

ISSN 1561-8331(print.)
УДК 543.429.23:582.998

Поступила в редакцию 21.02.2017
Received 21.02.2017

С. Н. Шиш¹, А. Г. Шутова¹, Е. Д. Скаковский², Л. Ю. Тычинская²

¹Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Беларусь
²Институт физико-органической химии НАН Беларуси, Минск, Беларусь

СОСТАВ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ СОЦВЕТИЙ КАЛЕНДУЛЫ МЕТОДОМ ЯМР

Аннотация: Методом ЯМР исследован состав водных экстрактов соцветий календулы лекарственной сортов «Гейша», «Махровый 2000», «Дракон», «Принц Индии». Для анализа использовали соцветия календулы. Растения выращивали на экспериментальном участке отдела биохимии и биотехнологии растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Соцветия сорта «Махровый 2000» собирали в июле 2013–2016 гг., остальных сортов – в 2016 г. Сырье высушивали до воздушно-сухого состояния и хранили в темноте, а затем измельчали в агатовой ступке либо в кофемолке. Экстракцию осуществляли дистиллированной и дейтерированной водой (D₂O) в соотношении растительное сырье : экстрагент = 1:15. В результате установлены качественный и количественный составы водных экстрактов изучаемых сортов. В исследованных образцах обнаружено 11 аминокислот: аланин, γ-аминомасляная кислота, аспарагин, валин, глутамин, изолейцин, лейцин, пролин, тирозин, треонин и фенилаланин, среди которых преобладали аспарагин и пролин. Кроме того, определены моносахариды: 2 изоформы глюкозы и 3 изоформы фруктозы. Анализ спектров на ядрах ³¹P показал, что в водном экстракте цветков календулы в заметных количествах присутствуют и фосфаты. Показано, что сорта календулы «Гейша», «Махровый 2000», «Принц Индии» имели сходный качественный и количественный составы углеводов и сахаров. Спектрально отличались экстракты сорта «Дракон», в пуле аминокислот преобладал аспарагин, а содержание β-фруктопиранозы было понижено по сравнению с другими сортами.

Ключевые слова: соцветия календулы, водные экстракты, ЯМР анализ, аминокислоты, моносахариды

Для цитирования: Состав водных экстрактов соцветий календулы методом ЯМР / С. Н. Шиш [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2017. – № 3. – С. 45–52.

S. N. Shysh¹, H. G. Shutava¹, E. D. Skakovski², L. Yu. Tychinskaya²

¹The Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus
²The Institute of Physical Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

NMR INVESTIGATION OF THE COMPOSITION OF AQUEOUS EXTRACTS FROM POT MARIGOLD INFLORESCENCE

Abstract: Using NMR analysis, the composition of the aqueous extracts of pot marigold inflorescence of cultivars “Geisha”, “Mahrovy 2000”, “Dragon”, “Prince of India” were investigated. Inflorescences of pot marigold were used for the analysis. Plants were grown in the experimental area of the Department of Biochemistry and Biotechnology of Plants of Central Botanical Garden of the NAS of Belarus. Inflorescence of “Mahrovy 2000” was collected in July 2013–2016, other varieties – in 2016. The raw materials were air dried and kept in the dark, then crushed in an agate mortar or in a coffee grinder. The extraction was performed with distilled and deuterated water (D₂O) at a ratio of plant raw material : extractant = 1 : 15. As a result, the qualitative and quantitative composition of aqueous extracts of cultivars was determined. In the investigated samples 11 aminoacids: alanine, γ-aminobutyric acid, asparagine, valine, glutamine, isoleucine, leucine, proline, tyrosine, threonine and phenylalanine were determined, asparagine and proline prevailed. Monosaccharides, such as 2 isoforms of glucose and 3 isoforms of fructose, were determined as well. Analysis of the spectra on ³¹P showed that phosphate is present in significant amounts in the aqueous extract of pot marigold flowers. “Geisha”, “Mahrovy 2000” and “Prince of India” varieties were shown to have similar qualitative and quantitative composition of carbohydrates and sugars. Spectrum of extracts of the variety “Dragon” was different from the others with the asparagine predominance in the pool of amino acids, and the content of β-fructopyranose lower in comparison with other varieties.

