

34/3894.1



Республиканское научно-исследовательское
унитарное предприятие
«Институт биохимии биологически
активных соединений
Национальной академии наук Беларуси»

ISSN 2957-7349 (Print)
ISSN 2960-2327 (Online)

БИОХИМИЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

BIOCHEMISTRY AND MOLECULAR BIOLOGY



ТОМ / VOL. 3

1(4)2024

341/3894-1

**БИОХИМИЯ
И МОЛЕКУЛЯРНАЯ
БИОЛОГИЯ**
**БІАХІМІЯ
І МАЛЕКУЛЯРНАЯ
БІЯЛОГІЯ**

ISSN 2957-7349 (Print)
ISSN 2960-2327 (Online)



РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

Основан
в 2022 году

Учредитель

Республиканское научно-исследовательское
унитарное предприятие
«Институт биохимии биологически
активных соединений
Национальной академии наук Беларуси»

**Журнал входит в Перечень
научных изданий Республики Беларусь
для опубликования результатов
диссертационных исследований**

*Издано при финансовой поддержке
Белорусского республиканского фонда
фундаментальных исследований*

Адрес редакции:

пл. Антония Тызенгауза, 7,
230023, г. Гродно, Республика Беларусь,
Институт биохимии биологически
активных соединений НАН Беларуси,
тел.: +375 152 55-87-78,
e-mail: journal@ibiochemistry.by

Официальный сайт журнала
<https://ibiochemistry.by>

Подписные индексы:

для индивидуальных подписчиков **00990**
для ведомственных подписчиков **009902**

Отпечатано в типографии УП «ИВЦ Минфина»
Подписано в печать 07.04.2024.
Формат 60×84/8. Бумага офсетная.
Гарнитура TimesNewRoman. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 30,69. Уч.-изд. л. 28,71.
Тираж 75 экз. Заказ 170.
ЛП № 02330/89 от 3 марта 2014 г.
Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск.

В номере:

**Экспериментальные
и клинические исследования**

Обзоры

Ученые Беларуси

Том 3

1 (4)/2024

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
EXPERIMENTAL AND CLINICAL RESEARCH

<p>О. Е. Кузнецов, В. М. Цыркунов МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПРОТЕИНОВ КЛЕТОЧНОГО ЦИКЛА ПРИ РАКЕ ТОЛСТОГО КИШЕЧНИКА, ОТЯГОЩЕННОГО МУТАЦИЯМИ ГЕНОВ (BRCA 1/2, HMSH2) И ДНК/РНК ВИРУСОВ</p>	<p>9</p> <p>A. Kuzniatsov, V. Tsyrcunov MOLECULAR-BIOLOGICAL SIGNIFICANCE OF CELL CYCLE PROTEINS IN COLON CANCER BARGAINED BY GENE MUTATIONS (BRCA 1/2, hMSH2) AND DNA/RNA VIRUSES</p>
<p>Л. И. Надольник, В. Ч. Полубок, Р. Е. Лис ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА СТВороК ПЛОДОВ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ (VALVAE FRUCTUUM PHASEOLI VULGARIS) НА ЛИПИДНЫЙ И УГЛЕВОДНЫЙ МЕТАБОЛИЗМ У КРЫС ПРИ ДИАБЕТЕ II ТИПА</p>	<p>22</p> <p>L. I. Nadolnik, V. Ch. Polubok, R. Ye Lis EFFECT OF BEAN FRUIT VALVE EXTRACT (VALVAE FRUCTUUM PHASEOLI VULGARIS) ON LIPID AND CARBOHYDRATE METABOLISM IN TYPE 2 DIABETIC RATS</p>
<p>А. Д. Таганович, Н. Н. Ковганко, Ж. А. Рутковская, О. В. Готько, В. И. Прохорова БИОХИМИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ В ДООПЕРАЦИОННОЙ ОЦЕНКЕ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ НЕМЕЛКОКЛЕТОЧНОГО РАКА ЛЕГКОГО</p>	<p>29</p> <p>A. D. Tahanovich, M. M. Kauhanka, Zh. A. Rutkovskaya, O. V. Gotko, V. I. Prokhorova BIOCHEMICAL MARKERS IN PREOPERATIVE ASSESSMENT OF NON-SMALL CELL LUNG CANCER PREVALENCE</p>
<p>Д. Н. Велемянчук, Т. В. Савицкая, А. В. Солнцева ХАРАКТЕРИСТИКА МУТАЦИЙ ГЕНА GCK СРЕДИ ДЕТЕЙ С ФЕНОТИПИЧЕ- СКИМИ ПРОЯВЛЕНИЯМИ МОНОГЕННО- ГО САХАРНОГО ДИАБЕТА В РЕСПУБЛИ- КЕ БЕЛАРУСЬ</p>	<p>37</p> <p>D. N. Velemianchuk, T. V. Savitskaya, A. V. Solntseva CHARACTERISTICS OF GCK GENE MUTATIONS AMONG CHILDREN WITH PHENOTYPICAL MANIFESTATIONS OF MONOGENIC DIABETES MELLITUS IN THE REPUBLIC OF BELARUS</p>
<p>А. В. Туманов, А. И. Марчик, В. Ч. Полубок, О. Б. Островская, А. Г. Шляхтун, А. А. Островский ВЛИЯНИЕ АЛКОГОЛЬНОГО АБСТИНЕНТНОГО СИНДРОМА НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ НЕЙРОНОВ И МИТОХОН- ДРИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА КРЫС НА ФОНЕ ВВЕДЕНИЯ ПРОИЗВОДНОГО ПЛАСТОКИНОНА</p>	<p>42</p> <p>A. V. Tumanov, A. I. Marchik, V. Ch. Polubok, A. B. Astrowskaja, A. H. Shlyahntun, A. A. Astrowski THE EFFECT OF ALCOHOL WITHDRAWAL SYNDROME ON THE STRUCTURAL AND FUNCTIONAL STATE OF NEURONS AND MITOCHONDRIA OF THE RAT BRAIN AGAINST THE BACKGROUND OF ADMINISTRATION OF A PLASTOQUINONE DERIVATIVE</p>
<p>С. А. Костюк, Л. Ф. Можейко, Т. В. Пинчук, О. С. Полуйан УРОВНИ НОРМАЛИЗОВАННОЙ ЭКСПРЕССИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ДЕТЕРМИНАНТ IL-1β, COL, MMP У ПАЦИЕНТОВ С ЦЕРВИКАЛЬНЫМИ ИНТРАЭПИТЕЛИАЛЬНЫМИ ПОРАЖЕНИЯМИ КАК МАРКЕРЫ ТКАНЕВОЙ ДЕСТРУКЦИИ</p>	<p>52</p> <p>S. A. Kostyuk, L. F. Mozheiko, T. V. Pinchuk, O. S. Poluyan LEVELS OF NORMALIZED EXPRESSION OF GENETIC DETERMINANTS IL-1β, COL, MMP IN PATIENTS WITH CERVICAL INTRAEPITHELIAL LESIONS AS MARKERS OF TISSUE DESTRUCTURE</p>

