

УДК 615.322:543.422.3

## АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ СЫРЬЯ СТЕВИИ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

© *Е.Е. Курдюков<sup>1\*</sup>, Е.Ф. Семенова<sup>1</sup>, О.А. Водопьянова<sup>1</sup>, Я.П. Моисеев<sup>1</sup>, О.П. Родина<sup>1</sup>, П.А. Полубояринов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Пензенский государственный университет, ул. Красная, 40, Пенза, 440026 (Россия), e-mail: e.e.kurdyukov@mail.ru

<sup>2</sup> Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, ул. Титова, 28, Пенза, 440028 (Россия)

В качестве объектов исследования использовали высушенные листья стевии (*Stevia rebaudiana* Bertoni, сем. Астровые – *Asteraceae*). Исследовались листья стевии сорта Рамонская сладкая, выращенного в условиях Пензенской области, Тверской области, Краснодарского края, Республики Крым, а также импортное сырье стевии из Индии и Парагвая. Цель настоящей работы – изучение аминокислотного состава сырья стевии, выращенной в различных условиях.

Методом капиллярного электрофореза выявлен аминокислотный состав стевии листьев (*Stevia rebaudiana* Bertoni). Идентифицировано 13 аминокислот, из которых восемь являются «незаменимыми» (лизин, фенилаланин, гистидин, лейцин, изолейцин, метионин, валин, треонин). Доля незаменимых аминокислот в сырье стевии составила от 2.99 до 4.64%. Содержание заменимых кислот составило: тирозина – от 0.24 до 0.36%, пролина – от 0.44 до 0.68%, серина – от 0.77 до 1.03%, аланина – от 0.48 до 0.83%, глицина – от 0.40 до 0.68%. Общая сумма обнаруженных аминокислот выше у сорта Рамонская сладкая, выращенного в условиях Пензенской области (9.52%) по сравнению с другими образцами, наименьшее количество содержится в стевии, выращенной в условиях Парагвая (6.46%). Полученные результаты свидетельствуют о перспективности дальнейших исследований аминокислотного состава *Stevia rebaudiana* и могут характеризовать этот вид как источник ценных в лекарственном отношении веществ с широким спектром фармакологической активности.

*Ключевые слова:* *Stevia rebaudiana*, аминокислотный состав, незаменимые аминокислоты, капиллярный электрофорез.

### Введение

Стевия Ребо (*Stevia rebaudiana* Bertoni, сем. Астровые – *Asteraceae*) является потенциальным лекар-

---

Курдюков Евгений Евгеньевич – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры общей и клинической фармакологии, e-mail: e.e.kurdyukov@mail.ru

Семенова Елена Федоровна – кандидат биологических наук, профессор кафедры общей и клинической фармакологии, старший научный сотрудник, e-mail: sef1957@mail.ru

Водопьянова Ольга Александровна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей и клинической фармакологии, e-mail: ol.vodopjanova@yandex.ru

Моисеев Яков Петрович – студент, e-mail: moiseeva\_pharm@mail.ru

Родина Олеся Петровна – кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры общей и клинической фармакологии, e-mail: rodina.olesya2010@yandex.ru

Полубояринов Павел Аркадьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой инженерной экологии, e-mail: 79502304876@yandex.ru

ственным растением. Химический состав разновидностей стевии малоизучен. В стевии листьях обнаружены дитерпеновые гликозиды: стевииозид, ребаудиозиды А, В, С, Д и Е, дулиобиозид, стеревины Е, F, G, H, стевииобиозид [1–3]. В стевии листьях содержится эфирное масло, кроме того, стевии листья содержат растительные липиды, клетчатку, антиоксиданты: оксикоричные кислоты, флавоноиды, кумарины и сапонины [4, 5].

Стевии листья обладают фармакологическими эффектами для профилактики и лечения таких заболеваний, как сахарный диабет, заболевания печени, сердечно-сосудистые заболевания, ожирение и зубной кариес. Извлечения из сырья стевии повышают физическую и умственную работоспособность. Извлечения из листьев стевии повышают

---

\* Автор, с которым следует вести переписку.

