

налы протонов пиперидина в виде мультиплетов CH_2 , $(\text{CH}_2)_2$ и NCH_2 групп. Спектр соли III содержит в виде триплетов при 2,94 и 3,62 м.д. сигналы протонов $\text{N}(\text{CH}_2)_2$ и двух OCH_2 групп протонированного диэтаноламина.

Отсутствие полос поглощения валентных колебаний O–H связи в ИК-спектре соединения IIIa подтверждает образование калиевой соли. В спектрах аминных солей наблюдаются полосы поглощения валентных колебаний $\text{N}^+ \text{--} \text{H}$ связи в области 2350–3300 см^{-1} . Спектры содержат интенсивную полосу поглощения валентных колебаний S=O связи в интервале 1026–1066 см^{-1} .

По результатам проведенного скрининга (см. таблицу) установлено, что все синтезированные нами соли проявляют антиагрегационную активность при коллагениндуцированной агрегации тромбоцитов, при которой наиболее активные препараты сравнения, ацетилсалициловая кислота и пентоксифиллин, оказываются неэффективными.

Таким образом, среди впервые синтезированных солей 2-[3-метил-7-(1-оксотетанил-3)-1-этилксантинил-8-тио] уксусных кислот найдены соединения, проявляющие потенциально более широкий спектр антиагрегационной активности в сравнении с применяемыми в настоящее время лекарственными препаратами.

Выводы

1. Реакцией 8-бром-3-метил-7-(1-оксотетанил-3)-1-этилксантина с тиогликолевой кислотой синтезирована 2-[3-метил-7-(1-оксотетанил-3)-1-этилксантинил-8-тио] уксусная кислота, взаимодействием которой с различными основаниями получены соли 2-[3-метил-7-(1-оксотетанил-3)-1-этилксантинил-8-тио]уксусной кислоты.

2. Среди синтезированных солей выявлены соединения, проявляющие потенциально широкий спектр антиагрегационной активности в сравнении с применяемыми в настоящее время лекарственными препаратами.

Сведения об авторах статьи:

Шабалина Юлия Викторовна – к.фарм.н., доцент кафедры фармацевтической химии с курсами аналитической и токсикологической химии ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. Тел./факс: 8(347)271-23-16. E-mail: fil-ko@mail.ru.

Самородов Александр Владимирович – к.м.н., ассистент кафедры биологической химии ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. Тел./факс: 8(347)271-23-16. E-mail: avsamorodov@gmail.com.

Халиуллин Феркат Адельянович – д.фарм.н., профессор, зав. кафедрой фармацевтической химии с курсами аналитической и токсикологической химии ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. Тел./факс: 8(347)271-23-16. E-mail: khaliullin_ufa@yahoo.com.

Ураков Александр Ливиевич – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей и клинической фармакологии ФГБОУ ВО ИГМА Минздрава России. Адрес: 426034, г. Ижевск, ул. Коммунаров, 281. E-mail: urakoval@live.ru.

Камилов Феликс Хусанович – д.м.н., профессор кафедры биологической химии ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. Тел./факс: 8(347)271-23-16. E-mail: bro-raops@yandex.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. Машковский, М.Д. Лекарственные средства. – М.: Новая волна, 2014. – 1216 с.
2. Ретроградная реканализация хронических тотальных окклюзий коронарных артерий / А.А. Ларионов [и др.] // Креативная хирургия и онкология. – 2017. – Т. 7, № 1. – С.10-15.
3. Синтез и изучение влияния на систему гемостаза солей 2-[3-метил-1-пропилксантинил-8-тио]уксусных кислот, содержащих тетрановый цикл / Ф.А. Халиуллин [и др.] // Медицинский вестник Башкортостана. – 2016. – Т. 11, № 5. – С.140-144.
4. Синтез и антиагрегантная активность 8-замещенных 1-алкил-3-метил-7-(1-оксотетанил-3)ксантинов / Ю.В. Шабалина [и др.] // Химико-фармацевтический журнал. – 2013. – Т. 47, № 3. – С.27-29.
5. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. – Т.1. / Миронов А.Н. (ред.). – М.: Гриф и К, 2012. – 944 с.