<p>А. А. Чиркин, О. М. Балаева-Тихомирова, Е. И. Кашельсон, Е. М. Дорошенко АНАЛИЗ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА МОДЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ</p>	60	<p>A. A. Chirkin, O. M. Balaeva-Tikhomirova, E. I. Katsnelson, E. M. Doroshenko ANALYSIS OF METABOLIC PROFILES OF FREE AMINO ACIDS FOR JUSTIFICATION FOR CHOICE OF MODEL ORGANISMS</p>
<p>Г. Н. Семенкова, И. Э. Адзерихо, Т. Э. Владимирская, Н. В. Амаэгбери, А. М. Устемчук, А. В. Жилкевич, А. В. Богданова, Т. А. Кулагова РОЛЬ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА В РАЗВИТИИ ВОСПАЛЕНИЯ ПРИ ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ</p>	67	<p>G. N. Semenкова, I. E. Adzerikho, T. E. Vladimirskaia, N. V. Amaegberi, A. M. Ustiamchuk, A. V. Zhilkevich, A. V. Bahdanava, T. A. Kulahava ROLE OF OXIDATIVE STRESS IN THE INFLAMMATION DEVELOPMENT IN PULMONARY ARTERIAL HYPERTENSION</p>
<p>В. Ч. Полубок, Е. М. Дорошенко, В. В. Виноградов, Л. И. Надольник ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИИ (ЛИПОЕВАЯ КИСЛОТА, ТИАМИН, ТИРОЗИН) НА УРОВНИ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ В КРОВИ КРЫС ПРИ ЭКСПЕРИМЕН- ТАЛЬНОМ ДИАБЕТЕ</p>	74	<p>V. Ch. Polubok, E. M. Doroshenko, V. V. Vinogradov, L. I. Nadolnik EFFECT OF LIPOIC ACID, THIAMINE AND TYROSINE COMPOSITION ON THE LEVELS OF FREE AMINO ACIDS IN BLOOD OF RATS WITH EXPERIMENTAL DIABETES</p>
<p>Н. В. Трусов, В. А. Шипелин, И. В. Гмошинский ПОЛНОТРАНСКРИПТОМНЫЙ АНАЛИЗ ПЕЧЕНИ КРЫС, ПОЛУЧАЮЩИХ КОМПЛЕКС L-КАРНИТИНА И РЕСВЕРАТРОЛА</p>	83	<p>N. V. Trusov, V. A. Shipelin, I. V. Gmshinski LIVER FULL TRANSCRIPTOME ANALYSIS IN RATS RECEIVING COMPLEX OF L-CARNITINE AND RESVERATROL</p>
<p>Ю. Л. Горбич, С. А. Костюк, Т. В. Руденкова ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОЛЕКУЛЯРНО- ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ УСТОЙЧИВОСТИ К ПОЛИМИКСИНАМ (КОЛИСТИНУ) В БАКТЕРИАЛЬНЫХ КУЛЬТУРАХ <i>KLEBSIELLA</i> <i>PNEUMONIAE</i></p>	89	<p>Y. L. Gorbich, S. A. Kostjuk, T. V. Rudenкова IDENTIFICATION OF POLYMYXIN (COLISTIN) RESISTANCE MOLECULAR GENETIC MARKERS IN <i>KLEBSIELLA</i> <i>PNEUMONIAE</i> BACTERIAL CULTURES</p>
<p>О. Е. Кузнецов, В. М. Цыркунов ИЗМЕНЕНИЯ В ГЕНАХ, УЧАСТВУЮЩИХ В ПУТЯХ Rb1 И P53, ПРИ ИНОКУЛЯЦИИ КРЫСАМ ВИРУСНОЙ ДНК И РНК</p>	96	<p>A. E. Kuznatsou, V. M. Tsyrcunov CHANGES IN THE GENES INVOLVED IN THE RB1 AND P53 PATHWAYS WHEN INOCULATING RATS WITH VIRAL DNA AND RNA</p>
<p>Т. А. Митюкова, Е. Н. Чудиловская, А. А. Басалай, О. Е. Полудях МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРЫС-САМЦОВ ВИСТАР В ЗАВИСИМО- СТИ ОТ ИХ СКЛОННОСТИ К ДИЕТ-ИН- ДУЦИРОВАННОМУ ОЖИРЕНИЮ</p>	104	<p>T. A. Mityukova, K. N. Chudilovskaya, A. A. Basalai, O. Y. Poluliakh METABOLIC AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MALE WISTAR RATS DEPENDING ON THEIR SUSCEPTIBILITY TO DIET-INDUCED OBESITY</p>

