



Изучение аминокислотного состава сырья остролодочника волосистого (*Oxytropis pilosa* (L.) DC.), произрастающего на территории Саратовской области

Л. В. Караваева¹ , У. А. Матвиенко¹ , А. М. Полуянов² , Н. А. Дурнова^{1,2}

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ имени В. И. Разумовского» Минздрава России). 410012, Россия, Приволжский федеральный округ, Саратовская область, г. Саратов, ул. Большая Казачья, д. 112

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). 119048, Россия, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

✉ Контактное лицо: Матвиенко Ульяна Андреевна. E-mail: matvienko.ulia2104@gmail.com

Резюме

Введение. Аминокислоты (АК) – ключевые компоненты живых организмов. Лекарственные растения – ценные источники АК, которые повышают биодоступность других метаболитов и потенцируют их фармакологическое действие. Однако аминокислотный состав многих растений, в том числе *Oxytropis pilosa* (L.) DC., остается неизученным.

Цель. Установление качественного и количественного состава свободных и связанных аминокислот в сырье *O. pilosa*, произрастающего на территории Саратовской области.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования использовали сырье *O. pilosa*, заготовленное в период массового цветения на территории Саратовской области. Качественный анализ свободных АК проводили методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) в системе «*n*-бутанол – ацетон – ледяная уксусная кислота – вода» (35:35:10:20); 2%-й спиртовой раствор нингидрина (детектор). Количественное определение суммы свободных АК выполняли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре Shimadzu UV-1800 (Япония) при аналитической длине волны 568 нм. Методом ВЭЖХ осуществляли качественный и количественный анализ свободных и связанных АК на хроматографе Shimadzu LC-20 Prominence с детектором SPD-M20A (Япония) с автосемплером SIL-20A и системой для сбора и обработки хроматографических данных LabSolutions. Для идентификации обнаруженных соединений использовали стандартные образцы (СО) АК. Содержание АК выражали в мг/г сухого сырья. Полученные данные статистически обрабатывали с помощью MS Excel 2017.

Результаты и обсуждение. Методом ТСХ определен состав свободных АК водных извлечений из травы, цветков и листьев *O. pilosa*. Во всех исследуемых образцах идентифицированы 6 АК (аспарагиновая кислота, пролин, серин, треонин, валин, изолейцин). Наибольшее содержание суммы свободных АК найдено в траве *O. pilosa* ($30,70 \pm 0,39$ мг/г). В результате ВЭЖХ-анализа АК в извлечении из травы после предварительного гидролиза выявлено 15 АК, среди которых лидируют аланин ($66,056 \pm 0,584$ мг/г), 4-гидроксипролин ($25,912 \pm 0,278$ мг/г), пролин ($17,834 \pm 0,168$ мг/г) и гистидин ($13,030 \pm 0,086$ мг/г).

Заключение. Впервые установлен качественный и количественный состав свободных и связанных АК в сырье *O. pilosa*. Общее содержание аминокислот составило $165,659 \pm 0,806$ мг/г, при этом незаменимых АК – $16,958 \pm 0,139$ мг/г.

Ключевые слова: трава, цветки, листья, *Oxytropis pilosa* (L.) DC., аминокислоты, ТСХ, ВЭЖХ, спектрофотометрия

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Л. В. Караваева, У. А. Матвиенко, Н. А. Дурнова – планирование эксперимента. Л. В. Караваева, У. А. Матвиенко, А. М. Полуянов осуществляли проведение экспериментальных исследований. Все авторы участвовали в написании текста статьи, в том числе разделов «Заключение» и «Обсуждение результатов».

Для цитирования: Караваева Л. В., Матвиенко У. А., Полуянов А. М., Дурнова Н. А. Изучение аминокислотного состава сырья остролодочника волосистого (*Oxytropis pilosa* (L.) DC.), произрастающего на территории Саратовской области. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2026;15(3):207–216. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2026-15-3-2323>

Поступила в редакцию: 26.03.2026

Поступила после рецензирования: 02.07.2026

Принята к публикации: 26.08.2026

Study of the amino acid composition of raw material of *Oxytropis pilosa* (L.) DC., growing in the Saratov region

Ludmila V. Karavaeva¹ , Uliana A. Matvienko¹  , Andrey M. Poluyanov² ,
Natalya A. Durnova^{1,2} 

Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky. 112, Bolshaya Kazachia str., Saratov, Saratov Region, Privolzhsky Federal District, 410012, Russia

² I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). 8/2, Trubetskaya str., Moscow, 119048, Russia

 **Corresponding author:** Uliana A. Matvienko. **E-mail:** matvienko.ulia2104@gmail.com

Abstract

Introduction. Amino acids (AAs) are key components of living organisms. Medicinal plants are valuable sources of AAs, which enhance the bioavailability of other metabolites and potentiate their pharmacological effects. However, the amino acid composition of many plants, including *Oxytropis pilosa* (L.) DC., remains unexplored.

Aim. To establish the qualitative and quantitative composition of free and bound amino acids in *O. pilosa* raw material growing in the Saratov region.

Materials and methods. *O. pilosa* raw material collected during the period of mass flowering in the Saratov region was used as the object of the study. Qualitative analysis of free AAs was performed by thin-layer chromatography (TLC) using an *n*-butanol – acetone – glacial acetic acid – water system (35:35:10:20) with 2 % ninhydrin in alcohol as the detection reagent. Quantitative determination of the total free AAs was carried out by spectrophotometry using a Shimadzu UV-1800 spectrophotometer (Japan) at an analytical wavelength of 568 nm. Qualitative and quantitative analysis of free and bound AAs was performed by HPLC on a Shimadzu LC-20 Prominence chromatograph equipped with an SPD-M20A detector (Japan), an SIL-20A autosampler, and LabSolutions data acquisition and processing software. Reference standards of AAs were used for compound identification. AA content was expressed in mg/g of dry raw material. The obtained data were statistically processed using MS Excel 2017.

Results and discussion. The composition of free AAs in aqueous extracts from the herb, flowers, and leaves of *O. pilosa* was determined by TLC. Six AAs (aspartic acid, proline, serine, threonine, valine, and isoleucine) were identified in all studied samples. The highest total free AA content was found in the herb of *O. pilosa* (30.70 ± 0.39 mg/g). HPLC analysis of AAs in the extract from the herb after preliminary hydrolysis revealed 15 AAs, among which the predominant ones were alanine (66.056 ± 0.584 mg/g), 4-hydroxyproline (25.912 ± 0.278 mg/g), proline (17.834 ± 0.168 mg/g), and histidine (13.030 ± 0.086 mg/g).