иммунный ответ организма, что безусловно важно не только при их профилактике, но и в лечении других болезней [6–8]. В настоящее время сырье стевии используется как пищевое, а не лекарственное растительное сырье. В научной литературе недостаточно данных о фармакологической активности разных групп биологически активных соединений стевии.

Аминокислоты, содержащиеся в лекарственном растительном сырье, играют важную роль в биосинтезе биологически активных соединений, способствуют снижению патологических и повреждающих эффектов, обусловленных окислительными воздействиями различной природы [9–14]. Остается актуальным поиск новых источников биологически активных соединений растительного происхождения для разработки отечественных фармацевтических субстанций, содержащих большое количество белка и биоэлементного состава. В связи с этим актуально изучение аминокислотного состава листьев стевии.

Цель настоящего исследования – изучение аминокислотного состава сырья стевии, выращенной в различных условиях.

### Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования использовали высушенные листья стевии (*Stevia rebaudiana* Bertoni). Исследовались образцы стевии сорта Рамонская сладлена, выращенные в условиях Пензенской области, Тверской области, Краснодарского края, Республики Крым, а также импортное сырье стевии из Индии и Парагвая.

Изучение аминокислотного состава листьев стевии проводили методом капиллярного электрофореза [15–17]. Для определения аминокислот растительный материал подвергали кислотному гидролизу с использованием системы капиллярного электрофореза. Для каждого раствора регистрировали не менее двух электрофореграмм. Содержания сырого протеина определяли общепринятой методикой титрования в аппарате Кьельдаля [18]; фосфор определяли методом озоления по Пиневиц в модификации Куркаева (спектрофотометрия, длина волны 670 нм) [19]. Содержание жирного масла определяли в аппаратах Сокслета (метод обезжиренного остатка) [20].

### Обсуждение результатов

В результате проведенного исследования определен аминокислотный состав стевии листьев. Идентифицировано 13 аминокислот, большое значение имеет количественный и качественный состав заменимых и незаменимых аминокислот (рис. 1). Незаменимые кислоты представлены лизином, метионином, аргинином, валином, гистидином, треонином, фенилаланином, лейцином и изолейцином.

