

УДК 615.19.072

ИССЛЕДОВАНИЕ КАРОТИНОИДНОГО СОСТАВА ПЛОДОВ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ МЕТОДОМ ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

© *О.В. Тринеева**, *М.А. Рудая*, *А.И. Сливкин*

*Воронежский государственный университет, ул. Студенческая, 3,
Воронеж, 394006 (Россия), e-mail: trineevaov@mail.ru*

Облепиха крушиновидная (*Hippophae rhamnoides L.*) является объектом всеобщего интереса благодаря высокому содержанию биологически активных веществ (БАВ). Плоды содержат водо- и жирорастворимые витамины, органические кислоты, сахара, дубильные вещества, аминокислоты, флавоноиды и каротиноиды. Последние в свою очередь придают плодам типичный желто-оранжевый цвет. Каротиноиды (α -, β - и γ -каротины) составляют до 11% неомыляемой фракции облепихового масла и являются очень ценными соединениями для косметической промышленности. Ведущими учеными мира установлено, что каротиноиды обладают антиоксидантными, антимуtagenными и противоопухолевыми свойствами, поэтому активно используются для профилактики онкологических заболеваний. Плоды облепихи – сырье для получения фармакопейного препарата – облепихового масла и большого количества различных лекарственных растительных препаратов на его основе. Для разделения и идентификации сложных соединений, таких как каротиноиды, значительное внимание уделяется методу ТСХ. В связи с вышесказанным целью исследования являлось изучение ТСХ-профиля каротиноидов плодов облепихи крушиновидной различных сортов.

Были подобраны оптимальные условия хроматографирования, обеспечивающие наилучшее разделение зон каротиноидов в тонком слое сорбента. В использованной элюирующей системе наблюдается удовлетворительное разделение хроматографических зон каротиноидов, так как значение селективности сорбции больше единицы. Для характеристики хроматографического профиля каждого сорта предложено использовать более независимую от влияния различных параметров и не требующую наличия стандартов величину R_s . Установлено различие полученного ТСХ-профиля каротиноидов плодов облепихи крушиновидной для представителей десяти различных сортов, а также для плодов дикорастущего растения. Максимальное количество хроматографических зон наблюдается для сорта «Рябиновая», минимальное – для сорта «Столичная». Установлено, что методом «отпечатков пальцев» можно идентифицировать сорт плодов облепихи крушиновидной по виду хроматографического профиля каротиноидов.

Ключевые слова: плоды облепихи крушиновидной, тонкослойная хроматография, каротиноиды, ТСХ-профиль.

Введение

Облепиха крушиновидная (ОК) (*Hippophae rhamnoides L.*) является объектом всеобщего интереса благодаря высокому содержанию биологически активных веществ (БАВ). Свое распространение данное растение получило во многих регионах мира, таких как Монголия, Китай, Индия, Пакистан, Россия, Тибет, Непал, Канада и других [1, 2]. Хотя в настоящее время активно используются все части растения, плоды являются самым ценным продуктом. Плоды ОК нашли широкое применение в таких сферах жизни, как фармацевтическая, косметическая и пищевая промышленность. Плоды ОК содержат водо- и жирорастворимые вита-

Тринеева Ольга Валерьевна – доктор фармацевтических наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии, e-mail: trineevaov@mail.ru

Рудая Маргарита Александровна – аспирант, e-mail: margaritkazmin@yandex.ru

Сливкин Алексей Иванович – доктор фармацевтических наук, профессор, заведующий кафедрой фармацевтической химии и фармацевтической технологии, e-mail: slivkin@pharmvsu.ru

мины, органические кислоты, сахара, дубильные вещества, аминокислоты, флавоноиды и каротиноиды. Последние в свою очередь придают плодам типичный желто-оранжевый цвет. Каротиноиды (α -, β - и γ -каротины) составляют до 11% неомыляемой фракции облепихового масла и являются очень ценными соединениями для косметической промышленности [3]. Наиболее активным представителем каротиноидов является β -каротин. Именно из

* Автор, с которым следует вести переписку.