<p>A. D. Taganovich, N. N. Kovganok, A. V. Kolb, E. A. Xot'ko, O. V. Got'ko, V. N. Prokhorova ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАРКЕРОВ В КРОВИ ПАЦИЕНТОВ ПРИ АДЕНОКАРЦИНОМЕ И ПЛОСКОКЛЕТОЧ- НОМ РАКЕ ЛЕГКОГО ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕННОГО ЛЕЧЕНИЯ</p>	111	<p>A. D. Tahanovich, M. M. Kauhanka, A. V. Kolb, E. A. Khotko, O. V. Gotko, V. I. Prokhorova OPTIMIZATION OF THE USE OF MARKERS IN THE BLOOD OF PATIENTS WITH ADENOCARCINOMA AND SQUAMOUS CELL LUNG CANCER TO EVALUATE THE EFFECTIVENESS OF TREATMENT</p>
<p>Е. Б. Маркевич, Д. Ф. Хворик, Э. П. Станько ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ПЕПТИДНЫХ НЕЙРОМЕДИАТОРОВ И ИХ РЕЦЕПТОРОВ ПРИ ПСОРИАЗЕ. АССОЦИИРОВАННОМ С ПСИХИЧЕСКИ- МИ РАССТРОЙСТВАМИ</p>	120	<p>E. B. Markevich, D. F. Khvorik, E. P. Stanko DIAGNOSTIC VALUE OF PEPTIDE NEUROMEDIATORS AND THEIR RECEPTORS IN PSORIASIS ASSOCIATED WITH MENTAL DISORDERS</p>
<p>Джаббар Мустафа Салех ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТИТЕЛЬНОГО ЭКСТРАКТА <i>BUXUS SEMPERVIRENS</i> L.</p>	128	<p>Jabbar Mustafa Saleh CHEMICAL COMPOSITION OF PLANT EXTRACT <i>BUXUS SEMPERVIRENS</i> L.</p>
<p>Т. И. Терпинская, Т. Л. Янченко, М. А. Рубинская, Е. Ф. Полукошко ВЛИЯНИЕ БЕТУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ И МОДУЛЯТОРОВ КАЛЬЦИЕВОГО ОБМЕНА НА РОСТ ОПУХОЛЕВЫХ КЛЕТО</p>	136	<p>T. I. Terpinskaya, T. L. Yanchanka, M. A. Rubinskaya, A. F. Palukoshka ANTI-TUMOR EFFECT OF COMBINED APPLICATION OF BETULIC ACID AND CALCIUM CHANNEL INHIBITORS</p>
<p>И. И. Степуро, С. А. Агейко, В. И. Степуро, В. Ю. Смирнов ИНГИБИРОВАНИЕ ТИАМИНОМ НИТРИОВАНИЯ ТИРОЗИНА И ТИРОЗИЛЬ- НЫХ ОСТАТКОВ БЕЛКОВ В РЕАКЦИЯХ, КАТАЛИЗИРУЕМЫХ МЕТМИОГЛОБИ- НОМ В ПРИСУТСТВИИ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА И НИТРИТА</p>	143	<p>I. I. Stepuro, S. A. Aheika, V. I. Stsiapura, V. Y. Smirnov THIAMINE INHIBITS NITRATION OF TYROSINE AND TYROSYL RESIDUES OF PROTEINS IN REACTIONS CATALYZED BY METMYOGLOBIN IN PRESENCE OF HYDROGEN PEROXIDE AND NITRITE</p>
<p>Н. М. Тихон, С. А. Лялик, М. В. Белевцев, В. Л. Зверко, А. Н. Купчинская, О. С. Дубовик, А. К. Никольская СОДЕРЖАНИЕ ИММУНОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ГРУДНОМ МОЛОКЕ ЖЕНЩИН, ПРОЖИВАЮЩИХ В ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ БЕЛАРУСИ</p>	155	<p>N. M. Tshkan, S. A. Lialikau, M. V. Belevtsev, U. L. Zverko, A. N. Kupchynskaya, V. S. Dubovik, A. K. Nikolskaya BREAST MILK CONCENTRATION OF IMMUNOLOGICALLY ACTIVE FACTORS IN WOMEN RESIDING IN THE WESTERN REGION OF BELARUS</p>
<p>Ю. С. Бакакина, Д. В. Бабарико, Т. В. Цыбрук, А. В. Свирид, М. С. Кисель, А. М. Тумилович, Ю. Г. Походня, А. А. Гилеп, В. Э. Сяхович БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРОКСИПРОИЗВОДНЫХ СТАНОЗОЛО- ЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕКОМБИ- НАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ СЕМЕЙСТВА ЦИТОХРОМОВ P450 ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ДОПИНГ-КОНТРОЛЯ</p>	163	<p>Y. S. Bakakina, D. V. Babaryko, T. V. Tsybruk, A. V. Svirid, M. S. Kisel, A. M. Tumulovich, Y. G. Pokhodnya, A. A. Gilep, V. E. Syakhovich BIOTECHNOLOGICAL PRODUCTION OF HYDROXYDERIVATIVES OF STANOZOLOL USING HUMAN RECOMBINANT CYTOCHROME P450 ENZYMES FOR DOPING CONTROL PURPOSES</p>

