

УДК 621.892.31+582.998+582.663+582.866+582.542.1

## ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МАСЕЛ СЕМЯН НЕКОТОРЫХ ДИКОРАСТУЩИХ И КУЛЬТИВИРУЕМЫХ РАСТЕНИЙ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ СВЕРХКРИТИЧЕСКОЙ ФЛЮИДНОЙ ЭКСТРАКЦИИ

© А.В. Великородов\*, В.Б. Ковалев, С.Б. Носачев, А.Г. Тырков, Л.В. Морозова

Астраханский государственный университет, пл. Шаумяна, 1, Астрахань,  
414000 (Россия), e-mail: avelikorodov@mail.ru

Методом сверхкритической флюидной (СКФ) экстракции диоксидом углерода в присутствии соразтворителя этанола получены образцы масел семян дикорастущих растений (*Elaeagnus angustifolia*, *Xanthium strumarium*, *Nelumbo nucifera*) и культивируемых растений (*Sorghum bicolor* (L.) Moench, сорт Волжское 51 и *Amaranthus cruentus*, сорт Харьковский 1) в Астраханской области. Жирнокислотный состав липидных фракций семян растений определен методом газовой хроматографии после превращения в метиловые эфиры соответствующих жирных кислот. Основным компонентом масла семян *Elaeagnus angustifolia*, *Xanthium strumarium*, *Nelumbo nucifera*, *Amaranthus cruentus* и *Sorghum bicolor* (L.) является линолевая кислота. Помимо нее в масле семян дурнишника обыкновенного были идентифицированы декадиеналь (3.4%), пропиловый эфир линолевой кислоты (5.7%), 2,5-пентадекадиен-1-ол (0.7%), а также 9-оксононановая кислота (1.5%), относящаяся к оксигенированным кислотам. Наибольшее соотношение ненасыщенных жирных кислот к насыщенным (8.06 : 1) характерно для семян *Elaeagnus angustifolia*. Отличительной особенностью масла семян амаранта является высокое содержание сквалена (6.9%). Особенности компонентного состава масла семян лоха узколистного, вероятно, обусловлены почвенно-климатическими условиями произрастания и аллелопатическим влиянием биоценозов.

**Ключевые слова:** лох узколистный, дурнишник обыкновенный, лотос орехоносный, сорго сахарное, амарант метельчатый, насыщенные, мононенасыщенные, полиненасыщенные высшие жирные кислоты, сверхкритическая флюидная экстракция, хромато-масс-спектрометрия.

### Введение

Известно, что потребность человека в незаменимых жирных кислотах (арахионовая, линолевая, линоленовая) составляет 2 г/сут [1, 2]. В то же время источников данного комплекса кислот в растительном мире найдено ограниченное количество, а для арахидоновой кислоты практически не обнаружено.

---

*Великородов Анатолий Валериевич* – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой органической, неорганической и фармацевтической химии,  
e-mail: avelikorodov@mail.ru

*Ковалев Вячеслав Борисович* – кандидат химических наук, доцент кафедры органической, неорганической и фармацевтической химии, доцент,  
e-mail: chemkovalevne@mail.ru

*Носачев Святослав Борисович* – кандидат химических наук, доцент кафедры органической, неорганической и фармацевтической химии, доцент,  
e-mail: sbn86@yandex.ru

*Тырков Алексей Георгиевич* – доктор химических наук, профессор, декан химического факультета,  
e-mail: tyrkov@rambler.ru

*Морозова Людмила Викторовна* – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и экологии, доцент, e-mail: botanik@asu.edu.ru

Применение незаменимых жирных кислот, обладающих антиоксидантным действием, предотвращает окислительный стресс и замедляет процессы старения [3, 4].

Одним из важных источников моно- и полиненасыщенных жирных кислот могут являться продукты растительного происхождения, в частности масла, выделенные из семян дикорастущих и культурных растений, в том числе произрастающих в Астраханской области.

С целью сохранения нативного комплекса биологически активных веществ растений, в частности липидных фракций семян, необходимо использовать приемы мягкого химического или физическо-

---

\* Автор, с которым следует вести переписку.

го воздействия на растительное сырье. В случае применения традиционных технологий растительное сырье подвергается обработке химическими растворителями при высоких температурах, что неизбежно влечет за собой деградацию и химическую модификацию компонентов [5, 6].

Избежать указанных негативных эффектов позволяет использование метода сверхкритической флюидной экстракции [7–10].

