

УДК 615.322:543.422.3

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММЫ КАРОТИНОИДОВ В ПЛОДАХ ДЕРЕЗЫ КИТАЙСКОЙ *LYCIUM CHINENSE* MILL.

© *Е.Е. Курдюков**, *Е.Ф. Семенова, И.Я. Моисеева, Н.А. Гаврилова, Т.А. Пономарева*

*Пензенский государственный университет, ул. Красная, 40, Пенза, 440026
(Россия), e-mail: e.e.kurdyukov@mail.ru*

Объектами исследования служили зрелые высушенные плоды дерезы китайской (*Lycium chinense* Mill., сем. *Solanaceae* (Пасленовые)). Исследовались 4 образца: №1 (Дары Памира, Россия), №2 (Gullin Tianhe Pharmacautical, Китай), №3 (Эй Джи Альянс, Россия), №4 (Глобалторг, Россия). Цель настоящей работы – определение содержания суммы каротиноидов в плодах дерезы китайской методом спектрофотометрии.

Проведено количественное определение суммы каротиноидов в сырье дерезы китайской. Для подтверждения наличия каротиноидов в плодах дерезы китайской использовали тонкослойную хроматографию. Обоснована целесообразность использования спектрофотометрического метода для обнаружения и количественного определения каротиноидов в извлечениях из плодов дерезы китайской. Электронные спектры гексанового, ацетонового и ацетон-гексанового растворов в диапазоне длин волн 400–500 нм имеют максимум оптической плотности при 450±2 нм, характерный для β-каротина. Обоснованы оптимальные условия экстракции каротиноидов из сырья данного растения (экстрагент – гексан; соотношение «сырье–экстрагент» – 1 : 5; время экстракции – 90 мин; степень измельченности сырья – 0.5 мм). Определено, что ошибка единичного определения содержания каротиноидов в плодах дерезы китайской с доверительной вероятностью 95% составляет ±3.49%. Выявлено, что содержание каротиноидов в сырье дерезы китайской варьирует в интервале 34–39 мг%.

Ключевые слова: дереза китайская, каротиноиды, спектрофотометрия, количественное определение, β-каротин.

Введение

В настоящее время актуальным направлением при исследовании лекарственного растительного сырья является разработка новых подходов к стандартизации и использование этих подходов при составлении нормативной документации. Одним из основных вопросов является обоснование группы биологически активных соединений (БАС), по которой будет осуществляться стандартизация [1, 2]. Одним из перспективных растительных источников получения фармацевтических субстанции является дереза китайская.

Плоды дерезы китайской обладают уникальным химическим составом, содержат широкий набор биологически активных веществ: углеводы, белки, жиры, пищевые волокна, минералы (кальций, железо, калий, цинк, магний, медь, марганец, фосфор, йод, селен, германий) и витамины (В₁, В₂, В₆, Е, РР, С), холин, каротиноиды (β-каротин, неоксантин, β-криптоксантин), терпены, алкалоиды, фитостеролы [3, 4]. На наш взгляд,

Курдюков Евгений Евгеньевич – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры общей и клинической фармакологии, e-mail: e.e.kurdyukov@mail.ru

Семенова Елена Федоровна – кандидат биологических наук, профессор кафедры общей и клинической фармакологии, e-mail: sef1957@mail.ru

Моисеева Инесса Яковлевна – доктор медицинских наук, декан лечебного факультета, заведующая кафедрой общей и клинической фармакологии, e-mail: moiseeva_pharm@mail.ru

Гаврилова Наталья Александровна – студентка, e-mail: natashagavril121314@icloud.com

Пonomарева Татьяна Андреевна – студентка, e-mail: tanecha2016@gmail.com

с точки зрения химической стандартизации наибольший интерес представляет β-каротин. Контроль над суммарным содержанием каротиноидов принято осуществлять с помощью спектрофотометрии [5–9], так как данные соединения имеют электронные спектры поглощения с максимумами при 422–428, 444–450, 472–484 нм [1, 10–14].

Цель настоящей работы – определение содержания суммы каротиноидов в плодах дерезы китайской методом спектрофотометрии.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Экспериментальная часть

Объектами служили зрелые высушенные плоды дерезы китайской. Исследовались 4 образца: №1 (Дары Памира, Россия), №2 (Gullin Tianhe Pharmacautical, Китай), №3 (Эй Джи Альянс, Россия), №4 (Глобалторг, Россия).