Conclusion. The qualitative and quantitative composition of free and bound AAs in *O. pilosa* raw material has been established for the first time. The total amino acid content was 165.659 ± 0.806 mg/g, with essential AAs accounting for 16.958 ± 0.139 mg/g.

Keywords: herb, flowers, leaves, *Oxytropis pilosa* (L.) DC., amino acids, TLC, HPLC, spectrophotometry

Conflict of interest. The authors declare that they have no obvious or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. Ludmila V. Karavaeva, Uliana A. Matvienko, and Natalya A. Durnova designed the experiment. Ludmila V. Karavaeva, Uliana A. Matvienko, and Andrey M. Poluyanov carried out the experimental studies. All authors contributed to the writing of the article, including the conclusions and discussion of the results.

For citation: Karavaeva L. V., Matvienko U. A., Poluyanov A. M., Durnova N. A. Study of the amino acid composition of raw material of *Oxytropis pilosa* (L.) DC., growing in the Saratov region. *Drug development & registration*. 2026;15(3):207–216. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2026-15-3-2323>

Received: 26.03.2026

Revised: 02.07.2026

Accepted: 26.08.2026

ВВЕДЕНИЕ

Поиск новых источников биологически активных веществ является одной из актуальных проблем современной фармации. Аминокислоты (АК) являются ключевыми компонентами живых организмов, принимают участие в построении белков. Из более чем 200 известных АК только 20 являются протеиногенными, некоторые АК являются химическими посредниками и предшественниками метаболитов: нейромедиаторов, ферментов, гормонов, нуклеиновых кислот¹. Также АК в живых организмах в свободном состоянии могут выполнять специфические функции. Например, аргинин ускоряет обменные процессы в печени, аспарагиновая кислота участвует в работе иммунной системы, валин, лейцин и изолейцин препятствуют снижению серотонина. Недостаток гистидина приводит к нарушению обмена веществ [1, 2]. Согласно данным Государственного реестра лекарственных средств (ГРЛС), в России зарегистрировано большое количество наименований лекарственных препаратов, содержащих АК и их производные (глицин, метионин, таурин, имунофан, даларгин и др.).

Лекарственные растения содержат комплекс биологически активных веществ (БАВ), который включает в себя АК, как свободные, так и в форме пептидов [3]. Лекарственные растения можно рассматривать как ценные источники АК, например, богаты АК такие растения, как синюха голубая, солодка голая, черноголовка разрезная, календула лекарственная и др. [3–6]. Кроме того, в комплексе с другими БАВ аминокислоты повышают их биодоступность и потенцируют фармакологическое действие [6].

Род остролодочник распространен на территории Российской Федерации преимущественно в южных регионах [7, 8]. В Саратовской области произрастает три представителя (*Oxytropis pilosa* (L.) DC., *Oxytropis floribunda* (Pall.) DC., *Oxytropis spicata* (Pall.) DC.), среди которых широко распространен один вид – остролодочник волосистый [9]. Сырье *O. pilosa* в настоящее время применяется в народной медицине в виде настоя при неврозах, неврастении, лихорадке, вегетососудистой дистонии и при некоторых гинекологических заболеваниях [10]. В литературе имеются некоторые сведения о наличии в траве и корнях *O. pilosa* биологически активных соединений (алкалоиды 0,06%-е, стероидные соединения, фенолкарбоновые кислоты, кумарины, флавоноиды, такие как кверцетин, моно- и дигликозиды кемпферола и кверцетина, а также астрагалин) [11]. Однако данные по изучению аминокислотного состава сырья *O. pilosa* отсутствуют.

¹ Lopez M. J., Mohiuddin S. S. Biochemistry, Essential Amino Acids. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK557845/> Accessed: 19.01.2026.

Цель исследования – установление качественного и количественного состава свободных и связанных АК в надземной части *O. pilosa*, произрастающего на территории Саратовской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследования

Объектом исследования являлось сырье *O. pilosa*, заготовленное в период массового цветения на территории Саратовской области (окрестности п. Курдюм) в 2023 г. и высушенное до воздушно-сухого состояния.

Анализ аминокислот методом ТСХ

Для исследования состава свободных АК получали водное извлечение из травы, цветков и листьев *O. pilosa* в соотношении сырье:экстрагент 1:5. 10,0 г сырья с размером частиц 1,0 мм помещали в коническую колбу объемом 100 мл, заливали 50 мл воды, нагревали в течение 30 мин на водяной бане с обратным холодильником. Идентификацию АК проводили методом тонкослойной хроматографии на хроматографических пластинах марки Merk TLS Silica gel 60 F₂₅₄ (Германия) размером 20 × 20 см. Элюирующая система: *n*-бутанол – ацетон – ледяная уксусная кислота – вода (35:35:10:20). Элюирование повторяли дважды в одной и той же системе растворителей с высотой пробега элюента 20 см. Стандартами служили 0,1%-е водные растворы стандартных образцов (СО) аминокислот. Исследуемый раствор наносили микрошприцем МШ-10 (ООО «Цвет», Россия) на хроматографическую пластину в объеме 5 мкл, стандарты – по 1 мкл. Детектирование осуществляли 2%-м спиртовым раствором нингидрина с последующим нагреванием хроматографической пластины в сушильном шкафу при температуре 105 °С в течение 15 мин. Идентификацию аминокислот проводили, сравнивая значение R_f и цвет пятен со стандартными образцами АК [12].

Анализ аминокислот методом спектрофотометрии

Количественное определение суммы свободных АК в исследуемом образце проводили спектрофотометрическим методом, основанным на светопоглощении продуктов реакции АК со спиртовым раствором нингидрина при аналитическом максимуме 568 нм. Для исследования аналитическую пробу сырья около 1,0 г (точная навеска), измельченного до размера частиц, проходящих сквозь сито 2 мм, помещали в колбу со шлифом вместимостью 100 мл, прибавляли 25 мл воды. Колбу присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на кипящей водяной бане в течение 30 мин, периодически встряхивая для смывания частиц сырья со стенок. Полученное извлечение фильтровали в мерную колбу вместимостью

100 мл, фильтр с попавшими на него частицами помещали в колбу для экстрагирования. Экстракцию повторяли еще раз в описанных условиях, фильтруя извлечение в ту же мерную колбу. После охлаждения объем извлечения доводили водой до метки и перемешивали (раствор А).

