

УДК 615.322

ИЗУЧЕНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА *PEGANUM HARMALA*, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

© Т. Насибова*, Э. Гараев

Азербайджанский медицинский университет, ул. Анвар Гасымзаде, 14, Баку,
AZ1022 (Азербайджан), e-mail: tnesibova@amu.edu.az

Цель исследования – качественное и количественное изучение аминокислотного состава гармалы обыкновенной (*Peganum harmala*, *Nitrariaceae*), произрастающей в природных условиях Азербайджанской Республики. После предварительного подтверждения присутствия аминокислот корни, стебли и семена подверглись глубокому исследованию методом ионообменной хроматографии с использованием постколоночной дериватизации на аминокислотном анализаторе L-8800 (Hitachi, Ltd.). Аминокислотный анализ корней *P. harmala* был проведен нами впервые. По результатам анализа в исследуемых частях гармалы обыкновенной было идентифицировано 18 аминокислот, 8 из которых являются заменимыми, 9 – незаменимыми и 3 – частично заменимыми. Общая сумма аминокислот составляла для корней 7.162%, семян – 6.096% и стеблей – 14.676%. Из отдельных аминокислот в подземных органах *P. harmala* преобладает пролин (2.149%), а в стеблях и семенах – аспарагиновая кислота (соответственно 2.698 и 2.394%). Выявлено минимальное содержания аминокислот орнитин в корнях и стеблях (0.007 и 0.020% соответственно), цистеин в семенах (0.024%) и отсутствие гидроксипролина в стеблях. В то же время при сравнении исследованных органов установлено повышенное содержание исследованных аминокислот в стеблях гармалы, за исключением пролина, гидроксипролина, гидроксизина и орнитина.

Ключевые слова: *Peganum harmala*, заменимые и незаменимые аминокислоты, аспарагин, валин, аргинин, лейцин.

Введение

P. harmala – многолетнее травянистое растение [1], встречающееся в основном в Северной Африке [2], Европе [3] и Азии [4]. *P. harmala* ранее принадлежал к семейству *Zygophyllaceae*, но результаты молекулярно-полигенетических исследований привели к систематическому вытеснению этого растения [5]. Растение *P. harmala* в основном содержит алкалоиды, такие как гармин [6, 7], гармалин [8, 9], вазицин [10], вазицинон [11], гармол, гармалол [12] и другие. Кроме того, растение также богато макро- и микроэлементами [13] и аминокислотами [14].

Аминокислоты являются одной из важнейших единиц в организме человека, животных и растений [15]. Белки, образованные из аминокислот, являются одним из наиболее важных компонентов всех живых клеток [16]. Аминокислоты играют роль как снижающие стресс элементы, азот и предшественники гормонов в растениях [17]. В то же время они регулируют ионную проницаемость и stomатальное раскрытие, влияют на синтез и активность ферментов, помогают предотвратить вредное воздействие осмотического стресса на растения [18].

Препараты на основе аминокислот как эффективные лекарственные средства назначают для лечения многих патологических процессов, а также в оздоровительно-профилактических целях. При нехватке аминокислот замедляются многие жизненно важные процессы в организме. Изучение аминокислотного состава растений имеет научно-исследовательскую и практическую значимость.

Насибова Тохфа – докторант,
e-mail: tnesibova@amu.edu.az
Гараев Эльдар – доктор фармацевтических наук,
профессор, заведующий кафедрой общей
и токсикологической химии, e-mail: eldargar@mail.ru

Цель настоящей работы – качественное и количественное изучение аминокислотного состава гармалы обыкновенной, произрастающей в природных условиях Азербайджанской Республики.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Экспериментальная часть

Исследования проводились на корнях, стеблях и семенах *P. harmala*. Сбор материала проводился в сентябре 2019 г. в поселке Зых, на окраинах Баку Азербайджанской Республики. Высушенное в тени небольшое количество семян, корней и стеблей растения замораживали жидким азотом и измельчали в ступке. Для качественного и количественного определения аминокислот в органах растения сырье гидролизовали с использованием подходящей гидролизной смеси. Принимая во внимание, что разные результаты анализа получаются, когда для анализа одного и того же сырья используются разные смеси гидролиза, определили оптимальную смесь гидролиза для наиболее реальных качественных и количественных результатов. Для этой цели три разные смеси для гидролиза по 200 мкл каждая добавляли к трем пробам семян *P. harmala*, каждая из которых содержала 10–15 мг, и процесс гидролиза проводили при соответствующих условиях для каждой смеси (соответственно, Гидролиз №1, Гидролиз №2, Гидролиз №3). В конце гидролиза все 3 массы переносили отдельно в пластиковые пробирки объемом 1.5 мл, сушили во вращающемся испарителе и полученную сухую массу растворяли в 1000 мкл 0.02 н HCl. Образец 200 мкл отбирали для анализа, доводили до 1 мл с 0.02 н HCl во флаконе и переносили в устройство. Стандартную смесь аминокислот анализировали аналогично и сравнивались с образцами. Результаты анализа стандартной смеси аминокислот сравнивались с результатами трех различных вариантов гидролиза семян *P. harmala*. Оптимальную смесь также использовали для аминокислотного анализа корней и стеблей *P. harmala*.

