

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МАСЛА ПЛОДОВОЙ МЯКОТИ И СЕМЯН ОБЛЕПИХИ АЛТАЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

А.Я. Долженко, кандидат сельскохозяйственных наук

Ю.А. Зубарев, кандидат сельскохозяйственных наук

А.В. Гунин, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральный Алтайский научный центр агrobiотехнологий, Барнаул, Россия

E-mail: anna-krysova@mail.ru

Ключевые слова: облепиха (*Hippophae rhamnoides* L.), плоды, жирные кислоты, анализ, вариация, фармакологическая ценность.

Реферат. Плоды облепихи (*Hippophae rhamnoides* L.) являются ценным сырьем для пищевой и фармацевтической промышленности благодаря наличию в плодовой мякоти и семенах значительного количества масла, отличающегося уникальным сочетанием компонентов. Базовой субстанцией масла является комплекс жирных кислот, состав которых хорошо изучен для большинства генотипов, однако в группе сортов облепихи алтайской селекции подобных исследований не проводилось. Целью данного исследования являлось проведение сравнительной оценки жирнокислотного состава мякоти плодов и семян облепихи селекции НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко. Объектом изучения были плоды 13 сортов облепихи, относящейся к подвиду *Hippophae rhamnoides* ssp. *mongolica*, собранные в 2014–2015 гг. в фазу полной спелости на экспериментальных участках НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко, которые расположены в лесостепи Алтайского края. Определение жирнокислотного состава проводили в плодовой мякоти и семенах облепихи методом газовой хроматографии. В плодовой мякоти облепихи выявлено шесть жирных кислот, существенно различающихся по процентному содержанию. Превалирующими являются пальмитиновая (C16:0) и пальмитолеиновая кислоты (C16:1), на долю которых приходится более 80% от всех жирных кислот. Наименьшее количество составляют стеариновая (C18:0) и линоленовая (C18:3) кислоты (2,32%). В масле семян облепихи преобладают ненасыщенные жирные кислоты (более 90%): олеиновая (C18:1), линолевая (C18:2) и линоленовая и присутствует цис-вакценовая кислота (C18:1-n7). Большую долю в среднем по сортам составляет линолевая кислота (40,93%). Содержание пальмитолеиновой кислоты в масле семян составляло 0,29%, пальмитиновой – 6,95, стеариновой – 2,04% от суммы кислот.

FATTY ACID COMPOSITION OF FRUIT PULP OIL AND SEEDS OF SEA BUCKTHORN SELECTION

A.I. Dolzhenko, PhD in Agricultural Sciences

Yu.A. Zubarev, PhD in Agricultural Sciences

A.V. Gunin, PhD in Agricultural Sciences

Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnologies, Barnaul, Russia

E-mail: anna-krysova@mail.ru

Keywords: sea buckthorn (*Hippophae Rhamnoides* L.), fruits, fatty acids, analysis, variation, pharmacological value.

Abstract. Sea buckthorn fruits (*Hippophae rhamnoides* L.) are valuable raw materials for the food and pharmaceutical industries due to the significant amount of oil in the fruit pulp and seeds, characterized by a unique combination of components. The primary substance of the oil is a complex of fatty acids, the composition of which has been well-studied for most genotypes. Still, studies have not been carried out in the group of sea buckthorn varieties of Altai selection. This study aimed to compare the fatty acid composition of the pulp of fruits and seeds of sea buckthorn selection by the Research Institute of Horticulture of Siberia, named after M.A. Lisavenko. The object of the study was the fruits of 13 sea buckthorn varieties belonging to the subspecies *Hippophae rhamnoides* ssp. *mongolica*, collected in 2014–2015. in the phase of full ripeness at the experimental sites of the Research Institute of Horticulture of Siberia, named after M.A. Lisavenko, is located in the forest-steppe of the Altai Territory. Determination of fatty acid composition was carried out in fruit pulp and sea buckthorn seeds using gas chromatography. Six fatty acids were identified in the fruit pulp of sea buckthorn, differing significantly

in percentage. The predominant ones are palmitic (C16:0) and palmitoleic acids (C16:1), which account for more than 80% of all fatty acids. The most minor amounts are stearic (C18:0) and linolenic (C18:3) acids (2.32%). Sea buckthorn seed oil is dominated by unsaturated fatty acids (more than 90%): oleic (C18:1), linoleic (C18:2) and linolenic acid, and *cis*-vaccenic acid (C18:1-n7) are present. The largest share on average for varieties is linoleic acid (40.93%). The content of palmitoleic acid in the seed oil was 0.29%, palmitic acid – 6.95%, and stearic acid – 2.04% of the total acids.