него в организме образуется 2 молекулы ретинола (витамин А), при недостатке которого снижается острота зрения [4, 5]. Помимо него в плодах обнаружены лютеолин, ликопин, зеаксантин, β -криптоксантин и др. [6–9].

Сортовая вариабельность фитохимического состава характерна для различных видов лекарственных растений. Многие авторы в своих монографиях приводят подробные данные о составе различных групп БАВ в плодах [8, 9]. Наиболее изучены сорта, культивируемые в Сибири, что обусловлено климатическими факторами, наиболее благоприятными для данного растения, а также наличием большого числа фармацевтических предприятий, производящих лекарственные препараты на основе облепихового масла. Установлены А-витаминная ценность и каротиноидный состав 5 алтайских сортов облепихи. Выделено не менее 40 каротиноидов. Во всех сортах найдены β -каротин, криптоксантин, синтаксантин и ауруксантин. Многие каротиноиды встречаются только в одном из сортов [9]. Поэтому актуальными являются исследования по изучению состава БАВ, в частности каротиноидов, плодов ОК различных сортов, произрастающих на различных территориях Российской Федерации.

Стандартизация плодов ОК в настоящее время проводится по содержанию суммы каротиноидов в пересчете на β -каротин в соответствии с устаревшей нормативной документацией (НД) [10–13]. В последнем XIV издании Государственной фармакопеи (ГФ) РФ [12, 13] отсутствует фармакопейная статья (ФС) на данный вид лекарственного растительного сырья (ЛРС), несмотря на то, что в ГФ включают преимущественно виды, используемые для промышленного производства лекарственных растительных препаратов (ЛРП). Плоды облепихи – сырье для получения фармакопейного препарата – облепихового масла и большого количества различных ЛРП на его основе. Следовательно, в данном случае не прослеживается принцип сквозной стандартизации от исходного ЛРС до ЛРП, что не соответствует современным подходам к оценке качества фитопрепаратов [11, 13].

Для разделения и идентификации сложных соединений, таких как каротиноиды, значительное внимание уделяется методу ТСХ [9, 15–18]. В монографии [9] методами колоночной и тонкослойной хроматографий показано наличие 40 различных каротиноидов в плодах облепихи алтайских сортов. Подробно рассмотрены пять всевозможных методов разгонки каротиноидов, достоинства и недостатки каждого из них. Тем не менее ни одна из методик пока не вошла в НД, а следовательно, исследования по разработке экспресс-методик идентификации и определения сортовой принадлежности при стандартизации плодов ОК по одной из основных действующих групп БАВ – каротиноидам, которые могли бы лечь в основу новой ФС в последующих изданиях ГФ РФ, являются весьма перспективными.

В связи с вышесказанным целью исследования являлась апробация ранее разработанной авторами методики разделения каротиноидов для изучения ТСХ-профиля каротиноидов плодов ОК различных сортов методом «отпечатков пальцев».

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования выступали высушенные плоды ОК десяти различных сортов («Столичная», «Галерит», «Рябиновая», «Ботаническая любительская», «Ботаническая», «Трофимовская», «Студенческая», «Ботаническая ароматная», «Краснокарминовая», «Нивелена»), собранные на территории Ботанического сада биологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова в сентябре 2018 г., а также плоды дикорастущего растения, собранные на территории Воронежской области, согласно правилам заготовки ЛРС данной морфологической группы. Сушку производили при температуре до 60 °С до достижения остаточной влажности плодов не более 14%.