Состав первой гидролизной смеси, используемой для определения оптимальной гидролизной смеси, составлял 0.01 мл β-меркаптоэтанола (M6250-100ML, Sigma-Aldrich), 6.67 мл конц. соляной кислоты (320331-500ML, Sigma-Aldrich), 3.33 мл конц. трифторуксусной кислоты (91707-250ML, Sigma-Aldrich), гидролиз проводили при 155 °С в течение 1 ч (Гидролиз №1).

Для приготовления второй смеси 4 мл воды добавляли к 6 мл конц. соляной кислоты (320331-500ML, Sigma-Aldrich). Гидролиз проводили при 105 °С в течение 18 ч (Гидролиз №2).

Для получения третьей гидролизной смеси добавляли 3 мл конц. соляной кислоты (320331-500ML, Sigma-Aldrich) и смешивали с 7 мл воды. Гидролиз проводили при 100 °С в течение 18 ч (Гидролиз №3).

Для приготовления стандартной смеси аминокислот использовали концентрированные стандартные растворы 18 аминокислот (AAS18-5ML analytical standard, Sigma-Aldrich). 32 мкл раствора аминокислоты с концентрацией 2.5 мМ (исключая цистин с концентрацией 1.25 мМ) переносили в пластиковую пробирку, в которую добавляли 0.02 М 968 мкл раствора соляной кислоты. Было получено 50 мкл раствора аминокислоты по 4 нмоль каждый (исключая 2 нмоль цистина). Срок годности раствора составляет 30 дней (при температуре 20 °С).

Анализы проводили постколоночной дериватизацией с использованием ионообменной хроматографии. Для анализа использовали модель аминокислотного анализатора L-8800 (Hitachi, Ltd.), ионообменную колонку Hitachi (2622SC (PH), Hitachi, Ltd., P/N 855-4508, метал, 4.6 × 60 мм). Температура колонки составляла 57 °С, скорость потока элюента составляла 0.4 мл/мин, а объем впрыскиваемого образца составлял 50 мкл.

Режим элюента – Элюент А (Merck Hitachi, AAA PH-1 Buffer-AN0-8706), Элюент В (Merck Hitachi, AAA PH-2 Buffer-AN0-8707), Элюент С (Merck Hitachi, AAA PH-3 Buffer-AN0-8708), Элюент D (Merck Hitachi, AAA PH-4 Buffer-AN0-8709), Элюент Е (0.2 М раствор NaOH) был реализован со ступенчатым градиентом растворов (табл. 1). Для приготовления Элюента Е (0.2 М раствор NaOH) в колбу на 1000 мл выливали 500 мл воды, добавляли 200 мл 1 М раствора гидроксида натрия, объем раствора смешивали с водой до метки и фильтровали через мембранный фильтр с размером пор 0.45 мкм. Срок годности раствора составляет 30 дней.

Во время постколоночной дериватизации скорость потока составляла 0,35 мл/мин, температура 136 °С, а длина волны 570 нм и 440 нм для пролина. Использовали нингидриновый буфер R2 и раствор нингидрина R1 (1 : 1) (Ninhydrin Reagent Wako Amino Acid Automated Analyzer Kit for Hitachi, Wako Pure Chemical Industries, P/N 298-69601). Определение и расчет соответствующих аминокислотных пиков в тестируемом растворе, содержащем 1 нмоль от каждого образца, проводили автоматически на основании анализа стандартных образцов. Формула расчета выглядит следующим образом:

$$C_i = \frac{N_i \times 2.5 \times MW_i}{m_s \times 10 \times V},$$

где N_i – количество соответствующей аминокислоты в исследуемом растворе, нмоль/образец; MW_i – молекулярная масса соответствующей аминокислоты; m_s – масса образца, используемого для гидролиза (мг); V – объем вводимого образца исследуемого раствора (40 мкл); 2.5 – коэффициент разбавления гидролизата.