Облепиха крушиновая (*Hippophae rhamnoides* L.) относится к семейству лоховых (Elaeagnaceae L.). Её плоды богаты витаминами С, А, Е, К, органическими кислотами, аминокислотами, жирными кислотами, каротиноидами (ликопин, β -каротины, зеаксантин) и флавоноидами (кверцетин, кемпферол, изорамнетин, мирицетин) [1–3]. К отличительным свойствам плодов облепихи относится способность их накапливать масла как в семенах, так и плодовой мякоти. Ценность масла заключается в его уникальном составе и содержании биологически активных соединений, в том числе фитостеролов, каротиноидов и токоферолов [4–6]. Главным компонентом облепихового масла являются жирные кислоты, содержание которых достигает 80%. Основная доля в их составе приходится на эфиры глицерина, тритерпенолов, жирных спиртов, стеролов. В настоящее время учеными идентифицировано 20 жирных кислот, входящих в масло облепихи. Их состав существенно различается в зависимости от того, получены ли они из плодовой мякоти или из семян облепихи. Как правило, содержание полиненасыщенных жирных кислот выше в семенах, в то время как насыщенных и мононенасыщенных – в плодовой мякоти. Пальмитолеиновая (C16:1), пальмитиновая (C16:0) и олеиновая (C18:1) жирные кислоты являются основными в масле плодовой мякоти [3, 7, 8], в семенах – линолевая (C18:2) и линоленовая (C18:3) кислоты – до 42 и 39% соответственно, что отличает его от полиненасыщенного состава жирных кислот основных растительных масел [7, 9–11].

Имеющиеся в научной литературе данные свидетельствуют о положительном влиянии жирных кислот на здоровье человека [12]. Сбалансированный состав жирных кислот масла облепихи оказывает благоприятное влияние на кожу человека [13]. В частности, линолевая и пальмитиновые ненасыщенные кислоты, входящие в состав облепихового масла, участвуют в

процессах регенерации и восстановления кожи [14, 15]. Британскими учеными выявлено, что масло с высоким содержанием пальмитиновой кислоты (более 30%) участвует в регулировании обмена липидов и глюкозы, стимулировании действия инсулина в мышцах, снижении уровня триацилглицеринов в клетках печени [16, 17]. Установлено положительное влияние масла на сердечно-сосудистую систему, олеиновой кислоты – на уровень холестерина и риск возникновения инсультов и инфарктов [18]. Отмечая значительную роль индивидуальных жирных кислот в протекании и регулировании процессов в организме человека и высокое содержание масла в плодах облепихи, констатируем, что вопросы исследования состава и концентрации жирных кислот в масле облепихи представляют несомненный интерес.

Анализируя литературные источники по рассматриваемому вопросу, отмечаем, что исследований жирнокислотного состава плодов облепихи различных подвидов и собранных из разных зон произрастания, достаточно много. Тем не менее комплексного анализа содержания жирных кислот в сортах облепихи селекции Научно-исследовательского института садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко (НИИСС), созданных на основе подвида *H. rhamnoides* ssp. *mongolica*, на достаточно высоком уровне не проводилось. Аналогичные исследования нами проведены в 2014 г., по результатам которых в плодовой мякоти и семенах образцов облепихи различного происхождения определен качественный состав масла [19]. Продолжая исследования в этом направлении, мы проанализировали жирнокислотный состав новых и наиболее перспективных сортов облепихи селекции НИИСС.

Цель исследований – провести сравнительную оценку жирнокислотного состава мякоти плодов и семян облепихи селекции НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов исследования выбраны плоды 13 сортов облепихи селекции НИИСС, относящейся к подвиду *H. rhamnoides* ssp. *mongolica*. Плоды собраны в фазу полной спелости на экспериментальных участках НИИСС, расположенных в лесостепи Алтайского края. Годы сбора образцов – 2014-й, 2015-й.

Состав основных жирных кислот определен в замороженных плодах (семенах и мякоти) в лаборатории UBF GmbH (Германия). Использовали методы, применяемые в странах Европейского союза [20, 21]. Экстракцию проводили петролейным эфиром. Получение метиловых эфиров осуществляли с применением гидроксида триметилсульфония (TMSH).

Проведение анализов осуществляли на газовом хроматографе Shimadzu GC-14 A, оснащенном пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой SP 2380 0,25 мм × 30 м с использованием в качестве неподвижной

фазы силикагеля (0,25 мкм). Анализ проводили при скорости потока гелия 20 см³/с, температуре колонки 75°C, инжектора и детектора – 250°C. Жирные кислоты идентифицировали по времени удерживания при разделении стандартных смесей этих веществ (Supelco 37 Component FAME Mix. Lot Nummer XA10868V) и оценивали в процентах от их общего содержания.

Результаты исследований обработаны с помощью пакета прикладных программ Microsoft Office Excel по общепринятым методикам математической статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате анализа жирнокислотного состава масла плодовой мякоти изучаемых сортов облепихи установлено, что оно содержит шесть жирных кислот: пальмитолеиновую (C16:1), пальмитиновую (C16:0), линолевую (C18:2), олеиновую (C18:1), стеариновую (C18:0) и линоленовую (C18:3) (табл. 1).