Извлечение велось методом мацерации с применением 95% спирта этилового в соотношении сырье-экстрагент 1 : 10. В качестве сорбента были использованы силикагелевые пластинки марки «Sorbfil» ПТСХ-АФ-А 10×15 см (Россия). Для анализа был применен объем наносимой пробы, равный 13 мкл, в ранее подобранной авторами оптимальной системе – гексан : *n*-пропанол : вода (10 : 1 : 0.2) [4, 11]. В описанных выше условиях осуществляли хроматографирование также 10 мкл 1% стандартного спиртового раствора β -каротина (ВФС 42-3128-98) [14]. Пробы на пластинки наносили с помощью микрошприца объемом 10 мкл (МШ-10, Россия). Для приготовления элюента использовали растворители марки х.ч. (ЗАО «Вектон», СПб., Россия).

Обсуждение результатов

На хроматограммах извлечений из десяти различных сортов изучаемых плодов обнаруживалось различное количество хроматографических зон с желто-оранжевой окраской в видимом свете. Зона β -каротина была идентифицирована по величине $R_f = 0.98 \pm 0.02$ в сравнении с достоверным стандартным образцом. По-

лученный вид хроматограммы разделения суммы каротиноидов исследуемых сортов представлен на рисунке 1. Результаты изучения ТСХ-профиля каротиноидов плодов дикорастущей ОК и различных сортов представлены в таблице 1.

Сравнивая полученные данные, можно сказать, что состав каротиноидов плодов дикорастущей ОК (рис. 2) и представителей различных сортов неодинаков. На хроматограммах извлечений количество хроматографических зон варьировало в диапазоне от 4 (сорт «Столичная») до 11 (сорт «Рябиновая»).

Результаты, описанные в таблице 1, свидетельствуют о том, что для каждого сорта характерно не только свое количество хроматографических зон, но и основной идентификационный параметр в ТСХ – величины R_f .

Полученные данные использованы для расчета основных параметров эффективности хроматографического процесса в тонком слое сорбента, таких как величины (R_f и R_s); коэффициент распределения (K); значение селективности сорбции (L) (табл. 2). Расчет проводили по известным формулам [15–18].

На экспериментально определяемые значения R_f заметно влияют условия хроматографирования. Для надежной идентификации каротиноидов необходимо проводить сравнение величин R_f со стандартными образцами, что не всегда возможно ввиду высокой стоимости последних и лабильности веществ группы каротиноидов под действием факторов внешней среды. Более точной оценкой хроматографической подвижности, малочувствительной к влиянию случайных отклонений в условиях проведения эксперимента, является величина R_s , представляющая собой отношение величины R_f одного вещества к величине R_f другого вещества, принятого за стандарт [12, 13]. В таблице 2 представлены значения величин R_s для каротиноидов, выявленных на хроматограммах изучаемых плодов. В качестве стандарта был принят β -каротин.

Рис. 1. Вид хроматограммы разделения зон каротиноидов десяти различных сортов плодов ОК (номера треков на хроматограмме соответствуют порядку расположения сортов в таблице 1)

