

УДК 615.19.072

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ В ЛИСТЬЯХ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ (*HIPPORHAE RHAMNOIDES L.*)

© *Н.А. Ковалева, О.В. Тринева\*, И.В. Чувикова, Е.Ф. Сафонова*

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

Облепиха крушиновидная (*Hipporhæ rhamnoides L.*) является перспективным лекарственным растением для заготовки не только плодов, но и листьев в качестве лекарственного растительного сырья (ЛРС). Экстракты из листьев обладают антиоксидантными, противовоспалительными, антибактериальными, противовирусными, адаптогенными и иммуностимулирующими свойствами благодаря комплексу биологически активных веществ (БАВ) (дубильные вещества, органические кислоты и флавоноиды), что подтверждает их ценность в качестве ЛРС для разработки лекарственных растительных препаратов (ЛРП) на их основе. Целью работы являлось изучение состава органических кислот (в т.ч. аминокислот) листьев облепихи крушиновидной различных фенологических фаз заготовки. Объект исследования – собранные на территории Воронежской области и высушенные листья облепихи крушиновидной трех фенологических фаз жизни растения (I – фаза завязывания плодов, II – фаза единичного созревания плодов, III – фаза массового созревания плодов) в 2021 году. В задачи исследования входило всестороннее изучение состава фракции органических кислот листьев (свободных и связанных) с применением методов химического и физико-химического анализа. Полученные данные показали, что в целом качественный состав БАВ группы кислот изучаемых фенофаз листьев сходен между собой, но различается количественно. Для заготовки данного ЛРС в промышленных масштабах с точки зрения содержания суммы органических кислот может быть рекомендована фаза сбора урожая, так как раннее обезлиствление может привести к снижению накопления ценных групп БАВ в плодах – источнике фармакопейного препарата «Облепиховое масло».

*Ключевые слова:* органические кислоты, аминокислоты, облепиха крушиновидная, капиллярный электрофорез, фенологические фазы, экстракт листьев.

### **Введение**

Облепиха крушиновидная (*Hipporhæ rhamnoides L.*) является перспективным лекарственным растением для заготовки не только плодов, но и листьев [1, 2] в качестве лекарственного растительного сырья (ЛРС). Согласно литературным данным, экстракты из листьев обладают антиоксидантными, противовоспалительными, антибактериальными, противовирусными, адаптогенными и иммуностимулирующими свойствами [3–6]. Однако в настоящее время более хорошо изучены в отношении фитохимического состава только плоды облепихи крушиновидной, а листья пока исследованы недостаточно. Эти органы растения богаты различными биологически активными веществами (БАВ), такими как дубильные вещества, органические кислоты и флавоноиды [7–11], что подтверждает их ценность в качестве ЛРС для разработки лекарственных растительных препаратов на их основе. Актуальность нашей работы определяет отсутствие фармакопейной статьи (ФС) на данный вид сырья, несмотря на выпускаемый препарат «Гипорамин», представляющий собой экстракт листьев [12].

Органические кислоты, среди которых чаще всего встречаются щавелевая, яблочная, винная и лимонная кислоты, накапливаются в процессе вегетации растения [13, 14]. Аминокислоты, являясь веществами первичного обмена, выполняют важную

---

*Ковалева Наталья Александровна* – аспирант, преподаватель кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии, e-mail: natali-sewer@yandex.ru

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

*Сафонова Елена Федоровна* – кандидат химических наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии, e-mail: safonova@pharmvsu.ru

*Чувикова Ирина Вячеславовна* – студентка, e-mail: ira.chuvikova.01@mail.ru

---

\* Автор, с которым следует вести переписку.

роль в биохимических превращениях, являясь предшественниками многих вторичных метаболитов. Кроме того, многие аминокислоты являются незаменимыми для жизнедеятельности человека и должны поступать с пищей. Процесс накопления той или иной кислоты значительно зависит как от фазы развития самого растения, так и от факторов внешней среды в районе выращивания [15–17]. Для метаболизма кислот в растительных объектах также характерен процесс их взаимного превращения. Компонентный состав и количественное содержание данных групп БАВ в ЛРС имеет суточную и сезонную вариабельность, определяется особенностями культивирования, а также фенологической фазой развития лекарственного растения [15–17].

Органические кислоты и аминокислоты, не являясь главными целевыми БАВ данного сырья, в частности, при производстве ЛРП на основе сухого очищенного экстракта листьев «Гипорамин» дополняют фармакологические эффекты данного ЛРС, обладая противовоспалительной, витаминной, антисептической, кератолитической и желчегонной активностями. Органические кислоты в целом, по литературным данным, обладают широким спектром фармакологических свойств, включая противовоспалительную, витаминную, антисептическую, кератолитическую, желчегонную активности [13, 14].