Таблица 1

Состав жирных кислот масла плодовой мякоти изучаемых сортов облепихи (2014–2015 гг.)
Composition of fatty acids in fruit pulp oil of the studied sea buckthorn varieties (2014–2015)

Сорт	Содержание жирных кислот, % от суммы кислот					
	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Августина	26,09±7,81	47,84±8,58	2,47±0,97	9,46±0,50	13,50±0,59	0,64±0,64
Ажурная	29,16±1,20	37,58±1,16	2,81±1,38	15,07±2,05	14,30±0,59	1,09±0,47
Алтайская	36,16±5,08	44,27±5,17	1,41±0,33	7,23±1,05	10,65±1,19	0,28±0,28
Елизавета	31,53±8,28	48,03±7,77	2,22±0,60	6,78±1,15	11,12±0,91	0,33±0,30
Жемчужница	30,99±6,36	47,91±4,66	1,34±0,32	8,49±1,31	10,86±0,48	0,41±0,41
Злата	29,76±5,87	51,17±5,59	1,27±0,26	5,47±0,95	11,83±1,48	0,51±0,51
Иня	28,81±10,07	50,97±11,45	1,70±0,20	6,08±0,81	12,13±0,46	0,31±0,31
Клавдия	31,37±8,87	52,13±10,94	1,54±0,13	5,63±1,02	8,84±0,68	0,51±0,51
Огниво	34,80±3,55	40,83±5,24	1,65±0,33	8,42±0,64	13,80±2,14	0,52±0,52
Сударушка	32,93±6,87	42,97±8,88	1,43±0,10	7,73±0,03	14,57±1,75	0,38±0,38
Чуйская	42,53±0,45	35,73±0,40	1,97±0,73	6,70±0,98	12,78±0,57	0,29±0,29
Эссель	33,21±3,52	42,77±4,35	1,30±0,30	8,89±0,75	13,36±1,42	0,46±0,46
Этна	27,97±8,78	47,42±10,92	1,69±0,15	8,81±0,64	12,50±1,31	1,62±1,62
X±m	31,95±0,95	45,36±1,16	1,75±0,11	8,06±0,55	12,33±0,37	0,57±0,09
Min–max	26,09–42,53	35,73–52,13	1,27–2,81	5,47–15,07	8,84–14,57	0,28–1,62
V, %	13,23	11,43	27,49	30,71	13,38	67,52

Примечание. Здесь и табл. 2: X – среднее арифметическое; m – ошибка среднего арифметического; V – коэффициент вариации.

Note. Here is the table. 2: X – arithmetic mean; m – arithmetic mean error; V – coefficient of variation.

Среди отмеченных выше жирных кислот преобладающей в масле мякоти плодов оказалась мононенасыщенная пальмитолеиновая (C16:1) кислота. Подобный уровень накопления этой кислоты очень редко встречается в других растительных маслах [22]. Её содержание варьировало в пределах от $35,73 \pm 0,40$ (Чуйская) до $52,13 \pm 10,94\%$ (Клавдия) со средним значением $45,36 \pm 1,16\%$.

Количество пальмитиновой (C16:0) кислоты варьировало от $26,09 \pm 7,81$ у сорта Августина до $42,53 \pm 0,45\%$ у Чуйской. Среднее значение по всем изучаемым образцам – $31,95 \pm 0,95\%$. Отметим, что уровень накопления этих жирных кислот (пальмитолеиновой и пальмитиновой) в сумме составляет около 80%, что согласуется с данными исследований других авторов [23–27]. Уровень варьирования их содержания невысокий и находится в средних пределах – 11–13%.

Среднее содержание линолевой (C18:2) кислоты в масле плодовой мякоти составляет $12,33 \pm 0,37\%$. Сорт Клавдия отличался низким уровнем накопления этой кислоты ($8,84 \pm 0,68\%$). Высокое ее количество отмечено у образцов Сударушка, Ажурная, Огниво ($14,57 \pm 1,75$; $14,30 \pm 0,59$ и $13,80 \pm 2,14\%$ соответственно).

Содержание олеиновой (C18:1) кислоты в масле плодовой мякоти изменялось с большим коэффициентом вариации (30,71%) и средним значением $8,06 \pm 0,55\%$. Большая часть образцов по величине этого компонента не превышала среднего значения. Высоким уровнем нако-

пления олеиновой кислоты выделился сорт Ажурная ($15,07 \pm 2,05\%$).