Наиболее широко используемым растворителем в сверхкритическом состоянии, на основе которого осуществлено более 80% всех исследований в области сверхкритических флюидных технологий (СКФТ) и процессов, является диоксид углерода. Это обусловлено его удобными критическими параметрами (температура 31.2 °С, давление 72.8 атм.). Кроме того, диоксид углерода нетоксичен, не горюч, является относительно недорогим веществом, которое при нормальных условиях является газом, что облегчает его разделение с экстрагируемыми продуктами после завершения процесса [10].

Применение диоксида углерода вместо органических растворителей повышает экологическую безопасность производств, а также степень чистоты получаемых продуктов, учитывая отсутствие в них следов достаточно токсичных органических растворителей и содержащихся в них примесей. Поэтому в качестве экстрагента для получения растительных масел из семян растений нами был выбран диоксид углерода, модифицированный применением этанола в качестве соразтворителя, который способствует увеличению выхода масла, не изменяя при этом его качественный и количественный состав, что было установлено при проведении экстракции в отсутствие соразтворителя.

Флора Прикаспия и, в частности Астраханской области, сложилась в жестких стрессовых условиях существования (недостаток увлажнения, засоление почвы). Здесь смогли закрепиться лишь 760–850 видов высших растений из 240 тыс. видов мировой флоры. Однако сочетание этих видов, взаимопроникновение северных бореальных и пустынных ирано-туранских создают уникальные растительные сообщества. В России не встретишь другого такого места, где при перепаде высот относительно межени 1.5–2.0 м представлены ассоциации от прибрежноводных растений до растений пустынь [11]. Известна Астраханская область также продуктами растениеводства (овощами, рисом и арбузами).

Интересным объектом исследования является лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia* L.), относящийся к семейству Лоховые (*Elaeagnaceae*), который занимает в дельте Волги более 1000 га. Он растет на возвышенных слабозатапливаемых участках островов. Слабое засоление почв и грунтовых вод не является для лоха помехой в росте. Астраханский лох успешно произрастает и в степных условиях нашего края. Растет на песках, песчаных и суглинисто-глинистых почвах. В настоящее время в области встречаются два вида лоха: узколистный и восточный крупноплодный, со съедобными плодами. Первые плоды на дикой маслине появляются уже в семилетнем возрасте. При хороших растительных условиях *Elaeagnus angustifolia* достигает в Астраханской области до 5–6 м в высоту. Его часто называют русской маслиной [12].

Китайские ученые [13] изучили жирнокислотный состав масла семян лоха узколистного, полученного методом экстракции при помощи ультразвука. Методом ГХ-масс-спектрометрии найдено, что основными кислотами являются линолевая (49.12%), олеиновая (37.26%), пальмитиновая (3.91%), стеариновая (1.63%), эйкозеновая (0.64%), эйкозановая (0.22%), а также лигноцериевая (10.23%) кислоты.

Н.П. Гончаровой с сотрудниками [14] в масле семян лоха узколистного удалось идентифицировать шесть эпокси- и 5 гидроксид-кислот.

Другим интересным объектом исследования является дурнишник обыкновенный (*Xanthium strumarium* L.), который растет по берегам рек, водоемов, канав, у жилья, дорог, на пустырях. Дурнишник обыкновенный принадлежит к семейству Сложноцветные (*Compositae*). Это однолетнее травянистое растение высотой 30–50 см, с ветвистым стеблем и треугольными слаботрехлопастными листьями. Все растение шершаво-опушенное. Цветки желтоватые, женские собраны пучками и располагаются у основания черешков листьев; мужские – в плотных шаровидных головках на концах ветвей. Плоды – гладкие овальные семянки, заключенные в твердую колючую оболочку. Цветет в июле – первой половине августа.

Все части этого растения широко используются в народной медицине для лечения различных заболеваний, в том числе мочекаменной болезни, дизентерии, атонического дерматита, зубной боли, лишая, спазмов в горле, ангины, абсцессов в горле, геморроя, рожи, злокачественных опухолей и др.

В экстрактах листьев дурнишника обыкновенного, полученных методом сверхкритической флюидной экстракции диоксидом углерода, были идентифицированы β-кариофиллен (0.5%), гермакрен D (1.2%), γ-кадинен (2.8%), δ-кадинен (4.0%), α-кадинен (1.5%), ксантин (18.9%), а основным компонентом эфирного

масла, полученное из листьев дурнишника обыкновенного методом гидродистилляции, является  $\beta$ -гуаиен (79.6%) [15]. В то же время химический состав СКФ-экстрактов плодов дурнишника обыкновенного ранее не изучался.