В связи с этим изучение специфического профиля органических кислот листьев данного доступного широко культивируемого и дикорастущего растения в промышленных масштабах на территории РФ, стран Восточной Азии и Северной Америки является весьма перспективным.

Цель настоящего исследования – изучение состава органических кислот (в т.ч. аминокислот) листьев облепихи крушиновидной различных фенологических фаз заготовки.

### **Экспериментальная часть**

Объект исследования – собранные на территории Воронежской области и высушенные воздушно-теньевым способом до остаточной влажности не более 10% облепихи крушиновидной листья трех фенологических фаз жизни растения (I – фаза завязывания плодов, II – фаза единичного созревания плодов, III – фаза массового созревания плодов), заготовленные от культивируемых растений (мужских и женских) в 2021 г. Для определения содержания суммы органических кислот нами была адаптирована титриметрическая методика, изложенная в ФС 38 «Шиповника плоды» ГФ СССР XI издания [18]. 5 мл извлечения (полученного по способу, описанному в данной ФС) титровали 0.1 М раствором натрия гидроксида в присутствии смеси индикаторов (3 капли фенолфталеина раствора 1% и 3 капли метиленового синего спиртового раствора) для лучшей фиксации конечной точки титрования до перехода окраски от светло-бирюзовой через зеленую до красно-фиолетовой. Параллельно проводили контрольный опыт. Титрование извлечения из листьев каждой изучаемой фазы заготовки проводили в 10 повторностях. Содержание суммы свободных органических кислот (в процентах) вычисляли в пересчете на яблочную кислоту и абсолютно сухое сырье. Результаты эксперимента статистически обрабатывались в соответствии с ОФС «Статистическая обработка результатов эксперимента» ГФ РФ XIV издания [19] при использовании пакета прикладных программ обеспечения «Statistica 12.0» и «Microsoft EXCEL» 2016 г.

Определение суммы аминокислот в пересчете на кислоту глутаминовую определяли методом дифференциальной спектрофотометрии в видимой области методом, основанным на нингидриновой реакции [20, 21]. Оптическую плотность полученных растворов измеряли на спектрофотометре СФ-2000 (ОКБ «Спектр», Россия) в требуемом диапазоне длин волн в кварцевых кюветах толщиной слоя 1 см относительно раствора сравнения.

Анализ состава свободных аминокислот листьев проводили методом ТСХ для водного извлечения, приготовленного по типу отвара (ОФС «Настои и отвары» ГФ РФ XIV издания) [19]. Использовали хроматографические пластины марки «Sorbfil» ПТСХ-П-В (полимерная подложка – ПЭТФ; силикагель СТХ-1ВЭ), размером 10×15 см (Краснодар, Россия). Разделение 10 мкл пробы (МШ – 10, Россия) осуществляли в системе *n*-бутанол – кислота уксусная ледяная – вода (4 : 1 : 1) (растворители марки х.ч. (ЗАО «Вектон», СПб, Россия), подобранной нами в ранних работах [22]). Параллельно на стартовую линию пластинки наносили 2.5 мкл смеси 0.1% водных растворов стандартных образцов (аргинин, глутаминовая кислота, фенилаланин, пролин, лейцин, метионин, валин, глицин) (степень чистоты не менее 99%; ЗАО «Вектон», СПб, Россия). Идентификацию хроматографических зон осуществляли путем обработки 1% раствором нингидрина в этаноле и последующего нагревания в сушильном шкафу при температуре 105 °С в течение 2–3 мин.

Для исследования специфического профиля БАВ (свободные органические кислоты, а также полный аминокислотный состав) изучаемые образцы листьев анализировали доступным нам методом капиллярного

электрофореза на приборе «Капель-105/105М» («Люмэкс», Санкт-Петербург, Россия), находящим все большее применение в практике фармакогностического анализа. Условия пробоподготовки и разделения при определении органических кислот и аминокислот ранее подробно описаны [23]. В процессе разложения проб аспарагин и глутамин количественно гидролизуются до аспарагиновой и глутаминовой кислот соответственно, поэтому данные по содержанию аспарагиновой и глутаминовой кислот представляют собой суммарное содержание этих кислот и соответствующих амидов. Сбор, обработку и анализ данных проводили с помощью специализированного программного обеспечения. Вид полученных электрофореграмм представлен на рисунке 1.