Таблица 1. Режим элюирования, выполняемый в ионообменной хроматографии при анализе образцов *P. harmala* и стандартных растворов аминокислот

Время, мин	Элюент А, %	Элюент Б, %	Элюент С, %	Элюент Д, %	Элюент Е, %
0	100	0	0	0	0
3	100	0	0	0	0
3.1	0	100	0	0	0
4.5	0	100	0	0	0
4.6	0	0	100	0	0
14.3	0	0	100	0	0
14.4	0	0	0	100	0
27	0	0	0	100	0
27.1	0	0	0	0	100
31	0	0	0	0	100
31.1	0	100	0	0	0
32	0	100	0	0	0
32.1	100	0	0	0	0
42	100	0	0	0	0

Обсуждение результатов

Согласно анализу, результаты методов Гидролиз №1 и Гидролиз №2 были сходными. Результаты этих анализов оказались на 30% выше, чем метод Гидролиза №3. Однако при определении содержания метионина на 70% Гидролиз №1 был выше, чем Гидролиз №2. В результате Гидролиза №2 цистеин дал лучшие результаты, которые не были правильно определены другими методами гидролиза (для этой цели использовался специальный метод окислительного гидролиза и определения цистеина в виде цистеиновой кислоты).

Учитывая все это, Гидролиз №1 был принят в качестве оптимального метода гидролиза с целью получения наиболее близких к реалистичным качественным и количественным результатам аминокислот в органах растения *P. harmala*. Результаты анализа стандартной смеси аминокислот и семян *P. harmala* с Гидролизом №1, Гидролизом №2, Гидролизом №3 для определения оптимального метода гидролиза приведены на рисунке 1 и в таблице 2.

Исследования аминокислотного состава корней и стеблей *P. harmala* проводили по варианту гидролиза №1, как наиболее оптимального метода.

На рисунках 2 и 3 и в таблице 3 приведены спектры и результаты аминокислотного анализа, проведенного методом Гидролиз №1 для стандартной аминокислотной смеси, корней и стеблей растения *P. harmala*.

Количественные соотношения аминокислот в разных органах *P. harmala* приведены ниже:

а) Количественные соотношения аминокислот в корнях растения *P. harmala*:

– Заменяемые: Asp > Glu > Ser > Ala > Gly > Hyl > Tyr > Orn

– Незаменяемые: Val > Arg > Thr > Leu > Lys > Ile > Phe > His > Met

– Частично заменяемые: Pro > Hyp > Cys

– Все: Pro > Asp > Glu > Ser > Ala > Gly > Val > Arg > Thr > Leu > Lys > Ile > Hyp > Phe > His > Hyl > Tyr > Met > Cys > Orn

б) Количественные соотношения аминокислот в семенах растения *P. harmala*:

– Заменяемые: Asp > Glu > Gly > Ala > Ser > Tyr > Orn > Hyl

– Незаменяемые: Arg > Val > Lys > Thr > Leu > Ile > His > Phe > Met

– Частично заменяемые: Pro > Hyp > Cys

– Все: Asp > Glu > Gly > Ala > Ser > Arg > Val > Lys > Thr > Leu > Ile > His > Pro > Phe > Hyp > Tyr > Orn > Met > Cys > Hyl

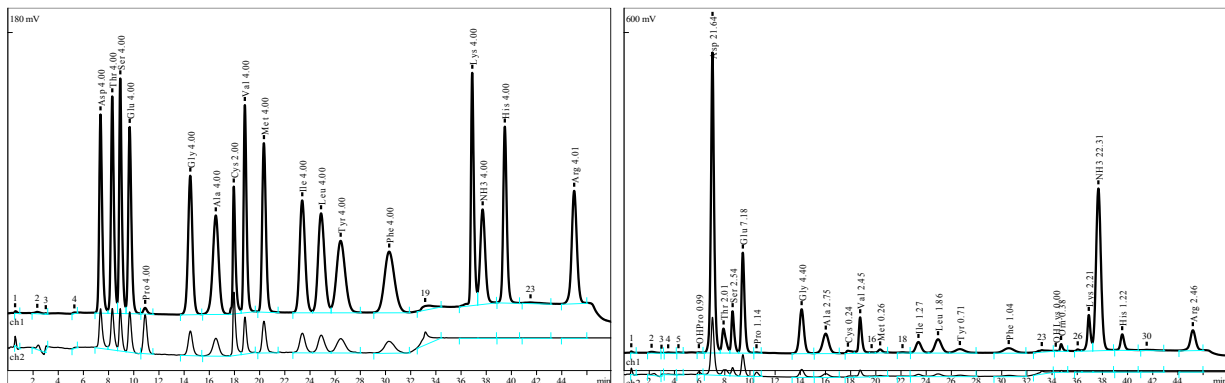
в) Количественные соотношения аминокислот в стеблях растения *P. harmala*:

– Заменяемые: Asp > Glu > Gly > Ala > Ser > Tyr > Hyl > Orn

– Незаменяемые: Leu > Val > Thr > Lys > Ile > Phe > Arg > His > Met

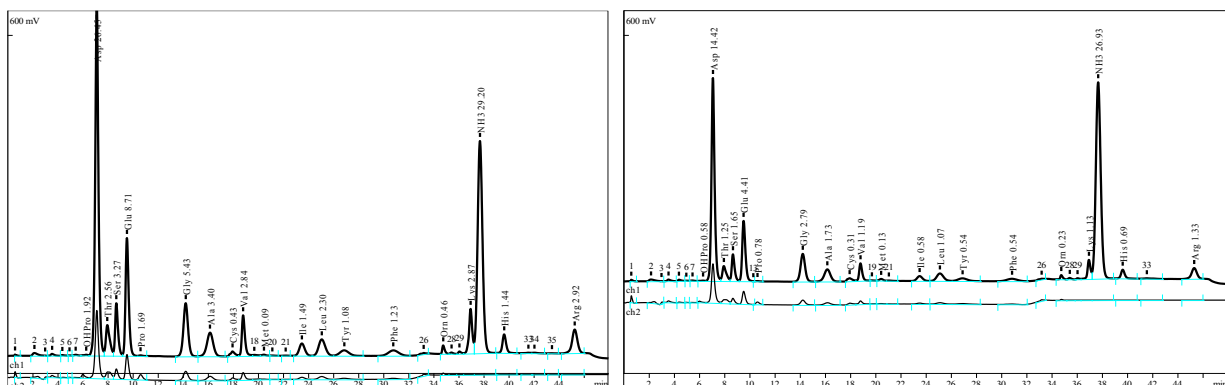
– Частично заменяемые: Pro > Cys

– Все: Asp > Glu > Gly > Ala > Leu > Val > Ser > Thr > Pro > Lys > Ile > Phe > Arg > Tyr > His > Met > Cys > Hyl > Orn



1

2a



2b

2c

Рис. 1. 1 – Анализ стандартной аминокислотной смеси; 2 – Аминокислотный анализ семян *P. harmala*:
2a – Гидролиз №1; 2b – Гидролиз №2; 2c – Гидролиз №3

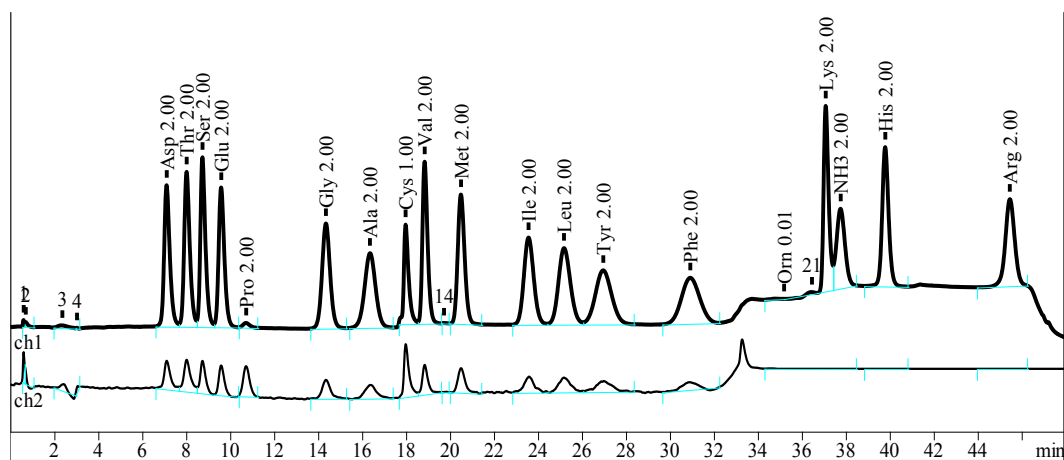
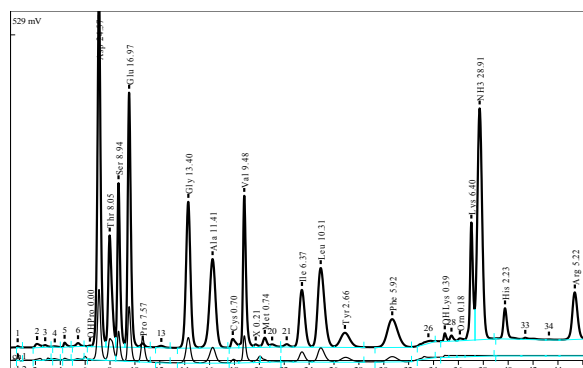
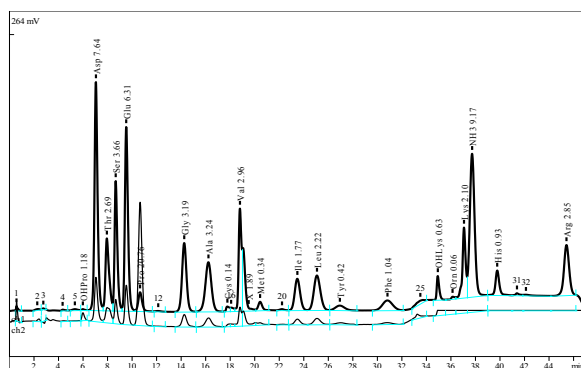


