодоношение (1.06.2021). Выходы полисахаридов и их моносахаридный состав представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, полисахариды в растении распределены неодинаково. Во всех периодах наблюдается преобладание ВРПС-х, но их наибольшее накопление происходит в период плодоношения (5.6%), количественное содержа-

Таблица 1. Сезонная динамика содержания и моносахаридный состав полисахаридов надземной части *F. kuhistanica*
Table 1. Seasonal dynamics of polysaccharide content and their monosaccharide composition in the aerial parts of *F. kuhistanica*

Период вегетации Growing stage	Тип ПС PS type	Выход Output, %	Моносахаридный состав, %; Monosaccharide composition, %						Содержание UA, % UA content, %	Соотношение Ara/Gal Ara/Gal Ratio
			Rha	Ara	Xyl	Man	Glu	Gal		
Начало вегетации Beginning of the growing season	ВРПС-х WSPS-c	4.6	9.3	17.6	3.8	11.2	17.0	41.2	9.0	1 : 2.3
	ВРПС-г WSPS-h	1.0	9.1	15.0	7.0	14.6	27.7	26.5	16.0	1 : 1.8
	ПВ PS	2.0	16.5	26.0	4.5	—	3.0	50.0	19.0	1 : 1.9
Цветение Blooming	ВРПС-х WSPS-c	5.6	5.0	25.0	1.5	6.0	9.5	53.0	14.0	1 : 2.1
	ВРПС-г WSPS-h	1.6	18.7	14.5	4.0	11.7	26.3	25.0	20.0	1 : 1.7
	ПВ PS	6.0	22.8	28.5	2.2	—	—	45.5	27.0	1 : 1.6
Бутонизация Budding	ВРПС-х WSPS-c	4.8	5.2	18.6	3.6	6.6	29.3	36.7	10.0	1 : 1.9
	ВРПС-г WSPS-h	1.5	13.4	21.2	4.0	12.3	9.0	4.1	3.0	5.2 : 1
	ПВ PS	6.7	20.2	31.0	2.7	—	4.3	41.3	75.0	1 : 1.3
Плодоношение Fruiting	ВРПС-х WSPS-c	5.1	3.7	37.0	2.6	4.1	24.8	28.0	5.4	1.3 : 1
	ВРПС-г WSPS-h	1.2	10.5	24.2	3.1	17.0	1.9	43.4	18.0	1 : 1.8
	ПВ PS	7.4	2.5	50.0	23.8	—	2.7	19.1	87.0	2.6 : 1

Примечание: ПС – полисахариды, ВРПС-х – растворимые в холодной воде полисахариды, ВРПС-г – растворимые в горячей воде полисахариды, ПВ – пектиновые вещества, Rha – рамноза, Ara – арабиноза, Xyl – ксилоза, Man – манноза, Glu – глюкоза, Gal – галактоза, UA – уроновая кислота.

Note: PS – polysaccharides, WSPS-c – cold water-soluble polysaccharides, WSPS-h – hot water-soluble polysaccharides, PW – pectic substances, Rha – rhamnose, Ara – arabinose, Xyl – xylose, Man – mannose, Glu – glucose, Gal – galactose, UA – uronic acid.

ние ВРПС-г различается незначительно. Содержание ПВ постепенно увеличивается от 2.0 до 7.4%.

