



УДК 582.681.81:581.44:543.545.2

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФЕНОЛОГЛИКОЗИДОВ В ПОБЕГАХ
ИВЫ ТРЕХТЫЧИНКОВОЙ (SALIX TRIANDRA L.), ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ
НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ****DETERMINATION OF PHENOLOGLYCOSIDES IN THE BRANCHES OF WILLOW
TRIANDRA (SALIX TRIANDRA L.), GROWING IN THE NORTH CAUCASUS****С.П. Сенченко, О.И. Попова, Е.Г. Санникова, Н.Н. Крылов
S.P. Senchenko, O.I. Popova, E.G. Sannikova, N.N. Krylov***Пятигорский медико-фармацевтический институт-филиал,
ГБОУ ВПО «ВолгГМУ» Минздрава России, Россия, 357532, г. Пятигорск, проспект Калинина, 11**Pyatigorsk medical and pharmaceutical Institute, a branch of the state budgetary educational institution of higher
professional education «Volgograd state medical University» of the Ministry of health of the Russian Federation,
Russia, 357532, Pyatigorsk, Kalinina Av., 11**E-mail: je-je4ka2012@yandex.ru, beegeeslover@mail.ru, n.n.krylov@mail.ru*

Аннотация. Фенологликозиды (ФГ) найдены в коре практически всех исследованных видов ивы. К основным методам определения ФГ можно отнести ТСХ с последующей денситометрией, ВЭЖХ без гидролиза или после щелочного гидролиза сырья. В последние годы для определения БАВ растений, в том числе и содержащих фенольные соединения, используется метод капиллярного электрофореза (КЭ), который отличается высокой эффективностью разделения, экспрессностью и экономичностью. В связи с этим, целью настоящего исследования явился выбор оптимальных условий экстракции и определения ФГ в сырье ивы трехтычинковой, выбранной в качестве объекта исследования, с использованием метода КЭ. Применение различных вариантов метода позволило определять, как электронейтральный ФГ салицин (вариант МЭКХ), так ФГ, способные к ионизации – салидрозид и триандрин (вариант КЗЭ). В результате установлено, что в побегах ивы трехтычинковой, произрастающей на Северном Кавказе, салицин отсутствует, а более характерными ФГ являются салидрозид и триандрин, которые накапливаются в количестве до 0.522% и 0.043% соответственно. Данный факт свидетельствует о возможности использования салидрозида и триандрина в качестве маркерных компонентов при разработке нормативной документации на данный вид сырья.

Resume. Phenoglycosides (FG) are found in the bark of almost all studied types of the willow. As principal methods of FG identification could be considered TLC (thin-layer chromatography) followed by densitometry, HPLC without hydrolysis or after alkaline hydrolysis of raw materials. In the following years for identification of BAS for plants including those plants which include phenol compounds the method of capillary electrophoresis (CE) is used which has high efficiency of separation, expressivity and efficiency. Therefore, the purpose of this study was the selection of the optimal conditions of extraction and identification of FG in the raw materials of the *Salix triandra* chosen as the research object, using CE method. The use of different methods allowed to determine how electrically neutral FG salicin (MPLC option) as well as FG are capable to produce ionization - salidroside and triandrin (variant of CZE). As a result, it was established that in the branches of *Salix triandra*, growing in the North Caucasus, salicin is absent and more typical FG are salidroside and triandrin which are accumulated in the amount of up to 0.522% and 0.043%, respectively. This fact witnesses about the possible use of salidroside and triandrin as marker components in the development of normative documents for this type of raw materials.

Ключевые слова: ива трехтычинковая, фенологликозиды, салицин, салидрозид, триандрин, капиллярный электрофорез

Keywords: willow triandra, phenoglycosides, salicin, salidroside, triandrin, capillary electrophoresis

Введение

В настоящее время, как в России, так и за рубежом в качестве лекарственного средства или биологически активной добавки используется кора ивы белой, проявляющая противовоспалительное действие [Санникова и др., 2015 а, б]. Однако в Европейской фармакопее имеется ФС, которая имеет название «Ивы кора» и характеризует в качестве сырья кору молодых ветвей и цельные части побегов текущего года различных видов рода *Salix*, включая иву пурпурную, иву волчниковую и иву ломкую [European Pharmacopoeia, 2012]. В России же, кроме ивы белой, широко распространена ива трехтычинковая, изучение которой представляет интерес с целью расширения сырьевой базы данного вида сырья [Растительные ресурсы СССР, 1985].