Расширение в последние годы плантаций лотоса орехоносного в дельте Волги позволяет рассматривать это растение в качестве источника получения из различных его частей биологически активных веществ. Жирнокислотный состав масла семян *Nelumbo nucifera*, полученного СКФ-экстракцией, ранее также не изучался.

Другими объектами исследования являлись семена культивируемых в Астраханской области растений – сорго сахарного (*Sorghum saccharum*, сорт Волжское 51) и амаранта метельчатого (*Amaranthus cruentus*, сорт Харьковский 1).

Цель настоящей работы – исследование жирнокислотного состава образцов масел, полученных методом сверхкритической флюидной экстракции диоксидом углерода в присутствии этанола в качестве со-растворителя из семян дикорастущих растений (лоха узколистного, дурнишника обыкновенного, лотоса орехоносного), а также из семян культивируемых растений (сорго сахарного, амаранта метельчатого).

### Экспериментальные условия

**Сырье.** Объектами исследования являлись созревшие семена лотоса узколистного (левый берег ерика Калмыцкий, г. Камызяк, сентябрь), лотоса орехоносного (мелководье правого берега р. Кизань, август), амаранта метельчатого (г. Камызяк, аптекарский огород Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого бахчеводства, октябрь), сорго сахарного (поля крестьянско-фермерского хозяйства Ким Д.Л., с. Икрыное, ноябрь), плоды дурнишника обыкновенного (пастбище крестьянско-фермерского хозяйства «Майское» с. Разночиновка, октябрь). Весь материал собран в 2016 г. Непосредственно перед обработкой семена измельчались до размера частиц 1–3 мм.

**Выделение масла** из измельченных семян осуществляли с использованием экстрактора SFE-500M1-2-FMC50, фирмы THAR (США). Экстракция проводилась в 500 мл колонке (200 г измельченного сырья) при 40 °С, потоке флюида (сверхкритического диоксида углерода) 35 г/мин., в присутствии со-растворителя этанола (5 г/мин), давлении 350 атм и продолжительности процесса 60 мин.

**Качественный и количественный составы образцов масел** определяли методом хромато-масс-спектрометрии на приборе Agilent с библиотекой 40 тыс. химических соединений, количественное определение компонентов масла проводили методом газожидкостной хроматографии на хроматографе Shimadzu Q12010 с масс-селективным детектором после превращения жирных кислот в соответствующие метиловые эфиры при обработке диазометаном. Эфирный раствор диазометана получали из N-нитрозо-N-метилмочевины по известной методике [16]. Для идентификации использовали библиотеку масс-спектров NIST02. Хроматографирование осуществляли на колонке MIDN-1 (метилсиликон, твердосвязанный).

### Обсуждение результатов

Изучение жирнокислотного состава масла семян *Elaeagnus angustifolia* показало, что в нем преобладают полиненасыщенные жирные кислоты, главным образом линолевая (55.8%) и олеиновая (21.9%), линоленовая (7.5%) кислоты (табл. 1). Соотношение ненасыщенных жирных кислот к насыщенным составляет 8.06 : 1 (табл. 2). Как в случае данных, полученных китайскими исследователями [13], основными компонентами масла являются линолевая, олеиновая и пальмитиновая кислоты. В то же время особенности жирнокислотного состава масла семян *Elaeagnus angustifolia*, произрастающего в Астраханской области (отсутствие лигноцериевой, эйкозеновой, эйкозановой кислот и присутствие элаидиновой кислоты и микроколичеств гадолеиновой, арахидиновой, бегеновой кислот, а также сквалена), вероятно обусловлено особенностями почвенно-климатических условий произрастания и аллелопатическим влиянием биоценозов.

В масле семян *Xanthium strumarium* также как и в масле лотоса узколистного преобладают линолевая кислота, соотношение ненасыщенных жирных кислот к насыщенным ниже и составляет 1.25 : 1 (табл. 2). Помимо жирных кислот в масле семян плодов дурнишника обыкновенного были идентифицированы декадиеналь (3.4%), пропиловый эфир линолевой кислоты (5.7%), 2,5-пентадекадиен-1-ол (0.7%), а также 9-оксононановая кислота (1.5%), относящаяся к оксигенированным кислотам.