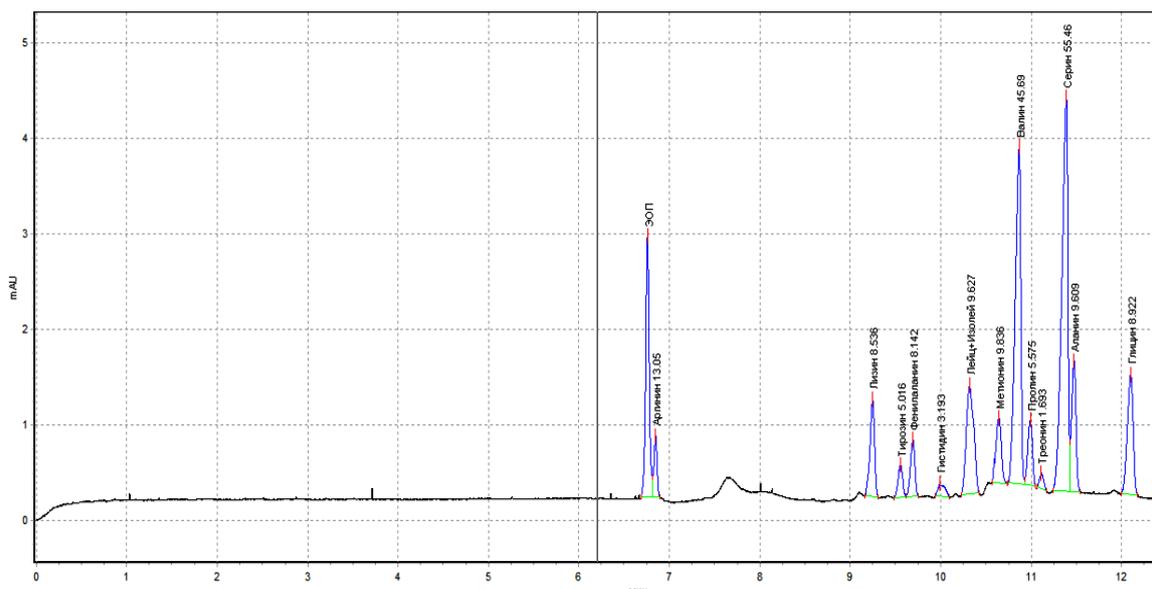


Рис. 1. Электрофореграмма аминокислотного состава стевии листьев сорта Рамонская сладлена (Пензенская область)

Идентифицированные аминокислоты можно разделить на 3 функциональные группы: ароматические (фенилаланин, тирозин), алифатические (оксимоноаминокарбоновые – треонин, серин; моноаминомонокарбоновые – лейцин, изолейцин, глицин, аланин, валин; диаминомонокарбоновые – лизин, аргинин, серосодержащая – метионин), гетероциклические (пролин, гистидин).

Массовая доля аминокислот в пробе составила: аргинина – от 0.48 до 0.67%, лизина – от 0.43 до 0.60%, тирозина – от 0.24 до 0.36%, фенилаланина – от 0.41 до 0.68%, гистидина – от 0.12 до 0.22%, лейцина+изолейцина – от 0.48 до 0.85%, метионина – от 0.09 до 0.19%, валина – от 0.44 до 0.82%, пролина – от 0.44 до 0.68%, треонина – от 0.45 до 0.85%, серина – от 0.77 до 1.03%, аланина – от 0.48 до 0.83%, глицина – от 0.40 до 0.68% (табл. 1, 2).

Отмечено, что наблюдается низкое содержание в сырье стевии аминокислоты метионин, при этом максимальное количество содержится в листьях стевии выращенной в условиях Пензенской области (0.19%), минимальное количество содержится в листьях стевии, выращенной в условиях Тверской области (0.09%). Низкое содержание метионина может быть связано с тем, что в экстремальных условиях совместно с серином активно участвуют в синтезе холина и фосфолипидов [5, 9, 12], метионин используется как антиоксидант.

Доля незаменимых аминокислот в сырье стевии составила от 2.99 до 4.64% (рис. 2). Наибольшее количество среди незаменимых аминокислот составили: аргинин – 0.67% (Рамонская сладостена (Крым)), лизин – 0.60% (Рамонская сладостена (Тверь)), фенилаланин – 0.68% (Рамонская сладостена (Крым)), валин – 0.82% (Рамонская сладостена (Пенза)). Кроме того, в состав белков листьев стевии входит незаменимая серосодержащая аминокислота метионин 0.19% (Рамонская сладостена (Пенза)) от общего количества белка (табл. 2). Аминокислотный состав белков существенно зависит от морфогенетических, технологических и экологических факторов.

Общая сумма незаменимых аминокислот составила: Рамонская сладостена (Пенза) – 3.99%, Рамонская сладостена (Краснодар) – 2.99%, Рамонская сладостена (Крым) – 4.64%, Рамонская сладостена (Тверь) – 4.0%, Стевия (Индия) – 3.99%, Стевия (Парагвай) – 3.68% (рис. 2).