УДК 633.88-581.192.1

© Коллектив авторов, 2017

П.В. Крутов¹, А.Н. Цицилин², Е.В. Чупарина³, А.М. Мартынов⁴, К.А. Пупыкина⁵, Р.Р. Файзуллина⁵ ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПЛОДОВ ПАСТЕРНАКА ПОСЕВНОГО (*PASTINACA SATIVA* L.)

¹ЗАО «Фармцентр ВИЛАР», г. Москва

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных
и ароматических растений», г. Москва

³ФГБУН «Институт геохимии им А.П. Виноградова» СО РАН, г. Иркутск

⁴«Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования» –
филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, г. Иркутск

⁵ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»
Минздрава России, г. Уфа

В настоящее время изучение перспективных видов лекарственных растений с целью расширения номенклатуры отечественных фитопрепаратов остается актуальным направлением современной фармации. К числу перспективных лекарственных растений как источника получения фурукумаринов относятся растения рода пастернак (*Pastinaca*) семейства зонтичные – *Apiaceae* или *Umbelliferae*. Фармакологическое действие лекарственных растений обусловлено не только органическими, но и неорганическими веществами.

Целью исследования явилось изучение элементного состава плодов пастернака посевного методом прямого рентгенофлуоресцентного анализа (РФА). Объект для исследования прессовали в виде таблетки из 1 г тонко измельченного (менее 100 мкм) материала на подложке из борной кислоты. Аналитические линии элементов измеряли на рентгеновском спектрометре S4 Pioneer (Bruker, Германия).

В плодах пастернака посевного установлено высокое содержание калия, фосфора, магния, кальция, кремния, относящихся к эссенциальным элементам, а также таких микроэлементов, как марганец, медь, хром, цинк и железо, необходимых для лечения микроэлементозов.

Ключевые слова: пастернак посевной, *Pastinaca sativa*, макроэлементы, микроэлементы, рентгенофлуоресцентный анализ.

P.V. Krutov, A.N. Tsitsilin, E.V. Chuparina,
A.M. Martynov, K.A. Pupykina, R.R. Fayzullina
**THE STUDY OF THE ELEMENTAL COMPOSITION
OF THE FRUITS OF PASTINACA SATIVA L**

Currently, the study of promising species of medicinal plants with the aim of expanding the range of domestic remedies is an important direction of modern pharmacy. Among the promising medicinal plants, as source of furocoumarins, are the plants of the genus *Pastinaca* of the family *Apiaceae* or *Umbelliferae*. Pharmacological action of medicinal plants is due not only to organic but also inorganic substances.

The aim of the study was to investigate the elemental composition of the fruits of *Pastinaca sativa* by the method of direct x-ray fluorescence analysis (XRF). The object of research was extruded in the form of tablets of 1 g of finely ground (less than 100 microns) material on a substrate of boric acid. Analytical lines of the elements were measured in the x-ray spectrometer S4 Pioneer (Bruker, Germany).

Fruits of the *Pastinaca sativa* has high content of potassium, phosphorus, magnesium, calcium, silicon, referring to essential elements, as well as of minerals, such as manganese, copper, chromium, zinc and iron, necessary for the treatment of microelementoses.

Key words: *Pastinaca sativa*, macronutrients, micronutrients, x-ray fluorescence analysis.

В настоящее время изучение перспективных видов лекарственных растений с целью расширения номенклатуры отечественных фитопрепаратов остается актуальным направлением современной фармации. Исследование химического состава лекарственных растений является необходимым этапом для трактовки механизма фармакологического действия фитопрепаратов в процессе их разработки.

К числу перспективных лекарственных растений как источника получения фурукумаринов относятся растения рода пастернак (*Pastinaca*) семейства зонтичные – *Apiaceae* или *Umbelliferae*. Наиболее распространенным видом как в культивируемом, так и в дикорастущем виде является пастернак посевной.

Пастернак посевной (*Pastinaca sativa* L.) – двухлетнее травянистое растение с мясистым, сочным корнем. Культурная форма растения культивируется на небольших площадях в качестве пищевого растения практически во всем мире. Существует не менее десяти сортов культурной формы пастернака посевного. В дикорастущем виде пастернак посевной представляет собой двулетнее растение с веретеновидным корнем, растет как сорное растение. Встречается на лугах, просеках, вдоль дорог [6].