Keywords: pot marigold inflorescence, aqueous extracts, NMR analysis, aminoacids, monosaccharides

For citation: Shysh S. N., Shutava H. G., Skakovski E. D., Tychinskaya L. Yu. NMR investigation of the composition of aqueous extracts from pot marigold inflorescence. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk*. [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, chemical series], 2017, no. 3, pp. 45–52 (In Russian).

Введение. *Calendula officinalis* L. – однолетнее травянистое растение семейства Asteraceae, широко используемое в медицинской практике. В результате химических исследований в *C. officinalis* установлено присутствие различных классов соединений, в том числе терпенов, фенолов, липидов, углеводов и др. [1]. В цветочных корзинках растения содержатся каротиноиды (около 3%): β-каротин, рубиксантин, ликопин, цитроксантин, виолоксантин, флавохром, флавоксантин и др., также в соцветиях календулы найдены углеводороды парафинового ряда, три-

терпеновые гликозиды, флавоноиды, горькие вещества и органические кислоты [2]. Другие биологически активные вещества цветков календулы остаются малоизученными.

В литературе описаны преимущественно спиртовые и водно-спиртовые экстракты измельченных воздушно-сухих цветков календулы. Водные экстракты, как правило, отличаются своим составом и практически не изучены, хотя экстракция растительного сырья водой происходит при заваривании фиточаев, травяных сборов и т.п.

В качестве инструментальной базы для контроля компонентного состава экстрактов преимущественно используются методы хроматографии. Хроматограммы дают исчерпывающую информацию о составе всех компонентов, однако, для получения достоверных результатов при анализе смесей в хроматографии предполагается использование различных колонок и наличие индивидуальных компонентов, что увеличивает время анализа. Ранее нами было показано [3], что метод ЯМР высокого разрешения обладает высокой чувствительностью, позволяющей анализировать водные экстракты на различных ядрах, давая достоверные результаты. Цель настоящей работы – анализ методом ЯМР водных экстрактов соцветий календулы разных сортов.

Материалы (объекты) и методы исследования. Для исследований выбраны следующие сорта календулы: «Гейша», «Махровый 2000», «Дракон», «Принц Индии» (рис. 1).

Исследуемые сорта имеют следующие характеристики:

Махровый 2000 – куст ветвистого типа, сильнооблиственный. Высота – 60–70 см. Лист зеленый, опушенный. Соцветие средней плотности, диаметром 7,9 см, расположено на верхушках стебля и боковых побегах, среднее количество соцветий на одном растении 25–32 шт., соцветий на цветоносе 1 шт. Цветок сильномахровый, ярко-оранжевой окраски. Цветонос прочный.

Гейша – сильноветвистое растение высотой до 55 см, с крупными густомахровыми соцветиями, черепитчатой формы, диаметром до 10 см. Типы цветков в соцветии: язычковые (ярко-оранжевые), трубчатые (темно-бордовые). Сорт отличается декоративностью, устойчив в срезке в течение 1–2 недель.

Дракон – высота до 70 см. Соцветия густомахровые отличаются двойной окраской: внутри нежно персиковые, а снаружи насыщенно-оранжевые. Отличается повышенной декоративностью, подходит для срезки.



Рис. 1. Сорта календулы лекарственной: а – «Гейша»; б – «Махровый 2000»; в – «Дракон»; г – «Принц Индии»

Fig. 1. Pot marigold cultivars: а – “Geisha”; б – “Mahrovyy 2000”; в – “Dragon”; г – “Prince of India”

Принц Индии – высота – 60 см. Соцветия черепитчатой формы. Язычковые лепестки ярко-оранжевые сверху, коричнево-красные с оборотной стороны. Сорт универсального использования, пригоден для срезки.