Получены данные по содержанию сырого протеина, сырого жира и фосфора как важные показатели биологической ценности для человека [21]. Сравнительный анализ проводили с образцами одного сорта стевии, выращенной в регионах Российской Федерации. Содержание сырого протеина в листьях стевии выращенной в условиях Краснодарского края (19.05%) больше по сравнению с другими образцами, минимальное количество накоплено в сырье стевии выращенной в условиях Республики Крым (17.32%). При этом установлено достаточно высокое содержание жира в листьях стевии, максимальное количество обнаружено в стевии выращенной в условиях Республики Крым (4.90%), минимальное количество содержится в сырье, выращенном в условиях Тверской области (2.87%). По содержанию фосфора значимых отличий выявлено не было (табл. 3)

Условия произрастания влияют на содержание биологически активных соединений. Известно, что на накопление белка и жира влияют условия произрастания: длительность светового дня, среднесуточная температура [12, 22]. В зависимости от региона произрастания происходит перестройка обмена веществ, изменяется интенсивность фотосинтеза, особенности структуры и функционирования клетки, время прохождения фаз онтогенеза, что способствует накоплению действующих веществ.

Таким образом, количественный и качественный состав стевии листьев свидетельствует об их значительной пищевой, лечебно-диетической и лечебно-профилактической ценности.

Таблица 1. Содержание заменимых аминокислот в листьях стевии, %

Аминокислоты, %	Рамонская сладостена (Крым)	Рамонская сладостена (Краснодар)	Рамонская сладостена (Пенза)	Рамонская сладостена (Тверь)	Стевия (Индия)	Стевия (Парагвай)
Глицин	0.68	0.40	0.45	0.55	0.63	0.41
Пролин	0.61	0.44	0.58	0.68	0.62	0.54
Аланин	0.83	0.53	0.48	0.58	0.73	0.63
Серин	0.76	1.03	0.77	0.87	0.78	0.93
Тирозин	0.36	0.24	0.25	0.26	0.26	0.27
Сумма аминокислот	3.24	2.64	5.53	2.94	3.02	2.78

Таблица 2. Содержание незаменимых аминокислот в листьях стевии, %

Аминокислоты, %	Рамонская сластена (Крым)	Рамонская сластена (Краснодар)	Рамонская сластена (Пенза)	Рамонская сластена (Тверь)	Стевия (Индия)	Стевия (Парагвай)
Лизин	0.58	0.44	0.43	0.60	0.57	0.58
Валин	0.76	0.44	0.82	0.78	0.66	0.54
Фенилаланин	0.68	0.42	0.41	0.45	0.58	0.52
Метионин	0.11	0.14	0.19	0.09	0.16	0.13
Треонин	0.77	0.45	0.85	0.80	0.67	0.55
Лейцин+Изолейцин	0.85	0.51	0.48	0.58	0.75	0.61
Гистидин	0.22	0.11	0.16	0.17	0.12	0.21
Аргинин	0.67	0.48	0.65	0.53	0.48	0.54

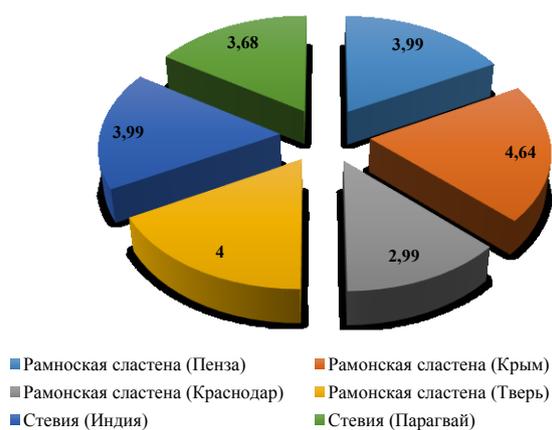


Рис. 2. Сумма незаменимых аминокислот в листьях стевии

Таблица 3. Содержание сырого протеина, жира и фосфора в листьях стевии сорта Рамонская сластена, % (средние значения)

Сорт (регион произрастания)	Содержание, %		
	Сырой протеин	Фосфор	Сырой жир
Рамонская сластена (Крым)	17.32±0.21	0.31±0.08	4.90±0.14
Рамонская сластена (Краснодар)	19.05±0.18	0.35±0.10	4.88±0.14
Рамонская сластена (Пенза)	18.44±0.23	0.34±0.07	3.07±0.10
Рамонская сластена (Тверь)	18.02±0.25	0.32±0.10	2.87±0.15
Стевия (Индия)	18.74±0.24	0.33±0.10	4.68±0.16
Стевия (Парагвай)	18.88±0.20	0.32±0.13	4.74±0.11