Для количественного определения каротиноидов в сырье дерезы китайской использовали спектрофотометрический метод. Для этого 5 г плодов дерезы китайской (точная навеска, степень измельчения – 0.5 мм) помещали в колбу вместимостью 100 мл и экстрагировали с 25 мл экстрагента: гексан (х.ч., ТУ 2631-003-05807999-98), ацетон (х.ч., ТУ 2633-018-44493179-98), ацетоно-гексановая смесь (1 : 2), спирт 95%, петролейный эфир (ч., ТУ 6-02-1244-83), этилацетат (х.ч., ГОСТ 22300-76) при перемешивании 1.5 ч. Затем фильтровали через бумажный фильтр. Отбирали 1 мл извлечения в мерную колбу на 25 мл и доводили раствором до метки. Определяли оптическую плотность на спектрофотометре СФ-103 (Спектральный диапазон длин волн, нм 190–1100; видимый диапазон вольфрамовая галогеновая лампа, УФ-диапазон дейтериевая лампа (ЗАО «НПКФ Аквилон», Россия)) составляет при длине волны 450 нм, в кювете с толщиной слоя 10 мм, относительно экстрагента. Параллельно относительно воды очищенной измеряли оптическую плотность раствора РСО калия бихромата (0.04%). В качестве раствора сравнения использовали воду очищенную [1, 6, 14].

Содержание суммы каротиноидов в сырье дерезы китайской (X) в пересчете на β -каротин в мг% рассчитывали по формуле

$$X = \frac{D_1 \cdot 0.00208 \cdot 25 \cdot 25 \cdot 100 \cdot 100}{D_0 \cdot m \cdot 1 \cdot (100 - W)},$$

где D_1 – оптическая плотность испытуемого раствора; D_0 – оптическая плотность раствора РСО калия бихромата; 0.00208 – количество β -каротина, мг, в растворе, соответствующем по окраске раствору РСО калия бихромата; m – навеска сырья, г.

Обсуждение результатов

Качественный анализ каротиноидов проводили методом ТСХ (восходящим способом) из петролейно-эфирной фракции. Зоны адсорбции от желтого до ярко-оранжевого цвета отмечали, просматривая пластинки в видимом свете. В связи с недоступностью стандартных образцов каротиноидов идентификацию веществ проводили, сравнивая значения R_f полученных зон адсорбции с литературными значениями R_f [1, 15–17]. Наиболее яркой после проявления была зона, соответствующая β -каротину (табл. 1).

Количественное определение каротиноидов в плодах дерезы китайской проводили методом УФ-спектрофотометрии. Спектры поглощения каротиноидов в большинстве случаев характеризуются наличием трех максимумов поглощения или двух максимумов поглощения и плеча [1, 10, 18–20].

Анализ данных литературы показывает, что каротиноиды растворимы в спирте различных концентраций, ацетоне, гексане, хлороформе и других органических растворителях [1, 10, 21–23]. Электронные спектры извлечения в диапазоне длин волн 400–500 нм имеют максимум оптической плотности при 450 ± 2 нм (рис.). В гексане основные максимумы поглощения находятся при длинах волн 426 ± 2 нм, 450 ± 2 нм и 478 ± 2 нм, характерные для β -каротина. На спектрах всех извлечений отсутствовали максимумы поглощения около 550 нм, характерные для антоцианов. С целью разработки проекта методики количественного определения суммы каротиноидов определены оптимальные условия экстракции каротиноидов: экстрагент – гексан; соотношение «сырье–экстрагент» – 1 : 5; время экстракции – в течение 90 мин; степень измельченности сырья – 0.5 мм (табл. 2).