ВРПС представляют собой аморфные порошки светло коричневого цвета; растворяются в воде с образованием невязких растворов и имеют молекулярную массу 36–40 кДа. В ИК-спектрах были обнаружены полосы поглощения, характерные для кислых полисахаридов [13]. При установлении моносахаридного состава ВРПС обнаружено влияние периода развития растения на количественное содержание моносахаридов (табл. 1). Как видно из табл. 1, в период начала вегетации в ВРПС-х наблюдается присутствие арабинозы (17.6%) и галактозы (41.2%). Содержание урсонной кислоты в ВРПС-х варьирует от 5.4 и достигает 14% в период цветения. В случае ВРПС-г максимальное содержание урсонной кислоты наблюдается также в период цветения. Моносахаридный состав ВРПС-г в различные периоды отличается от состава ВРПС-х только количественно. В период цветения наблюдается высокое содержание рамнозы (18.7%), глюкозы (26.3%), галактозы (25%) и урсонной кислоты (20%), в период бутонизации наблюдается наличие рамнозы (13.4%), арабинозы (21.2%), маннозы (12.3%) и уменьшение урсонной кислоты (3%). Период плодоношения характеризуется увеличением содержания галактозы (43.4%), арабинозы (24.2%) и урсонной кислоты (18%). Вероятно, в эти периоды начинается синтез пектиновых веществ, и их наибольшее накопление отмечается в период плодоношения (7.4%).

Результаты показали, что в составе ВРПС-х представлены 29 макро- и микроэлементов, из них 6 – эссенциальные (табл. 2). Показано наличие среди макроэлементов калия – 6.6×10^1 мг/л, кальция (3.8×10^4 мг/л) и магния (6.1×10^3 мг/л), а среди эссенциально важных элементов – меди (2.3×10^1 мг/л). Наблюдается высокое содержание марганца – 1.4×10^1 мг/л, остальные элементы находятся в малых количествах, в пределах от 1.3 до 0.11 мг/л (табл. 2). Следовательно, в составе ВРПС-х содержатся соли макро- и микроэлементов.

Пектиновые вещества выделенных образцов представляют собой аморфные порошки, которые растворяясь в воде, образуют вязкие растворы с относительной вязкостью в пределах 9.6–11.7 г/дл. Молекулярная масса пектиновых веществ составляет 50–54 кДа. В ИК-спектре пектиновых веществ, выделенных в период плодоношения, имеется ряд полос поглощения, характерных для карбоксиполисахаридов. Полоса поглощения в области 832 см^{-1} характерна для пектинов, имеющих α -конфигурацию гликозидной связи, а полоса поглощения 889 см^{-1} характеризует $1 \rightarrow 4$ тип этой связи. Полоса поглощения в области 950 см^{-1} отражает деформационные колебания метильных и метиленовых групп. К числу характерных полос

поглощения относятся 1740 см^{-1} – валентные колебания карбонильной группы (C=O) карбоксила. Полосы поглощения 1620 и 1423 см^{-1} отражают ионизированный карбоксил, связанный с металлами. На основании данных ИК-спектроскопии установлено, что выделенный пектин имеет основную полигалактуроновою цепь с $1 \rightarrow 4$ гликозидными связями. Присутствие полосы поглощения в области 1370 см^{-1} показывает наличие метоксильных групп. Эти данные соотносятся с результатами титриметрического анализа, согласно которым степень этерификации (СЭ) находится в пределах 71.4–74.27%. Следовательно, выделенные ПВ относятся к высокоэтерифицированным пектинам [14].

Исследование моносахаридного состава ПВ показало, что период вегетации влияет на количественный моносахаридный состав. В начале вегетации в составе ПВ преобладают рамноза (5.5%), арабиноза (8.7%), галактоза (16.7%); в период цветения – рамноза (22.8%), арабиноза (28.5%), галактоза (45.5%); в период бутонизации – рамноза (20.2%), арабиноза (31%), галактоза (41.3%); во время плодоношения – арабиноза (50%) и ксилоза (23.8%). Содержание урсонной кислоты в процессе развития растения увеличивается от 19 до 87%. Из литературы известно, что в пектинах боковую цепь составляют арабинан, галактан, арабиногалактан и другие фрагменты [14]. По мере развития растения соотношение арабинозы и галактозы меняется; наблюдается постепенное увеличение содержания арабинозы, урсонной кислоты и уменьшение галактозы. В периоде плодоношения содержание арабинозы достигает 50%, в этот момент содержание галактозы составляет 19.1% и урсонной кислоты – 87%. Следовательно, на этом этапе синтезируются пектиновые вещества. Высокое содержание арабинозы, ксилозы и галактозы в ПВ в период плодоношения позволяет предполагать, что боковую цепь пектина, возможно, составляют арабинаны и ксилоурананы. Из табл. 1 видно, что в ВРПС наблюдается постепенное снижение соотношения Ara/Gal и количества урсонной кислоты до периода цветения (рис. 1). С начала периода бутонизации увеличивается содержание арабинозы, и вышеуказанное соотношение составляет 5.2 : 1. Вероятно, в это время начинают синтезироваться фрагменты арабаны или арабиногалактаны, которые входят в состав растворимых пектиновых веществ.