Сырье выращивали на экспериментальном участке отдела биохимии и биотехнологии растений ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси». Соцветия сорта «Махровый 2000» собирали в июле месяце 2013–2016 гг., остальных сортов – в 2016 г. Сырье высушивали до воздушно-сухого состояния и хранили в темноте, а затем измельчали в агатовой ступке, либо в кофемолке. Экстракцию осуществляли как дистиллированной (H_2O), так и дейтерированной водой (D_2O) в соотношении растительное сырье : экстрагент = 1:15. Отфильтрованный экстракт в первом случае помещали во вкладыш с внешним диаметром 3,8 мм и запаивали, а во втором – непосредственно в ампулу ЯМР. В раствор переходило ~ 15 % от массы воздушно-сухого вещества.

Спектры ЯМР водных растворов зарегистрированы на спектрометре AVANCE-500 (Bruker) с рабочей частотой 500, 126 и 202 МГц для ядер 1H , ^{13}C и ^{31}P соответственно при температуре 293 К. В качестве внутреннего стандарта использовали добавленный в раствор *трет*-бутиловый спирт, для протонов метильных групп которого химический сдвиг $\delta (CH_3)_3 = 1,24$ м.д., а для ядер $^{13}C - \delta (CH_3)_3 = 30,29$ м.д. Для ядер ^{31}P химические сдвиги регистрировали относительно ортофосфорной кислоты (H_3PO_4 , $\delta = 0$ м.д.). Запись проводили как с подавлением протонного взаимодействия, так и без подавления. В случае использования дистиллированной воды в качестве экстрагента между стенками вкладыша и ампулы ЯМР для осуществления дейтронной стабилизации вносили дейтеробензол (C_6D_6). Запись спектров осуществляли в «количественном» режиме. Протонные и фосфорные спектры накапливались в течение 10 мин, а углеродные – 12 ч. Все экспериментальные данные получены и обработаны с помощью пакета программ XWIN – NMR 3.5. Для идентификации соединений в экстрактах в аналогичных условиях записаны спектры ряда индивидуальных аминокислот и сахаров.