Фенологликозиды (ФГ) найдены в коре практически всех исследованных видов ивы, произрастающих в Германии, Швейцарии, Финляндии и России. [Хитева, 2012]. Салицин является наиболее распространённым и характерным ФГ для растений семейства Salicaceae, что может являться отличительным диагностическим признаком. Кроме того, помимо салицина, в коре различных видов ивы содержатся и другие ФГ [Растительные ресурсы СССР, 1985].

Объектом нашего исследования явилась ива трехтычинковая (*Salix triandra*), в коре которой обнаружены ФГ салицин, салирепозид, грандидентатин, салидрозид и триандрин [Кулак и др., 2010].

При экстракции больших количеств свежей коры ивы трехтычинковой Компанцевым [1970] были выделены индивидуальные ФГ в кристаллическом виде и установлена их масса, сумма ФГ в сырье составила порядка 3%. Для количественного определения ФГ описан метод ТСХ с последующей денситометрией

Согласно требованиям Европейской и Британской фармакопей определение содержания общего салицина в коре ивы проводят методом ВЭЖХ после щелочного гидролиза [European Pharmacopoeia, 2012, British Pharmacopoeia, 2009]. Используя данную методику в коре ивы трехтычинковой, собранной в Польше, салицин не обнаружен, а в коре этого же вида, произрастающего на территории Литвы, найдено 0.73% салицина [Poblocka-Olech et al, 2007, Kenstavičienė et al, 2009]. В соответствии с [МУ 08-47/172] определение салицина в водных извлечениях из коры ивы проводится также методом ВЭЖХ, но без щелочного гидролиза. Хитевой О.О. [2012] проводилось количественное определение салицина в коре ивы трехтычинковой, произрастающей на Северном Кавказе, данным методом. При этом, содержание салицина в коре составило только 0.2%. Описано также использование для определения ФГ методов ГЖХ и квадратно-волновой вольтамперометрии. В литературе имеются данные о количественном определении ФГ в листьях ивы в пересчете на салидрозид по методике ГФ XI на сырье родиолы розовой, где используется метод спектрофотометрии на основе реакции диазотирования [Кулак, 2010].

В последние годы для определения БАВ растений, в том числе и содержащих фенольные соединения, используется метод капиллярного электрофореза (КЭ) [Gotti, 2011]. Метод отличается высокой эффективностью разделения, экспрессностью и экономичностью [Сенченко, Компанцева, 2015]. В 1997 году Zaugg [1997] опубликовал данные по использованию КЭ для анализа салицина в некоторых видах ивы. Сенченко [2015] проведены исследования по изучению электрофоретического поведения ФГ методом КЭ на примере триандрина, салидрозида и арбутина.

В связи с этим, целью настоящего исследования явился выбор оптимальных условий экстракции и определения ФГ в сырье ивы трехтычинковой с использованием метода КЭ.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования использовали высушенные однолетние побеги ивы трехтычинковой, собранные с нескольких деревьев по берегам рек Подкумок (окрестности г. Пятигорска), Кубань (Кочубеевский район Ставропольского края) и Малка (КБР) в разные фазы вегетации. Для анализа использовали порошок сырья, проходящего сквозь сито размером отверстий 2 мм. В качестве стандартных образцов (СО) использовали салицин («Panreac», № 373677 1265), а также триандрин и салидрозид, любезно предоставленные коллегами из Самарского ГМУ, за что выражаем им большую благодарность.

Статистическую обработку результатов экспериментов проводили в соответствии с требованиями ГФ XIII с помощью компьютерной программы Excel версии 2007 года.

Количественное определение триандрина и салидрозида в извлечении сырья ивы трехтычинковой проводили на системе капиллярного электрофореза Капель 105 (группа компаний Люмэкс, Россия) с кварцевым капилляром $L_{эфф}/L_{общ}=50/60$ см, ID=75 мкм. Ввод пробы осуществлялся гидродинамически 150 мбар·с, напряжение составляло +20 кВ. Детектирование осуществляли спектрофотометрически при 280 нм. В работе реализовывался вариант капиллярного зонного электрофореза (КЗЭ), где в качестве ведущего электролита для анализа триандрина и салидрозида использовался 50 мМ карбонатный буферный раствор с pH 10.4 [Сенченко, 2015].