### Выводы

Впервые получены данные по содержанию и соотношению аминокислот в листьях стевии. Идентифицировано 13 аминокислот, из которых восемь являются «незаменимыми» (лизин, фенилаланин, гистидин, лейцин, изолейцин, метионин, валин, треонин). Общая сумма обнаруженных аминокислот выше у сорта Рамонская сластена, выращенного в условиях Пензенской области (9.52%), по сравнению с другими образцами. Наименьшее количество содержится в стевии, выращенной в условиях Парагвая (6.46%). Доля незаменимых аминокислот в сырье стевии составила от 2.99 до 4.64%. Наибольшее количество незаменимых аминокислот обнаружено у сорта Рамонская сластена, выращенного в условиях Республики Крым (4.64%), меньше всего содержалось в стевии, выращенной в условиях Краснодарского края (2.99%). Из обнаруженных аминокислот в сырье *Stevia rebaudiana* максимальным суммарным содержанием отличается валин, серин, треонин и аланин, минимальным метионин, гистидин и тирозин. Содержание заменимых кислот составило: тирозина – от 0.24 до 0.36%, пролина – от 0.44 до 0.68%, серина – от 0.77 до 1.03%, аланина – от 0.48 до 0.83%, глицина – от 0.40 до 0.68%.

Полученные данные позволяют характеризовать стевию как источник ценных потенциальных лекарственных растений с широким спектром фармакологической активности. Сырье стевии может являться перспективным источником для создания новых фармацевтических субстанций.