Как уже было отмечено выше, ВРПС и ПВ обладают пребиотической активностью. На основе полученных фармакологических данных разработано и зарегистрировано техническое условие (ТУ) на способ получения водорастворимого полисахарида под названием “Арбифилан” [15].

Таблица 2. Некоторые микро- и макроэлементы в составе ВСПС надземной части *F. kuhistanica*
Table 2. Some trace and major elements of the water-soluble polysaccharides in the aerial parts of *F. kuhistanica*

Элемент Element	Количественное содержание, мг/кг Quantitative content, mg/kg	Элемент Element	Количественное содержание, мг/кг Quantitative content, mg/kg
Серебро, Ag Silver, Ag	4×10^{-3}	Литий, Li Lithium, Li	1×10^{-1}
Алюминий, Al Aluminium, Al	8.7×10^1	Магний, Mg Magnesium Mg	6.1×10^3
Мышьяк, As Arsenic, As	1×10^{-1}	Натрий, Na Sodium, Na	4.53×10^2
Барий, Ba Barium, Ba	1.3	Марганец, Mn Manganese, Mn	1.4×10^{-1}
Бериллий, Be Beryllium, Be	7×10^{-2}	Кремний, Si Silicon, Si	3.8×10^2
Висмут, Bi Bismuth, Bi	1×10^{-3}	Рубидий, Rb Rubidium, Rb	1.5
Кальций, Ca Calcium Ca	3.8×10^4	Селен, Se Selenium, Se	8.2×10^{-2}
Кадмий, Cd Cadmium, Cd	1.2×10^{-1}	Стронций, Sr Strontium, Sr	4.5
Кобальт, Co Cobalt, co	1.2×10^{-1}	Бор, B Bor, B	1.7×10^{-1}
Хром, Cr Chrome, Cr	1.1	Галлий, Ga Gallium, Ga	2×10^{-1}
Медь, Cu Copper, Cu	2.3×10^1	Индий, In Indium, In	n/o n/d
Железо, Fe Iron, Fe	8.2×10^2	Таллий, Tl Thallium, Tl	1×10^{-3}
Калий, K Potassium, K	6.6×10^4	Никель, Ni Nickel, Ni	1.3
Фосфор, P Phosphorus, R	1×10^3	Ванадий, V Vanadium, V	3×10^{-1}
Цинк, Zn Zinc, Zn	4.2		

Примечание: n/o – не обнаружено.
 Note: n/d – not detected.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что наибольшее накопление водорастворимых полисахаридов в надземной части *F. kuhistanica* наблюдается в период цветения, а пектиновых веществ – в период плодоношения. Следовательно, для биологических испытаний сырье следует собирать в эти периоды. Определены физико-химические параметры водорастворимых полисахаридов и пектиновых веществ, также их моносахаридные составы. Установлен