Определение салицина велось с использованием системы капиллярного электрофореза Капель 103P (группа компаний Люмэкс, Россия) с кварцевым капилляром $L_{эфф}/L_{общ}=75/65$ см, ID=50 мкм. Ввод пробы осуществлялся гидродинамически 150 мбар·с, напряжение составляло +20 кВ. Детектирование осуществляли спектрофотометрически при 254 нм. Учитывая нейтральный характер салицина, в работе реализовывался вариант мицеллярной электрокинетической хроматографии (МЭКХ), где в качестве ведущего электролита применялся 5 мМ боратный буферный раствор с pH 9.2 и содержанием додецилсульфата натрия 30 мМ [Сенченко, Компанцева, 2015].

При выборе оптимальных условий экстракции ФГ изучали влияние времени экстракции, используемого экстрагента, соотношение сырье/экстрагент и кратности экстракции. Результаты изучения влияния условий экстракции на полноту извлечения ФГ представлены в таблице 1.

Приготовление растворов СО. По 0.0035 г салицина, 0.0082 г салидрозида и 0.013 г триандрина помещали в мерные колбы вместимостью 10 мл, добавляли по 5 мл спирта этилового

70%, в случае триандрина и салидрозида, и 5 мл воды, в случае салицина, взбалтывали до растворения порошков веществ и доводили до метки тем же растворителем. Далее растворы тщательно перемешивали (растворы А).

Для приготовления раствора смеси СО триандрина и салидрозида отбирали по 180 мкл и 30 мкл растворов А салидрозида и триандрина соответственно и доводили до 1000 мкл спиртом этиловым 70%.

На первоначальном этапе исследования (для определения триандрина и салидрозида) готовили извлечения по методике: около 1,0 г (точная навеска) измельченного сырья, проходящего сквозь сито с диаметром отверстий 2 мм, помещали в коническую колбу 250 мл со шлифом, добавляли 100 мл спирта этилового 70%, присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на кипящей водяной бане в течение 60 минут. После охлаждения раствор фильтровали в мерную колбу вместимостью 100 мл, сырье отжимали и доводили до метки спиртом этиловым 70%, тщательно перемешивали. Далее извлечение центрифугировали 5 мин при 8000 мин⁻¹ и подвергали анализу.

Для определения салицина готовили извлечения по методике: около 4,0 г (точная навеска) измельченного сырья, проходящего сквозь сито с диаметром отверстий 2 мм, помещали в коническую колбу 250 мл со шлифом, добавляли 100 мл воды, присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на кипящей водяной бане в течение 60 минут. После охлаждения раствор фильтровали в мерную колбу вместимостью 100 мл, сырье отжимали и доводили до метки водой, тщательно перемешивали. Далее извлечение центрифугировали 5 мин при 8000 мин⁻¹ и подвергали анализу.

Результаты и их обсуждение

На рисунках 1 и 2 представлены электрофореграммы растворов СО салицина (рис. 1), салидрозида и триандрина (рис. 2), на которых видны четкие пики исследуемых веществ. При этом пик салицина имел фактор асимметрии на уровне 1,2 и эффективность не менее 200 000 теоретических тарелок (т.т.). Пики салидрозида и триандрина оказались четко разделены между собой, с разрешением 4,24. Фактор асимметрии салидрозида находился на уровне 0,3, триандрина – 0,7; эффективность составила для салидрозида не менее 100 000 т.т., для триандрина – не менее 170 000 т.т., что позволило использовать выбранные условия для поиска указанных компонентов в извлечении из сырья.