По данным литературы корень пастернака посевного богат белковыми соединениями – в свежих корнях пастернака содержится около 0,378% белковых веществ, тогда как в корнеплодах других представителей этого семейства

от 0,161 до 0,249%. Также в свежих корнеплодах содержатся пектины (до 7%), пантотеновая и никотиновая кислоты, рибофлавин, каротин, тиамин, аскорбиновая кислота, витамин PP, минеральные элементы (кальций, калий, фосфор, магний, цинк и др.) [2,3].

Плоды пастернака посевного (*Fructus Pastinacae sativae*) содержат эфирное масло, количество которого колеблется от 1,1 до 3,6% в зависимости от района произрастания. В состав эфирного масла входят гептиловый, гексиловый и октилбутиловый эфиры масляной кислоты. Кроме того, в плодах найдены флавоноидные гликозиды – гиперин, рутин, пастерназид, фурукумарины (до 2,6%) – псорален, бергаптен, ксантотоксин, изопимпинелин, императорин, сфондин, ксантотоксол. Содержание различных фурукумариновых компонентов варьирует в разных сортах пастернака. Сфондин во всех сортах содержится в незначительных количествах, преобладают в основном ксантотоксин и бергаптен. Содержание жирного масла в плодах пастернака достигает 10% [3].

В траве пастернака посевного обнаружены эфирное масло, витамин С, каротин, рибофлавин, тиамин, фолиевая кислота, фурукумарины [2,3].

Из-за высокой пищевой ценности и богатого разнообразия биологически активных компонентов различные части растения применяются во многих сферах народного хозяй-

ства – в кулинарии (листья и корни), сельском хозяйстве (листья и корни), косметологии (корни), в официальной (плоды) и народной медицине (трава, корни и плоды) [3].

Поскольку фармакологическое действие лекарственного растения обусловлено не только органическими, но и неорганическими веществами, а также для исключения эффекта токсичности целесообразным является исследование его микро- и макроэлементного состава.

Таки образом, целью исследования явилось изучение элементного состава плодов пастернака посевного.

Материал и методы

Объектом исследования служили плоды пастернака посевного, заготовленные в ботаническом саду ФГБНУ ВИЛАР. В связи с тем, что растение является двулетним, сбор плодов осуществляли с двух посадок пастернака в течение восьми лет.

Элементный состав плодов пастернака определяли методом прямого рентгенофлуоресцентного анализа (РФА).

РФА зарекомендовал себя в качестве надежного инструмента одновременного определения макро- и микроэлементов в различных растительных и биологических материалах [4]. Одним из преимуществ прямого РФА перед аналитическими методами, для выполнения которых требуется разрушение (вскрытие) исходного образца воздействием высокой температуры или химических реагентов, является отсутствие в результатах не-

определенностей, связанных именно со стадией пробоподготовки. При этом исключаются неполное вскрытие образца, загрязнение его реактивами, а также потеря элементов в ходе реакции и другие, порой не поддающиеся контролю факторы.

В настоящем исследовании пробоподготовка к РФА не требовала разрушения объекта. Объект для исследования прессовали в виде таблетки из 1 г тонко измельченного (менее 100 мкм) материала на подложке из борной кислоты.

Аналитические линии элементов Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Ba, Pb измеряли на рентгеновском спектрометре S4 Pioneer (Bruker, Германия): рентгеновская трубка с родиевым анодом, напряжение 30-50 кВ в зависимости от определяемого элемента.

Для расчета искомой концентрации элементов строили градуированные графики, используя государственные стандартные образцы зерен пшеницы СБМП-02 [1], листа березы Лб-1, травосмеси Тр-1 и стандартные образцы веток и листьев тополя и листьев чая GSV- 1-4.

Пределы обнаружения рассчитывали по 3 σ -критерию с учетом погрешности измерения фона рядом с линией [5] с помощью излучателей стандартных образцов.

Результаты и обсуждение

Полученные результаты анализа плодов пастернака посевного представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Содержание макроэлементов в плодах пастернака посевного разных годов сбора, %