Содержание стеариновой (C18:0) и линоленовой (C18:3) кислот в среднем по сортам зафиксировано на уровне 1,75 и 0,57% соответственно. Установлено значительное варьирование ($V=27,49\%$) в накоплении стеариновой кислоты в мякоти плодов облепихи в зависимости от сорта – от $1,27 \pm 0,26$ (Злата) до $2,81 \pm 1,38\%$ (Ажурная). Больше чем у половины образцов (Алтайская, Жемчужница, Злата, Иня, Клавдия, Огниво, Сударушка, Эссель, Этна) содержание этой кислоты имело более низкие значения по сравнению со средними ($1,75 \pm 0,11\%$).

На фоне общего низкого количества линоленовой кислоты относительно высоким ее содержанием отличались сорта Ажурная и Этна (1,09 и 1,62% соответственно).

В отличие от масла плодовой мякоти в масле семян содержалось большее количество ненасыщенных жирных кислот (90%) и меньшее – насыщенных (9%). Полученные результаты в целом согласуются с большим количеством данных отечественных и зарубежных исследователей [10, 17, 22, 24, 28–30].

Основную часть (более 70%) среди выявленных жирных кислот в масле семян занимают полиненасыщенные – линолевая и линоленовая. Коэффициент вариации для этих кислот составил 3,53 и 5,20% соответственно, что свидетельствует о низкой изменчивости этих показателей для изучаемой группы сортов (табл. 2).

Таблица 2

Состав жирных кислот масла семян изучаемых сортов облепихи (2014–2015 гг.)
Composition of fatty acids in the seed oil of the studied sea buckthorn varieties (2014–2015)

Сорт	Содержание жирных кислот, % от суммы кислот						
	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:1-n7	C18:2	C18:3
1	2	3	4	5	6	7	8
Августина	$6,69 \pm 0,33$	$0,13 \pm 0,08$	$2,08 \pm 0,70$	$13,45 \pm 1,07$	$2,49 \pm 1,33$	$42,64 \pm 0,87$	$32,53 \pm 2,12$
Ажурная	$6,76 \pm 0,14$	$0,12 \pm 0,06$	$1,79 \pm 0,30$	$12,85 \pm 1,41$	$1,00 \pm 0,44$	$39,41 \pm 0,99$	$32,76 \pm 1,06$
Алтайская	$7,41 \pm 0,18$	$0,28 \pm 0,09$	$2,29 \pm 0,48$	$14,28 \pm 0,69$	$1,59 \pm 0,67$	$40,16 \pm 1,08$	$34,01 \pm 1,58$
Елизавета	$6,69 \pm 0,10$	$0,38 \pm 0,06$	$2,16 \pm 0,13$	$17,19 \pm 1,01$	$1,03 \pm 0,45$	$40,06 \pm 0,69$	$32,50 \pm 0,97$
Жемчужница	$7,48 \pm 0,23$	$0,42 \pm 0,18$	$1,75 \pm 0,49$	$14,89 \pm 0,69$	$1,86 \pm 0,93$	$42,96 \pm 0,71$	$30,65 \pm 0,69$
Злата	$6,85 \pm 0,19$	$0,24 \pm 0,07$	$2,58 \pm 0,18$	$16,90 \pm 0,66$	$1,10 \pm 0,42$	$41,54 \pm 0,62$	$30,79 \pm 0,66$
Иня	$6,85 \pm 0,19$	$0,26 \pm 0,09$	$1,48 \pm 0,47$	$17,85 \pm 0,60$	$2,14 \pm 0,99$	$39,99 \pm 0,32$	$31,44 \pm 0,49$
Клавдия	$6,47 \pm 0,08$	$0,36 \pm 0,17$	$1,80 \pm 0,45$	$17,89 \pm 2,36$	$1,68 \pm 0,80$	$41,79 \pm 1,51$	$30,03 \pm 1,30$
Огниво	$6,70 \pm 0,17$	$0,27 \pm 0,07$	$2,21 \pm 0,19$	$14,46 \pm 0,45$	$1,22 \pm 0,32$	$40,80 \pm 0,32$	$34,34 \pm 0,74$

1	2	3	4	5	6	7	8
Сударушка	7,66±0,31	0,12±0,05	1,89±0,46	13,24±0,78	2,19±0,78	43,10±0,44	31,81±1,35
Чуйская	7,02±0,79	0,72±0,23	2,31±0,38	20,05±2,23	0,77±0,40	40,23±1,68	28,91±0,86
Эссель	7,03±0,41	0,24±0,11	2,13±0,43	18,12±0,90	1,50±0,68	41,09±0,55	29,91±0,83
Этна	6,69±0,24	0,19±0,09	2,03±0,41	17,76±0,23	1,72±0,82	38,26±0,55	33,19±0,90
X±m	6,95±0,08	0,29±0,04	2,04±0,07	16,07±0,52	1,56±0,12	40,93±0,32	31,76±0,37
Min–max	6,47–7,66	0,12–0,72	1,48–2,58	12,85–20,05	0,77–2,49	38,26–43,10	28,91–34,34
V, %	7,19	56,42	14,30	14,34	33,49	3,53	5,20

Содержание линолевой кислоты в среднем по сортам составляло 40,93±0,32% и изменялось от 38,26±0,55 у сорта Этна до 43,10±0,44% у Сударушки. Уровень накопления линоленовой кислоты варьировал по сортам от 28,91±0,86 (Чуйская) до 34,34±0,74% (Огниво) со средним значением 31,76±0,37%.