Рис. 2. Анализ стандартной аминокислотной смеси (Гидролиз №1)

Таблица 2. Результаты аминокислотного анализа семян *P. harmala*, обработанных тремя различными методами гидролиза

Аминокислоты	Количество вещества в пике (нмоль/инж)			MW	Количество вещества в семенах <i>P. harmala</i> , %		
	Гидролиз №1	Гидролиз №2	Гидролиз №3		Гидролиз №1	Гидролиз №2	Гидролиз №3
m, mg	12.02	14.5	11.38				
Аспарагиновая кислота (Asp)	21.64	26.45	14.42	133	2.394	2.426	1.685
Треонин (Thr)	2.011	2.561	1.252	119	0.199	0.210	0.131
Серин (Ser)	2.538	3.272	1.646	105	0.222	0.237	0.152
Глутаминовая кислота (Glu)	7.177	8.706	4.406	147	0.878	0.883	0.569
Пролин (Pro)	1.143	1.692	0.7804	115	0.109	0.134	0.079
Глицин (Gly)	4.402	5.427	2.791	75	0.275	0.281	0.184
Аланин (Ala)	2.749	3.401	1.734	89	0.204	0.209	0.136
Цистеин (Cys)	0.242	0.434	0.3064	121	0.024	0.036	0.033
Валин (Val)	2.453	2.844	1.188	117	0.239	0.229	0.122
Метионин (Met)	0.2557	0.08557	0.1316	149	0.032	0.009	0.017
Изолейцин (Ile)	1.271	1.487	0.5759	131	0.139	0.134	0.066
Лейцин (Leu)	1.856	2.299	1.066	131	0.202	0.208	0.123
Тирозин (Tyr)	0.7061	1.076	0.536	181	0.106	0.134	0.085
Фенилаланин (Phe)	1.039	1.226	0.5372	165	0.143	0.140	0.078
Лизин (Lys)	2.207	2.875	1.131	146	0.268	0.289	0.145
Гистидин (His)	1.222	1.439	0.6855	155	0.158	0.154	0.093
Аргинин (Arg)	2.455	2.921	1.33	174	0.355	0.351	0.203
Сумма					5.946	6.064	3.902

m – масса образца, использованная для гидролиза.



а

б

Рис. 3. Аминокислотный анализ *P. harmala* (Гидролиз №1): а – корни; б – стеблиТаблица 3. Результаты аминокислотного анализа органов растения *P. harmala* (Гидролиз №1)

Аминокислоты	MW	<i>Peganum harmala</i>					
		Количество вещества в пике (нмоль/инж)			Количество вещества в образце, %		
		Корни	Семена	Стебли	Корни	Семена	Стебли
m, mg		11.11	12.02	12.11			
<i>l</i>		2	3	4	5	6	7
Заменимые аминокислоты							
Моноаминомонокарбоновые кислоты							
Аланин (Ala)	89	3.241	2.749	11.41	0.260	0.204	0.839
Глицин (Gly)	75	3.195	4.402	13.4	0.216	0.275	0.830
Оксимоноаминокарбоновые кислоты							
Серин (Ser)	105	3.662	2.538	8.94	0.346	0.222	0.775
Моноаминодикарбоновые кислоты							
Аспарагиновая кислота (Asp)	133	7.643	21.64	24.57	0.915	2.394	2.698
Глутаминовая кислота (Glu)	147	6.306	7.177	16.97	0.834	0.878	2.060