Приготовление раствора СО аспарагиновой кислоты. Около 0,05 г (точная навеска) аспарагиновой кислоты помещали в мерную колбу вместимостью 200 мл, растворяли в 50 мл воды, доводили объем раствора водой до метки и перемешивали (раствор В).

В мерную колбу вместимостью 100 мл помещали 2 мл раствора А, прибавляли 4 мл фосфатного буферного раствора с pH 6,4; а также 2 мл 1%-го раствора нингидрина в 95%-м спирте этиловом и 2 мл 0,05%-го водного раствора аскорбиновой кислоты. Реакционную смесь нагревали на кипящей водяной бане в течение 30 мин, быстро охлаждали и доводили объем раствора водой до метки, перемешивали. Параллельно проводили аналогичный опыт с 2 мл раствора В стандартного образца аспарагиновой кислоты и 2 мл воды (контрольный опыт).

Измеряли оптическую плотность полученных растворов на спектрофотометре Shimadzu UV-1800 (Shimadzu Corporation, Япония) в диапазоне 300–700 нм в кварцевых кюветках ($l = 1$ см), используя в качестве раствора сравнения контрольный опыт [12].

Содержание суммы свободных АК при аналитическом максимуме 568 нм в пересчете на аспарагиновую кислоту и абсолютно сухое сырье (X) вычисляли в % по формуле:

$$X = \frac{A \cdot a_0 \cdot 50 \cdot 100}{A_0 \cdot a \cdot (100 - W)},$$

где A – оптическая плотность испытуемого раствора; A_0 – оптическая плотность раствора СО аспарагиновой кислоты; a – навеска сырья, г; a_0 – навеска СО аспарагиновой кислоты, г; W – потеря в массе при высушивании сырья, %.

Анализ аминокислот методом ВЭЖХ

Качественный и количественный анализ АК после гидролиза травы *O. pilosa* проводили методом ВЭЖХ с предварительной дериватизацией аминокислот фенилизотиоцианатом на хроматографе Shimadzu LC-20 Prominence с детектором SPD-M20A (Shimadzu Corporation, Япония), автосемплером SIL-20A и системой для сбора и обработки хроматографических данных LabSolutions (ver. 5.106), Shimadzu Corporation, Япония.

Использовали хроматографическую колонку 250 × 46 мм с октадецилсилилсиликагелем (C18), 5 мкм (SUPELCO LC-18-DB), и предколонку 20 × 4,6 мм с октадецилсилилсиликагелем (C18), 5 мкм (SUPELCO LC-18-DB). Температура термостата: 35 °С. Подвижная фаза: 70 мМ раствор аммония ацетата (элюент А), смесь ацетонитрила и 70 мМ раствора аммония аце-

тата (60 : 40) (элюент В). Для анализа применяли градиентный режим элюирования: от 0 до 45 мин – увеличение элюэнта В линейно до 80 %, от 45 до 60 мин – увеличение элюэнта В до 100 %.

Скорость потока подвижной фазы: 1 мл/мин. Объем пробы: 20 мкл. Время регистрации хроматограммы: 0,0–60,0 мин. Детектирование: УФ-детектор при 254 нм.

Дериватизацию СО аминокислот проводили по модифицированной методике, приведенной в статье [13]: 120 мкл стандартного раствора аминокислоты помещали в пластиковую пробирку объемом 15 мл, добавляли 400 мкл свежеприготовленного раствора дериватизатора (метанол : триэтиламин : фенилизотиоцианат 70:10:5). Пробирку закрывали, помещали в пробирочный вортекс (MSV-3500, Латвия) и перемешивали 20 мин. После завершения перемешивания в пробирку вносили 1,52 мл раствора уксусной кислоты 1%-й и перемешивали на вортексе в течение 10 мин (2000 об/мин). Затем проводили экстракцию побочных аддуктов: добавляли в пробирку 0,5 мл хлороформа, перемешивали на вортексе в течение 10 мин, переносили в другую пробирку верхний водный слой, снова добавляли 0,5 мл хлороформа и перемешивали. После завершения экстракции водный слой отфильтровывали через шприцевую насадку и анализировали методом ВЭЖХ.

Пробоподготовка образца. 1 г (точная навеска) сырья *O. pilosa* помещали в бюкс, добавляли 0,03 г фенола и 6 мл 6 М раствора хлористоводородной кислоты. Закрытый бюкс выдерживали при 110 °С в сушильном шкафу 24 ч. Затем гидролизат переливали в пластиковую пробирку, центрифугировали в течение 5 мин (3000 об./мин) и аккуратно отфильтровывали через фильтровальную бумагу. С целью удаления хлористоводородной кислоты фильтрат выпаривали на водяной бане. Сухой остаток заливали 1,67 мл дистиллированной воды, 120 мкл полученного раствора помещали в пластиковую пробирку. Далее проводили дериватизацию по описанной выше методике.

Хроматографирование СО АК и испытуемого образца проводили по 5 раз и вычисляли среднее значение площади пика для каждого СО. Идентификацию пиков на хроматограмме анализируемого раствора проводили по времени удерживания в сравнении с хроматограммами растворов СО АК.

Масса аминокислот в образце травы остролодочника волосистого рассчитана по следующей формуле:

$$m = \frac{0,167 \cdot m(\text{СО}) \cdot S(\text{дерив.})}{S(\text{СО})},$$

где 0,167 – коэффициент; $m(\text{СО})$ – масса стандартного образца аминокислоты, мг; $S(\text{дерив.})$ – площадь пика аминокислоты, содержащейся в деривате; $S(\text{СО})$ – площадь пика стандартного образца аминокислоты.

Содержание аминокислот в образце травы остро-
лодочника волосистого рассчитано по следующей
формуле:

$$\omega = \frac{m(\text{сумма. АК})}{m \text{ навеска}} \cdot 100 \%,$$

где m (сумм. АК) – сумма масс идентифицированных
аминокислот, мг; m навески – масса анализируемого
образца, мг.

Количественное содержание каждого соединения
выражали в мг/г воздушно-сухого сырья.

Стандартные образцы и реактивы

Стандартные образцы: L-аланин, L-аргинина мо-
ногидрохлорид, L-аспарагиновая кислота, L-валин,
E-4-гидрокси-L-пролин, L-гистидина моногидрохло-
рид, глицин, L-глутаминовая кислота, L-изолейцин,
L-лейцин, L-метионин, L-орнитин, L-пролин, L-серин,
L-тирозин, L-треонин, L-триптофан, L-фенилаланин
(≥95 %, Sigma-Aldrich, Германия).