<p>A. B. Тамашевский, Ю. М. Гармаза, Д. С. Мигун МОЛЕКУЛЯРНО-МЕМБРАННЫЕ ОСОБЕННОСТИ IN VITRO ВЗАИМОДЕЙ- СТВИЯ ЛЕКТИНОВ, СПЕЦИФИЧНЫХ К ФУКОЗЕ И СИАЛОВОЙ КИСЛОТЕ, С ОПУХОЛЕВЫМИ КЛЕТКАМИ КРОВИ</p>	170	<p>A. V. Tamashevskii, Y. M. Harmaza, D. S. Migun MOLECULAR AND MEMBRANE FEATURES OF IN VITRO INTERACTION OF FUCOSE / SIALIC ACID SPECIFIC LECTINS WITH BLOOD TUMOR CELLS</p>
<p>Е. А. Мельникова, Н. В. Амаэгерби, Г. Н. Семенкова, К. А. Лукьянова, О. В. Орешко МЕХАНИЗМЫ МОДИФИКАЦИИ ФУНК- ЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ НЕЙТРО- ФИЛОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ КОРНИЧНОЙ И КОФЕЙНОЙ КИСЛОТ</p>	178	<p>E. A. Melnikova, N. V. Amaegberi, G. N. Semenкова, K. A. Lukanava, O. V. Oreshko MECHANISMS OF NEUTROPHILS' FUNCTIONAL ACTIVITY MODIFICATION UNDER THE ACTION OF CINNAMIC AND CAFFEIC ACIDS</p>
<p>Е. Г. Бадун, А. В. Шуриберко, Е. О. Казинен, Ю. Е. Разводовский, А. В. Шулга, О. Е. Кузнецов ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ И БИОЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС МИТОХОНДРИЙ МИОКАРДА КРЫС ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ АЛКОГОЛЬНОЙ ИНТОКСИКАЦИИ</p>	186	<p>E. G. Badun, A. V. Shuriberko, E. O. Kazinets, Y. E. Razvodovsky, A. V. Shulga, O. E. Kuzniatsov FUNCTIONAL ACTIVITY AND BIO- ELEMENT STATUS OF RATS MYOCARDIAL MITOCHONDRIA UNDER CHRONIC ALCOHOL INTOXICATION</p>
<p>Л. И. Алехнович, В. С. Камышников, Ю. И. Степанова, Т. И. Седова ОЦЕНКА АНАЛИТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЧЕСКОГО КОАГУЛОМЕТРА DIAGON COAG M</p>	196	<p>L. I. Aliakhnovich, V. S. Kamyshnikov, J. I. Stepanova, T. I. Sidorova EVALUATION OF ANALYTICAL CHARACTERISTICS OF AUTOMATIC COAGULOMETER DIAGON COAG M</p>
<p>Ю. В. Дубо, М. А. Шарангович, Е. А. Николаичик ТРАНСКРИПЦИОННЫЙ ФАКТОР CITJ КОНТРОЛИРУЕТ УТИЛИЗАЦИЮ ЦИТРА- ТА, АРАБИНОЗЫ И ВИРУЛЕНТНОСТЬ ФИТОПАТОГЕНА <i>PECTOBACTERIUM</i> <i>VERSATILE</i></p>	202	<p>Yu. V. Dubo, M. A. Sharangovich, E. A. Nikolaichik TRANSCRIPTION FACTOR CITJ CONTROLS UTILIZATION OF CITRATE, ARABINOSE AND VIRULENCE OF PLANT PATHOGEN <i>PECTOBACTERIUM VERSATILE</i></p>
<p>G. Sysa, E. I. Kvasyuk, A. Shihad, E.R. Gritskevitch THE POTENTIAL OF MODIFIED NUCLEOSIDES AND NUCLEOTIDES AS NOVEL ANTIBACTERIAL AGENTS: AN IN VITRO STUDY OF BACTERIAL GROWTH INHIBITION AND OXIDATIVE STRESS INDUCTION</p>	211	<p>A. G. Sysa, E. I. Kvasyuk, A. Shihad, E. P. Grishkevich ПОТЕНЦИАЛ МОДИФИЦИРОВАННЫХ НУКЛЕОЗИДОВ И НУКЛЕОТИДОВ КАК НОВЫХ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ АГЕНТОВ: IN VITRO ИССЛЕДОВАНИЕ ИНГИБИРОВАНИЯ РОСТА БАКТЕРИЙ И ИНДУКЦИИ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА</p>
<p>A. H. Shlyahun, Yu. Z. Maksimchik, A. Zakrzeska, A. F. Raduta, V. Ch. Polubok, E. V. Buksha, E. V. Bogdevich, P. Kitlas, M. Tomulewicz, I. P. Sutsko PROTECTIVE EFFECTS OF TRITERPENOID BETULIN ON TYPE 2 DIABETES MELLITUS IN RATS</p>	220	<p>A. G. Шляхун, Ю. З. Максимчик, А. Закрзэска, Е. Ф. Радута, В. Ч. Полубок, Е. В. Букса, Е. В. Богдевич, П. Китлас, М. Томулевич, Д. В. Пинько, И. П. Сутько ПРОТЕКТИВНОЕ ДЕЙСТВИЕ ТРИТЕРПЕНОИДА БЕТУЛИНА ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ 2 ТИПА У КРЫС</p>

ОБОЗРЫ / REVIEWS

- | | | |
|--|-----|--|
| И. П. Сутько, А. Г. Шляхтун, О. В. Титко
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
БЕРБЕРИНА В КОМБИНАЦИИ
С ДРУГИМИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВ-
НЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ РАСТИТЕЛЬ-
НОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ: МИНИ-ОБЗОР
И СОБСТВЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ | 230 | I. P. Sutsko, A. H. Shlyahun, O. V. Titko
EFFICIENCY OF USE OF BERBERINE
IN COMBINATIONS WITH OTHER
BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS
OF PLANT ORIGIN: A MINI REVIEW
AND OWN RESULTS |
|--|-----|--|

- | | | |
|---|-----|--|
| С. А. Костиук, Л. Ф. Можейко, О. С. Полуян,
Т. В. Пинчук
СОВРЕМЕННЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ
МЕТОДЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ
ЗАДАЧ В АКУШЕРСТВЕ
И ГИНЕКОЛОГИИ | 238 | S. A. Kostiuk, L. F. Mozheiko, O. S. Poluyan,
T. V. Pinchuk
MODERN GENETIC METHODS FOR
SOLVING APPLIED PROBLEMS IN
OBSTETRICS AND GYNECOLOGY |
|---|-----|--|

УЧЕНЫЕ БЕЛАРУСИ / SCIENTISTS OF BELARUS

- | | | |
|--|-----|--|
| К юбилею профессора
Камышников Владимир Семенович | 247 | On the occasion of the anniversary of Professor
Vladimir S. Kamyshnikov |
|--|-----|--|

- | | | |
|---|-----|---------------------------------------|
| In memoriam.
Шкуматов Владимир Макарович | 249 | In memoriam.
Vladimir M. Shkumatov |
|---|-----|---------------------------------------|

- | | | |
|--|-----|--|
| In memoriam.
Кульчицкий Владимир Адамович | 251 | In memoriam.
Vladimir A. Kulchitsky |
|--|-----|--|

АНАЛИЗ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА МОДЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ

А. А. Чиркин¹, О. М. Балаева-Тихомирова¹, Е. И. Кацнельсон¹, Е. М. Дорошенко²

¹*Витебский государственный университет имени П. М. Машерова,
г. Витебск, Республика Беларусь*

²*Гродненский государственный медицинский университет,
г. Гродно, Республика Беларусь*

Введение. Протеиногенные аминокислоты служат для синтеза пептидов и белков, а непротеиногенные участвуют в уникальном клеточном метаболизме различных живых организмов. В связи с этим свободные аминокислоты могут относиться к критериям отбора модельных организмов для биохимических исследований.