### Обсуждение результатов

В ходе исследования было выявлено, что листья изучаемых фенофаз демонстрируют примерно одинаковое накопление органических кислот (в пределах ошибки определения). Накопление органических кислот в сырье более 2% наблюдается уже к началу июня и сохраняется без тенденции к росту до массового созревания и сбора плодов. Результаты представлены в таблице 1. Метрологическая характеристика результатов исследования приведена в таблице 2. Данные о том, что суммарное содержание свободных аминокислот (для фенологической фазы 1) превышает содержание свободных органических кислот объясняется тем, что в водной среде большинство аминокислот, имеющих по одной амино- и карбоксильной группе, существуют в виде цвиттер-ионов и не определяются количественно методом алкалиметрического титрования (для их определения в субстанциях обычно используется метод формольного титрования).

При детальном исследовании профиля органических кислот методом капиллярного электрофореза установлено, что в составе метаболома листьев всех изучаемых фенофаз преобладают уксусная и муравьиная кислоты, тогда как для фазы массового плодоношения наблюдается также накопление молочной и пропионовой кислот (табл. 3).

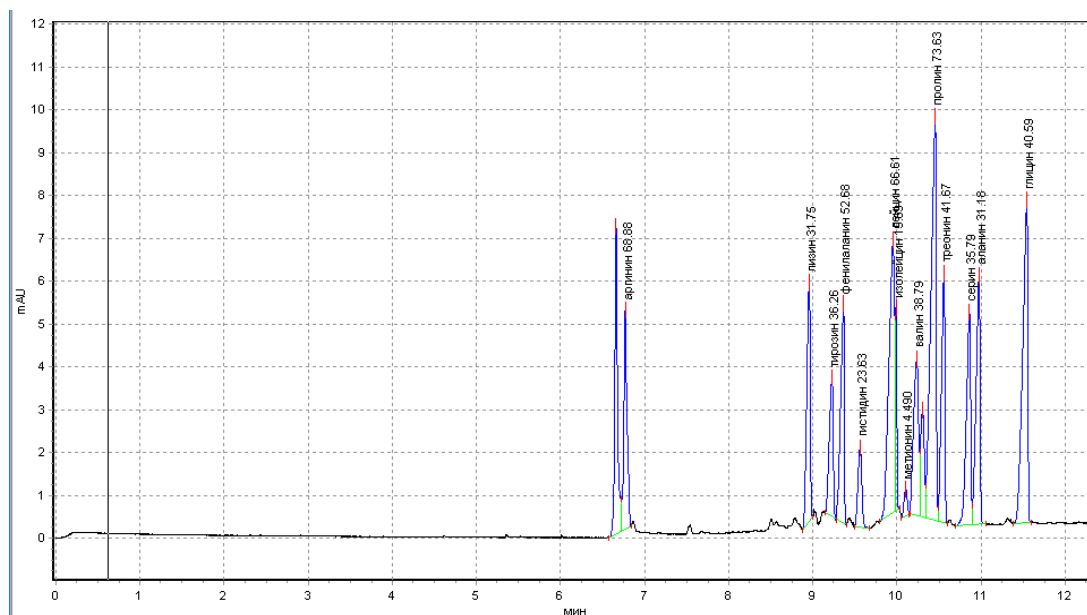


Рис. 1. Электрофореграмма аминокислот (свободных и связанных) листьев облепихи крушиновидной (фаза заготовки I)

Таблица 1. Содержание суммы БАВ в листьях облепихи крушиновидной различных фенофаз в пересчете на абсолютно сухое сырье, %

№	Фенологическая фаза	Сумма свободных аминокислот	Сумма свободных органических кислот
1	I	2.957±0.143	2.372±0.0417
2	II	2.145±0.104	2.414±0.0192
3	III	1.727±0.084	2.394±0.0507

Таблица 2. Метрологическая характеристика результатов исследования (P=95%, n=6)

$\bar{x}$	$s^2$	s	$s_{\bar{x}}$	$\Delta x$	$\Delta \bar{x}$	$\bar{\varepsilon}$ , %
Сумма свободных аминокислот, %						
2.145	0.00163	0.0404	0.0165	0.1038	0.0424	1.98
Сумма свободных органических кислот, %						
2.414	0.00042	0.0207	0.00782	0.0507	0.0192	0.795

Таблица 3. Результаты исследования профиля органических кислот в листьях облепихи крушиновидной