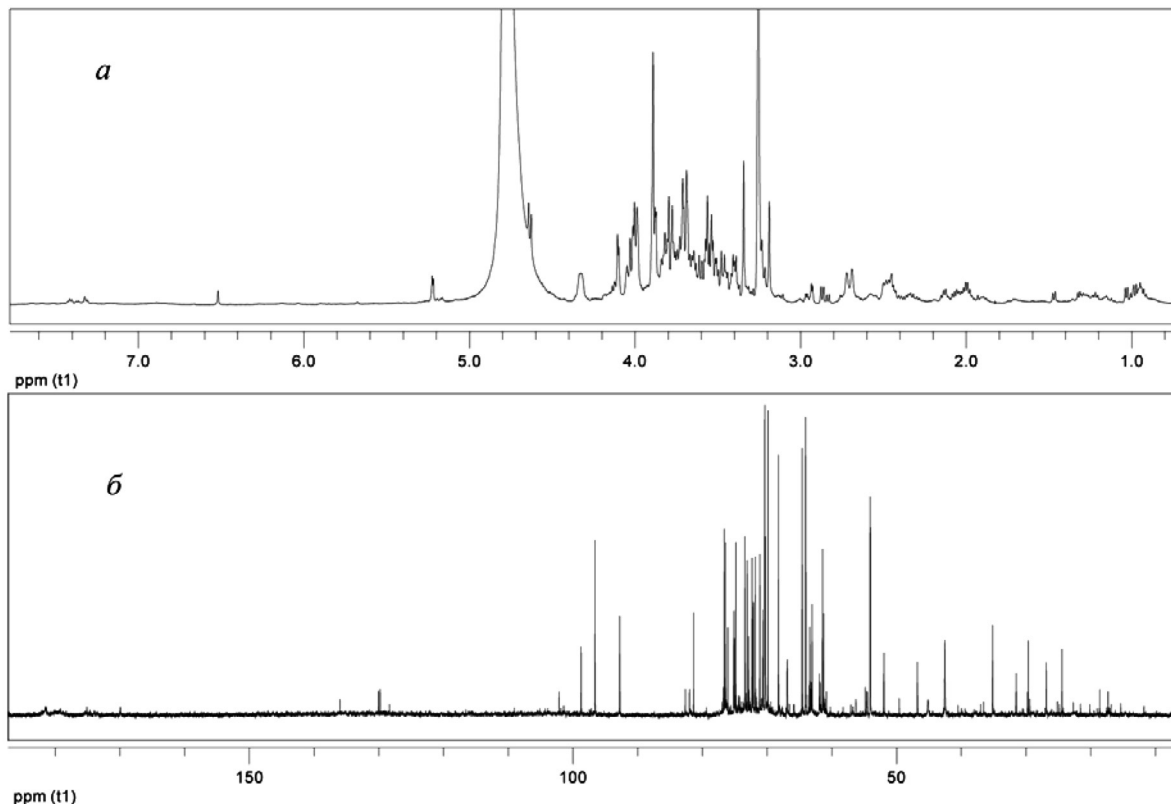


Рис. 2. ЯМР спектры 1H (а) и ^{13}C (б) водных (D_2O) экстрактов соцветий календулы сорта «Гейша»

Fig. 2. NMR spectra of the 1H (a) and ^{13}C (b) aqueous (D_2O) extracts of the “Geisha” pot marigold inflorescence

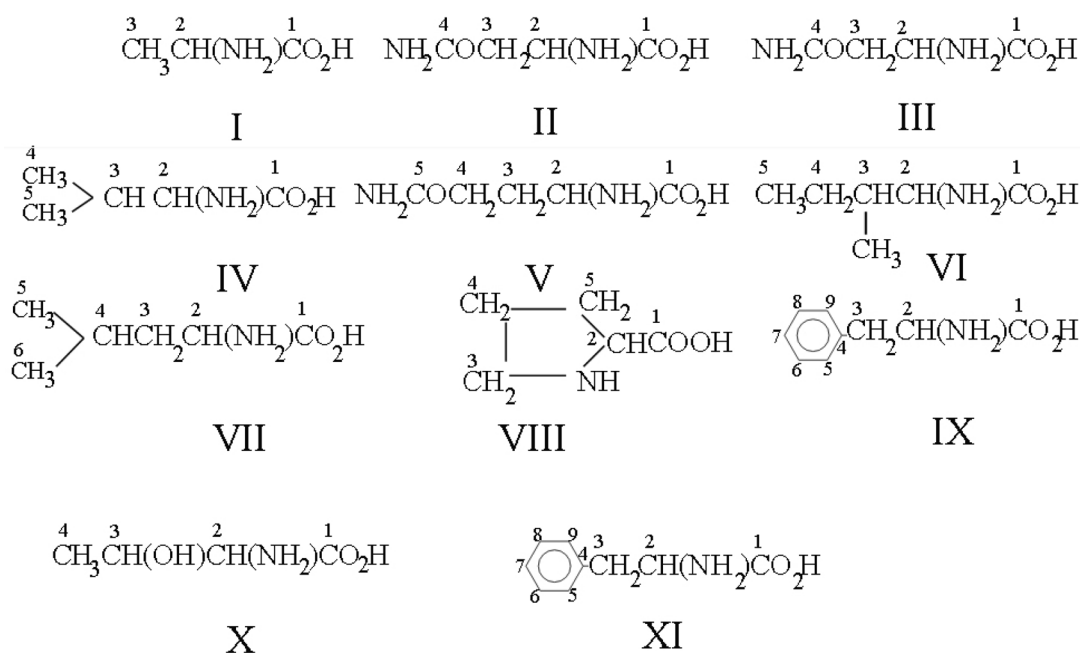


Рис. 3. Структурные формулы аминокислот водных экстрактов календулы

Fig. 3. Structure formulas of pot marigold aqueous extract aminoacids

Результаты и их обсуждение. В результате исследований установлены качественный и количественный составы водных экстрактов изучаемых сортов. На рис. 2 приведены спектры ^1H (а) и ^{13}C (б) водных (D_2O) экстрактов цветков календулы сорта «Гейша».

Отмечено, что экстракты, полученные с использованием различных экстрагентов из соцветий разных урожаев сорта «Махровый 2000» по количеству идентифицированных соединений отличаются незначительно. А значит, условия вегетационного периода и хранения не оказывают явного негативного влияния на качество растительного сырья календулы.