Содержание олеиновой кислоты в среднем за годы исследований составляло 16,07±0,52%, варьируя от 12,85±1,41 у сорта Ажурная до 20,05±2,23% у Чуйской. Уровень накопления двух других мононенасыщенных жирных кислот (пальмитолеиновой и цис-вакценовой) составлял менее 2% от общего их содержания.

Высоким коэффициентом вариации характеризовалось содержание пальмитолеиновой кислоты (56,42%), однако ее количество в масле семян не превышало в среднем по годам 0,72±0,23% (Чуйская). У сортов Ажурная, Августина и Сударушка отмечено низкое содержание пальмитолеиновой кислоты (0,12±0,06; 0,13±0,08 и 0,12±0,05% соответственно).

В отличие от масла плодовой мякоти в масле семян обнаружена цис-вакценовая кислота (C18:1n-7), содержание которой находилось на низком уровне и составляло 1,56±0,12%, изменяясь от 0,77±0,40 у сорта Чуйская до 2,49±1,33% у сорта Августина. Коэффициент вариации по этому показателю имел высокие значения и равнялся 33,49%.

Стеариновая и пальмитиновая кислоты присутствовали в количестве 2,04 и 6,95% от суммы кислот соответственно. Содержание пальмитиновой кислоты изменялось по сортам незначительно – от 6,47±0,08 (Клавдия) до 7,66±0,31% (Сударушка). Высоким уровнем накопления стеариновой кислоты отличалось масло семян сорта Злата – 2,58±0,18%. Коэффициент вариации по этой кислоте средний и составил 14,30%.

ВЫВОДЫ

1. В плодовой мякоти выявлены: пальмитолеиновая (C16:1), пальмитиновая (C16:0), линолевая (C18:2), олеиновая (C18:1), стеариновая (C18:0) и линоленовая (C18:3) кислоты. Доминирующими среди них являлись пальмитиновая и пальмитолеиновая, достигая в сумме более 80% от общего содержания жирных кислот.

2. В семенах преобладали линолевая (C18:2) и линоленовая (C18:3) кислоты, которые в сумме составляют более 70% всех жирных кислот. Сравнительно высоким уровнем накопления характеризуется олеиновая кислота, содержание которой изменяется от 12,85 до 20,05%.

3. Отличительной особенностью семян являлось наличие цис-вакценовой кислоты (C18:1-n7), содержание которой в среднем по сортам составляло 1,56%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Определение биологически активных веществ в плодах облепихи крушиновидной (Hippophae rhamnoides L.)* / О.В. Тринеева, И.И. Сафонова, Е.Ф. Сафонова [и др.] // Химия растительного сырья. – 2013. – № 3. – С. 181–186. – DOI: 10.14258/jcprm.1303181.
2. *Fast analysis of sugars, fruit acids, and vitamin C in sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) varieties* / K.M. Tiitinen, B. Yang, G.G. Haraldsson [et al.] // J. Agric. Food Chem. – 2006. – N 54. – P. 2508–2513. – DOI: 10.1021/jf053177r.