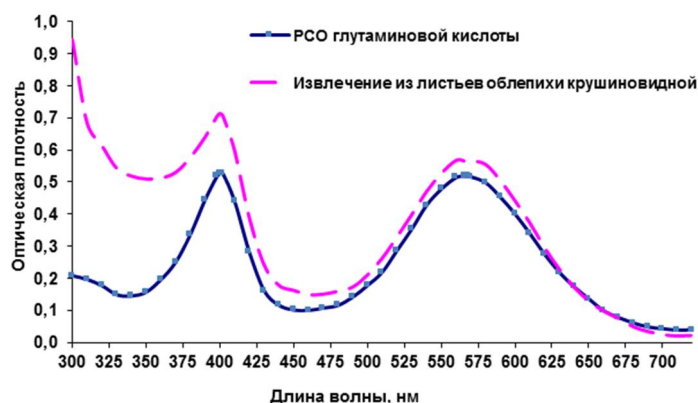
Органическая кислота	Фенологическая фаза, %		
	I	II	III
Щавелевая	0.013	0.058	0.025
Муравьиная	0.188	0.165	0.342
Фумаровая	Менее 0.01*		
Янтарная			
Масляная			
Лимонная			
Яблочная			
Уксусная	1.422	2.048	1.304
Пропионовая	0.014	0.014	0.260
Молочная	0.028	0.014	0.432
Бензойная	0.002	0.004	0.001
Сорбиновая	0.013	0.017	0.006
Итого, %	1.68	2.32	2.37

\* – предел обнаружения.

Для количественного определения аминокислот в листьях была использована унифицированная методика, разработанная и запатентованная учеными Перми (Т.И. Ярыгиной с соавторами), с применением спектрофотометрии в видимой области, основанной на измерении оптической плотности продуктов реакции водного извлечения с нингидрином [21, 22]. Спектры поглощения продуктов реакции извлечения из исследуемого ЛРС, полученных при pH 6.4, характеризуются четко выраженными максимумами поглощения при длинах волн  $401 \pm 2$  и  $568 \pm 2$  нм. В качестве аналитической используется длина волны  $568 \pm 2$  нм. Максимумы поглощения продукта реакции субстанции глутаминовой кислоты (ЗАО «Вектон», Россия) с нингидрином находятся в области  $401 \pm 2$  и  $568 \pm 3$  нм, что позволяет рекомендовать глутаминовую кислоту в качестве стандартного образца в расчетах содержания суммы свободных аминокислот в сырье. Характерный вид дифференциального спектра поглощения извлечений из листьев с применением воды очищенной, после взаимодействия с нингидрином представлен на рисунке 2. Содержание суммы аминокислот в пересчете на кислоту глутаминовую и абсолютно сухое сырье представлено в таблице 1. Метрологическая характеристика результатов исследования приведена в таблице 2.

Установлено, что наибольшее содержание суммы свободных аминокислот наблюдается в листьях, заготовленных в середине июня (фенофаза I), постепенно снижаясь к концу августа (фенофаза III). Та же тенденция наблюдается при определении полного аминокислотного состава сырья (табл. 4). Данный факт обусловлен тем, что аминокислоты, являясь БАВ первичного обмена в растениях, используются в качестве исходных субстратов для синтеза БАВ вторичного обмена биохимическим аппаратом клетки.

Рис. 2. Дифференциальный спектр поглощения продуктов взаимодействия свободных аминокислот извлечения из листьев облепихи крушиновидной и рабочего стандартного образца (PCO) глутаминовой кислоты с нингидрином



Исследование состава свободных аминокислот в общей сумме проведено также методом ТСХ в сравнении с достоверными стандартными образцами и литературными данными (рис. 3). Установлено, что отвар листьев облепихи крушиновидной содержит 11 аминокислот, среди которых идентифицировано 10 (табл. 5). Следует отметить, что в использованной элюирующей системе, предложенной в более ранних работах [23], наблюдается удовлетворительное разделение зон аминокислот на хроматограммах, что подтверждается данными расчета коэффициента селективности сорбции ( $L > 1.0$ ), представляющего собой отношение коэффициентов распределения ( $L = K_1/K_2$ ) разделяемых веществ (К) [24–27].

Согласно полученным данным, качественный состав группы органических кислот изучаемых фенофаз листьев в целом сходен между собой, но различается количественно. В ходе эксперимента были получены результаты по оценке содержания одного из классов БАВ листьев – органических кислот (в т.ч. аминокислот), которые могут быть использованы при составлении раздела проекта ФС «Количественное определение» для Государственной фармакопеи РФ на данный вид сырья.