В исследованных образцах обнаружены следующие аминокислоты: аланин (I), γ -аминомасляная кислоты (II), аспарагин (III), валин (IV), глутамин (V), изолейцин (VI), лейцин (VII), пролин (VIII), тирозин (IX), треонин (X) и фенилаланин (XI). На рис. 3 показаны структурные формулы этих аминокислот.

Кроме того, в растворах присутствуют моносахариды – глюкоза и фруктоза. Известно [4], что фруктоза в водных экстрактах существует в виде пяти конформеров. Из-за малой концентрации и большого количества сигналов аминокислот удалось идентифицировать только три мажорных компонента: β -фруктопираноза (XII), β -фруктофураноза (XIII) и α -фруктофураноза (XIV) (рис. 4, а) В отличие от фруктозы глюкоза в водном растворе присутствует в виде двух изомеров: β -глюкопиранозы (XV) и α -глюкопиранозы (XVI) (рис. 4, б) [5].

Кроме того, в заметных количествах в водном экстракте календулы присутствуют соединения, содержащие метоксигруппы (^1H , δ м.д. = 3,26, 3,35; ^{13}C , δ м.д. = 54,01, 54,04, 54,07). Эти группы, по-видимому, связаны с молекулами сахаров (^{13}C , δ м.д. = 66,86; 70,47; 71,12; 71,82; 72,16; 72,86; 73,09; 73,43; 75,04). Для идентификации этих соединений необходимо выделение их из экстракта, что на данный момент не представляется возможным.

Анализ спектров на ядрах ^{31}P показал, что в водном экстракте цветков календулы в заметных количествах присутствуют и фосфаты: $\delta = 0,11$ м.д.

Данные о химических сдвигах идентифицированных аминокислот и углеводов представлены в табл. 1 и 2.

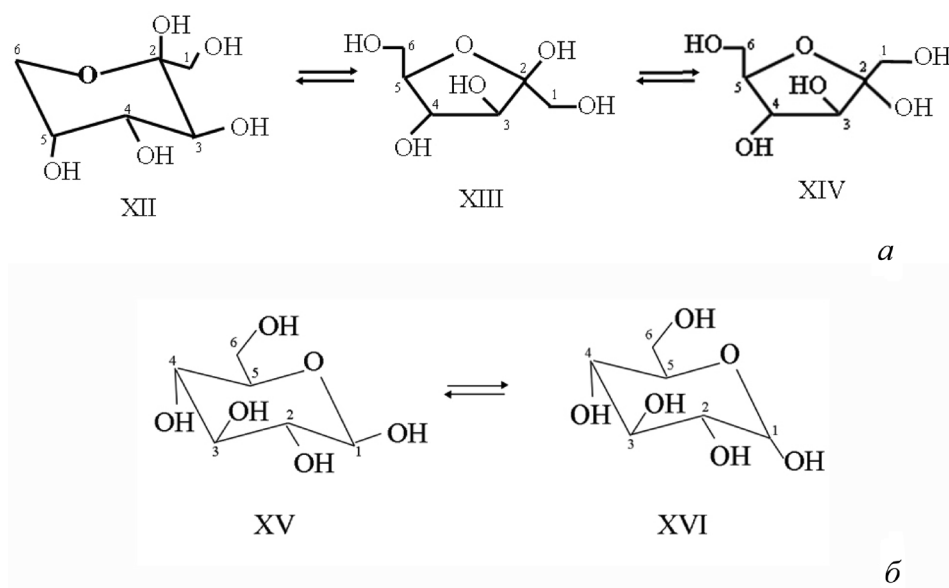


Рис. 4. Структурные формулы преобладающих моносахаридов водных экстрактов календулы: а – изомеры фруктозы; б – изомеры глюкозы

Fig. 4. Structure formulas of the prevailing monosaccharides in the aqueous extracts of pot marigold: а – fructose isomers; б – glucose isomers