Реактивы: уксусная кислота (х.ч., АО «Вектон»,
Россия), *n*-бутанол (ч.д.а., АО «Вектон», Россия), аце-
тон (х.ч., Merck KGaA, Германия), хлористоводородная
кислота (х.ч., АО «Вектон», Россия), нингидрин (≥98 %,
ООО «Диаэм», Россия), аскорбиновая кислота (≥99 %,
Sigma-Aldrich, США), метанол (≥99,8 %, ООО «Химмед
синтез», Россия), триэтиламин (≥99,9 %, Merck KGaA,
Германия), фенилизотиоцианат (≥98 %, Sigma-Aldrich,
США), фенол (≥99,9 %, PanReas, Германия).

Статистическую обработку результатов количест-
венного определения выполняли с использованием
MS Excel 2017 ($n = 5$, $f = 4$, $P = 95\%$, $T(f, P) = 2,7764$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В листьях, цветках и траве *O. pilosa* (рисунок 1)
обнаружены 6 свободных АК: аспарагиновая кис-
лота ($R_f = 0,43$, оранжевый), пролин ($R_f = 0,50$, розо-
вый), серин ($R_f = 0,53$, фиолетово-розовый), треонин
($R_f = 0,61$, фиолетовый), валин ($R_f = 0,74$, оранжевый),
изолейцин ($R_f = 0,81$, розовый). Остальные 12 из 18
использованных стандартов (глутаминовая кислота –
 $R_f = 0,59$; аланин – 0,63; аргинин – 0,14; гистидин –
0,07; глицин – 0,49; аспарагин – 0,63; лейцин – 0,84;
лизин – 0,11; метионин – 0,69; триптофан – 0,79; фе-
нилаланин – 0,86; глутамин – 0,48) в свободной фор-
ме не идентифицированы, вероятно, из-за их низкой
концентрации в сырье.

Зарегистрированные электронные спектры погло-
щения продуктов взаимодействия СО аспарагиновой
кислоты и суммы аминокислот имели максимумы по-
глощения при 400 и 568 нм как у СО аспарагиновой
кислоты, так и у анализируемых образцов сырья (ри-
сунок 2).

Максимальное содержание АК было обнаружено
в траве *O. pilosa* ($30,70 \pm 0,39$ мг/г). В листьях и цвет-
ках *O. pilosa* содержание АК оказалось ниже, чем в

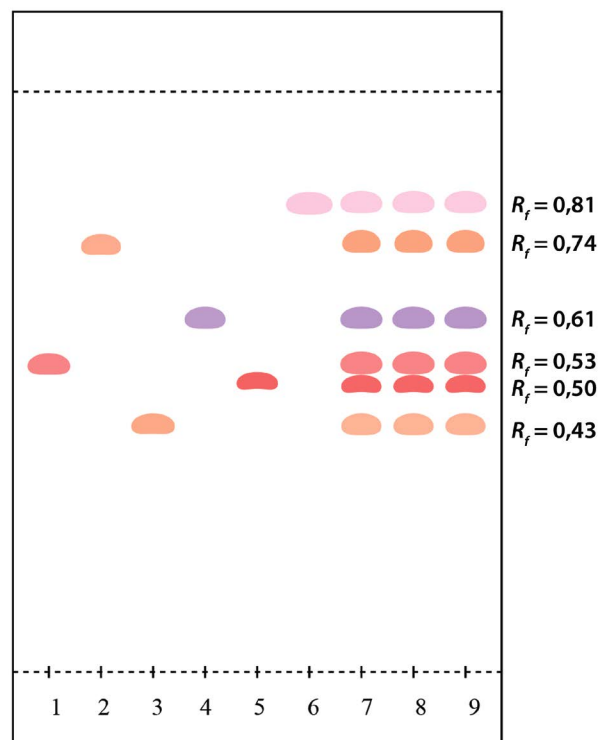


Рисунок предоставлен авторами
The figure was provided by the authors

Рисунок 1. Хроматограмма свободных аминокислот:

1 – серин; 2 – валин; 3 – аспарагиновая кислота; 4 – трео-
нин; 5 – пролин; 6 – изолейцин; 7 – трава *O. pilosa*; 8 – ли-
стья *O. pilosa*; 9 – цветки *O. pilosa*

Figure 1. Chromatogram of free amino acids

1 – serine; 2 – valine; 3 – aspartic acid; 4 – threonine;
5 – proline; 6 – isoleucine; 7 – *O. pilosa* herb; 8 – *O. pilosa*
leaves; 9 – *O. pilosa* flowers)

траве, и составило $18,70 \pm 0,25$ и $26,14 \pm 0,35$ мг/г со-
ответственно (таблица 1).

Для растений рода *Oxytropis* сведений о содер-
жании АК очень мало, что затрудняет сравнительный
анализ видов по этому критерию. Установлено толь-
ко содержание свободных АК в траве *O. glacialis* [14].
Полученные нами данные показали, что содержание
свободных АК в надземной части *O. pilosa* (30,70 мг/г)
значительно превышает содержание свободных АК в
O. glacialis (6,763 мг/г) [14].

Ввиду того, что методом спектрофотометрии сре-
ди исследуемых образцов сырья *O. pilosa* наиболь-
шее содержание АК было установлено в траве, а
предварительный ТСХ-скрининг не выявил различий
в составе АК, для дальнейших исследований более
высокоточным методом в качестве морфологической
группы была выбрана трава.