Таблица 4. Результаты исследования профиля аминокислот в листьях облепихи крушиновидной

Аминокислота	Содержание аминокислоты, %		
	I	II	III
Аргинин	0.99	0.79	0,78
Лизин*	0.39	0.36	0,41
Тирозин	0.45	0.42	0,37
Фенилаланин*	0.75	0.60	0,58
Гистидин	0.31	0.27	0,26
Лейцин*	0.90	0.76	0,71
Изолейцин*	0.30	0.22	0,26
Метионин*	0.06	0.05	0,03
Валин*	0.50	0.44	0,45
Пролин	0.83	0.84	0,74
Треонин*	0.56	0.48	0,48
Серин	0.52	0.41	0,41
Аланин	0.38	0.36	0,36
Глицин	0.52	0.47	0,47
Цистин	0.09	0.08	0,04
Глутаминовая кислота	0.59	0.52	0,55
Аспарагиновая кислота	0.67	0.57	0,56
Всего, %	8,81	7.64	7.46

\* – незаменимая АК

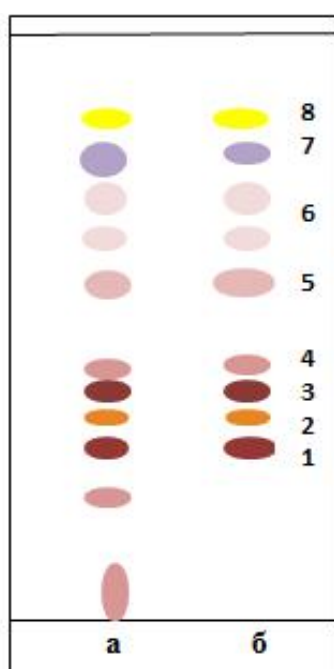


Рис. 3. Вид хроматограммы извлечений из листьев облепихи крушиновидной (а) на примере фенофазы II после проявления 1% раствором нингидрина в спирте и смеси стандартных образцов аминокислот (б) (1 – аргинин, 2 – пролин, 3 – глицин, 4 – глутаминовая кислота, 5 – валин, 6 – метионин, 7 – лейцин, 8 – фенилаланин)

Таблица 5. Результаты исследования ТСХ-профиля свободных аминокислот листьев облепихи крушиновидной

Полученные зоны	Величина $R_f \pm 0.02$	Цвет зоны в видимом свете	Идентификация аминокислоты	Коэффициент распределения	Коэффициент селективности сорбции
1	0.054	розовый	лизин	17.52	5.23
2	0.23	розовый	не идентифицирована	3.35	
3	0.28	малиновый	аргинин	2.57	1.30
4	0.32	оранжевый	пролин	2.13	1.21
5	0.35	темно-малиновый	глицин	1.86	1.15
6	0.38	розовый	глутаминовая кислота	1.63	1.14
7	0.46	светло-розовый	валин	1.17	1.39
8	0.52	светло-розовый	метионин	0.92	1.27
9	0.60	светло-розовый	тирозин	0.67	1.37
10	0.66	сине-фиолетовый	фенилаланин	0.52	1.29
11	0.72	желтое	лейцин	0.39	1.33

### Выводы

1. Проведено количественное определение содержания суммы свободных органических кислот (в пересчете на яблочную кислоту) в листьях облепихи крушиновидной. Накопление органических кислот в сырье более 2% наблюдается уже к началу июня и сохраняется без тенденции к росту до массового созревания и сбора плодов.

2. Проведено исследование профиля свободных органических кислот листьев облепихи крушиновидной различных фенологических фаз заготовки методом капиллярного электрофореза. В составе метаболома листьев всех изучаемых фенофаз преобладают уксусная и муравьиная кислоты, тогда как для фазы массового плодоношения наблюдается также накопление молочной и пропионовой кислот.

3. Результаты количественного определения суммы свободных аминокислот (в пересчете на глутаминовую кислоту), а также полного аминокислотного состава (методом капиллярного электрофореза) в листьях облепихи крушиновидной показали, что наибольшее содержание данных БАВ наблюдается в листьях, заготовленных в середине июня (фенофаза I), постепенно снижаясь к середине июля (фенофаза II) на 13–15%, и концу августа (фенофаза III).

4. В отваре листьев облепихи крушиновидной методом ТСХ идентифицированы такие свободные аминокислоты, как аргинин, лизин, пролин, глицин, метионин, глутаминовая кислота, фенилаланин, тирозин, валин и лейцин.

5. Для заготовки данного ЛРС в промышленных масштабах с точки зрения содержания суммы органических кислот может быть рекомендована фаза сбора урожая, так как раннее обезлиствление может привести к снижению накопления ценных групп БАВ в плодах – источнике фармакопейного препарата «Облепиховое масло». При этом содержание изучаемых групп БАВ на данном периоде заготовки сырья является достаточно высоким для морфологической группы листья (не менее 2% свободных органических кислот; не менее 1.5% свободных аминокислот и не менее 7% свободных и связанных аминокислот).