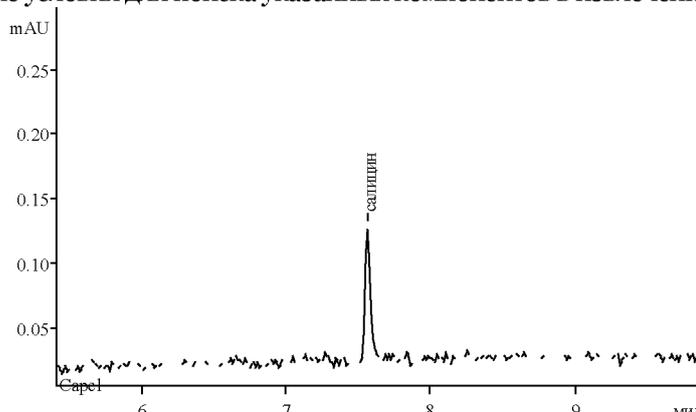


Рис. 1. Электрофореграмма раствора СО салицина в условиях МЭКХ
Fig. 1. Elektroforegramma of SO solution of a salitsin in the conditions of MEKH

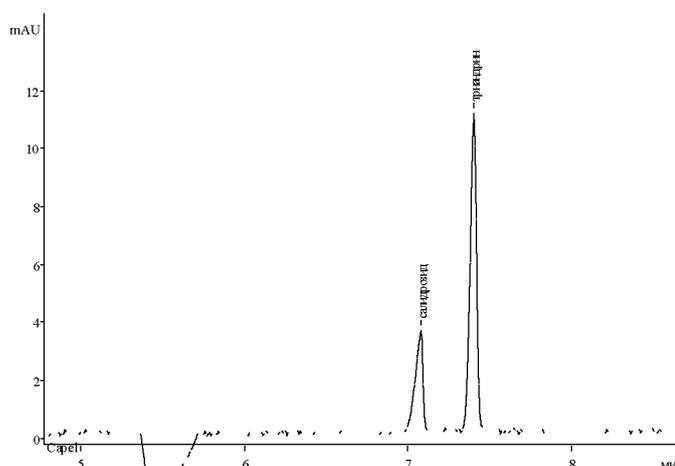


Рис. 2. Электрофореграмма раствора смеси СО триандрина и салидрозида в условиях КЗЭ
Fig. 2. Elektroforegramma of solution of mix WITH of a triandrin and a salidrozd in the conditions of KZE

В выбранных условиях были получены электрофореграммы извлечения из побегов ивы трехтычинковой, приготовленного по методике, описанной выше (рис. 3, 4).

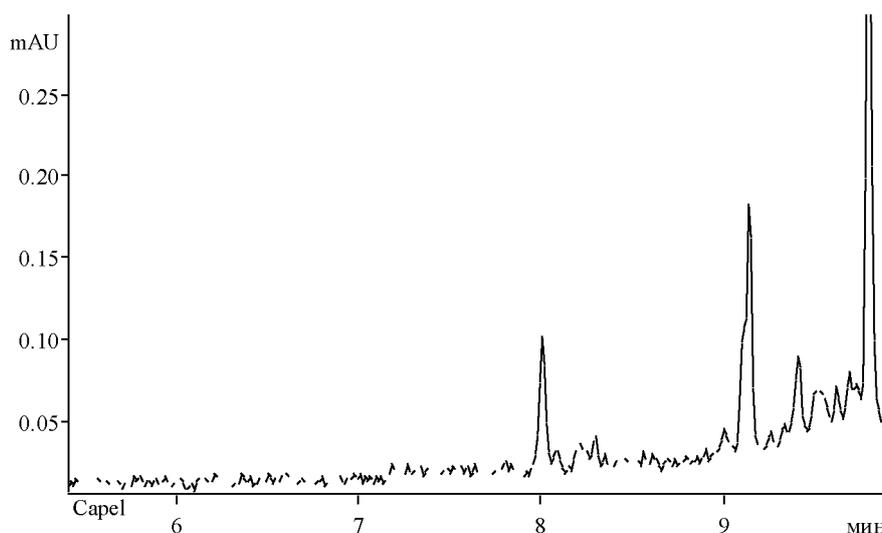


Рис. 3. Электрофореграмма водного извлечения побегов ивы трехтычинковой в условиях МЭКХ
 Fig. 3. Elektroforegramma of water extraction of escapes of a willow three-staminate in the conditions of MEKH