Таблица 1. Химические сдвиги (δ м.д.) ядер ^1H и ^{13}C аминокислот (АК) D_2O экстрактов соцветий календулы

Table 1. Chemical shifts (δ м.д.) of the ^1H and ^{13}C nuclei of aminoacids (АК) of the D_2O pot marigold inflorescence extracts

АК	C(1)	C(2)	C(3)	C(4)	C(5)	C(6)	C(7)	C(8)	C(9)
^1H									
I		3,77	1,47						
II		2,29	1,90	3,01					
III		4,00	2,85; 2,94						
IV		3,60	2,27	1,04	0,99				
V		3,77	2,13	2,41; 2,47					
VI		3,66	1,98	1,27; 1,47	0,93	1,00			
VII		3,72	1,72	1,72	0,96	0,95			
VIII		4,12	3,35; 3,43	2,01	2,05; 2,34				
IX		3,93	3,07; 3,18		7,18	6,88		6,88	7,18
X		3,58	4,25	1,33					
XI		3,98	3,12; 3,28		7,32	7,42	7,36	7,42	7,32
^{13}C									
I	176,44	51,14	16,80						
II	181,73	35,00	24,20	39,85					
III	173,92	51,91	35,12	175,06					
IV	174,64	60,93	29,65	18,57	17,21				
V	174,59	54,80	26,84	31,48	178,24				
VI	174,63	60,14	36,46	25,03	11,69	15,27			
VII	176,28	54,10	40,49	24,85	22,72	21,55			
VIII	174,92	61,63	46,48	24,21	29,42				
IX	174,66	56,78	36,17	157,52	131,44	116,52	155,57	116,52	131,44
X	173,28	61,00	66,46	20,06					
XI	174,39	56,64	36,95	135,67	129,95	129,70	128,27	129,70	129,95

Таблица 2. Химические сдвиги (δ м.д.) ядер ^1H и ^{13}C изомеров фруктозы и глюкозы D_2O экстрактов соцветий календулыTable 2. Chemical shifts (δ м.д.) of the ^1H and ^{13}C nuclei of fructose and glucose isomers of the D_2O pot marigold inflorescence extracts

Изомер	C(1)	C(1')	C(2)	C(3)	C(4)	C(5)	C(6)	C(6')
^1H								
XII	3,70	3,55		3,79	3,88	3,98	4,01	3,69
XIII	3,58	3,54		4,10	4,10	3,83	3,79	3,66
XIV	3,66	3,63		4,09	3,98	4,05	3,80	3,68
XV	4,63		3,24	3,46	3,40	3,45	3,89	3,71
XVI	5,22		3,52	3,69	3,41	3,81	3,80	3,75
^{13}C								
XII	64,56		98,74	68,23	70,36	69,88	64,03	
XIII	69,05		102,16	76,06	75,12	81,35	63,05	
XIV	63,31		105,12	82,65	76,63	81,98	61,76	
XV	96,59		74,82	76,44	70,28	76,63	61,43	
XVI	92,77		72,11	73,43	70,36	72,33	61,27	

Результаты нашего исследования хорошо коррелируют с литературными данными для химических сдвигов сахаров [4, 5] и аминокислот [6].

В результате количественной обработки спектров определено содержание компонентов водных экстрактов соцветий календулы различных сортов, которые представлены в табл. 3.

Таблица 3. Содержание аминокислот и сахаров в водном экстракте (D_2O) соцветий календулы разных сортов (моль%)Table 3. Aminoacids and sugars content in an aqueous extract (D_2O) of the different varieties of pot marigold inflorescence (mol. %)