### Список литературы

1. Мельников О.М., Верещагин А.Л., Кошелев Ю.А. Исследование биологически активных соединений почек и листьев мужских растений облепихи крушиновидной // Химия растительного сырья. 2010. №2. С. 113–116.
2. Кукина Т.П., Щербачев Д.Н., Генъш К.В., Тулышева Е.А., Сальникова О.И., Гражданников А.Е., Колосова Е.А. Биоактивные компоненты древесной зелени облепихи *Hippophae rhamnoides* L. // Химия растительного сырья. 2016. №1. С. 37–42. DOI: 10.14258/jcprm.2016011100.
3. Jaroszewska A., Biel W. Chemical composition and antioxidant activity of leaves of mycorrhized sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) // Chilean journal of agricultural research. 2017. Vol. 77(2). Pp. 155–162. DOI: 10.4067/S0718-58392017000200155.
4. Criste A., Urcan A.C., Bunea A., Furtuna F.R.P., Olah N.K., Madden R.H., Corcionivoschi N. Phytochemical Composition and Biological Activity of Berries and Leaves from Four Romanian Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Varieties // Molecules. 2020. Vol. 25(5). Article 1170. DOI: 10.3390/molecules25051170.
5. Dharam P.A., Amrit K.S., Jyoti K., Tanveer N. Pharmacognostical Characterization & Preliminary Phytochemical Investigation of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Leaves // Indo Global Journal of Pharmaceutical Sciences. 2012. Vol. 2(2). Pp. 108–113.

6. Saggi S., Divekar H.M., Gupta V., Sawhney R.C., Banerjee P.K., Kumar R. Adaptogenic and safety evaluation of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) leaf extract: a dose dependent study // Food Chem Toxicol. 2007. Vol. 45(4). Pp. 609–617. DOI: 10.1016/j.fct.2006.10.008.
7. Tkacz K., Wojdyło Igor A., Turkiewicz P., Nowicka P. Triterpenoids, phenolic compounds, macro- and microelements in anatomical parts of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries, branches and leaves // Journal of Food Composition and Analysis. 2021. Vol. 103. Article 104107. DOI: 10.1016/j.jfca.2021.104107.
8. Usha T., Middha S.K., Goyal A.K., Karthik M., Manoj D., Faizan S., Goyal P., Prashanth H., Pande V. Molecular docking studies of anti-cancerous candidates in *Hippophae rhamnoides* and *Hippophae salicifolia* // The Journal of Biomedical Research. 2014. Vol. 28(5). Pp. 406–415. DOI: 10.7555/JBR.28.20130110.
9. Vijayaraghavan R., Gautam A., Kumar O., Pant S.C., Sharma M., Singh S., Kumar H.T., Singh A.K., Nivsarkar M., Kaushik M.P., Sawhney R.C., Chaurasia O.P., Prasad G.B. Protective effect of ethanolic and water extracts of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) against the toxic effects of mustard gas // Indian Journal of Experimental Biology. 2006. Vol. 44(10). Pp. 821–831.
10. Мурзахметова М.К. и др. Исследование антиоксидантных и мембранопротекторных свойств экстрактов облепихи // Actualscience. 2015. Т. 1. №5(5). С. 26–28.
11. Цыбикова Д.Ц., Распутина Д.Б., Залыкеева Д.Н. Исследование листьев и шрота облепихи // Биология, химия и фармакология облепихи. Новосибирск, 1983. С. 107–110.
12. Чукаев С.А., Роднаева О.А. Оценка спектра антиоксидантной активности гипорамина *in vitro* // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2009. №2(66). С. 140–142.
13. Осмоловская Н.Г., Кучаева Л.Н., Новак В.А. Роль органических кислот при формировании ионного состава листьев гликофитов в онтогенезе // Физиология растений. 2007. Т. 54. №3. С. 381–388.
14. Bayraktar V. Organic acids concentration in wine stocks after *Saccharomyces cerevisiae* fermentation // Biotechnologia Acta. 2013. Vol. 6. N3. Pp. 97–106.
15. Кретович В.Л. Биохимия растений. М., 1986. 503 с.
16. Арналь-Шнебеллен Б. Энциклопедия лекарственных растений. Reader's Digest, 2004. 351 с.
17. Валиева Н.Г. Лекарственные растения – источники биологически активных веществ // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2010. Т. 203. С. 44–48.
18. Государственная фармакопея СССР XI изд. М., 1990. Т. 2. С. 147–148.
19. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. М., 2018. URL: <http://femb.ru/femb/pharmasorea.php>.
20. Тринеева О.В., Рудая М.А., Сливкин А.И., Сафонова Е.Ф. Исследование фитохимического состава плодов облепихи крушиновидной (*Hippophaes rhamnoides* L.) различных сортов // Химия растительного сырья. 2019. №1. С. 139–146.
21. Тринеева О.В., Сливкин А.И., Дмитриева А.В. Определение аминокислот в плодах облепихи крушиновидной различными способами консервации // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2014. №9. С. 136–142.
22. Тринеева О.В., Рудая М.А., Сливкин А.И., Дубовицких М.А. Исследование профиля свободных аминокислот плодов облепихи крушиновидной различных сортов методом тонкослойной хроматографии // Сорбционные и хроматографические процессы. 2020. Т. 2. №2. С. 277–283.
23. Тринеева О.В., Рудая М.А., Сливкин А.И. Исследование профиля биологически активных веществ плодов облепихи крушиновидной различных сортов методом капиллярного электрофореза // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2019. Т. 8. №1. С. 38–42.
24. Гейсс Ф. Основы тонкослойной хроматографии. М., 1999. 405 с.
25. Кирхнер Ю. Тонкослойная хроматография. М., 1981. С. 402–407.
26. Рудаков О.В., Востров И.А., Федоров С.В. Спутник хроматографиста. Методы жидкостной хроматографии. Воронеж, 2004. 528 с.
27. Шаршунова М., Шварц В., Михалец Ч. Тонкослойная хроматография в фармации и клинической биохимии М., 1980. Т. 2. 610 с.