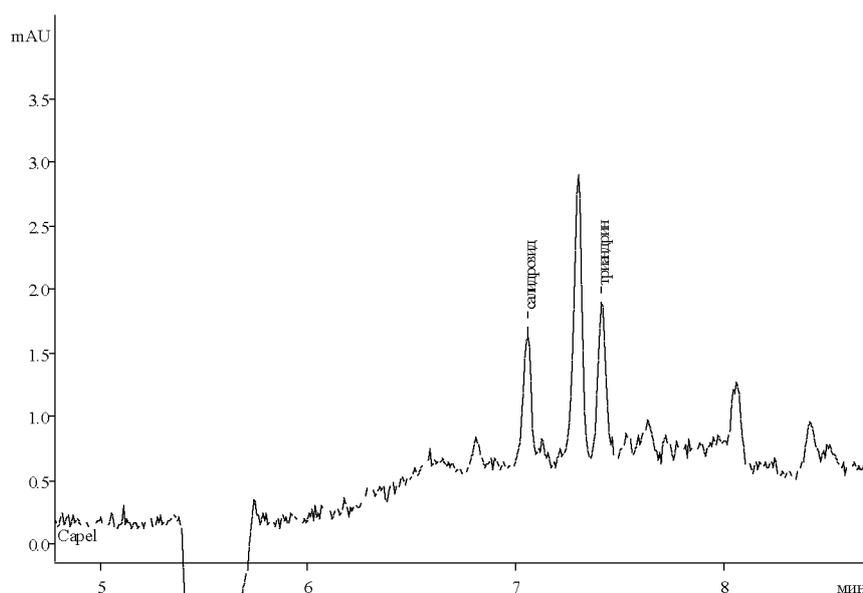


Рис. 4. Электрофореграмма спирто-водного извлечения побегов ивы трехтычинковой в условиях КЗЭ
 Fig. 4. Elektroforegramma of spiro-water extraction of escapes of a willow three-staminate in the conditions of KZE

Как следует из представленных электрофореграмм, в условиях МЭКХ, в водном извлечении побегов ивы трехтычинковой пик салицина не обнаружен. В то время как, в условиях КЗЭ, имелись два пика, совпадающие по временам миграции с пиками салицилозида и триандрина на электрофореграмме раствора смеси СО. При этом разрешение с ближайшими пиками в извлечении составило 3.54 для салицилозида и 1.62 для триандрина, что позволяет использовать выбранные условия для определения указанных соединений в растительном сырье.

Далее нами проведены исследования по определению оптимальных условий экстракции ФГ на примере побегов ивы трехтычинковой, собранных в сентябре 2015 года. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1, из которых следует, что оптимальным экстрагентом ФГ из побегов ивы трехтычинковой является спирт этиловый 70%, время экстракции 45 минут. Наиболее полное извлечение ФГ наблюдается при использовании трехкратной экстракции, при соотношении сырье/экстрагент 1:100.

Таблица 1
Table. 1

Влияние условий экстракции на полноту извлечения ФГ из сырья, заготовленного в сентябре 2015 года по берегу реки Подкумок (г. Пятигорск)
Influence of conditions of extraction on completeness of extraction of FG from the raw materials prepared in September, 2015 on the river bank Podkumok (Pyatigorsk)

Условия экстракции	Триандрин		Салидрозид	
	Площадь пика	Найдено, %	Площадь пика	Найдено, %
Экстрагент	Однократная экстракция в течение 30 минут при соотношении сырье/экстрагент 1:100			
Спирт этиловый 20%	0.485	0.0080	2.961	0.225
Спирт этиловый 40%	0.982	0.0162	3.039	0.231
Спирт этиловый 70%	1.273	0.0210	3.145	0.239
Спирт этиловый 95%	0.636	0.0105	2.910	0.222
Время экстракции, мин	Однократная экстракция при соотношении сырье/экстрагент 1:100			
15	0.988	0.0163	2.566	0.195
30	1.249	0.0206	3.040	0.231
45	1.476	0.0251	3.382	0.257
60	1.488	0.0244	3.316	0.252
Соотношение сырье/экстрагент	Однократная экстракция в течение 45 мин спиртом этиловым 70%			
1:100	1.455	0.0240	3.289	0.250
2:100	1.479	0.0243	3.305	0.254
4:100	1.508	0.0248	3.311	0.254
Кратность экстракции	Экстракция спиртом этиловым 70% при соотношении сырье/экстрагент 1:100 в течение 45 мин			
Однократная экстракция, 100 мл	1.455	0.024	3.289	0.250
Двукратная экстракция, по 50 мл 2 раза	2.364	0.039	4.763	0.362
Трехкратная экстракция, по 30 мл 3 раза	2.727	0.045	4.868	0.370