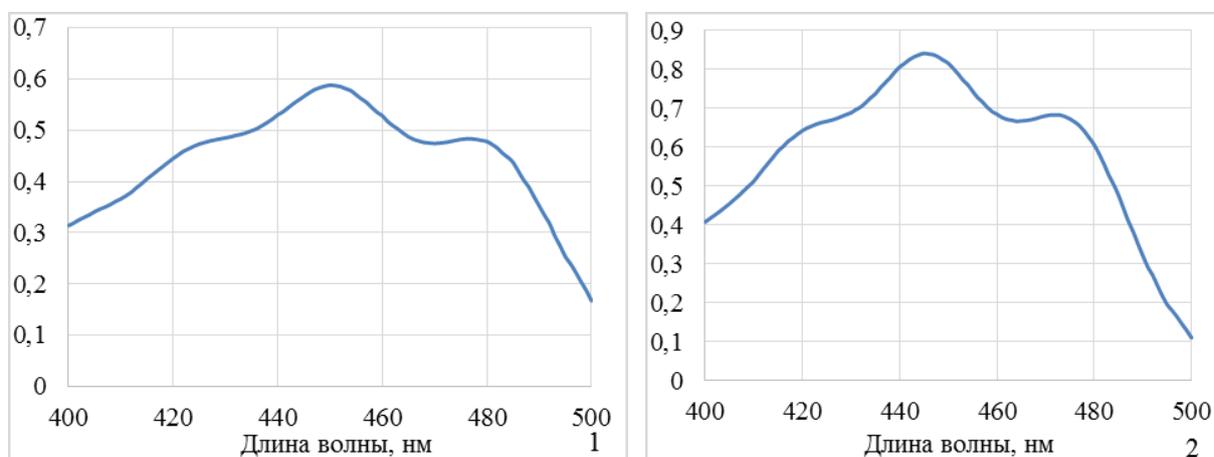
С использованием разработанной методики проанализирован ряд образцов сырья дерезы китайской и показано, что плоды дерезы китайской содержат достаточное количество каротиноидов от 34.94 мг% до 39.14 мг%, что позволяет отнести их к весьма ценным каротиноидсодержащим лекарственным источникам (табл. 3). Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности стандартизации плодов дерезы китайской по содержанию БАС данной группы.

Метрологические характеристики методики количественного определения суммы каротиноидов в плодах дерезы китайской методом прямой спектрофотометрии указаны в таблице 4. Результаты статистической обработки полученных данных свидетельствуют о том, что ошибка единичного определения с доверительной вероятностью 95% составляет стандартное $\pm 3.49\%$ (табл. 4).

Таблица 1. Результаты хроматографического определения каротиноидов ягод Годжи

Петролейный эфир–ацетон (6 : 4)		Спирт метиловый–бензол–этилацетат (5 : 70 : 25)		Предположительно обнаружено
R _f	R _{фст}	R _f	R _{фст}	
0.91	0.93	0.92	0.93	β-каротин

Примечание: R_f – значение полученные экспериментальным путем зон адсорбции; R_{фст} – значение стандартных образцов каротиноидов, из литературных источников.



УФ-спектр извлечения из сырья дерезы китайской (1 : 25): 1 – гексановый раствор, 2 – ацетоновый раствор

Таблица 2. Влияние различных факторов на полноту извлечения каротиноидов

Экстрагент	Соотношение «сырье–экстрагент»	Степень измельченности, мм	Время экстракции, мин	Содержание суммы каротиноидов в пересчете на β-каротин
Влияние экстрагента				
Гексан	1 : 5	1	90	34.08
Ацетон	1 : 5	1	90	5.91
Гексан–ацетон (1 : 2)	1 : 5	1	90	17.45
Спирт 95%	1 : 5	1	90	2.45
Петролейный эфир	1 : 5	1	90	32.85
Этилацетат	1 : 5	1	90	17.74
Влияние соотношения «сырье–экстрагент»				
Гексан	1:2	1	90	26.02±0.76
Гексан	1:20	1	90	30.27±0.75
Гексан	1:50	1	90	25.12±0.97
Влияние степени измельченности				
Гексан	1 : 5	0.2	90	32.01±1.19
Гексан	1 : 5	0.5	90	35.43±0.46
Гексан	1 : 5	2	90	33.91±0.89
Гексан	1 : 5	3	90	31.21±1.12
Влияние времени экстрагирования				
Гексан	1 : 5	0.5	30	22.07±0.34
Гексан	1 : 5	0.5	60	27.65±0.64
Гексан	1 : 5	0.5	90	35.43±0.46
Гексан	1 : 5	0.5	120	32.22±0.61

Таблица 3. Содержание суммы каротиноидов в различных образцах сырья дерезы китайской

№п/п	Образец сырья	Содержание суммы каротиноидов в пересчете на β-каротин
1	Дары Памира, Россия	35.43±0.46
2	Gullin Tianhe Pharmaceutical, Китай	34.94±0.61
3	Эй Джи Альянс, Россия	39.14±0.55
4	Глобалторг, Россия	35.12±0.56

Таблица 4. Метрологические характеристики методики количественного определения суммы каротиноидов в плодах дерезы китайской

f	\bar{X}	S ²	S	P, %	t (P, f)	$\Delta\bar{X}$	E, %
4	39.14	0.05197	0.227969	95	2.776	±0.199	±3.49

Выводы

1. Разработана концепция методики количественного определения суммы каротиноидов в пересчете на β -каротин, с использованием спектрофотометрии при аналитической длине волны 450 нм. Содержание суммы каротиноидов в образцах дерезы китайской варьирует от 34.94 мг% до 39.14 мг%.