Цель исследования – оценить возможность использования спектров свободных аминокислот для обоснования выбора модельных организмов на этапе доклинических исследований.

Материал и методы. Спектры свободных аминокислот определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в тканях и биологических жидкостях организмов.

Результаты. В сыворотке крови крысы содержится в 2,13 раза, а в гемолимфе прудовика в 9,64 раза меньше протеиногенных аминокислот по сравнению с сывороткой крови человека. Содержание свободных протеиногенных аминокислот в гемолимфе куколок шелкопряда превышает суммарное количество таких аминокислот в сыворотке крови человека в 26,5 раза. По сравнению с сывороткой крови человека найдено меньшее содержание непротеиногенных аминокислот в сыворотке крови крысы в 2,64 раза, а в гемолимфе прудовиков в 16,7 раза.

Заключение. Сравнительный анализ спектров незаменимых и заменимых аминокислот позволяет дополнить критерии отбора живых объектов в качестве модельных организмов.

Ключевые слова: протеиногенные аминокислоты, непротеиногенные аминокислоты, крысы, моллюски, дубовый шелкопряд, лекарственные растения.

Для цитирования: Анализ метаболических профилей свободных аминокислот для обоснования выбора модельных организмов / А. А. Чиркин [и др.] // Биохимия и молекулярная биология. – 2024. – Т. 3, № 1(4). – С. 60–66.

Введение

Сотрудничество биохимиков Гродно и Витебска по исследованию обмена аминокислот возникло в конце XX века в рамках деятельности научной школы профессора Л. И. Нефедова «Биохимия аминокислот и разработка способов их практического применения в качестве универсальных регуляторов метаболизма и лекарственно-профилактических средств» [1, 2]. Исследования аминокислотных спектров тканей растений и животных в первой четверти XXI века осуществлялись на базах лабораторий, руководимых профессором В. М. Шейбаком и доцентом Е. М. Дорошенко. Основным направлением работы был анализ молекулярно-структурной гомологии протеолитических ферментов человека и модельных организмов [4, 5].

Цель статьи – оценить возможность использования спектров свободных аминокислот представителями биоты Белорусского Поозерья для обосно-

вания их использования в качестве модельных организмов на этапе доклинических исследований и как источников биологически активных соединений.

Хорошо известно, что свободные аминокислоты, образующиеся в результате деградации клеточных или пищевых белков, а также в реакциях промежуточного метаболизма, дезаминируются с образованием NH_4^+ и углеродного скелета. NH_4^+ входит в цикл мочевины, а углеродный скелет может участвовать в метаболических путях для генерации АТФ, глюкозы и жирных кислот. Глутамат действует как донор и акцептор азота и является центральной аминокислотой, обеспечивающей перенос азота между аминокислотами. Тирозин играет роль предшественника норадrenalина, adrenalина, дофамина и меланина. Метионин предоставляет метильную группу для многих метилтрансфераз, регулирующих эпигенетические процессы. Цистеин, глутамат и глицин образуют ан-

тиоксидант глутатион. Синтазы оксида азота используют аргинин для образования оксида азота (NO). Глицин и глутамат могут служить нейротрансмиттерами. Глутамат также способен генерировать другой аминокислотный нейромедиатор, γ -аминомасляную кислоту (ГАМК), которая не участвует в синтезе белка. Триптофан используется в качестве предшественника для выработки нейромедиатора серотонина, который необходим также для выработки мелатонина [5]. Аминокислоты рассматриваются как структурные элементы белков и пептидов, а также как необходимые факторы нормального роста, дифференцировки и функционирования клеток. Нарушения метаболизма аминокислот связаны с рядом патологических состояний, включая метаболические, сердечно-сосудистые, иммунные заболевания и рак [6].

Катаболизм аминокислот является важным элементом метаболического контроля различных биологических процессов. Механизмы, участвующие в регуляции катаболизма аминокислот, включают вклад кишечной микробиоты в окисление аминокислот и образование метаболитов в кишечнике, молекулярные механизмы транскрипционного контроля и роль специфических микроРНК, участвующих в регуляции распада аминокислот. Кроме того, молекулы, полученные в результате катаболизма аминокислот, играют роль в контроле обмена веществ, поскольку они используются в эпигенетической регуляции многих генов [7]. Все вышеизложенное указывает на целесообразность исследований спектров свободных аминокислот при отборе модельных организмов для биомедицинских исследований.

Материал и методы

Спектр свободных аминокислот определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в сыворотке крови человека (20 образцов), сыворотке крови лабораторных белых крыс (9 образцов), бесклеточной гемолимфе легочного пресноводного моллюска прудовика обыкновенного (*Lymnaea stagnalis* L.) – 9 образцов, районированного в Витебской области насекомого китайского дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi*) – 9 образцов в периоде диапаузы, а также в экстрактах надземных частей растений эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea*) и родюлы розовой (*Rhodiola rosea*) – по 8 образцов [8–10].

Навески тканей гомогенизировали в соотношении 1:10 (масса/объем) в среде, содержащей 0,2 М раствор хлорной кислоты, 40 мг/л ЭДТА, 40 мг/л $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$, а также 0,2 мМ норвалина (внутренний стандарт). Определение свободных аминокислот и их дериватов проводили в полученных экстрактах методом обращеннофазной хроматографии с пред-

колоночной дериватизацией *o*-фталевым альдегидом и 3-меркаптопропионовой кислотой и детектированием по флуоресценции (338/445 нм). В работе использовали сорбент Zorbax Eclipse Plus C_{18} с размером частиц 3,5 мкм, размеры колонки 2,1×150 мм, с предколонкой 2,1×12,5 мм, заполненной таким же сорбентом с размером частиц 5 мкм. При всех определениях использовался прибор ВЭЖХ Agilent 1200. Прием данных и обработка хроматограмм проводилась с помощью программы Agilent Open Lab CDS C .01.05 с ручной коррекцией базовой линии, в режиме расчета по внутреннему стандарту с использованием одноуровневой калибровки [9].