## Список литературы

1. Курдюков Е.Е. Количественное определение суммы дитерпеновых глюкозидов в сырье стевии // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2018. №3 (47). С. 43–49.
2. Жужжалова Т.П., Подпорошникова Г.К., Зимин М.В. Изменение химического состава стевии при возделывании в ЦЧР // Интродукция нетрадиционных и редких растений: матер. VI Междунар. науч.-практ. конф. (24–27 мая 2006 г.). Белгород, 2006. С. 41–43.
3. Пономарева Т.А., Горбунова А.А., Ульянычева К.А., Курдюков Е.Е., Таборова А.И. Изучение химического состава стевии листьев // Вестник Пензенского государственного университета. 2019. №4 (28). С. 65–68.
4. Курдюков Е.Е., Кузнецова А.В., Семенова Е.Ф., Моисеева И.Я. К вопросу стандартизации по содержанию флавоноидов листьев стевии как перспективного лекарственного растительного сырья // Химия растительного сырья. 2019. №1. С. 217–224. DOI: 10.14258/jcprn.2019014067.
5. Бакова Е.Ю., Плугатарь Ю.В., Бакова Н.Н., Коновалов Д.А. Минеральный и аминокислотный состав листьев *Myrtus communis* L. // Химия растительного сырья. 2019. №3. С. 217–223. DOI: 10.14258/jcprn.2019034917.
6. Жужжалова Т.П., Верзилина Н.Д. Особенности интродукции стевии в условиях ЦЧР // Проблемы рационального использования растительных ресурсов. Владикавказ, 2006. С. 285–286.
7. Семенова Е.Ф., Курдюков Е.Е., Шпичка А.И. Антимикробная активность извлечений из сырья стевии // Сб. ст. VI Междунар. науч. конф. «Актуальные проблемы медицинской науки и образования» АПМНО-2017 (г. Пенза, 14–15 сентября 2017 г.). Пенза: Изд-во ПГУ, 2017. С. 144–146.
8. Курдюков Е.Е., Семенова Е.Ф. Макро- и микроморфологические особенности листьев стевии Ребо *Stevia rebaudiana* Bertoni при интродукции в Среднем Поволжье // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Медицина. Фармация. 2017. №26. С. 137–144.
9. Сечин Е.Н., Маракаев О.А., Гаврилов Г.Б. Аминокислотный состав вегетативных органов *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Soó (Orchidaceae) // Химия растительного сырья. 2019. №2. С. 135–143. DOI: 10.14258/jcprn.2019024364.
10. Алиева М.И., Бездудная О.А., Володина С.О., Филиппова В.Н., Потапова Г.П., Володин В.В. Сравнительный аминокислотный состав растений – продуцентов экидистероидов // Химия растительного сырья. 2002. №1. С. 63–68.
11. Рудниченко Е.С., Коренман Я.И., Мельникова Е.И., Нифталиев С.И. Аминокислотный и углеводный составы молочно-растительного экстракта яконо // Химия растительного сырья. 2008. №4. С. 79–82.
12. Воронов И.В. Аминокислотный состав *Atriplex patula* L. и *Amaranthus retroflexus* L. (Amaranthaceae), произрастающих в центральной Якутии // Химия растительного сырья. 2018. №3. С. 69–74. DOI: 10.14258/jcprn.2018033610.
13. Губин К.В., Ханина М.А. Анализ аминокислотного и элементного состава надземной части и сухого экстракта *Urtica cannabina* L. // Медицина и образование в Сибири: электронный научный журнал. 2011. №5. URL: [http://www.ngmu.ru/cozo/mos/article/text\\_full.php?id=538](http://www.ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=538).
14. Бабич А.А., Олоничева Р.В., Прокопенко Л.С., Пирин Н.И., Бугайов В.Д., Кирьяченко С.П. Аминокислотный состав протеина зерна амаранта // Второй Международный симпозиум «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования». М., 1997. С. 35–37.
15. Методика измерений массовой доли аминокислот методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель». СПб., 2014. 49 с.
16. ГОСТ Р 55569-2013. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение протеиногенных аминокислот методом капиллярного электрофореза. М., 2014. 18 с.
17. Комарова Н.В., Каменцев Я.С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «Капель». СПб., 2006. 212 с.
18. ГОСТ Р 51417-99. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина, метод Кьельдаля. М., 2002. 8 с.
19. ГОСТ 26657-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. Минск, 1999. 12 с.
20. ГОСТ 13496.15-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира. М., 2011. 12 с.
21. Stagg C., McMillan B. Atoms and Elements // Human Biology. 11 ed. Cengage Learning, 2014. P. 16.
22. Живоедов П.М., Жиров В.К., Руденко С.М. Белковый состав и мембранные липиды интродуцированных растений в Заполярье. Апатиты, 1987. 113 с.

Поступила в редакцию 20 апреля 2020 г.

После переработки 6 октября 2020 г.

Принята к публикации 28 октября 2020 г.

Для цитирования: Курдюков Е.Е., Семенова Е.Ф., Водопьянова О.А., Моисеев Я.П., Родина О.П., Полубояринов П.А. Аминокислотный состав сырья стевии различного происхождения // Химия растительного сырья. 2021. №1. С. 113–119. DOI: 10.14258/jcprn.2021017695.

Kurdyukov E.E.<sup>1\*</sup>, Semenova E.F.<sup>1</sup>, Vodopyanova O.A.<sup>1</sup>, Moiseev Ya.P.<sup>1</sup>, Rodina O.P.<sup>1</sup>, Polyboyarinov P.A.<sup>2</sup> AMINO ACID COMPOSITION OF STEVIA RAW MATERIALS OF DIFFERENT ORIGIN

<sup>1</sup> Penza State University, ul. Krasnaya, 40, Penza, 440026 (Russia), e-mail: e.e.kurdyukov@mail.ru

<sup>2</sup> Penza State University of Architecture and Construction, ul. Titova, 28, Penza, 440028 (Russia)

Dried stevia leaves (*Stevia rebaudiana* Bertoni) were used as objects of research. We studied the leaves of stevia varieties Ramon sweetener grown in the Penza region, the leaves of stevia varieties Ramon sweetener grown in the Tver region, Krasnodar region, the Republic of Crimea, as well as imported raw stevia from India and Paraguay. The purpose of this work is a comparative study of the amino acid composition of raw stevia grown in different conditions.