макро-и микроэлементный состав водорастворимых полисахаридов. Показано наличие в составе ВРПС среди макроэлементов калия и магния, а среди эссенциально важных элементов – меди.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят Х. Рахматова, м. н. с. лаборатории лекарственных и технических растений Института химии растительных веществ АНРУз за своевременный сбор растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jalali H. T., Ebrahimian Z. J., Evtuguin D. V., Neto C. P. 2011. Chemical composition of oleo-gum-resin from *Ferula gummosa*. — *Industrial Crops and Products*. 33(2): 549–553. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.10.032>
2. Флора Узбекистана. 1962. Т.4. С. 399–439.
3. *Определитель растений Средней Азии*. Ташкент. 1983. Т. 7. С. 276–313.
4. Барнаулов С.Д., Кирьялов Н.П., Букреева Т.А. 1974. Фармакологические свойства некоторых кумаринов видов рода *Ferula* L. — *Раст. ресурсы*. 10(2): 259–262.
5. Рахмонкулов У., Мелибоев С. Биологические особенности и распространение перспективных лекарственных растений. 1981. Ташкент. С. 31–61.
6. *Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование*. 1988. Т. 4. Л. 357 с.
7. Халилов Р.М., Маматханов А.У., Котенко Л.Д., Ахмедходжаева Х. 2011. Способ получения средства, обладающего эстрогенной активностью: Пат. № Uz IAP 04422. Оpubл. Расмий ахборотнома. № 10. С. 41.
8. Маматханова М.А., Халилов Р.М., Котенко Л.Д., Маматханов А.У. 2017. Технология получения куфэстрола из надземной части *Ferula kuhistanica*. — *Kimyo va kimyo texnologiyasi* (Химия и химическая технология). 3: 66–69 <https://elibrary.ru/item.asp?id=30042315>
9. Маматханова М.А., Котенко Л.Д., Халилов Р.М., Маматханов А.У. 2018. Разработка методов стандартизации и постадийного контроля производства субстанции куфэстрола. — *Kimyo va kimyo texnologiyasi* (Химия и химическая технология). 4(62): 49–52. <https://elibrary.ru/item.asp?id=36745232>
10. Erkulov Z. E., Malikova M. Kh., Rakhmanberdyeva R. K. 2011. Carbohydrates from the aerial part of *Ferula kuhistanica* and *F. tenuisecta*. — *Chem. Nat. Compd.* 47(2): 182–184. <https://doi.org/10.1007/s10600-011-9876-6>
11. Lance D. G., Jones J. K. N. 1967. Gas chromatography of derivatives on the methyl ethers of D-xylose. — *Can. J. Chem.* 45(17): 1995–1998. <https://doi.org/10.1139/v67-319>
12. Rakhmanberdyeva R. K., Shashkov A. S., Bobakulov Kh. M., Azizov D. Z., Malikova M. Kh., Ogay D. K. 2021. The structure and prebiotic activity of arabinogalactan from *Ferula kuhistanica*. — *Carbohydr. Res.* 505: 108342. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2021.108342>
13. Маликова М.Х., Ахмедова Х.Х., Рахманбердыева Р.К., Жауынбаева К.С. 2018. Пектиновые вещества *Ferula kuhistanica* и *Ferula tenuisecta*. — *Химия природ. соедин.* 1: 13–15.
14. Аймухамедова Г.Б., Алиева Д.З., Шелухина Н.П. 1984. Свойства и применение пектиновых сорбентов. С. 61–63.
15. *Водорастворимые полисахариды ферулы кухистанской “Арбифилян”*. ТУ Ts 03535440-031:2020.

Seasonal Dynamics of Polysaccharides in the Aerial Parts of *Ferula kuhistanica* (Apiaceae)

D. Z. Azizov^{a,*}, R. K. Rakhmanberdyeva^a, M. Kh. Malikova^a, M. A. Mamatkhanova^a

^a Yunusov Institute of the Chemistry of Plant Substance, AS RUz, Tashkent, Uzbekistan

*e-mail: d.azizov88@mail.ru

Abstract—The seasonal effect and dynamics of the content and composition of water-soluble polysaccharides and pectin substances has been studied, and the optimal harvesting time of *Ferula kuhistanica* aerial parts has been determined. The quantitative monosaccharide and trace and major element composition of polysaccharides were determined.