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	
Ароматические аминокислоты							
Тирозин (Tyr)	181	0.4172	0.7061	2.66	0.068	0.106	0.398
Производные аминокислот							
Гидроксилизин (Hyl)	162	0.6336	0.003049	0.3931	0.092	0.000	0.053
Орнитин (Orn)	132	0.06295	0.3813	0.1789	0.007	0.042	0.020
Сумма заменимых аминокислот				2.738	4.121	7.673	
Незаменимые аминокислоты							
Моноаминомонокарбоновые кислоты							
Валин (Val)	117	2.955	2.453	9.477	0.311	0.239	0.916
Изолейцин (Ile)	131	1.769	1.271	6.368	0.209	0.139	0.689
Лейцин (Leu)	131	2.219	1.856	10.31	0.262	0.202	1.115
Оксимоаминокарбоновые кислоты							
Треонин (Thr)	119	2.689	2.011	8.046	0.288	0.199	0.791
Серосодержащие кислоты							
Метионин (Met)	149	0.3402	0.2557	0.7356	0.046	0.032	0.091
Диаминомонокарбоновые кислоты							
Лизин (Lys)	146	2.096	2.207	6.4	0.275	0.268	0.772
Аргинин (Arg)	174	2.85	2.455	5.221	0.446	0.355	0.750
Ароматические аминокислоты							
Фенилаланин (Phe)	165	1.04	1.039	5.923	0.154	0.143	0.807
Гетероциклические кислоты							
Гистидин (His)	155	0.9253	1.222	2.235	0.129	0.158	0.286
Сумма незаменимых аминокислот				2.127	1.735	6.217	
Частично заменимые аминокислоты							
Серосодержащие кислоты							
Цистеин (Cys)	121	0.1387	0.242	0.7026	0.015	0.024	0.070
Гетероциклические кислоты (иминокислота)							
Пролин (Pro)	115	20.76	1.143	7.565	2.149	0.109	0.718
Производные аминокислот							
Гидроксипролин (Hyp)	131	1.175	0.9868	0	0.139	0.108	0.000
Сумма частично заменимых аминокислот				2.303	0.241	0.788	
Сумма всех аминокислот				7.162	6.096	14.676	

Классификация по [19, 20].

Выводы

В результате анализа было обнаружено 18 аминокислот в органах *P. harmala*. Их общее содержание составляет для корней 7.162%, стеблей – 14.676% и семян – 6.096%. Из них 8 являются заменимыми, 9 – незаменимыми и 3 являются частично заменимыми аминокислотами. Следует отметить, что аминокислотный анализ корней *P. harmala* был проведен нами впервые. Количество пролина в корнях *P. harmala*, аспарагиновой кислоты в стеблях и семенах значительно выше, чем содержание других исследованных аминокислот. В то же время за исключением пролина, гидроксипролина, гидроксилизина и орнитина, содержание других аминокислот в стеблях выше, чем в других органах. Минимальное содержание обнаруженных аминокислот являются орнитин в корнях и стеблях и цистеин в семенах.

Список литературы

1. Xi Z., Pengyuan Z., Fei G., Yijun Z. Complete chloroplast genome sequence of *Peganum harmala*, an important medicinal plant // Mitochondrial DNA Part B Resources. 2020. Vol. 5. N1. Pp. 652–653. DOI: 10.1080/23802359.2019.1711230.
2. Apostolico I., Aliberti L., Caputo L., De Feo V., Fratianni F., Nazzaro F., Souza L.F., Khadhr M. Chemical composition, antibacterial and phytotoxic activities of *Peganum harmala* seed essential oils from five different localities in Northern Africa // Molecules. 2016. Vol. 21. N9. P. 1235. DOI: 10.3390/molecules21091235.
3. Shatarat A.T., Abuhamdah S., Alefishat E., Al-Essa M.K., Rima R.A., Mohammed F., Badran D., Jafar H. Effects of beta-carboline alkaloids of *Peganum harmala* on induced rat ileum contractions // Pharmacognosy Journal. 2020. Vol. 12. N2. Pp. 260–265. DOI: 10.5530/pj.2020.12.40.