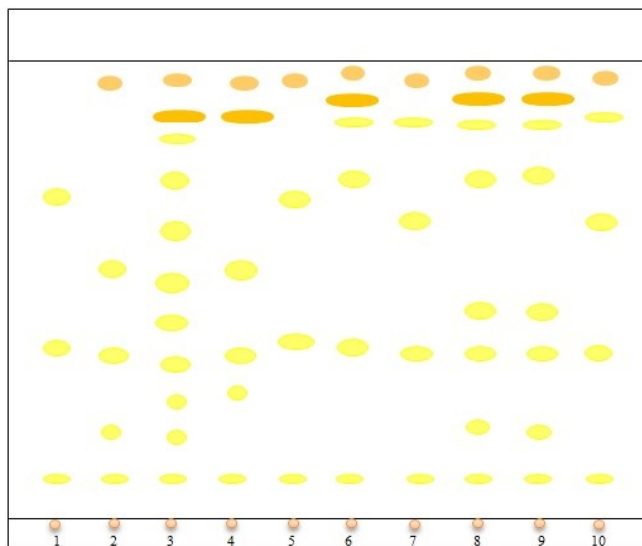


Таблица 1. Результаты изучения ТСХ-профиля каротиноидов исследуемых плодов ОК

Наименование сорта	Зоны на хроматограммах ($R_f \pm 0.02$)														
	Неидентифицированные зоны														β -каротин
Столичная	0.06	–	–	–	0.31	–	0.46	–	–	0.71	–	–	–	–	–
Галерит	0.07	–	0.17	–	–	0.39	–	0.56	–	–	–	–	–	0.95	–
Рябиновая	0.06	0.15	–	0.26	0.35	0.40	–	0.56	0.63	0.73	0.79	0.86	–	–	0.97
Ботаническая любительская	0.06	–	–	–	0.31	–	–	0.55	–	–	–	0.86	–	0.95	–
Ботаническая Трофимовская	0.06	–	–	–	–	–	0.48	–	–	0.72	–	–	–	–	0.97
Студенческая	0.07	–	–	–	–	–	0.46	–	–	0.73	–	–	0.91	0.95	0.98
Ботаническая ароматная	0.07	–	–	–	–	–	0.42	–	–	0.6	–	–	–	0.91	0.95
Краснокарминовая	0.07	–	0.18	–	–	0.42	–	0.51	–	0.75	–	0.87	0.91	–	0.97
Нивелена	0.07	0.14	–	–	–	0.43	–	0.5	–	–	0.76	0.88	–	0.93	0.98
Дикорастущая	0.07	–	–	–	–	0.42	–	–	0.62	–	–	–	0.92	0.95	–
	0.07	0.13	0.17	0.23	–	–	–	0.55	0.60	–	–	–	–	–	0.98



Рис. 2. Вид хроматограммы разделения зон каротиноидов дикорастущих плодов ОК (1) и стандартного образца β -каротина (2) в системе растворителей гексан : *n*-пропанол : вода (10 : 1 : 0.2)

Таблица 2. Идентификация β -каротина и параметры хроматографического разделения каротиноидов в плодах ОК (на примере сорта «Рябиновая»)

№ зоны	Величина $R_f \pm 0.02$	Величина R_s	К	$L = K_1/K_2$
1	0.06	0.06	15.67	2.76
2	0.15	0.15	5.67	1.99
3	0.26	0.27	2.85	1.53
4	0.35	0.36	1.86	1.24
5	0.40	0.41	1.50	1.24
6	0.56	0.57	0.79	1.90
7	0.63	0.64	0.59	1.34
8	0.73	0.75	0.37	1.59
9	0.79	0.81	0.27	1.37
10	0.86	0.88	0.16	1.69
11 – β -каротин	0.98	1.00	0.02	8.00

В использованной элюирующей системе наблюдается удовлетворительное разделение хроматографических зон каротиноидов, так как значение селективности сорбции больше единицы (табл. 2).

Следует отметить, что метод ТСХ для тонкой идентификации каротиноидов методически уже недостаточен ввиду существования ВЭЖХ с различными способами детектирования [19], но в качестве доступной и экспрессной методики оценки хроматографического профиля по количеству зон (так называемые в международных кругах «fingers print») вполне приемлем.

Таким образом, проведенные исследования показали уникальность состава каротиноидов каждого сорта плодов ОК. Установлено, что методом «отпечатков пальцев» можно идентифицировать сорт плодов по виду хроматографического профиля каротиноидов. Однако следует отметить, что облепиха обладает широким размахом изменчивости, поэтому колебания температуры, влажности, освещенности могут по-разному влиять на накопление БАВ различными сортами. Данные исследования проведены на материале сортов, выращенных в условиях климата Европейской части России, поэтому вид хроматографического профиля каждого из изученных сортов носит предварительный характер, требует набора статистики и уточнения на образцах этих же сортов, но выращенных в других регионах страны, что является предметом наших дальнейших исследований.