Год сбора	Повторность	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe
2007	1-й результат	0,0027	0,258	0,0026	0,023	0,561	0,249	0,058	1,523	1,000	0,0037	0,010
	2-й результат	0,0017	0,272	0,0027	0,021	0,582	0,256	0,060	1,506	1,003	0,0038	0,010
	Среднее	0,0022	0,265	0,0027	0,022	0,572	0,253	0,059	1,515	1,002	0,0038	0,010
2008	1-й результат	0,0011	0,285	0,0066	0,033	0,503	0,223	0,036	1,161	1,100	0,0036	0,014
	2-й результат	0,0027	0,281	0,0067	0,034	0,495	0,221	0,036	1,161	1,101	0,0036	0,014
	Среднее	0,0019	0,283	0,0067	0,033	0,499	0,222	0,036	1,161	1,101	0,0036	0,014
2009	1-й результат	0,0023	0,272	0,0059	0,031	0,461	0,217	0,040	1,196	1,094	0,0035	0,012
	2-й результат	0,0025	0,278	0,0066	0,033	0,464	0,216	0,038	1,169	1,069	0,0034	0,011
	Среднее	0,0024	0,275	0,0063	0,032	0,463	0,217	0,039	1,183	1,082	0,0035	0,011
2010	1-й результат	0,0024	0,348	0,003	0,024	0,56	0,255	0,112	1,763	1,053	0,0032	0,009
	2-й результат	0,0018	0,351	0,0032	0,023	0,554	0,253	0,113	1,797	1,081	0,0032	0,009
	Среднее	0,0021	0,350	0,0031	0,023	0,557	0,254	0,112	1,780	1,067	0,0032	0,009
2012	1-й результат	0,0026	0,28	< 0,0020	0,014	0,556	0,245	0,077	1,693	0,754	0,0029	0,007
	2-й результат	0,0035	0,279	< 0,0020	0,014	0,555	0,249	0,079	1,734	0,762	0,0028	0,008
	Среднее	0,0031	0,280	< 0,0020	0,014	0,556	0,247	0,078	1,714	0,758	0,0029	0,008
2013	1-й результат	0,0031	0,279	< 0,0020	0,018	0,566	0,251	0,078	1,784	0,812	0,0029	0,008
	2-й результат	0,004	0,284	0,0025	0,020	0,564	0,25	0,076	1,738	0,789	0,0029	0,008
	Среднее	0,0036	0,282	0,0025	0,019	0,565	0,251	0,077	1,761	0,801	0,0029	0,008
2014	1-й результат	0,0023	0,316	< 0,0020	0,010	0,563	0,228	0,050	1,416	0,862	0,0042	0,008
	2-й результат	0,0023	0,317	< 0,0020	0,012	0,58	0,233	0,053	1,436	0,869	0,0043	0,008
	Среднее	0,0023	0,317	< 0,0020	0,011	0,572	0,231	0,051	1,426	0,866	0,0043	0,008
2015	1-й результат	0,002	0,31	< 0,0020	0,014	0,595	0,243	0,064	1,531	0,866	0,0041	0,012
	2-й результат	0,0054	0,308	< 0,0020	0,014	0,587	0,244	0,064	1,538	0,872	0,0041	0,012
	Среднее	0,0037	0,309	< 0,0020	0,014	0,591	0,244	0,064	1,535	0,869	0,0041	0,012

Содержание микроэлементов в плодах пастернака посевного разных годов сбора, PPM*

Год сбора	Повторность	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Ba	Pb	Ti	Cr
2007	1-й результат	4,1	13	54	< 3	26	<1	5,1	3,1	3,3	<1
	2-й результат	3,7	13	53	< 3	21	<1	4,2	3,1	3,0	<1
	Среднее	3,9	13	54	< 3	24	<1	4,7	3,1	3,2	<1
2008	1-й результат	3,6	12	60	3,5	21	<1	4,0	3,0	6,2	<1
	2-й результат	3,9	12	61	< 3	24	<1	3,2	<3	5,7	<1
	Среднее	3,8	12	61	3	23	<1	3,6	3	6,0	<1
2009	1-й результат	4,6	12	59	3,6	23	<1	5,2	4,1	3,8	<1
	2-й результат	4,4	11	56	3	23	<1	5,4	5,5	4,1	<1
	Среднее	4,5	11	57	3,3	23	<1	5,3	4,8	4,0	<1
2010	1-й результат	2,1	13	58	5,3	30	<1	5,7	4,2	< 3	<1
	2-й результат	2,9	13	60	3,1	33	<1	7,0	5,7	3,0	<1
	Среднее	2,5	13	59	4,2	31	<1	6,4	5,0	3,0	<1
2012	1-й результат	2,3	12	45	< 3	19	<1	< 3	3,9	< 3	<1
	2-й результат	2,9	12	44	< 3	17	<1	4,4	3,7	< 3	<1
	Среднее	2,6	12	44	< 3	18	<1	4	3,8	< 3	<1
2013	1-й результат	2,8	12	47	3,8	20	<1	6,7	4,5	< 3	<1
	2-й результат	2,9	12	44	5,1	19	<1	6,4	3,7	< 3	<1
	Среднее	2,9	12	46	4,5	20	<1	6,6	4,1	< 3	<1
2014	1-й результат	6,0	13	64	< 3	22	<1	8,6	3,9	< 3	<1
	2-й результат	5,8	13	65	< 3	23	<1	3,6	3,2	< 3	<1
	Среднее	5,9	13	65	< 3	23	<1	6,1	3,6	< 3	<1
2015	1-й результат	5,5	12	58	3,5	21	<1	5,6	5,2	< 3	<1
	2-й результат	5,4	12	59	3,6	23	<1	7,6	4,5	< 3	<1
	Среднее	5,5	12	59	3,6	22	<1	6,6	4,9	< 3	<1