В результате определения аминокислотного со-
става методом ВЭЖХ после гидролиза хлористово-
дородной кислотой (рисунок 3) установлено наличие
15 аминокислот, пять из которых являются незамеени-

Таблица 1. Метрологические характеристики количественного определения свободных аминокислот в сырье *O. pilosa*, мг/г сырья ($n = 5$, $f = 4$, $P = 95\%$, $T(f, P) = 2,7764$)

Table 1. Metrological characteristics of the quantitative determination of free amino acids in *O. pilosa* raw material, mg/g of raw material ($n = 5$, $f = 4$, $P = 95\%$, $T(f, P) = 2.7764$)

№	Морфологическая группа сырья <i>O. pilosa</i> Morphological group of <i>O. pilosa</i> raw material	$\bar{X}$, мг/г $\bar{X}$, mg/g	S_x^2	S_x	$S_{\bar{x}}$	ΔX	ϵ , %
1	Трава Herb	$30,70 \pm 0,39$	0,0587500	0,2424	0,1399	0,39	1,27
2	Листья Leaves	$18,70 \pm 0,25$	0,0250000	0,1581	0,0913	0,25	1,36
3	Цветки Flowers	$26,14 \pm 0,35$	0,0480000	0,2191	0,1265	0,35	1,34

Таблица предоставлена авторами
The table was provided by the authors

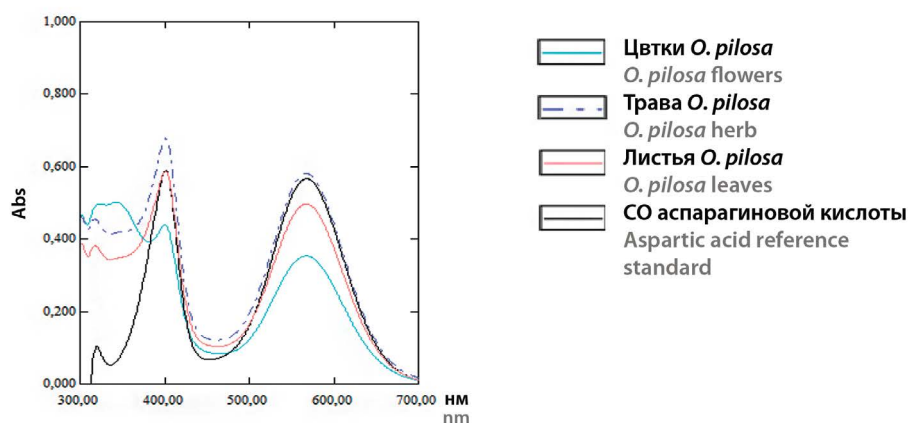


Рисунок предоставлен авторами
The figure was provided by the authors

Рисунок 2. Электронные спектры продуктов реакции АК с раствором нингидрина

Figure 2. Electronic spectra of the reaction products of AA with a ninhydrin solution

мыми (треонин, валин, метионин, изолейцин, лейцин), три – условно заменимыми (тирозин, гистидин и аргинин) и восемь – заменимыми (аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, 4-гидроксипролин, серин, глицин, пролин, аланин).

Результаты статистической обработки проведенных измерений показывают, что относительная ошибка единичного определения при доверительной вероятности 0,95 не превышает $\pm 2,23\%$ (таблица 2). Выявлено высокое содержание аланина ($66,056 \pm 0,584$ мг/г), 4-гидроксипролина ($25,912 \pm 0,278$ мг/г), пролина ($17,834 \pm 0,168$ мг/г) и гистидина ($13,030 \pm 0,086$ мг/г) (таблица 2).

Общее содержание АК после гидролиза – $165,659 \pm 0,806$ мг/г, что в два раза превышает содержание АК в траве *O. glabra* (83,57 мг/г) [15]. Однако содержание незаменимых АК в траве *O. pilosa* ($16,958 \pm 0,139$ мг/г) немного ниже содержания незаменимых АК в траве *O. glabra* (19,510 мг/г) [15].

Ранее состав и содержание связанных АК определялось в надземной части других представителей семейства *Fabaceae*. В траве *Glycyrrhiza glabra* L. содержание АК (158,8 мг/г) [5] сопоставимо с установленным нами содержанием АК в траве *O. pilosa*, а трава *Polemonium coeruleum* L. содержит в полтора раза меньше АК (96,2 мг/г) [6]. Содержание незаменимых аминокислот в траве *O. pilosa* (16,958 мг/г) значительно превышает количество незаменимых АК в траве *G. glabra* (58,0 мг/г) и в траве *P. coeruleum* (19,5 мг/г).

При сравнительном анализе состава свободных и связанных аминокислот были выявлены значительные различия. Методом ТСХ было обнаружено 6 АК, тогда как методом ВЭЖХ после предварительного гидролиза установлено наличие 15 АК в траве *O. pilosa*. Также стоит отметить, что их общее содержание после гидролиза значительно возрастает – с $30,70 \pm 0,39$ до $165,659 \pm 0,806$ мг/г.

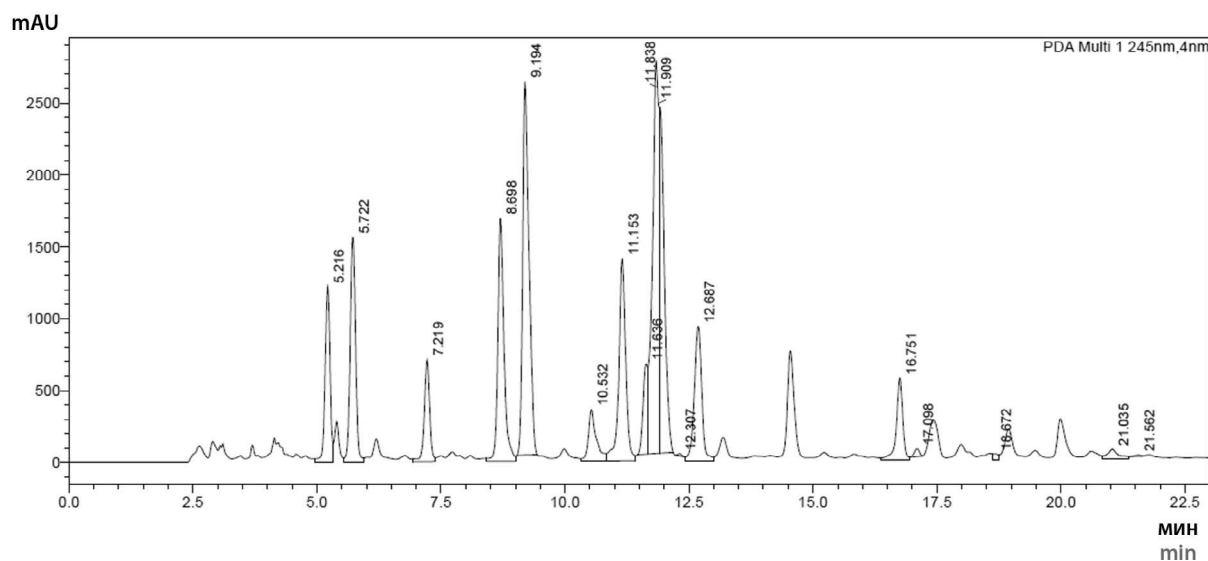


Рисунок предоставлен авторами
The figure was provided by the authors

Рисунок 3. Хроматограмма аминокислотного состава травы *O. pilosa*

Figure 3. Chromatogram of the amino acid composition of the herb *O. pilosa*

Таблица 2. Метрологические характеристики количественного определения аминокислот в траве остролодочника волосистого, мг/г сырья ($n = 5$, $f = 4$, $P = 95\%$, $T(f, P) = 2,7764$)