3. Sea buckthorn oil as a valuable source of bioaccessible xanthophylls / C. Tudor, T. Bohn, M. Iddir [et al.] // *Nutrients*. – 2020. – Vol. 12, N 76. – P. 1–14. – DOI: 10.3390/nu12010076.
4. Юнусова Ф.М., Рамазанов А.Ш., Юнусов К.М. Химический состав липидной фракции семян *Hippophae rhamnoides* // Юг России: экология, развитие. – 2009. – Т.4, № 2. – С. 70–73. – DOI: 10.18470/1992-1098-2009-2-70-73.
5. Яковлева Т.П., Филимонова Е.Ю. Пищевая и биологическая ценность плодов облепихи // *Пищевая промышленность*. – 2011. – № 2. – С. 11–13.
6. Fatty acid, phytochemical, oxidative stability and in vitro antioxidant property of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) oils extracted by supercritical and subcritical technologies / Z. Li, L.K. Shi, C.W. Zhao [et al.] // *LWT – Food Science and Technology*. – 2017. – N 86. – P. 507–513. – DOI: 10.1016/j.lwt.2017.08.042.
7. The bioactive components as well as the nutritional and health effects of sea buckthorn / R. Ren, N. Li, C. Su [et al.] // *RSC Advances*. – 2020. – N 10. – P. 44654–44671. – DOI: 10.1039/d0ra06488b.
8. Pintea A.M., Magdas D.A. Analytical techniques for the biochemical profiling in seabuckthorn // *The Sea-buckthorn Genome*. – 2022. – P. 79–111. – DOI: 10.1007/978-3-031-11276-8_4.
9. Ursin V.M. Modification of plant lipids for human health development of functional land-based omega-3 fatty acids // *The Journal of Nutrition*. – 2003. – Vol. 133, N 12. – P. 4271–4274. – DOI: 10.1093/jn/133.12.4271.
10. Saeidi K., Alirezalu A., Akbari Z. Evaluation of chemical constitute, fatty acids and antioxidant activity of the fruit and seed of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) grown wild in Iran // *Natural Product Research*. – 2015. – Vol. 30, N 3. – P. 366–368. – DOI: 10.1080/14786419.2015.1057728.
11. Нормакматов Р. Жирнокислотный состав и физико-химические показатели масел из ядер косточковых плодов // *Пищевая промышленность*. – 2021. – № 3. – С. 40–42. – DOI: 10.24412/0235-2486-2021-3-0027.
12. Differential effects of palmitate and palmitoleate on insulin action and glucose utilization in rat L6 skeletal muscle cells / N. Dimopoulos, M. Watson, K. Sakamoto [et al.] // *Biochem. J.* – 2006. – Vol. 399, N 3. – P. 473–481. – DOI: 10.1042/bj20060244.
13. Zielinska A., Nowak I. Abundance of active ingredients in seabuckthorn oil // *Lipids in Health and Disease*. – 2017. – Vol. 16, N 95. – P. 1–11. – DOI: 10.1186/s12944-017-0469-7.
14. Marsinach M.S., Cuenca A.P. The impact of sea buckthorn oil fatty acids on human health // *Lipids in Health and Disease*. – 2019. – Vol. 18, – N 145. – P. 1–11. – DOI: 10.1186/s12944-019-1065-9.
15. Еремеева Н.Б., Макарова Н.В. Изучение содержания антиоксидантов и их активности в концентрированных экстрактах из ягод клюквы (*Vaccinium oxycoccus*), облепихи (*Hippophae rhamnoides* L.), ежевики (*Rubus fruticosus*), калины (*Viburnum opulus* L.) и рябины (*Sorbus aucuparia* L.) // *Химия растительного сырья*. – 2021. – № 4. – С. 157–164. – DOI: 10.14258/jcprm.2021049365.
16. Sayegh M., Miglio C., Ray S. Potential cardiovascular implications of sea buckthorn berry consumption in humans // *Int. J Food Sci. Nutr.* – 2014. – Vol. 65, N 5. – P. 1–8. – DOI: 10.3109/09637486.2014.880672.
17. The determination of the fatty acid content of sea buckthorn seed oil using near infrared spectroscopy and variable selection methods for multivariate calibration / Z. Li, J. Wang, Y. Xiong [et al.] // *Vibrational Spectroscopy*. – 2016. – N 84. – P. 24–29.
18. Проблемы фальсификации оливкового масла и методы ее обнаружения / Э.А. Муратова, Р.А. Даукаева, С.Р. Афонькина [и др.] // *Медицина труда и экологии человека*. – 2016. – № 1. – С. 62–66.
19. Состав основных жирных кислот плодовой мякоти и семян сортообразцов облепихи различного экологического происхождения / Ю.А. Зубарев, А.В. Гунин, Дж. Томас Морсель [и др.] // *Сборник научных статей международной конференции «Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования», 20–24 октября 2015 г. – Барнаул, 2015. – С. 1588–1594.*
20. Analyse von fetten mittels GC als FSME AOCS Methode Ce 1–62. – 1981.
21. Fettsäuremethylester (TMSH-Method) DGF-Einheitsmethoden C – VI 11e. – 1998.
22. Yang B., Kallio H.P. Composition and physiological effects of sea buckthorn (*Hippophae*) lipids // *Trends in Food Science & Technology*. – 2002. – N 13. – С. 160–167. – DOI: 10.1016/S0924-2244(02)00136-X.
23. Yang B., Kallio H.P. Fatty acid composition of lipids in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries of different origins // *J. Agric. Food Chem.* – 2001. – Vol. 49, N 4. – P. 1939–1947. – DOI: 10.1021/jf001059s.