Поступила в редакцию 11 сентября 2022 г.

После переработки 9 октября 2022 г.

Принята к публикации 27 августа 2023 г.

**Для цитирования:** Ковалева Н.А., Тринеева О.В., Чувицова И.В., Сафонова Е.Ф. Исследование состава органических кислот в листьях облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) // Химия растительного сырья. 2023. №3. С. 210–218. DOI: 10.14258/jcrpm.20230311849.

Kovaleva N.A., Trineeva O.V. \*, Chuvikova I.V., Safonova E.F. STUDY OF THE COMPOSITION OF ORGANIC ACIDS IN THE LEAVES OF THE SEA BUCKTHORN OF THE CIRCULAR (*HIPPOPHAE RHAMNOIDES* L.)

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

Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) is a promising medicinal plant for harvesting not only fruits, but also leaves as a medicinal plant raw material (MPRM). Leaf extracts have antioxidant, anti-inflammatory, antibacterial, antiviral, adaptogenic and immunostimulatory properties due to the complex of biologically active substances (BAS) (tannins, organic acids and flavonoids), which confirms their value as MPRM for the development of herbal medicines (HMP) on their basis. The aim of the work was to study the composition of organic acids (including amino acids) of sea buckthorn leaves of various phenological phases of the harvest. The object of the study is the dried leaves of sea buckthorn of three phenological phases of plant life (I – the phase of fruit set, II – the phase of single fruit ripening, III – the phase of mass ripening of fruits) collected on the territory of the Voronezh region and dried leaves of sea buckthorn in 2021. The objectives of the study included a comprehensive study of the composition of the fraction of organic acids in leaves (free and bound) using the methods of chemical and physicochemical analysis. The data obtained showed that, in general, the qualitative composition of the BAS of the group of acids of the studied leaf phenophases is similar to each other, but differs quantitatively. For the harvesting of this medicinal product on an industrial scale, from the point of view of the content of the total organic acids, the harvesting phase can be recommended, since early defoliation can lead to a decrease in the accumulation of valuable BAS groups in fruits – the source of the pharmacopoeial preparation «Oil of Hippophaës».