Table 2. Metrological characteristics for the quantitative determination of amino acids in the *O. pilosa* herb, mg/g raw material ($n = 5$, $f = 4$, $P = 95\%$, $T(f, P) = 2,7764$)

№	Найденные аминокислоты Amino acids found	Время удерживания, мин Retention time, min	$\bar{X}$, мг/г $\bar{X}$, mg/g	S_x^2	S_x	$S_{\bar{x}}$	ΔX	ϵ , %
1	Аспарагиновая кислота Aspartic acid	5,216	$6,532 \pm 0,071$	0,0019700	0,0444	0,0256	0,071	1,09
2	Глутаминовая кислота Glutamic acid	5,722	$5,214 \pm 0,033$	0,0004300	0,0207	0,0120	0,033	0,64
3	4-гидроксипролин 4-Hydroxyproline	7,219	$25,912 \pm 0,278$	0,0300700	0,1734	0,1001	0,278	1,07
4	Серин Serine	8,698	$6,130 \pm 0,106$	0,0043500	0,0660	0,0381	0,106	1,72
5	Глицин Glycine	9,194	$3,72 \pm 0,029$	0,0003200	0,0179	0,0103	0,044	0,77
6	Гистидин** Histidine**	10,532	$13,030 \pm 0,086$	0,0028500	0,0534	0,0308	0,086	0,66
7	Треонин* Threonine*	11,153	$6,854 \pm 0,124$	0,0060300	0,0777	0,0448	0,124	1,82
8	Аргинин** Arginine**	11,636	$3,470 \pm 0,054$	0,0011500	0,0339	0,0196	0,054	1,57
9	Пролин Proline	11,838	$17,834 \pm 0,168$	0,0109800	0,1048	0,0605	0,168	0,94
10	Аланин Alanine	12,687	$66,056 \pm 0,584$	0,1326800	0,3643	0,2103	0,584	0,88
11	Тирозин** Tyrosine**	16,751	$0,805 \pm 0,018$	0,0001250	0,0112	0,0065	0,018	2,23
12	Валин* Valine*	17,098	$0,333 \pm 0,007$	0,0000172	0,0041	0,0024	0,007	2,00

№	Найденные аминокислоты Amino acids found	Время удерживания, мин Retention time, min	$\bar{X}$, мг/г $\bar{X}$, mg/g	S_x^2	S_x	$S_{\bar{x}}$	ΔX	ϵ , %
13	Метионин* Methionine*	18,672	0,919 ± 0,009	0,0000308	0,0055	0,0032	0,009	0,97
14	Изолейцин* Isoleucine*	21,035	7,258 ± 0,114	0,0050200	0,0709	0,0409	0,114	1,56
15	Лейцин* Leucine*	21,562	1,593 ± 0,014	0,0000712	0,0084	0,0049	0,014	0,85
16	Общее содержание аминокислот, мг/г Total amino acid content, mg/g	165,659 ± 0,806		0,2529412	0,5029	0,2904	0,806	0,49
17	Общее содержание аминокислот, % Total amino acid content, %	16,56 ± 0,081		0,0025300	0,0503	0,0290	0,081	0,49
18	Содержание незаменимых аминокислот, мг/г Essential amino acid content, mg/g	16,958 ± 0,139		0,0075332	0,0868	0,0501	0,139	0,82
19	Содержание незаменимых аминокислот, % Essential amino acid content, %	1,70 ± 0,014		0,0000753	0,0087	0,0050	0,014	0,82

Примечание. * Незаменимые аминокислоты. ** Условно заменимые аминокислоты.

Note. * Essential amino acids. ** Conditionally replaceable amino acids.

Таблица предоставлена авторами
The table was provided by the authors

Пролин и 4-гидроксипролин участвуют в метаболизме (в частности, в синтезе аргинина, полиаминов и глутамата через пирролин-5-карбоксилат), заживлении ран, антиоксидантных и иммунных реакциях [16, 17, 18]. Пролин применяется для лечения механических повреждений кожи и слизистых оболочек, а также эффективен в комплексной терапии цирроза печени [19, 20]. Гистидин участвует в синтезе гистамина [16], метилировании белков, входит в состав гемоглобина, антиоксидантных дипептидов и многих ферментов (рибонуклеазы, транскеталазы) [18], его применяют в комплексной терапии лечения язв, аллергии, артрита и анемии [21]. Аланин является предшественником большого числа аминокислот, стимулирует глюконеогенез и участвует в трансаминировании аминокислот в печени [18, 22]. Аланин широко используется в медицинской практике для лечения мигрени, цереброваскулярной недостаточности и других заболеваний нервной системы, связанных с нарушением кровообращения [23].

Кроме того, что АК имеют собственные фармакологические эффекты, они еще могут повышать биодоступность других БАВ и потенцировать их фармакологическое действие [4]. Так, например, аминиро-

вание флавоноидов посредством взаимодействия с аминокислотами изменяет полярность и пространственную конформацию флавоноидов, облегчая их взаимодействие с ферментами-мишенями (топоизомераза II) [24].

Таким образом, сырье *O. pilosa* благодаря высокому содержанию АК предположительно может обладать ранозаживляющим, противовоспалительным и антиоксидантным эффектом, оказывать нейропротекторное и гепатопротекторное действие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые установлен качественный и количественный состав аминокислот в сырье *O. pilosa*. С помощью тонкослойной хроматографии идентифицировано 6 свободных аминокислот (аспарагиновая кислота, пролин, серин, треонин, валин, изолейцин) в траве, листьях и цветках *O. pilosa*. Методом спектрофотометрии установлено содержание свободных аминокислот в траве, листьях и цветках *O. pilosa*. Наибольшее содержание АК наблюдалось в траве (30,70 ± 0,39 мг/г), наименьшее – в листьях (18,70 ± 0,25). Методом ВЭЖХ после предварительного гидролиза в траве выявлено 15 АК, содержание которых варьи-

руется в диапазоне от $0,333 \pm 0,007$ мг/г до $66,056 \pm 0,584$ мг/г, а общая масса составила $165,659 \pm 0,806$ мг/г, при этом незаменимых АК – $16,958 \pm 0,139$ мг/г.