Выводы

1. Были подобраны оптимальные условия хроматографирования, обеспечивающие наилучшее разделение зон каротиноидов в тонком слое сорбента. В использованной элюирующей системе наблюдается удовлетворительное разделение хроматографических зон каротиноидов, так как значение селективности сорбции больше единицы. Следовательно, данная экспресс-методика идентификации и определения сортовой принадлежности может быть рекомендована для включения в новую НД для стандартизации и оценки качества плодов ОК по одной из основных действующих групп БАВ – каротиноидам.

2. Для характеристики хроматографического профиля каждого сорта предложено использовать более независимую от влияния различных параметров и не требующую наличия стандартов величину R_s .

3. Установлено различие полученного ТСХ-профиля каротиноидов плодов ОК для представителей десяти различных сортов, а также для плодов дикорастущего растения. Максимальное количество хроматографических зон наблюдается для сорта «Рябиновая», минимальное – для сорта «Столичная». Требуется расширенное изучение плодов ОК и других сортов, широко культивируемых на территории Российской Федерации, в подобранных авторами условиях для унификации получаемых хроматографических профилей и выработки единых нормативных требований к данному виду ЛРС.

4. Установлено, что методом «отпечатков пальцев» можно идентифицировать сорт плодов ОК по виду хроматографического профиля каротиноидов. Данные исследования проведены на материале сортов, выращенных в условиях климата Европейской части России, поэтому требуют набора статистики, что является предметом наших дальнейших исследований.

Список литературы

1. Singh B. Indian Sea Buckthorn // *New Age Herbals*. 2018. Pp. 29–54.
2. Тринеева О.В. Комплексное исследование содержания и специфического профиля биологически активных веществ плодов облепихи крушиновидной: монография. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2016. 224 с.
3. Mendelova A. et al. Evaluation of carotenoids, polyphenols content and antioxidant activity in the sea buckthorn fruit juice // *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2016. Vol. 10. N1. Pp. 59–64.
4. Тринеева О.В. Исследование каротиноидного состава плодов и масла облепихи крушиновидной // *Актуальные вопросы медицины в современных условиях: сборник трудов Международной конференции*. СПб., 2015. С. 197–200.
5. Скалий Л.П. Облепиха: пособие для садоводов-любителей. М., 2007. 240 с.
6. Yang B., Kallio H. Composition and physiological effects of sea buckthorn (*Hippophae*) lipids // *Trends in Food Science Technology*. 2002. Vol. 13. N5. Pp. 160–167.
7. Rafalska A., Abramowicz K., Krauz M. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) as a plant for universal application // *World scientific news*. 2017. Vol. 72. Pp. 123–140.
8. Кошелев Ю.А., Агеева Л.Д. Облепиха: монография. Бийск: НИЦ БПГУ им. В.М. Шукшина, 2004. 320 с.
9. Кудрицкая С.Е. Каротиноиды плодов и ягод: монография. Киев: Выща школа, 1990. 210 с.
10. Богачева Н.Г., Кокушкина Н.П., Сокольская Т.А. Стандартизация лекарственного растительного сырья облепихи крушиновидной // *Фармация*. 2001. №1. С. 27–29.
11. Тринеева О.В. Теоретические и методологические подходы к стандартизации и оценке качества лекарственного растительного сырья и масляных экстрактов на его основе: дисс. ... доктора фармацевтических наук. М., 2017. 441 с.
12. Государственная Фармакопея РФ, XIV изд. М., 2018. URL: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php>.
13. Государственная Фармакопея РФ, XIII изд. М., 2015. URL: <http://www.rosminzdrav.ru/ministry/61/11/materialy-po-deyatelnosti-deparatamenta/stranitsa-856/spisok-obschih-farmakopeynyh-statey>.
14. ВФС 42-3128-98. Драже бета-каротина 0,0025.
15. Шаршунова М., Шварц В., Михалец Ч. Тонкослойная хроматография в фармации и клинической биохимии. М., 1980. Т. 2. 610 с.
16. Рудаков О.Б., Востров И.А., Федоров С.В. и др. Спутник хроматографиста. Методы жидкостной хроматографии. Воронеж, 2004. 528 с.
17. Кирхнер Ю. Тонкослойная хроматография. М., 1981. 616 с.
18. Гейсс Ф. Основы тонкослойной хроматографии. М., 1999. 405 с.
19. Дейнека В.И., Дейнека Л.А. Инкрементный подход в анализе каротиноидов методом ОФ ВЭЖХ. Разделение диэфиров ксантофиллов // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2006. Т. 6, вып. 3. С. 366–375.