4. Hajji A., Vitales D., Elgazzeh M., Garnatje T., Valles J. First genome size assessment in the genus *Peganum* and in the family *Nitrariaceae*: Iberian and North African data on *Peganum harmala*, including an intensive sampling in Tunisia // *Turkish Journal of Botany*. 2017. Vol. 41. Pp. 324–328. DOI: 10.3906/bot-1609-24.
5. Sheahan M.C., Chase M.W. A phylogenetic analysis of *Zygophyllaceae* R. Br. based on morphological anatomical and rbcL DNA sequence data // *Bot. J. Linn. Soc.* 1966. Vol. 122. N4. Pp. 279–300. DOI: 10.1111/j.1095-8339.1996.tb02077.x.
6. Mutasher H.H., Attiya H.J. Induced callus from seedlings of *Peganum harmala* L. and studying harmine compound concentration in vitro and in vivo by GC analysis // *Iraqi Journal of Science*. 2019. Vol. 60. N7. Pp. 1442–1451.
7. Ayoob I., Hazari Y.M., Lone S.H., Shakeel-u-Rehman, Khuroo M.A., Fazili K.M., Bhat K.A. Phytochemical and cytotoxic evaluation of *Peganum harmala*: Structure activity relationship studies of harmine // *Chemistry Select*. 2017. Vol. 2. P. 2965. DOI: 10.1002/slct.201700232.
8. Khan F.A., Maalik A., Iqbal Z., Malik I. Recent pharmacological developments in β -carboline alkaloid “harmaline” // *European Journal of Pharmacology*. 2013. Vol. 721. N1–3. Pp. 391–394. DOI: 10.1016/j.ejphar.2013.05.003.
9. Lewerenz L., Hijazin T., Abouzeid S., Hänsch R., Selmar D. Pilot study on the uptake and modification of harmaline in acceptor plants: An innovative approach to visualize the interspecific transfer of natural products // *Phytochemistry*. 2020. Vol. 174. 112362. DOI: 10.1016/j.phytochem.2020.112362.
10. Herraiz T., Guillén H., Arán V. J., Salgado A. Identification, occurrence and activity of quinazoline alkaloids in *Peganum harmala* // *Food and Chemical Toxicology*. 2017. Vol. 103. Pp. 261–269. DOI: 10.1016/j.fct.2017.03.010.
11. Li S.G., Wang K.B., Gong C., Bao Y., Qin N.B., Li D.H., Hua H.M. Cytotoxic quinazoline alkaloids from the seeds of *Peganum harmala* // *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*. 2018. Vol. 28. N2. Pp. 103–106. DOI: 10.1016/j.bmcl.2017.12.003.
12. Shaheen H.A., Issa M.Y. In vitro and in vivo activity of *Peganum harmala* L. alkaloids against phytopathogenic bacteria // *Scientia Horticulturae*. 2020. Vol. 264. 108940.
13. Niaz A., Ullah N., Rehman A., Ahmad I., Ikhlaq M., Rehman U.H. Pollution based study of heavy metals in some selected plants by dry digestion method // *International Journal of Pharma Sciences and Research (IJPSR)*. 2013. Vol. 4. N2. Pp. 17–24.
14. Soliman M.S., El-Ansary A. Induced changes in the amino acid profile of *Biomphalaria alexandrina* Molluscan host to *Schistosoma mansoni* using sublethal concentrations of selected plant molluscicides // *Journal of Applied Sciences*. 2007. Vol. 19. Pp. 2881–2885.
15. Zhang Z., Mao C., Shi Z., Kou X. The amino acid metabolic and carbohydrate metabolic pathway play important roles during salt-stress response in tomato // *Front. Plant Sci*. 2017. Vol. 8. P. 1231. DOI: 10.3389/fpls.2017.01231.
16. Biancarosa I., Espe M., Bruckner C.G., Heesch S., Liland N., Waagbo R., Lock E.J. Amino acid composition, protein content, and nitrogen-to-protein conversion factors of 21 seaweed species from Norwegian waters // *Journal of Applied Phycology*. 2017. Vol. 29. Pp. 1001–1009. DOI: 10.1007/s10811-016-0984-3.
17. Maeda H., Dudareva N. The shikimate pathway and aromatic amino acids biosynthesis in plants // *Annu. Rev. Plant Biol*. 2012. Vol. 63. Pp. 73–105. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042811-105439.
18. Rai V.K. Role of amino acids in plant responses to stresses // *Biologia Plantarum*. 2002. Vol. 45. N4. Pp. 481–487. DOI: 10.1023/A:1022308229759.
19. Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. Биологическая химия. М.: Медицина, 1998. 704 с.
20. Li P., Mai K., Trushenski J., Wu G. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds // *Amino Acids*. 2009. Vol. 37. N1. Pp. 43–53. DOI: 10.1007/s00726-008-0171-1

Поступила в редакцию 18 июля 2020 г.

После переработки 14 декабря 2020 г.

Принята к публикации 18 января 2021 г.

Для цитирования: Насибова Т., Гараев Э. Изучение аминокислотного состава *Peganum harmala*, произрастающего в Азербайджане // *Химия растительного сырья*. 2021. №1. С. 121–128. DOI: 10.14258/jcrpm.2021018253.

*Nasibova T.**, *Garaev E.* STUDY OF THE *PEGANUM HARMALA* AMINO ACID COMPOSITION GROWING IN AZERBAIJAN

Azerbaijan Medical University, Anvar Gasimzade st., 14, Baku, AZ1022 (Azerbaijan), e-mail: tnesibova@amu.edu.az

The aim of the research is a qualitative and quantitative study of the amino acid composition of Syrian rue (*Peganum harmala*, *Nitrariaceae*), growing in the natural conditions of the Azerbaijan Republic. After preliminary confirmation of the presence of amino acids, the plant parts were subjected to in-depth study by ion-exchange chromatography using post-column derivatization on a L-8800 amino acid analyzer (Hitachi, Ltd.). Amino acid analysis of the roots of *P. harmala*, conducted in the course of this study, was carried out by us for the first time. According to the results of the analysis, 18 amino acids were identified in the studied parts of *P. harmala*, 8 of which nonessential, 9 are essential and 3 are conditionally essential. The total amount of amino acids for the roots was 7.162%, seeds - 6.096%, and stems - 14.676%. From the individual amino acids in the underground organs of *P. harmala*, proline predominates (2.149%), and aspartic acid predominates in the stems and seeds (2.698% and 2.394%, respectively). The least detected amino acids are ornithine in the roots and stems (0.007% and 0.020%, respectively) and cysteine in the seeds (0.024%). Hydroxyproline was not found in the stems. At the same time, with the exception of proline, hydroxyproline, hydroxylysine and ornithine in the stems, the remaining amino acids were found to be higher than in other organs.