Работа выполнена в соответствии с принципами экспериментальной биотикетики.

Статистическую обработку цифрового материала проводили с использованием методов параметрической и непараметрической статистики. В таблицах приведены результаты в виде $M \pm m$ (среднее \pm средняя ошибка), поскольку сравниваемые вариационные ряды значений не выходили за пределы нормального распределения.

В статье используются следующие сокращенные наименования аминокислот: CA – цистеиновая кислота, PSer – O-фосфосерин, CSA – цистеинсульфиновая кислота, Asp – аспарагиновая кислота, GSH – глутатион, HCA – гомоцистеиновая кислота, Glu – глутаминовая кислота, Asn – аспарагин, Ser – серин, aAAA – альфа-аминоадипиновая кислота, Gln – глутамин, His – гистидин, 3MHis – 3-метилгистидин, Gly – глицин, PEA – фосфотаналамин, Thr – треонин, 1MHis – 1-метилгистидин, Ctr – цитруллин, Arg – аргинин, Ans – ансерин, bAla – бета-аланин, Car – карнозин, HpTau – гипотаурин, Ala – аланин, Tau – таурин, bABA – бета-аминоизомасляная кислота, GABA – гамма-аминомасляная кислота, Tyr – тирозин, aABA – альфа-аминомасляная кислота, EA – этактоламин, Val – валин, Met – метионин, Ctp – цитостанионин, Trp – триптофан, Phe – фенилаланин, Ile – изолейцин, Leu – лейцин, HLys – гидроксизин, Orn – орнитин, Lys лизин.

Результаты и их обсуждение

В таблице 1 представлены данные о содержании свободных протеиногенных аминокислот в биологических жидкостях исследуемых животных и экстрактах растений. Установлено, что в сыворотке крови крысы содержится в 2,13 раза меньше свободных протеиногенных аминокислот (АК) по сравнению с сывороткой человека, а в гемолимфе прудовика обыкновенного таких аминокислот меньше в 9,64 раза по сравнению с гемолимфой крысы. Крысы остаются оптимальным модельным

организмом для оценки механизмов обезвреживания аммиака в организме человека, поскольку содержание глутамин и аланина занимают первые позиции в сыворотке крови, как человека, так и крысы. Эти транспортные формы аммиака выполняют две основные функции. Глутамин является донором амидной группы для биосинтеза пуриновых азотистых оснований, карбамоилфосфата, глюкозамина и др., а также для конечного обезвреживания аммиака в почках в виде аммонийных солей. Аланин транспортирует аммиак в виде амидной группы в печень, где используется для синтеза мочевины, а оставшийся углеродный скелет служит для образования глюкозы в реакциях глюконеогенеза. У прудовиков обыкновенных концентрация глутамин находится на 14 позиции, а аланина – на третьей позиции. По всей видимости, это связано с тем, что у этих животных относительно хорошо развит гепатопанкреас, но в меньшей степени система выделения и концентрирования водорастворимых выделяемых веществ. В близких относительных концентрациях у всех трех видов животных находятся глицин, треонин, валин, лейцин, лизин.

Поскольку в гемолимфе прудовиков обыкновенных представлены все определяемые данным методом протеиногенные аминокислоты, можно отнести этих животных к модельным организмам. Для иллюстрации этого положения были оценены важнейшие показатели, используемые при анализе аминокислотных спектров бесклеточных транспортных жидкостей организма. У человека, крысы (сыворотка крови) и у прудовиков (гемолимфа) были получены следующие результаты:

- незаменимые аминокислоты, мкмоль/л – 2418, 727, 90;
- заменимые аминокислоты, мкмоль/л – 2745, 1653, 166;
- отношение заменимые АК/незаменимые АК – 1,14, 2,27, 1,84;

- количество аминокислот с разветвленной углеродной цепью (АРУЦ), мкмоль/л – 681, 252, 26,4;
- количество ароматических АК, мкмоль/л – 484, 172, 7,23;
- индекс Фишера (сумма АРУЦ/тирозин+фенилаланин) – 2,56, 2,32, 6,23;
- отношение аргинин/цитруллин – 3,38, 0,99, 1,79;
- отношение глутамат/глутамин – 0,23, 0,32, 32,0.

Из данных таблицы 1 также следует, что в жидком содержимом куколок дубового шелкопряда (далее гемолимфа) не обнаружены аргинин, триптофан и аспарагин, а в экстрактах растений – гистидин, аргинин, тирозин, триптофан, лизин, аспарагин. В экстрактах родиолы розовой не выявлены метионин и глутамин. Следует, однако, отметить, что для всех вышеуказанных соединений ограничением являлось хроматографическое разрешение от интерферирующих пиков, а не чувствительность, т. е. их концентрации не являлись экстремально низкими, а лишь не поддающиеся оценке с приемлемой точностью. Содержание свободных протеиногенных аминокислот в гемолимфе куколок шелкопряда превышает суммарное количество таких аминокислот у человека в 26,5 раза, в экстрактах эхинацеи – в 13,2 раза и в экстрактах родиолы розовой – в 17,7 раза. Завершая обсуждение данных таблицы 1, следует отметить, что у человека, крысы и моллюска последовательно уменьшается количество свободных протеиногенных аминокислот, что коррелирует с содержанием других циркулирующих мономерных молекул, например, глюкозы [8]. В экстрактах растений содержание свободных протеиногенных аминокислот высокое, поскольку быстрое увеличение надземной части требует интенсивного образования структурных и функциональных белков, обеспечивающих рост и иные связанные с белками функции.