Поступила в редакцию 5 сентября 2019 г.

После переработки 7 ноября 2019 г.

Принята к публикации 15 ноября 2019 г.

Для цитирования: Тринеева О.В., Рудая М.А., Сливкин А.И. Исследование каротиноидного состава плодов облепихи крушиновидной различных сортов методом тонкослойной хроматографии // *Химия растительного сырья*. 2020. №1. С. 223–228. DOI: 10.14258/jcrptm.2020016345.

Trineeva O.V.*, Rudaya M.A., Slivkin A.I. THE STUDY OF THE CAROTENOID COMPOSITION OF THE FRUITS OF SEA BUCKTHORN DIFFERENT VARIETIES BY THIN LAYER CHROMATOGRAPHY

Voronezh State University, ul. Stencheskaya, 3, Voronezh, 394006 (Russia), e-mail: trineevaov@mail.ru

Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) is an object of general interest due to the high content of biologically active substances (BAS). Fruits contain water- and fat-soluble vitamins, organic acids, sugars, tannins, amino acids, flavonoids and carotenoids. The latter, in turn, give the fruits a typical yellow-orange color. Carotenoids (α -, β -, and γ -carotenes) make up 11% of the unsaponifiable fraction of sea buckthorn oil and are very valuable compounds for the cosmetics industry. Leading scientists of the world have found that carotenoids have antioxidant, antimutagenic and antitumor properties, and therefore are actively used for the prevention of cancer. The fruits of sea buckthorn are the raw materials for the pharmacopeia drug - sea buckthorn oil and a large number of various herbal medicines based on it. To separate and identify complex compounds, such as carotenoids, considerable attention is paid to the TLC method. In connection with the foregoing objective of the study was the study of the TLC profile of carotenoids of sea buckthorn fruits of various varieties.

Optimal chromatographic conditions were selected that ensure the best separation of carotenoid zones in a thin sorbent layer. In the used eluting system, satisfactory separation of the chromatographic zones of carotenoids is observed, since the value of sorption selectivity is greater than unity. To characterize the chromatographic profile of each variety, it is proposed to use a value of R_s that is more independent of the influence of various parameters and does not require standards. The difference in the obtained TLC profile of carotenoids of sea buckthorn fruits of representatives of ten different varieties, as well as for the fruits of a wild plant, was established. The maximum number of chromatographic zones is observed for the Ryabinovaya variety, and the minimum for the Stolichnaya variety. It was established that by the method of «fingerprints» it is possible to identify the sort of fruits of sea buckthorn by the type of chromatographic profile of carotenoids.

Keywords: sea buckthorn fruits, thin layer chromatography, carotenoids, TLC-profile.