Используя найденные оптимальные условия экстракции, был проанализирован образец сырья, собранный в сентябре 2015 года. Статистическая обработка результатов приведена в таблице 2. Относительная погрешность определения оказалась равной для салидрозида 3.3 %, а для триандрина 5.7 %. Увеличение ошибки определения триандрина, очевидно, можно объяснить значительно меньшим его содержанием в сырье, по сравнению с салидрозидом.

Таблица 2
Table. 2

Результаты определения салидрозида и триандрина в побегах ивы трехтычинковой (площадь пика СО триандрина 23.7, СО салидрозида 19.5, влажность сырья 6.94%)
Results of definition of a salidroside and triandrin in escapes of a willow three-staminate (the area of peak FROM a triandrin 23.7, SO salidroside 19.5, humidity of raw materials of 6.94%)

Масса сырья, г	Салидрозид		Триандрин	
	Площадь пика	Найдено, %	Площадь пика	Найдено, %
1.1340	4.775	0.63	2.739	0.0442
1.0989	4.399	0.345	2.498	0.0416
1.0085	4.36	0.348	2.293	0.0417
1.0105	4.67	0.64	2.474	0.0448
0.9984	3.15	0.338	2.372	0.0435
0.9907	4.034	0.351	2.485	0.0459
Метрологические характеристики				
\bar{X}	0.352		0.0436	
S_x	0.00414		0.00099	
$\bar{X} \pm \Delta X$	0.352±0.012		0.0436±0.0025	
E	3.28%		5.69%	



В описанных выше условиях были проанализированы 6 образцов побегов ивы трехтычинковой. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3
Table. 3

Результаты количественного определения салидрозид и триандрина в побегах ивы трехтычинковой методом КЭ (среднее из трех параллельных определений) площадь пика СО триандрина 23.7, СО салидрозид 19.5
Results of quantitative definition of a salidroside and triandrin in escapes of a willow three-staminate by KE method (an average from three parallel definitions) the area of peak FROM a triandrin 23.7, SO salidroside 19.5

Место и время сбора	Триандрин		Салидрозид	
	Время миграции, сек.	Найдено, %	Время миграции, сек.	Найдено, %
Р. Подкумок, 2013 г., сентябрь	508.0	0.0071	469.1	0.062
Р. Подкумок, 2014 г., сентябрь	506.7	0.0248	472.2	0.262
Р. Подкумок, 2015 г., сентябрь	504.9	0.0429	468.0	0.363
Р. Подкумок, 2015 г., май	504.5	0.0098	469.2	0.144
Р. Малка, 2014 г, июль	519.6	0.0356	461.4	0.416
Р. Кубань, 2014 г, август	500.3	0.0116	470.0	0.522

Приведенные в таблице 3 значения времен миграции были статистически обработаны, при этом оказалось для салидрозид $\bar{X} \pm \Delta X = 468.3 \pm 3.9$ и $\varepsilon = 1.5\%$, а для триандрина $\bar{X} \pm \Delta X = 507.3 \pm 6.8$ и $\varepsilon = 1.4\%$. Полученные данные можно предложить для идентификации данных ФГ, считая, что время миграции их пиков на электрофореграммах излечения из побегов ивы трехтычинковой и раствора смеси СО должно совпадать с отклонением не превышающим 2%.

Анализируя полученные данные можно сделать вывод, что содержание салидрозид в побегах ивы трехтычинковой почти в 10 раз превышает содержание триандрина и зависит, как от места сбора, так и от времени сбора. Так наибольшее количество салидрозид обнаружено в побегах ивы, собранных на берегу реки Кубань Кочубеевского района Ставропольского края и на берегу реки Малка КБР.