* 1 ppm = 1 мкг/г или 10⁻⁴ %.

Таким образом, в плодах пастернака посевного обнаружены такие элементы, как Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Zr, Ba, Pb, Ti, Cr. Установлено высокое содержание калия, фосфора, магния, кальция, кремния, относящихся к эссенциальным элементам. Эти элементы играют важную роль при обеспечении функционирования сердечно-сосудистой системы, в процессах энергетического обмена веществ, контроле уровня холестерина. В плодах пастернака обнаружены также такие микроэлементы, как Mn, Cu, Cr, Zn и Fe, необходимые для лечения микроэлементозов.

При сравнении содержания микроэлементов с предельно допустимыми уровнями концентраций для растений установлено, что в исследуемых образцах плодов пастернака их концентрации ниже токсичных значений.

Выводы

Анализ полученных результатов исследования показал, что плоды пастернака имеют богатый макро- и микроэлементный состав. В них высокое содержание эссенциальных элементов, что расширяет область применения данного вида сырья в терапии различных заболеваний.

Сведения об авторах статьи:

Крутов Павел Валентинович – к.фарм.н., директор по производству ЗАО «Фармцентр ВИЛАР». Адрес: 117216, г. Москва, ул. Грина, 7, стр. 29. E-mail: krutovpv@mail.ru

Цицилин Андрей Николаевич – к.б.н., зав. лабораторией «Ботанический сад» ФГБНУ ВИЛАР. Адрес: 117216, г. Москва, ул. Грина, 7 стр. 1.

Чупарина Елена Владимировна – к.х.н., с.н.с. лаборатории спектральных методов анализа ФГБНУ Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН. Адрес: 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1А.

Мартынов Альберт Михайлович – к.фарм.н., доцент кафедры фармации ИГМАПО-филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России. Адрес: 664049, г. Иркутск, Юбилейный мкр, 100.

Пупыкина Кира Александровна – д.фарм.н., профессор кафедры фармакогнозии с курсом ботаники и основ фитотерапии ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. Тел./факс: 8(347) 271-22-85.

Файзуллина Рената Ринатовна – к.фарм.н., доцент кафедры фармакогнозии с курсом ботаники и основ фитотерапии ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. Тел./факс: 8(347) 271-22-85.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арнаутов, Н.В. Стандартные образцы химического состава природных минеральных веществ: методические рекомендации. – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1987. – 204 с.
2. Пименов М.Г. Зонтичные (Umbelliferae) России / М.Г. Пименов, Т.А. Остроумова. – СПб.: КМК, 2012. – 490 с.
3. Растительные ресурсы России. Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Том 3. Семейства Fabaceae-Ariaceae / под ред. А. А. Буданцева. – СПб.: КМК, 2010. – 608 с.
4. Ревенко, А.Г. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ природных материалов. – Новосибирск: Наука - Сиб. изд. фирма, 1994. – 264 с.
5. Смагунова А.Н., Козлов В.А. Примеры применения математической теории эксперимента в рентгенофлуоресцентном анализе. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 1990. – 230 с.
6. Шептухов В.Н., Гафуров Р.М., Папаскири Т.В. [и др.]. Пастернак луговой (пастернак обыкновенный) – *Pastinaca sativa* L. // Атлас основных видов сорных растений России. – М.: Колос, 2009. – С. 125-192 с.