2. Обоснованы оптимальные условия экстракции экстрагент – гексан; соотношение «сырье–экстрагент» – 1 : 5; время экстракции – 90 мин; степень измельченности сырья – 0.5 мм.

3. Полученные результаты позволяют рекомендовать плоды дерезы китайской как источник каротиноидов наряду с известными лекарственными растениями. Дереза китайская является перспективным источником новых лекарственных препаратов.

Список литературы

1. Первушкин С.В., Куркин В.А., Воронин А.В. и др. Методики идентификации различных пигментов и количественного спектрофотометрического определения суммарного содержания каротиноидов и белка в фитомассе *S. platensis* (Nords.) Geilt. // Растительные ресурсы. 2002. №1. С. 112–119.
2. Котельников Г.П., Шпигель А.С. Доказательная медицина. Научно обоснованная медицинская практика: монография. 2-е, изд. перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 242 с.
3. Семенова Е.Ф., Апенкина Т.В., Азизова Л.М., Курдюков Е.Е., Бегутова Е.В. Фармакогностическое исследование листьев и плодов дерезы китайской *Lycium chinense* Mill. – интродуцента Среднего Поволжья // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2015. №4(12). С. 68–76.
4. Николаева Ю. Ягоды Годжи. Плоды долголетия и суперздоровья. М., 2015. 128 с.
5. Гергель А.В. Спектрофотометрическое определение количественного содержания хлорофиллов и каротиноидов в некоторых растениях представителей рода *Mogeseae* при использовании разных экстрагентов // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции. 2010. №64. С. 25–27.
6. Писарев Д.И., Новиков О.О., Романова Т.А. Разработка экспресс-метода определения каротиноидов в сырье растительного происхождения // Научные ведомости БелГУ. 2010. №22. С. 119–122.
7. Рыбакова О.В., Сафонова Е.Ф., Сливкин А.И., Оголь Г.А. Определение суммы каротиноидов в растительных маслах и масляных экстрактах // Тезисы доклада 3-й Всероссийской научно-методической конференции «Фармообразование-2007». Часть первая. Воронеж, 2007. С. 306–308.
8. Dariusz M., Niedzwiedzki A., Daniel J. et al. Ultrafast time-resolved absorption spectroscopy of geometric isomers of carotenoids // Chemical Physics. 2009. N357. Pp. 4–16.
9. Fatimah A. M. Z., Norazian M. H., Rashidi O. Identification of carotenoid composition in selected ulam or traditional vegetables in Malaysia // International Food Research Journal. 2012. N2. Pp.527–530.
10. Тринеева О.В., Сафонова И.И., Сливкин А.И., Сафонова Е.Ф. Разработка методики количественного определения суммы каротиноидов в плодах облепихи методом спектрофотометрии в видимой области // Тезисы доклада 5-ой Всероссийской с международным участием научно-методической конференции «Фармообразование 2013», Часть II. Воронеж, 2013. С. 492–495.
11. Дейнека В.И., Лабунская Н.А., Сорокопудова О.А. Каротиноиды и антоцианы листов околоцветников некоторых видов лилий (*Lilium* L.) // Сорбционные и хроматографические процессы. 2008. №5. С. 819–825.
12. Красноштанова А.А., Тимошенко К.А. Получение каротиноидов из биомассы бактерий *Halobacterium halobium* в условиях комплексной переработки микробного сырья // Биофармацевтический журнал. 2014. Т. 6. №3. С. 3–8.
13. Печинский С.В., Курегян А.Г. Структура и биологические функции каротиноидов // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2013. №9. С. 4–15.
14. Ульяновский Н.В., Косяков Д.С., Боголицын К.Г. Разработка экспрессных методов аналитической экстракции каротиноидов из растительного сырья // Химия растительного сырья. 2012. №4. С. 147–152.
15. Britton G., Liaaen-Jensen S., Pfander H. Carotenoids Handbook. Basel AG: Springer, 2004. 646 p.
16. Арзамасцев А.П., Дорофеев В.Л., Садчикова Н.П. Государственные стандартные образцы лекарственных веществ (проект общей фармакопейной статьи) // Ведомости науч. центра экспертизы и гос. контроля лек. средств Минздрава России. 2000. №3. С. 24–26.
17. Harold C. FURR Analysis of retinoids and carotenoids: problems resolved and unsolved // J. Nutr. 2004. N134. Pp. 281–285.
18. Чечета О.В., Сафонова Е.Ф., Сливкин А.И. Стабильность каротиноидов в растительных маслах при хранении // Фармация. 2008. №2. С. 12–14.
19. Rodriguez-Amaya D.B., Kimura M. Handbook for Carotenoid Analysis. Washington: Copyright HarvestPlus, 2004. 59 p.