24. Cakir A. Essential oil and fatty acid composition of the fruits of *Hippophae rhamnoides* L. (Sea Buckthorn) and *Myrtus communis* L. from Turkey // Biochemical Systematics and Ecology. – 2004. – Vol. 32, N 9. – P. 809–816. – DOI: 10.1016/j.bse.2003.11.010.
25. Fatty acids, tocopherols, and carotenoids in pulp oil of three sea buckthorn species (*Hippophae rhamnoides*, *H. salicifolia*, and *H. tibetana*) grown in the Indian Himalayas / A. Ranjith, K.S. Kumar, V.V. Venugopalan [et al.] // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2006. – Vol. 83, N 4. – P. 359–364. – DOI: 10.1007/s11746-006-1213-z.
26. Fatty acid composition of developing sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berry and the transcriptome of the mature seed / F. Tahira, L.S. Crystal, R.S. William [et al.] // PLOS ONE. – 2012. – Vol. 7, N 4. – P. 1–18. – DOI: 10.1371/journal.pone.0034099.
27. Бережная Г.А. Влияние абиотических факторов на формирование жирно-кислотного состава масла плодов облепихи (*Hippophae rhamnoides* L.) // Масличные культуры: науч.-техн. бюл. ВНИИ масличных культур. – 2018. – Т.4, № 176. – С. 90–95. – DOI: 10.25230/2412-608X-2018-4-176-90-95.
28. Yang B., Kallio H.P. Lipophilic components of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seeds and berries // Seabuckthorn (*Hippophae* L.): A Multipurpose Wonder Plant. Vol. 2: Biochemistry and Pharmacology – 2005. – P. 70–97.
29. Жирное масло из семян культурных сортов облепихи как источник ценных триацилглицеридов / Г.А. Рабаданов, А.М. Мусаев, Э.Д. Гашимова [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – Т. 11, № 42. – С. 65–68. – DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.035.
30. Исследование липидного состава масла семян облепихи сорта «Янтарная» / Ю.М. Султанов, Г.А. Рабаданов, Э.Д. Майсарова [и др.] // Повышение качества и безопасности пищевых продуктов: материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием), 23–24 октября 2019 г. – Махачкала, 2019. – С. 203–205.

REFERENCES

1. Trineeva O.V., Safonova I.I., Safonova E.F., Slivkin A.I., *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2013, No. 3, pp. 181–186, DOI: 10.14258/jcprm.1303181. (In Russ.)
2. Tiitinen K.M., Yang B., Haraldsson G.G., Jonsdottir S., Kallio H.P., Fast analysis of sugars, fruit acids, and vitamin C in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) varieties, *J. Agric. Food Chem*, 2006, No. 54, pp. 2508–2513, DOI: 10.1021/jf053177r.
3. Tudor C., Bohn T., Iddir M., Dulf F.V., Focsan M., Rugina D.O., Pintea A., Sea buckthorn oil as a valuable source of bioaccessible xanthophylls, *Nutrients*, 2020, Vol. 12, No. 76, pp. 1–14, DOI: 10.3390/nu12010076.
4. Yunusova F.M., Ramazanov A.Sh., Yunusov K.M., *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*, 2009, Vol. 4, No. 2, pp. 70–73, DOI: 10.18470/1992-1098-2009-2-70-73. (In Russ.)
5. Yakovleva T.P., Filimonova E.Yu., *Pishchevaya promyshlennost'*, 2011, No. 2, pp. 11–13. (In Russ.)
6. Li Z., Shi L.K., Zhao C.W., Jin Q.Z., Wang X.G., Fatty acid, phytochemical, oxidative stability and in vitro antioxidant property of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) oils extracted by supercritical and subcritical technologies, *LWT – Food Science and Technology*, 2017, No. 86, pp. 507–513, DOI: 10.1016/j.lwt.2017.08.042.
7. Ren R., Li N., Su C., Wang Y., Zhao X., Yang L., Li Y., Zhang B., Chen J., Ma X., The bioactive components as well as the nutritional and health effects of sea buckthorn, *RSC Advances*, 2020, No. 10, pp. 44654–44671, DOI: 10.1039/d0ra06488b.
8. Pintea A.M., Magdas D.A., Analytical techniques for the biochemical profiling in seabuckthorn, *The Sea-buckthorn Genome*, 2022, pp. 79–111, DOI: 10.1007/978-3-031-11276-8_4.
9. Ursin V.M., Modification of plant lipids for human health development of functional land-based omega-3 fatty acids, *The Journal of Nutrition*, 2003, Vol. 133, No. 12, pp. 4271–4274, DOI: 10.1093/jn/133.12.4271.
10. Saeidi K., Alirezalu A., Akbari Z., Evaluation of chemical constitute, fatty acids and antioxidant activity of the fruit and seed of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) grown wild in Iran, *Natural Product Research*, 2015, Vol. 30, No. 3, pp. 366–368, DOI: 10.1080/14786419.2015.1057728.
11. Normakhmatov R., *Pishchevaya promyshlennost'*, 2021, No. 3, pp. 40–42, DOI: 10.24412/0235-2486-2021-3-0027. (In Russ.)