Таблица 1. Содержание в СКФ-экстрактах жирных кислот и других веществ, %

Растение	Миристиновая кислота 14:0	Пальмитолеиновая кислота 16:1n7	Пальмитиновая кислота 16:0	Линолевая кислота 18:2 (9Z, 12Z)	Линоленовая кислота 18:3 (9Z, 12Z, 15Z)	Олеиновая кислота 18:1 (9Z)	Элаидиновая кислота 18:1 (9E)	Стеариновая кислота 18:0	Гадолеиновая кислота 20:1 (9Z)	Арахидоновая кислота 20:4 (5Z, 8Z, 11Z, 14Z)	Бегеновая кислота 21:0	Сквален	Маргариновая кислота C17:0
Лох узколистный ( <i>Elaeagnus angustifolia</i> )	–	0.3	8.4	55.8	7.5	21.9	2.3	2.2	0.3	0.4	0.4	0.5	–
Дурнишник обыкновенный ( <i>Xanthium strumarium</i> )	–	0.9	11.2	47.1	–	–	1.3	26.9	–	–	1.2	–	0.1
Лотос орехоносный ( <i>Nelumbo nucifera</i> )	0.6	0.6	25.0	47.7	–	13.6	3.7	3.1	–	1.3	4.3	–	–
Амарант метельчатый ( <i>Amaranthus cruentus</i> )	0.2	0.2	22.3	41.1	–	20.9	4.0	3.7	0.1	0.7	–	6.9	–
Сорго сахарное ( <i>Sorghum bicolor</i> L. Moench.)	0.4	0.4	20.7	39.8	–	27.1	8.5	2.6	0.2	0.3	–	–	–

Таблица 2. Содержание в СКФ-экстрактах насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот

Растение	Насыщенные ЖК, %	Мононенасыщенные ЖК, %	Полиненасыщенные ЖК, %	Соотношение ненасыщенных ЖК к насыщенным ЖК
Лох узколистный ( <i>Elaeagnus angustifolia</i> )	11.0	24.7	63.8	8.06 : 1
Дурнишник обыкновенный ( <i>Xanthium strumarium</i> )	39.4	2.2	47.1	1.25 : 1
Лотос орехоносный ( <i>Nelumbo nucifera</i> )	33.1	17.9	49.1	2.03 : 1
Амарант метельчатый ( <i>Amaranthus cruentus</i> )	26.1	25.2	41.8	2.57 : 1
Сорго сахарное ( <i>Sorghum bicolor</i> L. Moench.)	23.7	36.2	40.1	3.21 : 1

В масле семян лотоса орехоносного (семейство *Nelumbonaceae*) преобладающими ненасыщенными высшими жирными кислотами являются линолевая (47.7%) и олеиновая (13.6%) кислоты (табл. 1). Общее содержание полиненасыщенных жирных кислот достаточно высокое и составляет 49.1% (табл. 2).

В масле семян *Amaranthus cruentus* (табл. 1) общее содержание полиненасыщенных жирных кислот равно 41.8%. Отличительной особенностью масла семян амаранта является высокое содержание сквалена (6.9%).

Общее содержание полиненасыщенных жирных кислот в масле семян *Sorghum bicolor* L. Moench., относящегося к семейству *Poaceae* (Злаки), составляет 40.1% (табл. 2), причем линолевая кислота является основным компонентом масла (39.8%).

Как следует из приведенных экспериментальных данных, наиболее высоким общим содержанием полиненасыщенных жирных кислот (63.8%), а следовательно, и более высоким отношением ненасыщенных жирных кислот к насыщенным кислотам (8.06 : 1) характеризуется масло семян лоха узколистного.

### Заключение

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить качественный и количественный химический состав масел семян некоторых дикорастущих и культивируемых растений Астраханской обла-

сти. Масло семян *Elaeagnus angustifolia*, полученное СКФ-экстракцией диоксидом углерода в присутствии соразтворителя – этанола, является перспективным источником незаменимых жирных кислот.