Keywords: *Ferula kuhistanica*, seasonal dynamics, water-soluble polysaccharides, pectin substances, extraction, hydrolysis, uronic acids

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to Kh. Rakhmatov, the junior researcher of the laboratory of medicinal and industrial plants of the Institute of Chemistry of Plant Substances of the Academy of Sciences of Uzbekistan for the proper and timely collection of plants.

REFERENCES

1. *Jalali H.T., Ebrahimian Z.J., Evtugin D.V., Neto C.P.* 2011. Chemical composition of oleo-gum-resin from *Ferula gummosa*. – *Industrial Crops and Products*. 33(2): 549–553.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.10.032>
2. [*Flora of Uzbekistan*]. 1962. V.4. P. 399–439. (In Russian)
3. [*Key to plants of Central Asia*]. Tashkent. 1983. V.7. P. 276–313.
4. *Barnaulov S.D., Kiryalov N.P., Bukreeva T.A.* 1974. [Pharmacological properties of some coumarins of species of the genus *Ferula* L.] – *Rastitelnye resursy*. 10(2): 259–262. (In Russian)
5. *Rakhmonkulov U., Meliboev S.* 1981. [Biological features and distribution of promising medicinal plants]. Tashkent. P. 31–61.
6. [*Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use*]. 1988. V.4. Leningrad. 357 p.
7. *Khalilov R.M., Mamatkhanov A.U., Kotenko L.D., Akhmedkhodzhaeva H.* 2011. [Method for obtaining an agent with estrogenic activity: Pat. No. Uz IAP 04422]. Official newsletter. 2011. No. 10. P. 41.
8. *Mamatkhanova M.A., Khalilov R.M., Kotenko L.D., Mamatkhanov A.U.* 2017. [Technology for obtaining kufestrol from the aerial part of *Ferula kuhistanica*]. – *Kimyo va kimyo texnologiyasi (Chemistry and Chemical Engineering)*. 3(57): 66–69.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=30042315> (In Russian)
9. *Mamatkhanova M.A., Kotenko L.D., Khalilov R.M., Mamatkhanov A.U.* 2018. Development of methods for standardization and step-by-step control of the production of kufestrol substance. – *Kimyo va kimyo texnologiyasi (Chemistry and Chemical Engineering)*. 4(62): 49–52.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=36745232> (In Russian)
10. *Erkulov Z.E., Malikova M.Kh., Rakhmanberdyeva R.K.* 2011. Carbohydrates from the aerial part of *Ferula kuhistanica* and *F. tenuisecta*. – *Chem. Nat. Compd.* 47(2): 182–184.
<https://doi.org/10.1007/s10600-011-9876-6>
11. *Lance D.G., Jones J.K.N.* 1967. Gas chromatography of derivatives on the methyl ethers of D-xylose. – *Can. J. Chem.* 45(17): 1995–1998.
<https://doi.org/10.1139/v67-319>
12. *Rakhmanberdyeva R.K., Shashkov A.S., Bobakulov Kh.M., Azizov D.Z., Malikova M.Kh., Ogay D.K.* 2021. The structure and prebiotic activity of arabinogalactan from *Ferula kuhistanica*. – *Carbohydr. Res.* 505: 108342.
<https://doi.org/10.1016/j.carres.2021.108342>
13. *Malikova M.Kh., Akhmedova Kh.Kh., Rakhmanberdyeva R.K., Zhaunbaeva K.S.* 2018. Pectinic substances from *Ferula kuhistanica* and *F. tenuisecta*. – *Chem. Nat. Compd.* 54(1):10–12.
<https://doi.org/10.1007/s10600-018-2247-9>
14. *Aymukhamedova G.B., Alieva D.Z., Sheluhina N.P.* 1984. [Properties and application of pectin sorbents]. P. 61–63.
15. *Water-soluble polysaccharides of Ferula kuhistanica “Arbifilan”*. TU Ts 03535440-031:2020.