References

1. Singh B. *New Age Herbals*, 2018, pp. 29–54.
2. Trineeva O.V. *Kompleksnoye issledovaniye sodержaniya i spetsificheskogo profilya biologicheskii aktivnykh veshchestv plodov oblepikhi krushinovidnoy: monografiya*. [Comprehensive study of the content and specific profile of biologically active substances of buckthorn fruits: monograph]. Voronezh, 2016, 224 p. (in Russ.).
3. Mendelova A. et al. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2016, vol. 10, no. 1, pp. 59–64.
4. Trineeva O.V. *Aktual'nyye voprosy meditsiny v sovremennykh usloviyakh: sbornik trudov mezhdunarodnoy konferentsii*. [Actual problems of medicine in modern conditions: proceedings of an international conference]. St. Petersburg, 2015, pp. 197–200 (in Russ.).
5. Skaliy L.P. *Oblepikha: posobiye dlya sadovodov-lyubiteley*. [Sea buckthorn: a guide for amateur gardeners]. Moscow, 2007, 240 p. (in Russ.).
6. Yang B., Kallio H. *Trends in Food Science Technology*, 2002, vol. 13, no. 5, pp. 160–167.
7. Rafalska A., Abramowicz K., Krauze M. *World scientific news*, 2017, vol. 72, pp. 123–140.
8. Koshelev Yu.A., Ageyeva L.D. *Oblepikha: monografiya*. [Sea buckthorn: monograph]. Biysk, 2004, 320 p. (in Russ.).
9. Kudritskaya S.Ye. *Karotinoidy plodov i yagod: monografiya*. [Carotenoids of fruits and berries: a monograph]. Kiev, 1990, 210 p. (in Russ.).
10. Bogacheva N.G., Kokushkina N.P., Sokol'skaya T.A. *Farmatsiya*, 2001, no. 1, pp. 27–29 (in Russ.).
11. Trineeva O.V. *Teoreticheskiye i metodologicheskiye podkhody k standartizatsii i otsenke kachestva lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya i mashlyanykh ekstraktov na yego osnove: dissertatsiya ... doktora farmatsevticheskikh nauk*. [Theoretical and methodological approaches to standardization and quality assessment of medicinal plant materials and oil extracts based on it: dissertation ... Doctors of Pharmaceutical Sciences]. Moscow, 2017, 441 p. (in Russ.).
12. *Gosudarstvennaya Farmakopeya RF, XIV izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation, XIV ed.]. Moscow, 2018. URL: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php> (in Russ.).
13. *Gosudarstvennaya Farmakopeya RF, XIII izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation, XIII ed.]. Moscow, 2015. URL: <http://www.rosminzdrav.ru/ministry/61/11/materialy-po-deyatelnosti-deparatamenta/stranitsa-856/spisok-obschih-farmakopeynyh-statey> (in Russ.).
14. *VFS 42-3128-98. Drazhe beta-karotina 0,0025*. [VFS 42-3128-98. Beta-carotene dragee 0.0025] (in Russ.).
15. Sharshunova M., Shvarts V., Mikhalets Ch. *Tonkosloynaya khromatografiya v farmatsii i klinicheskoy biokhimi*. [Thin layer chromatography in pharmacy and clinical biochemistry]. Moscow, 1980, vol. 2, 610 p. (in Russ.).
16. Rudakov O.B., Vostrov I.A., Fedorov S.V. i dr. *Sputnik khromatografista. Metody zhidkostnoy khromatografii*. [Chromatograph companion. Methods of liquid chromatography]. Voronezh, 2004, 528 p. (in Russ.).
17. Kirkhner Yu. *Tonkosloynaya khromatografiya*. [Thin layer chromatography]. Moscow, 1981, 616 p. (in Russ.).
18. Geyss F. *Osnovy tonkosloynoy khromatografii*. [Fundamentals of thin layer chromatography]. Moscow, 1999, 405 p. (in Russ.).
19. Deyneka V.I., Deyneka L.A. *Sorbtsionnyye i khromatograficheskiye protsessy*, 2006, vol. 6, no. 3, pp. 366–375 (in Russ.).

Received September 5, 2019

Revised November 7, 2019

Accepted November 15, 2019

For citing: Trineeva O.V., Rudaya M.A., Slivkin A.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 223–228. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcpm.2020016345.

* Corresponding author.