### Список литературы

1. Schagen S.K., Zampeli V.A., Markantonaki E., Zouboulis C.C. Discovering the link between nutrition and skin aging // *Dematoendocrinol.* 2012. Vol. 4. N3. Pp. 298–307.
2. Боголицын К.Г., Каплицин П.А., Добродеева Л.К., Дружинина А.С., Овчинников Д.В., Паршина А.Э., Шульгина Е.В. Жирнокислотный состав и биологическая активность сверхкритических экстрактов арктической буры водоросли *Fucus Vesiculosus* // *Сверхкритические флюиды: теория и практика.* 2016. Т. 11. №3. С. 58–70.
3. St. Angelo A.J. Lipid oxidation in foods // *Crit. Rev. Food Sci.* 1996. Vol. 36. N3. Pp. 175–224.
4. Temple N.J. Antioxidants and disease: more questions than answers // *Nutr. Res.* 2000. Vol. 20. N3. Pp. 449–459.
5. Jaren-Galan M., Nienaber U., Schwartz S.J. Paprika (*Capsicum annuum*) oleoresin extraction with supercritical carbon dioxide // *J. Agr. Food Chem.* 1999. Vol. 47. N9. Pp. 3558–3564.
6. Crampon C., Boutin O., Badens E. Supercritical carbon dioxide extraction of molecules of interest from microalgae and seaweeds // *Ind. Eng. Chem. Res.* 2011. Vol. 50. N15. Pp. 8941–8953.
7. Garcia A., Lucas A.D., Rincon J., Alvarez A., Gracia I., Garcia M.A. Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Fatty and Waxy Material from Rice Bran // *J. Am. Oil Chem. Soc.* 1996. Vol. 73. N9. Pp. 1127–1131.
8. Taylor L.T. Supercritical fluid extraction. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1996. 181 p.
9. Blunt M., Fayers F.J., Orr F.M. Jr. Carbon dioxide in enhanced oil recovery // *Energy Convers. Manag.* 1993. Vol. 34. N9–11. Pp. 1197–1204.
10. Залепугин Д.Ю., Тилькунова Н.А., Чернышова И.В., Поляков В.С. Развитие технологий, основанных на использовании сверхкритических флюидов // *Сверхкритические флюиды: теория и практика.* 2006. Т. 1. №1. С. 27–51.
11. Пилипенко В.Н. Современная флора и динамика растительности дельты Волги: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Астрахань, 2004. 44 с.
12. Ayaz F.A., Kadioglu A., Dogru A. Soluble sugar composition of *Elaeagnus angustifolia* L. var *orientalis* (L.) *Kuntze* (Russian olive) fruits // *Tr. J. Botany.* 1999. Vol. 23. Pp. 349–354.
13. Na Z., Mingyan A., Li L., Huaan F., Na L., Jinguo X. Physical and chemical properties of *Elaeagnus angustifolia* L. seed oil and its radical scavenging capability // *China Oils and Fats.* 2013. N2. P. 221.
14. Goncharova N.P., Plugar V.N., Rashkes Ya.V., Isamukhamedov A.Sh., Glushenkova A.I. Oxygenated fatty acids of the seeds of *Elaeagnus angustifolia* // *Chem. Nat. Comp.* 1994. Vol. 30. N6. Pp. 661–665.
15. Scherer R., Wagner R., Meireles M.A.A., Godoy H.T. Biological activity and chemical composition of hydrodistilled and supercritical extracts of *Xanthium strumarium* L. leaves // *J. Essent. Oil Res.* 2010. Vol. 22. N5. Pp. 424–429.
16. Беккер Г., Домшке Г., Фангхенель Э. *Органикум. М.*, 1979. Т. 2. 248 с.

Поступило в редакцию 23 апреля 2017 г.

После переработки 2 апреля 2018 г.

**Для цитирования:** Великородов А.В., Ковалев В.Б., Носачев С.Б., Тырков А.Г., Морозова Л.В. Жирнокислотный состав масел семян некоторых дикорастущих и культивируемых растений Астраханской области, полученных методом сверхкритической флюидной экстракции // *Химия растительного сырья.* 2018. №2. С. 153–158. DOI: 10.14258/jcrpm.2018022005

*Velikorodov A.V.\**, *Kovalev V.B.*, *Nosachev S.B.*, *Tyrkov A.G.*, *Morozova L.V.* FATTY-OXYGEN COMPOSITION OF SEEDS OILS OF SOME WILD-GROWING AND CULTIVATED PLANTS OF THE ASTRAKHAN REGION OBTAINED BY THE SUPERCRITICAL FLUID EXTRACTION METHOD

*Astrakhan State University, pl. Shaumyana, 1, Astrakhan, 414000 (Russia), e-mail: avelikorodov@mail.ru*