Таблица 1 – Содержание свободных протеиногенных аминокислот в сыворотке крови человека и крысы, в гемолимфе прудовика обыкновенного и китайского дубового шелкопряда, в надземных частях эхинацеи пурпурной и родиолы розовой (мкмоль/л)

Table 1 – Content of free proteinogenic amino acids in human and rat blood serum, in the hemolymph of the common pond snail and Chinese oak moth, and in the aerial parts of *Echinacea purpurea* and *Rhodiola rosea* (μmol/l)

Аминокислота	Человек	Крыса	Прудовик	Шелкопряд	Эхинацея	Родиола розовая
	сыворотка	сыворотка	гемолимфа	гемолимфа	экстракты	экстракты
Asp	76,76±2,39	14,95±0,88	10,59±2,60	4700±561	15700	16200
Glu	234,7±5,78	140,8±3,02	65,68±22,86	899±81	11200	17200
Ser	143,9±4,55	183,1±5,53	16,88±6,78	13130±1711	2000	5970
His	277,0±7,98	57,9±1,25	0,75±0,12	10260±367	–	–
Gly	261,6±8,00	140,9±12,88	30,31±4,76	17150±907	4430	11700
Thr	300,0±14,67	111,5±7,70	32,40±10,3	10280±272	2200	4220
Arg	130,5±6,99	76,98±3,256	0,638±0,31	–	–	–

Аминокислота	Человек	Крыса	Прудовик	Шелкопряд	Эхинацея	Родиола розовая
	сыворотка	сыворотка	гемолимфа	гемолимфа	экстракты	
Ala	749,9±30,76	634,0±18,69	37,79±12,00	18330±2601	14900	10300
Tyr	145,5±6,96	61,34±6,63	1,043±0,43	2530±230	—	—
Val	364,0±14,75	106,86±2,30	14,22±5,73	8162±193	6850	6440
Met	43,69±2,69	24,13±1,02	1,32±0,67	672±83	100	—
Trp	217,9±8,77	63,04±7,86	2,99±1,19	—	—	—
Phe	120,6±3,56	47,52±0,98	3,20±2,10	1043±70	1810	1370
Ile	108,5±5,38	51,52±1,56	7,46±3,35	4337±145	2350	2760
Leu	208,6±9,65	91,81±3,01	4,74±2,52	4763±133	1800	3550
Lys	647,2±33,91	93,75±23,03	22,63±9,99	8659±586	—	—
Asn	110,0±2,89	42,73±1,55	1,67±0,13	—	—	—
Gln	1023,1±31,86	434,9±12,5	2,05±0,85	19070±1886	3570	—

В таблице 2 представлены данные о содержании непротеиногенных аминокислот в сыворотке крови человека и крысы в сравнении с гемолимфой куколок шелкопряда.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика содержания свободных непротеиногенных аминокислот в сыворотке крови человека, крысы и в гемолимфе прудовика обыкновенного (мкмоль/л)

Table 2 – Comparative characteristics of the content of free non-proteinogenic amino acids in the blood serum of humans, rats, and in the hemolymph of the common pond snail ($\mu\text{mol/l}$)

Соединение	Человек	Крыса	Прудовик
CA	2,51±0,16	0,23±0,03 ¹	0,47±0,25 ¹
PSer	3,14±0,36	0,36±0,06 ¹	0,25±0,07 ¹
CSA	2,01±0,15	0,30±0,04 ¹	0,96±0,35 ¹
GSH	4,36±0,31	1,11±0,05 ¹	0,85±0,19 ¹
HCA	0,38±0,04	0,06±0,01 ¹	0,38±0,14 ²
aAAA	0,65±0,08	0,29±0,02 ¹	0,58±0,25
3MHis	11,10±2,33	3,58±0,13 ¹	0,11±0,06
PEA	9,69±0,77	5,49±0,78	0,21±0,10 ^{1,2}
1MHis	12,40±0,53	1,27±0,06	0,28±0,06 ²
Ctr	38,65±1,92	77,41±2,76 ¹	0,36±0,12 ²
bAla	10,17±1,04	0,89±0,04 ¹	0,56±0,06 ²
HpTau	19,9±1,38	0,77±0,07 ¹	0,19±0,03 ^{1,2}
Tau	196,3±6,13	117,7±6,68 ¹	0,96±0,16 ^{1,2}
bABA	1,29±0,12	0,05±0,004 ¹	0,29±0,09 ^{1,2}
GABA	2,39±0,16	0,99±0,25 ¹	2,15±0,83
aABA	25,11±1,82	4,77±1,03 ¹	1,07±0,36 ^{1,2}
EA	14,74±0,43	8,25±0,37 ¹	3,58±0,55 ^{1,2}
Ctn	2,93±0,38	1,87±0,09 ¹	5,24±1,81
HLys	11,54±0,96	3,17±0,19 ¹	1,18±0,10 ^{1,2}
Om	317,6±13,06	26,4±1,50 ¹	21,6±9,45 ¹

Примечание: ¹ – $p < 0,05$ при сравнении с данными для человека; ² – $p < 0,05$ при сравнении данных у крысы и прудовика обыкновенного

Note: ¹ – $p < 0,05$ when compared with human data; ² – $p < 0,05$ when comparing data from rats and common pond snails

По сравнению с сывороткой крови человека, в сыворотке крови крысы обнаружено в 2,64 раза, а в гемолимфе прудовика в 16,7 раза меньшее содержание непротеиногенных аминокислот. Кроме того, в гемолимфе дубового шелкопряда были выявлены непротеиногенные аминокислоты и их производные: цитруллин, бета-аланин, таурин, этаноламин и орнитин в количествах 2152±141, 511±29, 976±112, 227±16 и 44±4 мкмоль/л, соот-

ветственно. В экстрактах эхинацеи выявлен этаноламин (890 мкмоль/л), а родиолы розовой – бета-аланин (1110 мкмоль/л).