Название	Махровый 2000				Гейша 2016 г.	Дракон 2016 г.	Принц Индии 2016 г.
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.			
Аланин	1,0	0,9	0,8	0,5	0,9	1,3	1,0
γ -аминомасляная кислота	2,2	1,3	0,8	1,3	2,6	2,0	2,3
Аспарагин*	4,8	3,6	2,7	3,2	5,6	16,1	6,2
Валин*	1,1	1,1	1,1	0,5	1,2	2,0	1,3
Глутамин	3,1	3,1	2,2	1,3	3,1	4,3	3,8
Изолейцин*	0,9	0,9	0,5	0,6	0,8	1,3	0,7
Лейцин*	0,9	0,9	0,4	0,6	1,1	1,4	0,9
Пролин	6,8	7,7	6,1	10,2	6,7	6,7	8,3
Тирозин	0,3	0,5	0,5	0,2	0,3	0,3	0,5
Треонин*	0,8	0,8	0,7	0,2	1,0	1,4	1,0
Фенилаланин*	1,0	0,9	1,0	0,6	1,1	1,2	0,7
Сумма кислот	22,9	21,7	16,8	19,2	24,4	38,0	26,7
β -фруктопираноза	21,9	21,7	22,7	24,4	19,5	6,1	15,9
β -фруктофураноза	7,2	7,1	7,4	7,9	6,4	2,0	5,2
α -фруктофураноза	2,0	2,0	2,1	2,2	1,8	0,6	1,4
β -глюкопираноза	3,8	4,6	6,6	9,7	7,8	4,9	6,5
α -глюкопираноза	2,5	3,1	4,4	6,5	5,2	3,3	4,4
Сумма сахаров	37,4	38,5	43,2	50,5	40,7	16,36	33,4

Примечание. * Незаменимые аминокислоты.

Установлено, что сумма идентифицированных соединений составляет ~ 60 моль. %. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что наиболее представительными аминокислотами в соцветиях календулы являются пролин и аспарагин, а из моносахаридов – фруктозы. Достаточно высокое суммарное содержание аминокислот в водных экстрактах календулы позволяет рассматривать ее как перспективное средство для использования при заболеваниях, сопро-

вождающихся белковой недостаточностью, с целью улучшения метаболических и репаративных процессов в послеоперационном периоде, для лечения травм, ожогов, параличей, диареи, поражений печени [7].

Заклучение. Таким образом, показано, что сорта календулы «Гейша», «Махровый 2000», «Принц Индии» имеют сходный качественный и количественный составы углеводов и сахаров. Спектрально отличаются экстракты сорта «Дракон», в пуле аминокислот которого преобладает аспарагин, а содержание β -фруктопиранозы понижено по сравнению с другими сортами, что, вероятно, можно объяснить различным строением цветка, а именно преобладанием трубчатых лепестков в соцветии данного сорта и в связи с этим увеличением различных биологически активных веществ. Такая зависимость была показана ранее авторами [8] для распределения каротиноидов, флавоноидов и эфирных масел в соцветиях календулы. В целом для этого сорта характерно преобладание белкового метаболизма над углеводным, в отличие от других исследованных сортов.

Показано, что в водных экстрактах соцветий календулы содержатся важные для человека аминокислоты, что обуславливает широкий спектр фармакологической активности водных настоев календулы. Установлено достаточно высокое содержание моносахаридов с преобладанием β -фруктопиранозы, определяющих хорошие органолептические свойства травяных сборов с календулой.

Благодарности. Статья подготовлена по материалам доклада, представленного на конференции «Молодежь в науке – 2016», 22–25 ноября 2016 г.

Acknowledgements. This article is based on the materials presented at the conference «Youth in science – 2016», November 22–25th, 2016.