The amino acid composition of stevia leaves (*Stevia rebaudiana* Bertoni) was revealed by capillary electrophoresis. 13 amino acids were identified, of which eight are "essential" (lysine, phenylalanine, histidine, leucine, isoleucine, methionine, valine, threonine). The proportion of essential amino acids in stevia raw materials ranged from 2.99 to 4.64%. The content of interchangeable acids was: tyrosine from 0.24% to 0.36%, Proline from 0.44 to 0.68%, serine from 0.77 to 1.03%, alanine from 0.48 to 0.83%, glycine from 0.40 to 0.68%. The total amount of amino acids detected is higher in the Ramon sweetener variety grown in the Penza region (9.52%) compared to other samples, the lowest amount is found in stevia grown in Paraguay (6.46%). The results obtained indicate the prospects for further studies of the amino acid composition of *Stevia rebaudiana* and can characterize this species as a source of valuable medicinal substances with a wide range of pharmacological activity.

**Keywords:** *Stevia rebaudiana*, amino acid composition, essential amino acids, capillary electrophoresis.

### References

1. Kurdyukov Ye.Ye. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Meditsinskiye nauki*, 2018, no. 3 (47), pp. 43–49. (in Russ.).
2. Zhuzhzhhalova T.P., Podporinova G.K., Zimin M.V. *Introduktsiya netraditsionnykh i redkikh rasteniy: mater. VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (24–27 maya 2006 g.)*. [Introduction of non-traditional and rare plants: mater. VI Int. scientific-practical conf. (May 24-27, 2006)]. Belgorod, 2006, pp. 41–43. (in Russ.).
3. Ponomareva T.A., Gorbunova A.A., Ul'yanycheva K.A., Kurdyukov Ye.Ye., Taborova A.I. *Vestnik Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, no. 4 (28), pp. 65–68. (in Russ.).
4. Kurdyukov Ye.Ye., Kuznetsova A.V., Semenova Ye.F., Moiseyeva I.Ya. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 1, pp. 217–224. DOI: 10.14258/jcprm.2019014067. (in Russ.).
5. Bakova Ye.Yu., Plugatar' Yu.V., Bakova N.N., Konovalov D.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 3, pp. 217–223. DOI: 10.14258/jcprm.2019034917. (in Russ.).
6. Zhuzhzhhalova T.P., Verzilina N.D. *Problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya rastitel'nykh resursov*. [Problems of rational use of plant resources]. Vladikavkaz, 2006, pp. 285–286. (in Russ.).
7. Semenova Ye.F., Kurdyukov Ye.Ye., Shpichka A.I. *Sb. st. VI Mezhdunar. nauch. konf. «Aktual'nyye problemy meditsinskoy nauki i obrazovaniya» APMNO-2017 (g. Penza, 14-15 sentyabrya 2017 g.)*. [Coll. Art. VI International scientific conf. "Actual problems of medical science and education" APMNO-2017 (Penza, September 14-15, 2017)]. Penza, 2017, pp. 144–146. (in Russ.).
8. Kurdyukov Ye.Ye., Semenova Ye.F. *Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Meditsina. Farmatsiya*, 2017, no. 26, pp. 137–144. (in Russ.).
9. Sechin Ye.N., Marakayev O.A., Gavrilov G.B. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 2, pp. 135–143. DOI: 10.14258/jcprm.2019024364. (in Russ.).
10. Aliyeva M.I., Bezudnaya O.A., Volodina S.O., Filippova V.N., Potapova G.P., Volodin V.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2002, no. 1, pp. 63–68. (in Russ.).
11. Rudnichenko Ye.S., Korenman YA.I., Mel'nikova Ye.I., Niftaliyev S.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2008, no. 4, pp. 79–82. (in Russ.).
12. Voronov I.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2018, no. 3, pp. 69–74. DOI: 10.14258/jcprm.2018033610. (in Russ.).
13. Gubin K.V., Khanina M.A. *Meditsina i obrazovaniye v Sibiri: elektronnyy nauchnyy zhurnal*, 2011, no. 5, URL: [http://www.ngmu.ru/cozo/mos/article/text\\_full.php?id=538](http://www.ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=538). (in Russ.).
14. Babich A.A., Olonicheva R.V., Prokopenko L.S., Pirin N.I., Bugayov V.D., Kir'yachenko S.P. *Vtoroy Mezhdunaronyy simpozium «Novyye i netraditsionnyye rasteniya i perspektivy ikh prakticheskogo ispol'zovaniya»*. [Second International Symposium "New and non-traditional plants and prospects for their practical use"]. Moscow, 1997, pp. 35–37. (in Russ.).
15. *Metodika izmereniy massovoy doli aminokislot metodom kapillyarnogo elektroforeza s ispol'zovaniyem sistemy kapillyarnogo elektroforeza «Kapel'»*. [Methods for measuring the mass fraction of amino acids by capillary electrophoresis using the system of capillary electrophoresis "Drops"]. St.-Petersburg, 2014, 49 p. (in Russ.).
16. *GOST R 55569-2013. Korma, kombikorma, kombikormovoye syr'ye. Opredeleniye proteinogennykh aminokislot metodom kapillyarnogo elektroforeza*. [GOST R 55569-2013. Feed, compound feed, compound feed raw materials. Determination of proteinogenic amino acids by capillary electrophoresis]. Moscow, 2014, 18 p. (in Russ.).
17. Komarova N.B., Kamentsev Ya.S. *Prakticheskoye rukovodstvo po ispol'zovaniyu sistem kapillyarnogo elektroforeza «Kapel'»*. [A practical guide to the use of Kapel capillary electrophoresis systems]. St.-Petersburg, 2006, 212 p. (in Russ.).