**Keywords:** organic acids, sea buckthorn, capillary electrophoresis, phenological phases, extract of leaves.

### References

1. Mel'nikov O.M., Vereshchagin A.L., Koshelev Yu.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2010, no. 2, pp. 113–116. (in Russ.).
2. Kukina T.P., Shcherbakov D.N., Gen'sh K.V., Tulysheva Ye.A., Sal'nikova O.I., Grazhdannikov A.Ye., Kolesova Ye.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2016, no. 1, pp. 37–42. DOI: 10.14258/jcprm.2016011100. (in Russ.).
3. Jaroszewska A., Biel W. *Chilean journal of agricultural research*, 2017, vol. 77(2), pp. 155–162. DOI: 10.4067/S0718-58392017000200155.
4. Criste A., Urcan A.C., Bunea A., Furtuna F.R.P., Olah N.K., Madden R.H., Corcionivoschi N. *Molecules*, 2020, vol. 25(5), article 1170. DOI: 10.3390/molecules25051170.
5. Dharam P.A., Amrit K.S., Jyoti K., Tanveer N. *Indo Global Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2012, vol. 2(2), pp. 108–113.
6. Saggi S., Divekar H.M., Gupta V., Sawhney R.C., Banerjee P.K., Kumar R. *Food Chem Toxicol.*, 2007, vol. 45(4), pp. 609–617. DOI: 10.1016/j.fct.2006.10.008.
7. Tkacz K., Wojdyło Igor A., Turkiewicz P., Nowicka P. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2021, vol. 103, article 104107. DOI: 10.1016/j.jfca.2021.104107.
8. Usha T., Middha S.K., Goyal A.K., Karthik M., Manoj D., Faizan S., Goyal P., Prashanth H., Pande V. *The Journal of Biomedical Research*, 2014, vol. 28(5), pp. 406–415. DOI: 10.7555/JBR.28.20130110.
9. Vijayaraghavan R., Gautam A., Kumar O., Pant S.C., Sharma M., Singh S., Kumar H.T., Singh A.K., Nivsarkar M., Kaushik M.P., Sawhney R.C., Chaurasia O.P., Prasad G.B. *Indian Journal of Experimental Biology*, 2006, vol. 44(10), pp. 821–831.
10. Murzakhmetova M.K. et al. *Actualscience*, 2015, vol. 1, no. 5(5), pp. 26–28. (in Russ.).
11. Tsybikova D.Ts., Rasputina D.B., Zalykeyeva D.N. *Biologiya, khimiya i farmakologiya oblepikhi*. [Biology, chemistry and pharmacology of sea buckthorn]. Novosibirsk, 1983, pp. 107–110. (in Russ.).
12. Chukayev S.A., Rodnayaeva O.A. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*, 2009, no. 2(66), pp. 140–142. (in Russ.).
13. Osmolovskaya N.G., Kuchayeva L.N., Novak V.A. *Fiziologiya rasteniy*, 2007, vol. 54, no. 3, pp. 381–388. (in Russ.).
14. Bayraktar V. *Biotechnologia Acta*, 2013, vol. 6, no. 3, pp. 97–106.
15. Kretovich V.L. *Biokhimiya rasteniy*. [Plant biochemistry]. Moscow, 1986, 503 p. (in Russ.).
16. Arnal-Schnebellen B. *Entsiklopediya lekarstvennykh rasteniy*. [Encyclopedia of medicinal plants]. Reader's Digest, 2004, 351 p. (in Russ.).
17. Valiyeva N.G. *Uchenyye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Baumana*, 2010, vol. 203, pp. 44–48.
18. *Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR XI izd.* [State Pharmacopoeia of the USSR XI ed.]. Moscow, 1990, vol. 2, pp. 147–148. (in Russ.).
19. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii. XIV izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIV ed.]. Moscow, 2018. URL: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php> (in Russ.).
20. Trineeva O.V., Rudaya M.A., Slivkin A.I., Safonova Ye.F. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2019, no. 1, pp. 139–146. (in Russ.).
21. Trineeva O.V., Slivkin A.I., Dmitriyeva A.V. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2014, no. 9, pp. 136–142. (in Russ.).
22. Trineeva O.V., Rudaya M.A., Slivkin A.I., Dubovitskikh M.A. *Sorbtsionnyye i khromatograficheskiye protsessy*, 2020, vol. 2, no. 2, pp. 277–283. (in Russ.).

\* Corresponding author.



23. Trineyeva O.V., Rudaya M.A., Slivkin A.I. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2019, vol. 8, no. 1, pp. 38–42. (in Russ.).
24. Geiss F. *Osnovy tonkosloynoy khromatografii*. [Fundamentals of thin layer chromatography]. Moscow, 1999, 405 p. (in Russ.).
25. Kirkhner Yu. *Tonkosloynaya khromatografiya*. [Thin layer chromatography]. Moscow, 1981, pp. 402–407. (in Russ.).
26. Rudakov O.V., Vostrov I.A., Fedorov S.V. *Sputnik khromatografista. Metody zhidkostnoy khromatografii*. [The chromatographer's companion. Liquid chromatography methods]. Voronezh, 2004, 528 p. (in Russ.).
27. Sharshunova M., Shvarts V., Mikhalets Ch. *Tonkosloynaya khromatografiya v farmatsii i klinicheskoy biokhimii*. [Thin-layer chromatography in pharmacy and clinical biochemistry]. Moscow, 1980, vol. 2, 610 p. (in Russ.).

*Received September 11, 2022*

*Revised October 9, 2022*

*Accepted August 27, 2023*

**For citing:** Kovaleva N.A., Trineeva O.V., Chuvikova I.V., Safonova E.F. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 3, pp. 210–218. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20230311849.