ЛИТЕРАТУРА

- Wu G. Amino acids: biochemistry and nutrition. Boca Raton: CRC press; 2021. 816 p. <https://doi.org/10.1201/9781003092742>
- Petkova D., Stoyanova S., Dinkov G., Bogdanov M. G. Beyond Protein Building Blocks: A Review of Biological Roles and Therapeutic Potential of Free Amino Acids. *International Journal of Molecular Sciences*. 2025;26(23):11264. <https://doi.org/10.3390/ijms262311264>
- Гудкова А. А., Шестакова Г. Ю., Чистякова А. С., Сливкин А. И. Аминокислотный состав *Polemonium coeruleum* L. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2021;3:86–92.
- Шамилов А. А., Бубенчикова В. Н., Гарсия Е. Р. Анализ аминокислотного и элементного состава травы черной головки разрезной (*Prunella laciniata* L.), произрастающей на Северном Кавказе. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2021;2:114–119.
- Недилько О. В., Яницкая А. В. Изучение аминокислотного состава надземной и подземной частей солодки голой. *Химия растительного сырья*. 2020;1:251–256. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020014678>
- Олешко Г. И., Ярыгина Т. И., Зорина Е. В., Решетникова М. Д. Разработка унифицированной методики количественного определения суммы свободных аминокислот в лекарственном растительном сырье и экстракционных препаратах. *Фармация*. 2011;3:14–17.
- Холина А. Б., Козыренко М. М., Артюкова Е. В., Сандапов Д. В., Андриянова Е. А. Филогенетические взаимоотношения видов *Oxytropis* DC. subg. *Oxytropis* и *Phacoxytropis* (Fabaceae) Азиатской России на основе анализа нуклеотидных последовательностей межгенных спейсеров хлоропластного генома. *Генетика*. 2016;52(8):895–909. <https://doi.org/10.7868/S0016675816060060>
- Акулова З. В., Бобров Е. Г., Васильева Л. И. Васильченко И. Т., Миняева Н. А., Улле З. Г., Цвелев Н. Н., Чефранова З. В., Яковлев Г. П., под редакцией Федорова А. А. Флора европейской части СССР. Т. 6. Л: Издательство АН СССР; 1987. 254 с.
- Еленевский А. Г., Буланый Ю. И., Радыгина В. И. Конспект флоры Саратовской области. Саратов: Наука; 2008. 232 с.
- Amirkhanova A. S., Ustenova G. O. Review of the current status of study *Oxytropis*. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 2018;11(4):50–55. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2018.v11i4.23656>
- Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства *Hydrangeaceae-Haloragaceae*. Л.: Наука; 1987. 326 с.
- Полуянов А. М., Матвиенко У. А., Соколова А. Ю., Савельева А. Е., Дурнова Н. А., Бобкова Н. В. Сравнительное изучение профиля свободных аминокислот в подземных органах нескольких видов рода *Rumex* на разных фазах вегетационного цикла. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2024;13(1):120–127. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2024-13-1-1719>
- Anumula K. R., Taylor P. B. Quantitative determination of phenyl isothiocyanate-derivatized amino sugars and amino sugar alcohols by high-performance liquid chromatography. *Analytical Biochemistry*. 1991;197(1):113–120. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(91\)90365-Z](https://doi.org/10.1016/0003-2697(91)90365-Z)
- Tan Y.-Y., Wang J.-H. Li Q.-F. Content determination of free amino acids in glacial crazyweed (*Oxytropis glacialis* Benth ex Bge). *Hubei Agricultural Sciences*. 2003;1:76–78. <https://doi.org/10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2003.01.034>
- Amirhanova A. Sh., Ustenova G. O., Mombekob S. E., Turgumbayeva A. A., Eleken G. K. Study of amino acid and fatty acid composition of medicinal plant raw materials *Oxytropis glabra* Lam. DC. *Farmatsiya Kazakhstana*. 2018;10:24–27. (In Kazakh)
- Li P., Yin Y.-L., Li D., Kim S. W., Wu G. Amino acids and immune function. *British Journal of Nutrition*. 2007;98(2):237–252. <https://doi.org/10.1017/S000711450769936X>
- Wu G., Bazer F. W., Burghardt R. C., Johnson G. A., Kim S. W., Knabe D. A., Li P., Li X., McKnight J. R., Satterfield M. C., Spencer T. E. Proline and hydroxyproline metabolism: implications for animal and human nutrition. *Amino acids*. 2011;40(4):1053–1063. <https://doi.org/10.1007/s00726-010-0715-z>
- Wu G. Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. *Amino acids*. 2009;37(1):1–17. <https://doi.org/10.1007/s00726-009-0269-0>
- Mehl A. A., Damião A. O., Viana S. D., Andretta C. P. Hard-to-heal wounds: a randomised trial of an oral proline-containing supplement to aid repair. *Journal of Wound Care*. 2021;30(1):26–31. <https://doi.org/10.12968/jowc.2021.30.1.26>
- Heidari R., Mohammadi H., Ghanbarinejad V., Ahmadi A., Ommati M. M., Niknahad H., Jamshidzadeh A., Azarpira N., Abdoli N. Proline supplementation mitigates the early stage of liver injury in bile duct ligated rats. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*. 2018;30(1):91–101. <https://doi.org/10.1515/jbcpp-2017-0221>
- Holeček M. Histidine in health and disease: metabolism, physiological importance, and use as a supplement. *Nutrients*. 2020;12(3):848. <https://doi.org/10.3390/nu12030848>
- Ling Z.-N., Jiang Y.-F., Ru J.-N., Lu J.-H., Ding B., Wu J. Amino acid metabolism in health and disease. *Signal Transduction and Targeted Therapy*. 2023;8(1):345. <https://doi.org/10.1038/s41392-023-01569-3>
- Meletis C. D., Barker J. E. Therapeutic uses of amino acids. *Alternative & Complementary Therapies*. 2005;11(1):24–28. <https://doi.org/10.1089/ACT.2005.11.24>
- Zou P., Costas C., Lu R., Cameselle C., Lin S., Zhang F., Wei Z., Otero P. Exploring the mechanism of flavonoid amination and its potential biological implications from an *in-vitro* and *in-vivo* perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2026;66(9):1706–1726. <https://doi.org/10.1080/10408398.2025.2554286>