Заключение

С использованием КЭ разработаны методики количественного определения ФГ в побегах ивы трехтычинковой. Применения различных вариантов метода позволило определять, как электронейтральный ФГ салицин (вариант МЭКХ), так ФГ, способные к ионизации – салидрозид и триандрин (вариант КЗЭ). В результате установлено, что в побегах ивы трехтычинковой, произрастающей на Северном Кавказе, салицин отсутствует, а более характерными ФГ являются салидрозид и триандрин, которые накапливаются в количестве до 0.522% и 0.043% соответственно. Данный факт свидетельствует о возможности использования салидрозид и триандрина в качестве маркерных компонентов при разработке нормативной документации на данный вид сырья. Это, а также то, что содержание ФГ в побегах ивы трехтычинковой, в зависимости от места и времени их сбора, является переменным, потребует дальнейшей стандартизации данного вида сырья.

**Список литературы
References**

Валягина-Малютина Е.Т. 2004. Ивы европейской части России: иллюстрированное пособие для работников лесного хозяйства. М., Тов-во науч. изд. КМК, 217.
 Valjagina-Maljutina E.T. 2004. Ivy evropejskoj chasti Rossii: illjustrirovannoe posobie dlja rabotnikov lesnogo hozjajstva [Willows of the European part of Russia: the illustrated grant for workers of forestry]. M., Tov-vo nauch. izd. KMK, 217. (in Russian)
 Компанцев В.А. 1970. Химическое изучение фенольных гликозидов некоторых видов ив Северного Кавказа. Автореф. дис. ... канд. фармацевт. наук. Пятигорск, 163.
 Komrancev V.A. 1970. Himicheskoe izuchenie fenol'nyh glikozidov nekotoryh vidov iv Severnogo Kavkaza [Chemical studying of phenolic glycosides of some types of willows of the North Caucasus]. Avtoref. dis. ... kand. farmaceutv. nauk. Pjatigorsk, 163. (in Russian)



Кулак В.А., Кузьмичева Н.А. 2010. Содержание флавоноидов и фенологликозидов в листьях белорусских видов ивы. [Электронный ресурс]: официальный сайт Государственного предприятия "Научно-технологический парк БНТУ "Политехник". Электрон. дан. - Минск, - Режим доступа: http://www.metolit.by/imc_ysb/txt320.php.txt32_46.html.-Загл. с экрана. (in Russian)

Kulak V.A., Kuz'micheva N.A. 2010. Soderzhanie flavonoidov i fenologlikozidov v list'jah belorusskikh vidov ivy [The maintenance of flavonoids and fenologlikozid in leaves of the Belarusian types of willows]. [Jelektronnyj resurs]: oficial'nyj sajt Gosudarstvennogo predpriyatija "Nauchno-tehnologicheskij park BNTU "Politehnik"/ -Jelektron. dan. - Minsk, - Rezhim dostupa: http://www.metolit.by/imc_ysb/txt320.php.txt32_46.html.-Zagl. s jekrana. (in Russian)

МУ 08-47/172, 2005. Кора ивы и осины, экстракты из них и БАД на их основе. ВЭЖХ метод определения массовой концентрации салицина. Томск. Томск. политех. ун-т. 17.

MU 08-47/172, 2005. Kora ivy i osiny, jekstrakty iz nih i BAD na ih osnove. VJeZhH metod opredelenija massovoj koncentracii salicina [Bark of a willow and aspen, extracts from them and dietary supplement on their basis. VEZhH method of definition of mass concentration of a salitsin]. Tomsk. Tomsk. politeh. un-t. 17. (in Russian)

Растительные ресурсы СССР : Цветковые растения, их химический состав, использование; семейства Peoniaceae – Thymelaeaceae. 1985. Отв. ред. П.Д. Соколов. Л.: Наука, 6:131.

Rastitel'nye resursy SSSR : Cvetkovye rastenija, ih himicheskij sostav, ispol'zovanie; semejstva Peoniaceae – Thymelaeaceae [Vegetable resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use; families]. 1985. Otv. red. P.D. Sokolov. L.: Nauka, 6:131. (in Russian)

Санникова Е.Г., Фролова О.О., Компанцева Е.В., Попова О.И. 2015. Лекарственные средства и БАД, содержащие иву: тенденции и перспективы. Фармация. 5: 51-53.