20. Karnjanawipagul P., Nittayanuntawech W., Rojsanga P., Suntornsuk L. Analysis of carotene in carrot by spectrophotometry // Mahidol University Journal of pharmaceutical science. 2010. Vol. 37. N1–2. Pp. 8–16.
21. Perez-Fons L., Steiger S., Khaneja R. Identification and the developmental formation of carotenoid pigments in the yellow/orange *Bacillus spore-formers* // Biochimica et Biophysica Acta. 2011. N1811. Pp. 177–185.
22. Takashi M., Naoshige A. Structures of minor carotenoids from the Japanese common catfish *Silurus asotus* // Chem. and Pharm. Bull. 2011. N1. Pp. 140–145.
23. Rahiman R., Mohd Ali M.A., Ab-Rahman M.S. Carotenoids concentration detection investigation: a review of current status and future trend // International Journal of bioscience, biochemistry and bioinformatics. 2013. Vol. 3. N5. Pp. 446–472.

Поступила в редакцию 28 октября 2019 г.

После переработки 30 декабря 2019 г.

Принята к публикации 6 апреля 2020 г.

Для цитирования: Курдюков Е.Е., Семенова Е.Ф., Моисеева И.Я., Гаврилова Н.А., Пономарева Т.А. Количественное определение суммы каротиноидов в плодах дерезы китайской *Lycium chinense* Mill. // Химия растительного сырья. 2020. №3. С. 139–144. DOI: 10.14258/jcprm.2020036609.

Kurdyukov Ye.Ye., Semenova Ye.F., Moiseyeva I.YA., Gavrilova N.A., Ponomareva T.A.* QUANTITATIVE DETERMINATION OF THE AMOUNT OF CAROTENOIDS IN THE FRUITS OF CHINESE *LYCIUM CHINENSE* MILL.

Penza State University, ul. Krasnaya, 40, Penza, 440026 (Russia), e-mail: e.e.kurdyukov@mail.ru

The objects of the study were Mature dried fruits of Chinese birch (*Lycium chinense* Mill., this. *Solanaceae* (Solanaceae)). Four samples were examined: No. 1 (Gifts of Pamir, Russia), No. 2 (Gullin Tianhe Pharmaceutical, China), No. 3 (A. J. Alliance, Russia), No. 4 (Globaltorg, Russia). The purpose of this work is to determine the amount of carotenoids in the fruits of Chinese by spectrophotometry.

The quantitative determination of the amount of carotenoids in the raw material of Chinese Dereza was carried out. Thin-layer chromatography was used to confirm the presence of carotenoids in the fruits of Dereza. The expediency of using the spectrophotometric method for the detection and quantitative determination of carotenoids in extracts from the fruits of Chinese birch is substantiated. The electron spectra of hexane, acetone and acetone-hexane solutions in the wavelength range 400–500 nm have a maximum optical density at 450±2 nm, characteristic of β-carotene. The optimal conditions of extraction of carotenoids from the raw materials of this plant (extractant – hexane; ratio "raw material–extractant" – 1 : 5; extraction time – 90 minutes; the degree of grinding of raw materials – 0.5 mm). It was determined that the error of a single determination of the content of carotenoids in the fruits of Chinese Dereza with a confidence probability of 95% is ±3,49%. It was revealed that the content of carotenoids in the raw material of Chinese Dereza varies in the range of 33–39 mg%.

Keywords: *Lycium Chinese*, carotenoids, spectrophotometry, quantitative determination, β-carotene.

* Corresponding author.