\* Corresponding author.

18. GOST R51417-99. *Korma, kombikorma, kombikormovoye syr'ye. Opredeleniye massovoy doli azota i vychisleniye massovoy doli syrogo proteina, metod K'yel'dalya*. [GOST R51417-99. Feed, compound feed, compound feed raw materials. Determination of the mass fraction of nitrogen and calculation of the mass fraction of crude protein, the Kjeldahl method]. Moscow, 2002, 8 p. (in Russ.).
19. GOST 26657-97. *Korma, kombikorma, kombikormovoye syr'ye. Metody opredeleniya sodержaniya fosfora*. [GOST 26657-97. Feed, compound feed, compound feed raw materials. Methods for determination of phosphorus content]. Minsk, 1999, 12 p. (in Russ.).
20. GOST 13496.15-97. *Korma, kombikorma, kombikormovoye syr'ye. Metody opredeleniya sodержaniya syrogo zhira*. [GOST 13496.15-97. Feed, compound feed, compound feed raw materials. Methods for determining the content of crude fat]. Moscow, 2011, 12 p. (in Russ.).
21. Starr C., McMillan B. *Human Biology. 11 ed.* Cengage Learning, 2014, p. 16.
22. Zhivoyedov P.M., Zhiron V.K., Rudenko S.M. *Belkovyy sostav i membrannye lipidy introdutsirovannykh rasteniy v Zapolyar'ye*. [Protein composition and membrane lipids of introduced plants in the Arctic]. Apatity, 1987, 113 p. (in Russ.).

*Received April 20, 2020*

*Revised October 6, 2020*

*Accepted October 28, 2020*

**For citing:** Kurdyukov E.E., Semenova E.F., Vodopyanova O.A., Moiseev Ya.P., Rodina O.P., Polyboyarinov P.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 1, pp. 113–119. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021017695.