Список использованных источников

1. Muney, B. P. Phytochemical Compostituents and Pharmacological Activities of *Calendula officinalis* Linn (Asteraceae): A Review / B. P. Muney, S. S. Khadabadi, N. B. Banarase // *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. – 2009. – Vol. 8(5). – P. 455–465.
2. Специализированный кадастр растений, животных, грибов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bchemcad.basnet.by/plants.php>. [дата обращения: 25.08.2016].
3. ЯМР-спектроскопия в исследовании водных экстрактов травы пожитника греческого (*Trigonella foenum graecum* L.) / Е. Д. Агабалаева [и др.] // *Журн. прикл. спектроскопии*. – 2014. – Т. 81, № 4. – С. 543–547.
4. Observation of the keto tautomer of d-fructose in D₂O using 1H NMR spectroscopy / T. Barclay [et al.] // *Carbohydrate research*. – 2012. – Vol. 347, № 1. – P. 136–141.
5. NMR spectra (1H, 13C) of glucosinolates / W. Curatolo [et al.] // *Carbohydrate research*. – 1983. – Vol. 112, № 2. – P. 297–300.
6. Yamaji, T. Welcome to Spectral Database for Organic Compounds, SDBS [Электронный ресурс] / T. Yamaji. – Режим доступа: <http://sdb.sdb.aist.go.jp>. [Accessed: Feb.25, 2016].
7. Сафонова, И. А. Изучение аминокислотного состава пузыреплодника калинолистного (*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim). [Электронный ресурс] / И. А. Сафонова. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-aminokislotojnogo-sostava-puzyreplodnika-kalinolistnogo-physocarpus-opulifolius-l-maxim> [дата обращения 25.08.2016].
8. Исмагилов, Р. Р. Календула / Р. Р. Исмагилов, Д. А. Костылев. – Уфа: БГАУ, – 2000. – 102 с.

References

1. Muney B. P., Khadabadi S. S., Banarase N. B., “Phytochemical Compostituents and Pharmacological Activities of *Calendula officinalis* Linn (Asteraceae): A Review”, *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 2009, vol. 8(5), pp. 455–465.
2. “Specialized cadastre of plants, animals, mushrooms”, Available at: <http://bchemcad.basnet.by/plants.php>, (accessed 25.08.2016).
3. Agabaliaeva E. D., Karankevich E. G., Matveichuk S. V., Reshetnikov V. N., Skakovskii E. D., Tychinskaia L. Iu., “NMR spectroscopy of aqueous extracts of fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.)”, *Zhurnal prikladnoi spektroskopii* [Journal of Applied Spectroscopy (JAS)], 2014, vol. 81, no. 4, pp. 543–547.
4. Barclay T., Ginic-Markovic M., Johnston M. R., Cooper P., Petrovsky N., “Observation of the keto tautomer of d-fructose in D₂O using 1H NMR spectroscopy”, *Carbohydrate research*, 2012, vol. 347, no. 1, pp. 136–141.
5. Curatolo W., Neuringer L. J., Ruben D., Haberkorn R., “Two-dimensional J-resolved 1H-nuclear magnetic resonance spectroscopy of α,β -d-glucose at 500 MHz”, *Carbohydrate research*, 1983, vol. 112, no. 2, pp. 297–300.

6. Yamaji, T. “Welcome to Spectral Database for Organic Compounds, SDBS”, Available at: <http://sdb.sdb.aist.go.jp>, (accessed Feb.25, 2016).

7. Safonova I. A., “A study of the amino acid composition of the Pacific ninebark (*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim)”, Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-aminokislotnogo-sostava-puzyreplodnika-kalinolistnogo-physocarpus-opulifolius-l-maxim>, (accessed 25.08.2016).

8. Ismagilov R. R., Kostylev D. A., *Kalendula* [Calendula], BGAU, Ufa, RU, 2000.

Информация об авторах

Шыш Светлана Николаевна – науч. сотрудник, Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: svetlana.shysh@gmail.com.

Шутова Анна Геннадьевна – канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник, Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: anna_shutova@mail.ru.

Скаковский Евгений Доминикович – канд. хим. наук, зав. лаб., Институт физико-органической химии НАН Беларуси (ул. Сурганова, 13, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: sed@ifoch.bas-net.by.

Тычинская Людмила Юльевна – канд. хим. наук, вед. науч. сотрудник, Институт физико-органической химии НАН Беларуси (ул. Сурганова, 13, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: tychinlyu@gmail.com.

Information about the authors

Sviatlana N. Shysh – Researcher, Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: svetlana.shysh@gmail.com.

Hanna G. Shutava – Ph. D. (Biology), Leading Scientist, Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: anna_shutova@mail.ru.

Evgenii D. Skakovskii – Ph. D. (Chemistry), Head of Laboratory, Institute of Physical Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (13, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sed@ifoch.bas-net.by.

Ludmila Y. Tychinskaya – Ph. D. (Chemistry), Leading Scientist, Institute of Physical Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (13, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tychinlyu@gmail.com.