REFERENCES

- Wu G. Amino acids: biochemistry and nutrition. Boca Raton: CRC press; 2021. 816 p. <https://doi.org/10.1201/9781003092742>
- Petkova D., Stoyanova S., Dinkov G., Bogdanov M. G. Beyond Protein Building Blocks: A Review of Biological Roles and Therapeutic Potential of Free Amino Acids. *International Journal of Molecular Sciences*. 2025;26(23):11264. <https://doi.org/10.3390/ijms262311264>

3. Gudkova A. A., Shestakova G. Yu., Chistyakova A. S., Slivkin A. I. Amino acid composition of *Polemonium coeruleum* L. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy.* 2021;3:86–92. (In Russ.)
4. Shamilov A. A., Bubenchikova V. N., Garsiya E. R. Alalysis of amino acids and element content of *Prunella lacinata* L. herba growing at North Caucasis. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy.* 2021;2:114–119. (In Russ.)
5. Nedil'ko O. V., Yanitskaya A. V. The study of amino acid content of *Glycyrrhiza glabra* overground and underground parts. *Chemistry of Plant raw material.* 2020;1:251–256. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020014678>
6. Oleshko G. I., Yarygina T. I., Zorina E. V., Reshetnikova M. D. Development of a unified method for quantitative determination of the amount of free amino acids in medicinal plant materials and extraction preparations. *Pharmacy.* 2011;3:14–17. (In Russ.)
7. Kholina A. B., Kozyrenko M. M., Artyukova E. V., Sandanov D. V., Andriyanova E. A. Phylogenetic Relationships of the Species of *Oxytropis* DC. Subg. *Oxytropis* and *Phacoxytropis* (*Fabaceae*) from Asian Russia Inferred from the Nucleotide Sequence Analysis of the Intergenic Spacers of the Chloroplast Genome. *Russian Journal of Genetics.* 2016;52(8):895–909. (In Russ.). <https://doi.org/10.7868/S0016675816060060>
8. Akulova Z. V., Bobrov E. G., Vasil'eva L. I. Vasil'chenko I. T., Minyaeva N. A., Uille Z. G., Tsvelev N. N., Chefranova Z. V., Yakovlev G. P., edited by Fedorova A. A. Flora of the European part of the USSR. V. 6. Leningrad: Izdatel'stvo AN SSSR; 1987. 254 p. (In Russ.)
9. Elenevskiy A. G., Bulanyy Yu. I., Radygina V. I. Abstract of the flora of the Saratov region. Saratov: Nauka; 2008. 232 p. (In Russ.)
10. Amirkhanova A. S., Ustenova G. O. Review of the current status of study *Oxytropis*. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research.* 2018;11(4):50–55. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2018.v11i4.23656>
11. Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use; Families *Hydrangeaceae-Haloragaceae*. Leningrad: Nauka; 1987. 326 p. (In Russ.)
12. Poluyanov A. M., Matvienko U. A., Sokolova A. Yu., Saveleyeva A. E., Durnova N. A., Bobkova N. V. Comparative Study of Free Amino Acid Profiles in Underground Organs of Several Species of the Genus *Rumex* During Different Phases of the Vegetation Cycle. *Drug development & registration.* 2024;13(1):120–127. (In Russ.) <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2024-13-1-1719>
13. Anumula K. R., Taylor P. B. Quantitative determination of phenyl isothiocyanate-derivatized amino sugars and amino sugar alcohols by high-performance liquid chromatography. *Analytical Biochemistry.* 1991;197(1):113–120. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(91\)90365-Z](https://doi.org/10.1016/0003-2697(91)90365-Z)
14. Tan Y.-Y., Wang J.-H., Li Q.-F. Content determination of free amino acids in glacial crazyweed (*Oxytropis glacialis* Benth ex Bge). *Hubei Agricultural Sciences.* 2003;1:76–78. <https://doi.org/10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2003.01.034>
15. Amirhanova A. Sh., Ustenova G. O., Mombekob S. E., Turgumbayeva A. A., Eleken G. K. Study of amino acid and fatty acid composition of medicinal plant raw materials *Oxytropis glabra* Lam. DC. *Farmatsiya Kazakhstana.* 2018;10:24–27. (In Kazakh)
16. Li P., Yin Y.-L., Li D., Kim S. W., Wu G. Amino acids and immune function. *British Journal of Nutrition.* 2007;98(2):237–252. <https://doi.org/10.1017/S000711450769936X>
17. Wu G., Bazer F. W., Burghardt R. C., Johnson G. A., Kim S. W., Knabe D. A., Li P., Li X., McKnight J. R., Satterfield M. C., Spencer T. E. Proline and hydroxyproline metabolism: implications for animal and human nutrition. *Amino acids.* 2011;40(4):1053–1063. <https://doi.org/10.1007/s00726-010-0715-z>
18. Wu G. Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. *Amino acids.* 2009;37(1):1–17. <https://doi.org/10.1007/s00726-009-0269-0>
19. Mehl A. A., Damião A. O., Viana S. D., Andretta C. P. Hard-to-heal wounds: a randomised trial of an oral proline-containing supplement to aid repair. *Journal of Wound Care.* 2021;30(1):26–31. <https://doi.org/10.12968/jowc.2021.30.1.26>
20. Heidari R., Mohammadi H., Ghanbarinejad V., Ahmadi A., Ommati M. M., Niknahad H., Jamshidzadeh A., Azarpira N., Abdoli N. Proline supplementation mitigates the early stage of liver injury in bile duct ligated rats. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology.* 2018;30(1):91–101. <https://doi.org/10.1515/jbcpp-2017-0221>
21. Holeček M. Histidine in health and disease: metabolism, physiological importance, and use as a supplement. *Nutrients.* 2020;12(3):848. <https://doi.org/10.3390/nu12030848>
22. Ling Z.-N., Jiang Y.-F., Ru J.-N., Lu J.-H., Ding B., Wu J. Amino acid metabolism in health and disease. *Signal Transduction and Targeted Therapy.* 2023;8(1):345. <https://doi.org/10.1038/s41392-023-01569-3>
23. Meletis C. D., Barker J. E. Therapeutic uses of amino acids. *Alternative & Complementary Therapies.* 2005;11(1):24–28. <https://doi.org/10.1089/ACT.2005.11.24>
24. Zou P., Costas C., Lu R., Cameselle C., Lin S., Zhang F., Wei Z., Otero P. Exploring the mechanism of flavonoid amination and its potential biological implications from an *in-vitro* and *in-vivo* perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 2026;66(9):1706–1726. <https://doi.org/10.1080/10408398.2025.2554286>