Samples of oils from seeds of wild-growing plants (*Elaeagnus angustifoli*, *Xanthium strumarium*, *Nelumbo nucifera*) and cultivated plants (*Sorghum bicolor* (L.) Moench, Volzhskoye 51 and *Amaranthus cruentus* sort Kharkiv 1) in the Astrakhan region, were obtained using supercritical fluid extraction with carbon dioxide in the presence of ethanol as co-solvent. The fatty acid composition of lipid fractions of plant seeds is determined by gas chromatography after conversion to methyl esters of the corresponding fatty acids. The main component of *Elaeagnus angustifolia*, *Xanthium strumarium*, *Nelumbo nucifera*, *Amaranthus cruentus* and *Sorghum bicolor* (L.) seed oil is linoleic acid. In addition to it, decadieneal (3.4%), linoleic acid propyl ester (5.7%), 2,5-pentadecadiene-1-ol (0.7%), and 9-oxononanoic acid (1.5%), related to oxygenated acids, were identified. The highest ratio of unsaturated fatty acids to saturated (8.06: 1) is characteristic of the seeds of *Elaeagnus angustifoli*. A distinctive feature of *Amaranthus cruentus* seed oil is a high squalene content (6.9%). Peculiarities of the component composition of the oil of the narrow-leaved loch seed are probably due to the soil-climatic conditions of growth and the allelopathic influence of biocenoses.

**Keywords:** small-leaved dolphin, common cocklebur, corn root, nutritional lotus, sorghum sugar, amaranth, paniculate, saturated, monounsaturated, polyunsaturated higher fatty acids, supercritical fluid extraction, chromatography-mass spectrometry.

### References

- Schagen S.K., Zampeli V.A., Markantonaki E., Zouboulis C.C. *Dematoendocrinol*, 2012, vol. 4, no. 3, pp. 298–307.
- Bogolitsyn K.G., Kaplitsin P.A., Dobrodeeva L.K., Druzhinina A.S., Ovchinnikov D.V., Parshina A.E., Shul'gina E.V. *Sverkhkriticheskie fliuidy: teoriia i praktika*, 2016, vol. 11, no. 3, pp. 58–70. (in Russ.).
- St. Angelo A.J. *Crit. Rev. Food Sci.*, 1996, vol. 36, no. 3, pp. 175–224.
- Temple N.J. *Nutr. Res.*, 2000, vol. 20, no. 3, pp. 449–459.
- Jaren-Galan M., Nienaber U., Schwartz S.J. *J. Agr. Food Chem.*, 1999, vol. 47, no. 9, pp. 3558–3564.
- Crampon C., Boutin O., Badens E. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2011, vol. 50, no. 15, pp. 8941–8953.
- Garcia A., Lucas A.D., Rincon J., Alvarez A., Gracia I., Garcia M.A. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1996, vol. 73, no. 9, pp. 1127–1131.
- Taylor L.T. *Supercritical fluid extraction*, New York: John Wiley & Sons, Inc., 1996, 181 p.
- Blunt M., Fayers F.J., Orr F.M. Jr. *Energy Convers. Manag.*, 1993, vol. 34, no. 9–11, pp. 1197–1204.
- Zalepugin D.Iu., Til'kunova N.A., Chernyshova I.V., Poliakov V.S. *Sverkhkriticheskie fliuidy: teoriia i praktika*, 2006, vol. 1, no. 1, pp. 27–51. (in Russ.).
- Pilipenko V.N. *Sovremennaia flora i dinamika rastitel'nosti del'ty Volgi: avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk.* [Modern flora and dynamics of vegetation of the Volga delta: dis. ... Doct. Biol. Sciences.]. Astrakhan', 2004, 44 p. (in Russ.).
- Ayaz F.A., Kadioğlu A., Doğru A. *Tr. J. Botany.*, 1999, vol. 23, pp. 349–354.
- Na Z., Mingyan A., Li L., Huaan F., Na L., Jinguo X. *China Oils and Fats.*, 2013, no. 2, p. 221.
- Goncharova N.P., Plugar V.N., Rashkes Ya.V., Isamukhamedov A.Sh., Glushenkova A.I. *Chem. Nat. Comp.*, 1994, vol. 30, no. 6, pp. 661–665.
- Scherer R., Wagner R., Meireles M.A.A., Godoy H.T. *J. Essent. Oil Res.*, 2010, vol. 22, no. 5, pp. 424–429.
- Bekker G., Domshke G., Fangkhenel' E. *Organikum.* [Organicum]. Moscow, 1979, vol. 2, 248 p. (in Russ.).

Received April 23, 2017

Revised April 2, 2018

**For citing:** Velikorodov A.V., Kovalev V.B., Nosachev S.B., Tyrkov A.G., Morozova L.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2018, no. 2, pp. 153–158. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2018022005

\* Corresponding author.