Keywords: *Peganum harmala*, Azerbaijan Republic, essential, nonessential and conditionally essential amino acids, asparagine, valine, arginine, leucine.

References

1. Xi Z., Pengyuan Z., Fei G., Yijun Z. *Mitochondrial DNA Part B Resources*, 2020, vol. 5, no. 1, pp. 652–653. DOI: 10.1080/23802359.2019.1711230.
2. Apostolico I., Aliberti L., Caputo L., De Feo V., Fratianni F., Nazzaro F., Souza L.F., Khadhr M. *Molecules*, 2016, vol. 21, no. 9, p. 1235. DOI: 10.3390/molecules21091235.
3. Shatarat A.T., Abuhamdah S., Alefishat E., Al-Essa M.K., Rima R.A., Mohammed F., Badran D., Jafar H. *Pharmacognosy Journal*, 2020, vol. 12, no. 2, pp. 260–265. DOI: 10.5530/pj.2020.12.40.
4. Hajji A., Vitales D., Elgazzeh M., Garnatje T., Valles J. *Turkish Journal of Botany*, 2017, vol. 41, pp. 324–328. DOI: 10.3906/bot-1609-24.
5. Sheahan M.C., Chase M.W. *Bot. J. Linn. Soc.*, 1966, vol. 122, no. 4, pp. 279–300. DOI: 10.1111/j.1095-8339.1996.tb02077.x.
6. Mutasher H.H., Attiya H.J. *Iraqi Journal of Science*, 2019, vol. 60, no. 7, pp. 1442–1451.
7. Ayoob I., Hazari Y.M., Lone S.H., Shakeel-u-Rehman, Khuroo M.A., Fazili K.M., Bhat K.A. *Chemistry Select*, 2017, vol. 2, p. 2965. DOI: 10.1002/slct.201700232.
8. Khan F.A., Maalik A., Iqbal Z., Malik I. *European Journal of Pharmacology*, 2013, vol. 721, no. 1–3, pp. 391–394. DOI: 10.1016/j.ejphar.2013.05.003.
9. Lewerenz L., Hijazin T., Abouzeid S., Hänsch R., Selmar D. *Phytochemistry*, 2020, vol. 174, 112362. DOI: 10.1016/j.phytochem.2020.112362.
10. Herraiz T., Guillén H., Arán V.J., Salgado A. *Food and Chemical Toxicology*, 2017, vol. 103, pp. 261–269. DOI: 10.1016/j.fct.2017.03.010.
11. Li S.G., Wang K.B., Gong C., Bao Y., Qin N.B., Li D.H., Hua H.M. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 2018, vol. 28, no. 2, pp. 103–106. DOI: 10.1016/j.bmcl.2017.12.003.
12. Shaheen H.A., Issa M.Y. *Scientia Horticulturae*, 2020, vol. 264, 108940.
13. Niaz A., Ullah N., Rehman A., Ahmad I., Ikhlaq M., Rehman U.H. *International Journal of Pharma Sciences and Research (IJPSR)*, 2013, vol. 4, no. 2, pp. 17–24.
14. Soliman M.S., El-Ansary A. *Journal of Applied Sciences*, 2007, vol. 19, pp. 2881–2885.
15. Zhang Z., Mao C., Shi Z., Kou X. *Front. Plant Sci.*, 2017, vol. 8, p. 1231. DOI: 10.3389/fpls.2017.01231.
16. Biancarosa I., Espe M., Bruckner C.G., Heesch S., Liland N., Waagbo R., Lock E.J. *Journal of Applied Phycology*, 2017, vol. 29, pp. 1001–1009. DOI: 10.1007/s10811-016-0984-3.
17. Maeda H., Dudareva N. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 2012, vol. 63, pp. 73–105. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042811-105439.
18. Rai V.K. *Biologia Plantarum*, 2002, vol. 45, no. 4, pp. 481–487. DOI: 10.1023/A:1022308229759.
19. Berezov T.T., Korovkin B.F. *Biologicheskaya khimiya*. [Biological chemistry]. Moscow, 1998, 704 p. (in Russ.).
20. Li P., Mai K., Trushenski J., Wu G. *Amino Acids*, 2009, vol. 37, no. 1, pp. 43–53. DOI: 10.1007/s00726-008-0171-1.

Received July 18, 2020

Revised December 14, 2020

Accepted January 18, 2021

For citing: Nasibova T., Garaev E. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 1, pp. 121–128. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021018253.

* Corresponding author.