References

1. Pervushkin S.V., Kurkin V.A., Voronin A.V. et al. *Rastitel'nyye resursy*, 2002, no. 1, pp. 112–119. (in Russ.).
2. Kotel'nikov G.P., Shpigel' A.S. *Dokazatel'naya meditsina. Nauchno obosnovannaya meditsinskaya praktika: monografiya*. [Evidence-based medicine. Evidence-based medical practice: monograph]. Moscow, 2012, 242 p. (in Russ.).
3. Semenova Ye.F., Apenkina T.V., Azizova L.M., Kurdyukov Ye.Ye., Begutova Ye.V. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Yestestvennyye nauki*, 2015, no. 4(12), pp. 68–76. (in Russ.).
4. Nikolayeva Yu. *Yagody Godzhi. Plody dolgoletiya i superzdorov'ya*. [Goji berries. The fruits of longevity and super health]. Moscow, 2015, 128 p. (in Russ.).
5. Gergel' A.V. *Razrabotka, issledovaniye i marketing novoy farmatsevticheskoy produktsii*, 2010, no. 64, pp. 25–27. (in Russ.).
6. Pisarev D.I., Novikov O.O., Romanova T.A. *Nauchnyye vedomosti BelGU*, 2010, no. 22, pp. 119–122. (in Russ.).
7. Rybakova O.V., Safonova Ye.F., Slivkin A.I., Ogol' G.A. *Tezisy doklada 3 Vserossiyskoy Nauchno-metodicheskoy konferentsii «Farmobrazovaniye-2007», Chast' I*. [Abstracts of the 3rd All-Russian Scientific and Methodological Conference "Pharmaceutical Education-2007", Part 1]. Voronezh, 2007, pp. 306–308. (in Russ.).
8. Dariusz M., Niedzwiedzki A., Daniel J. et al. *Chemical Physics*, 2009, no. 357, pp. 4–16.
9. Fatimah A. M. Z., Norazian M. H., Rashidi O. *International Food Research Journal*, 2012, no. 2, pp. 527–530.
10. Trineyeva O.V., Safonova I.I., Slivkin A.I., Safonova Ye.F. *Tezisy doklada 5 Vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiyem nauchno-metodicheskoy konferentsii «Farmobrazovaniye 2013», Chast' II*. [Abstracts of the 5th All-Russian with international participation scientific and methodological conference "Pharmaceutical Education 2013", Part II]. Voronezh, 2013, pp. 492–495. (in Russ.).
11. Deyneka V.I., Labunskaya N.A., Sorokopudova O.A. *Sorbtsionnyye i khromatograficheskiye protsessy*, 2008, no. 5, pp. 819–825. (in Russ.).
12. Krasnoshtanova A.A., Timoshenko K.A. *Biofarmatsevticheskiy zhurnal*, 2014, vol. 6, no. 3, pp. 3–8. (in Russ.).
13. Pechinskiy S.V., Kuregyan A.G. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii*, 2013, no. 9, pp. 4–15. (in Russ.).
14. Ul'yanovskiy N.V., Kosyakov D.S., Bogolitsyn K.G. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2012, no. 4, pp. 147–152. (in Russ.).
15. Britton G., Liaaen-Jensen S., Pfander H. *Carotenoids Handbook*, Basel AG: Springer, 2004, 646 p.
16. Arzamastsev A.P., Dorofeyev V.L., Sadchikova N.P. *Vedomosti nauchnogo tsentra ekspertizy i gos. kontrolya lekarstvennykh sredstv Minzdrava Rossii*, 2000, no. 3, pp. 24–26. (in Russ.).
17. Harold C. *J. Nutr.*, 2004, no. 134, pp. 281–285.
18. Checheta O.V., Safonova Ye.F., Slivkin A.I. *Farmatsiya*, 2008, no. 2, pp. 12–14. (in Russ.).
19. Rodriguez-Amaya D.B., Kimura M. *Handbook for Carotenoid Analysis*, Washington: Copyright HarvestPlus, 2004, 59 p.
20. Karnjanawipagul P., Nittayanuntawech W., Rojsanga P., Suntornsuk L. *Mahidol University Journal of pharmaceutical science*, 2010, vol. 37, no. 1–2, pp. 8–16.
21. Perez-Fons L., Steiger S., Khanaja R. *Biochimica et Biophysica Acta*, 2011, no. 1811, pp. 177–185.
22. Takashi M., Naoshige A. *Chem. and Pharm. Bull.*, 2011, no. 1, pp. 140–145.
23. Rahiman R., Mohd Ali M.A., Ab-Rahman M.S. *International Journal of bioscience, biochemistry and bioinformatics*, 2013, vol. 3, no. 5, pp. 446–472.

Received October 28, 2019

Revised December 30, 2019

Accepted April 6, 2020

For citing: Kurdyukov Ye.Ye., Semenova Ye.F., Moiseyeva I.YA., Gavrilova N.A., Ponomareva T.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 3, pp. 139–144. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020036609.