12. Dimopoulos N., Watson M., Sakamoto K., Hunda H.S., Differential effects of palmitate and palmitoleate on insulin action and glucose utilization in rat L6 skeletal muscle cells, *Biochem. J.*, 2006, Vol. 399, No. 3, pp. 473–481, DOI: 10.1042/bj20060244.
13. Zielinska A., Nowak I., Abundance of active ingredients in seabuckthorn oil, *Lipids in Health and Disease*, 2017, Vol. 16, No. 95, pp. 1–11, DOI: 10.1186/s12944-017-0469-7.
14. Marsinach M.S., Cuenca A.P., The impact of sea buckthorn oil fatty acids on human health, *Lipids in Health and Disease*, 2019, Vol. 18, No. 145, pp. 1–11, DOI: 10.1186/s12944-019-1065-9.
15. Ereemeeva N.B., Makarova N.V., *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2021, No. 4, pp. 157–164, DOI: 10.14258/jcprm.2021049365. (In Russ.)
16. Sayegh M., Miglio S., Ray S., Potential cardiovascular implications of sea buckthorn berry consumption in humans, *Int. J Food Sci. Nutr*, 2014, Vol. 65, No. 5, pp. 1–8, DOI: 10.3109/09637486.2014.880672.
17. Li Z., Wang J., Xiong Y., Li Z., Feng S., The determination of the fatty acid content of sea buckthorn seed oil using near infrared spectroscopy and variable selection methods for multivariate calibration, *Vibrational Spectroscopy*, 2016, No. 84, pp. 24–29.
18. Muratova E.A., Daukaeva R.A., Afon'kina S.R., Mansurova E.V., *Medsitsina truda i ekologii cheloveka*, 2016, No. 1, pp. 62–66. (In Russ.)
19. Zubarev Yu.A., Gunin A.V., Dzh. Tomas Morsel', Zemtsova A.Ya., *Lomonosovskie chteniya na Altae: fundamental'nye problemy nauki i obrazovaniya* (Sbornik nauchnykh statei mezhdunarodnoi konferentsii), Oktyabr' 20-24, 2015, Barnaul, 2015, pp. 1588–1594. (In Russ.)
20. Analyse von fetten mittels GC als FSME AOCS Methode Ce 1-62, 1981.
21. Fettsäuremethylester (TMSH-Method) DGF-Einheitsmethoden C – VI 11e, 1998.
22. Yang B., Kallio H.P., Composition and physiological effects of sea buckthorn (*Hippophae*) lipids, *Trends in Food Science & Technology*, 2002, No. 13, pp. 160–167, DOI: 10.1016/S0924-2244(02)00136-X.
23. Yang B., Kallio H.P., Fatty acid composition of lipids in sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries of different origins, *J. Agric. Food Chem.*, 2001, Vol. 49, No. 4, pp. 1939–1947, DOI: 10.1021/jf001059s.
24. Cakir A., Essential oil and fatty acid composition of the fruits of *Hippophae rhamnoides* L. (Sea Buckthorn) and *Myrtus communis* L. from Turkey, *Biochemical Systematics and Ecology*, 2004, Vol. 32, No. 9, pp. 809–816, DOI: 10.1016/j.bse.2003.11.010.
25. Ranjith A., Sarin Kumar K., Venugopalan V.V., Arumughan C., Sawhney R.C., Singh V., Fatty acids, tocopherols, and carotenoids in pulp oil of three sea buckthorn species (*Hippophae rhamnoides*, *H. salicifolia*, and *H. tibetana*) grown in the Indian Himalayas, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2006, Vol. 83, No. 4, pp. 359–364, DOI: 10.1007/s11746-006-1213-z.
26. Tahira F., Crystal L.S., William R.S., Dustin C., Raju D., David W., Randall J.W., Priti K., Fatty acid composition of developing sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berry and the transcriptome of the mature seed, *PLOS ONE*, 2012, Vol. 7, No. 4, pp. 1–18, DOI: 10.1371/journal.pone.0034099.
27. Berezhnaya G.A., *Maslichnye kul'tury: nauchno-tekhnicheskii byulleten' Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur*, 2018, Vol. 4, No. 176, pp. 90–95, DOI: 10.25230/2412-608Kh-2018-4-176-90-95. (In Russ.)
28. Yang B., Kallio H.P., Lipophilic components of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seeds and berries, *Seabuckthorn (Hippophae L.): A Multipurpose Wonder Plant. Vol. 2: Biochemistry and Pharmacology*, 2005, pp. 70–97.
29. Rabadanov G.A., Musaev A.M., Gashimova E.D., Alkhasov B.A., Islamova F.I., Sadykova G.A., *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2015, Vol. 11, No. 42, pp. 65–68, DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.035. (In Russ.)
30. Sultanov Yu.M., Rabadanov G.A., Maisarova E.D., Orudzheva B.M., Alimirzoeva Z.M., *Povyshenie kachestva i bezopasnosti pishchevykh produktov*. (Materialy IX Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem), Oktyabr' 23–24, 2019, Makhachkala, 2019, pp. 203–205. (In Russ.)