Sannikova E.G., Frolova O.O., Kompanceva E.V., Popova O.I. 2015. Lekarstvennye sredstva i BAD, sodержashhie ivu: tendencii i perspektivy [The medicines and dietary supplement containing a willow: tendencies and prospects]. Farmacija. 5: 51-53. (in Russian)

Санникова Е.Г., Фролова О.О., Компанцева Е.В., Попова О.И. 2015. Изучение фенолкарбоновых кислот побегов ивы трехтычинковой, произрастающей на Северном Кавказе. Фармация и фармакология. 2 (5): 13-17.

Sannikova E.G., Frolova O.O., Kompanceva E.V., Popova O.I. 2015. Izuchenie fenolkarbonovykh kislot pobegov ivy trehtychinkovoj, proizrastajushhej na Severnom Kavkaze [Studying the fenolkarbonovykh of acids of escapes of a willow three-staminate, growing in the North Caucasus]. Farmacija i farmakologija. 2 (5): 13-17. (in Russian)

Сенченко С.П., Компанцева Е.В. 2015. Изучение электрофоретического поведения флавоноидов с целью разработки методологических подходов к их анализу в условиях капиллярного зонного электрофореза [Электронный ресурс] Современные проблемы науки и образования. №4. Режим доступа: www.science-education.ru/127-20806.

Senchenko S.P., Kompanceva E.V. 2015. Izuchenie jelektroforeticheskogo povedenija flavonoidov s cel'ju razrabotki metodologicheskikh podhodov k ih analizu v uslovijah kapilljarnogo zonnogo jelektroforeza [Studying of elektroforeticheskij behavior of flavonoids for the purpose of development of methodological approaches to their analysis in the conditions of a capillary zonal electrophoresis] [Jelektronnyj resurs] Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. №4. Rezhim dostupa: www.science-education.ru/127-20806. (in Russian)

Сенченко С.П. 2015. Прогноз электрофоретического поведения фенольных соединений в условиях капиллярного зонного электрофореза. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 7: 3-9.

Senchenko S.P. 2015. Prognoz jelektroforeticheskogo povedenija fenol'nykh soedinenij v uslovijah kapilljarnogo zonnogo jelektroforeza. Voprosy biologicheskoi, medicinskoj i farmacevticheskoi himii [The forecast of elektroforeticheskij behavior of phenolic connections in the conditions of a capillary zonal electrophoresis. Questions of biological, medical and pharmaceutical chemistry]. 7: 3-9. (in Russian)

Хитева О.О. 2012. Изучение некоторых видов ивы, произрастающих на Северном Кавказе. Автореф. дис.... канд. фармацевт. наук. Пятигорск. 145.

Hiteva O.O. 2012. Izuchenie nekotoryh vidov ivy, proizrastajushhih na Severnom Kavkaze [Studying of some types of a willow growing in the North Caucasus]. Avtoref. dis.... kand. farmacevt. nauk. Pjatigorsk. 145. (in Russian)

British Pharmacopoeia 2009. V. II. – London: The Stationery Office. 10952.

European Pharmacopoeia, 8th edition. 2012. Strasbourg: Directorate for the Quality of Medicines and Health Care of the Council of Europe (EDQM),

Gotti R. 2011. Capillari electrophoresis of phytochemical substances in herbal drugs and medicinal plants. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. № 55: 775- 801.

Kenstavičienė P., Nenortienė P., Kiliuvienė G. [et al]. 2009. Application of high-performance liquid chromatography for research of salicin in bark of different varieties of Salix. Medicina (Kaunas). 45 (8). 644-651

Poblocka-Olech L., van Nederkassel A.-M., VanderHeyden Y. [et al]. 2007. Chromatographic analysis of salicylic compounds in different species of the genus Salix. J. Sep. Sci. № 30. 2958 – 2966

Zaugg, S.E. Cefalo D., Walke E.B. 1997. Capillary electrophoretic lysis of salicin in Salix spp. J. of Chromatography A. 1-2.487-490.

Vanhaelen M. Vanhaelen-Fastre R. 1983. Quantitative determination of biologically active constituents in medicinal plant crude extracts by thin-layer chromatography-densitometry. J. Chromatogr. 281. 263-271.

Rastitel'nye resursy Rossii: Dikorastushhie cvetkovye rastenija, ih komponentnyj sostav i biologicheskaja aktivnost' / Bot. institut im. V.L. Komarova RAN T. 6: Semejstva Butomaceae - Typhaceae. – 2014.