Обращает на себя внимание близкие значения концентраций 7 непротеиногенных аминокислот у трех видов животных организмов (орнитин, таурин, этаноламин, альфа-аминомасляная кислота, цитруллин, гидроксизин и цистатионин). Орнитин играет важную роль в биосинтезе мочевины и

аргинина. Таурин является антиоксидантом, стабилизатором клеточных мембран, регулирует передачу сигналов ионами кальция и поддерживает объем жидкости в клетках (вносит вклад в осморегуляцию). Этаноламин образуется при декарбоксилировании серина. Его превращения связаны либо с синтезом фосфатидилэтанолamina (кефалина), либо с превращением в холин. Альфа-аминомасляная кислота – непотеиногенная аминокислота, продукт транссульфурирования гомоцистеина, которая в организме человека участвует в биосинтезе офтальмовой кислоты. Цитруллин служит ключевым промежуточным звеном в цикле мочевины, пути, с помощью которого млекопитающие выделяют аммиак, превращая его в мочевины. Цитруллин также производится как побочный продукт ферментативного производства оксида азота из аминокислоты аргинина, катализируемого

синтазой оксида азота. Гидроксипролин – нестандартная аминокислота, входящая в состав белка коллагена и некоторых гликопротеинов. Цистатионин – важное промежуточное вещество в биосинтезе и метаболизме серосодержащих аминокислот. У млекопитающих участвует в биосинтезе цистеина из метионина и серина, у растений и бактерий – в биосинтезе метионина из цистеина и гомо-серина.

Из этого краткого анализа можно сделать вывод о возможности использования крыс и прудовиков в качестве модельных организмов для исследования непотеиногенных эффектов аминокислот.

В таблице 3 представлен сравнительный анализ содержания незаменимых и заменимых аминокислот в печени крыс и гепатопанкреасе представителя легочных пресноводных моллюсков – прудовика обыкновенного.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика содержания свободных аминокислот в печени крысы и гепатопанкреасе прудовика обыкновенного

Table 3 – Comparative characteristics of the content of free amino acids in the rat liver and the hepatopancreas of the common pond snail

Аминокислоты	Печень крысы	Гепато-панкреас прудовика	Характер различия	Аминокислоты	Печень крысы	Гепато-панкреас прудовика	Характер различия
Протеиногенные аминокислоты				Непротеиногенные аминокислоты и родственные соединения			
Asp	1025±35	1375±419	1,34 н/д	PSer	11,9±1,20	2,96±0,74	4,02 ↓
Glu	3076±179	11343±2476	3,69 ↑	CSA	7,04±0,78	36,30±4,97	5,15 ↑
Ser	1491±301	4512±1337	3,03 ↑	GSH	13665±814	89,55±13,46	152 ↓
His	903,4±36,1	1610±577	1,78 ↑	HCA	84,42±4,52	2,60±0,56	32,5 ↓
Gly	2317±81,3	14629±1464	6,31 ↑	PEA	957,5±161,2	38,69±6,36	24,7 ↓
Thr	983,5±165,2	8005±517	9,16 ↑	IMHis	2,63±0,70	23,77±9,11	9,04 ↑
Arg	33,78±2,42	1189±607	35,2 ↑	Ctrl	78,45±5,27	1229,1±728,2	15,7 ↑
Ala	1707±187	30847±2214	18,1 ↑	Ans	4,09±0,79	138,3±39,01	33,8 ↑
Tyr	268,3±22,7	3949±1442	14,7 ↑	bAla	111,8±13,5	1027,8±337,9	9,19 ↑
Val	386,2±28,5	10812±869	28,0 ↑	Car	17,86±3,93	28,45±6,27	1,59 н/д
Met	68,75±9,79	1314±200	19,1 ↑	Tau	7712,1±804	264,4±46,3	29,2 ↓
Trp	122,0±5,35	503,6±184	4,13 н/д	TAU	7,69±0,70	524,6±202,7	68,2 ↑
Phe	165,9±14,69	1328±522	6,59 н/д	GABA	26,08±4,91	833,3±384	31,9 ↑
Ile	201,5±16,33	6683±495	33,2 ↑	aABA	29,36±1,35	144,0±37,75	4,90 ↑
Leu	393,5±33,38	6543±2383	166 ↑	EA	73,16±8,28	928,4±277,3	12,7 ↑
Lys	626,6±48,17	2888±813	4,61 ↑	Ctn	10,02±1,96	82,06±17,11	8,19 ↑
Asn	139,0±8,94	30,75±6,73	4,52 ↓	HLys	37,73±8,63	98,07±31,31	2,60 ↑
Gln	5824±196	558,7±310	10,4 ↓	Orn	460,7±28,24	3600,3±724,9	7,81 ↑

Примечание: н/д – нет статистически достоверных отличий; в графе «характер отличий» шифра означает во сколько раз отличается концентрация аминокислоты в гепатопанкреасе моллюска от таковой в печени крысы, стрелками показана направление изменений концентраций аминокислот в гепатопанкреасе по сравнению с печенью

Note: n/d – no statistically significant differences; in the “character of differences” column, the number means how many times does the amino acid concentration in the hepatopancreas of a mollusk differ from that in rat liver; the arrows indicate the direction of changes in the concentration of amino acids in the hepatopancreas compared to the liver

Из данных таблицы 3 следует, что среди протеиногенных аминокислот содержание аспарагиновой кислоты, триптофана и фенилаланина в сравниваемых органах было сходным. В гепатопанкре-

асе моллюсков концентрация 13 протеиногенных аминокислот оказалась выше и только двух аминокислот (глутамин и аспарагин) ниже, чем в печени крыс. Из 18 непотеиногенных аминокислот и

родственных соединений в гепатопанкреасе моллюсков концентрация карнозина статистически не отличалась от его концентрации в печени крыс, содержание 12 аминокислот было выше, и 5 аминокислот – ниже по сравнению с их содержанием в печени крыс. Поскольку в печени крыс и гепатопанкреасе прудовиков обычных выявлены качественно одинаковые наборы протеиногенных и непротеиногенных аминокислот, этих животных можно рассматривать как модельных организмов для изучения обмена аминокислот на этапе доклинических исследований. Количественные изменения спектра аминокислот, связанные с увеличением их содержания в гепатопанкреасе более примитивных животных, открывают возможности исследования синтеза пептидов и белков в условиях избытка эндогенных предшественников – свободных аминокислот. Наличие как типичных протеиногенных аминокислот высших млекопитающих, так и аминокислот непротеиногенного типа и их производных, к кото-

рым относятся 1-метилгистидин, 3-метилгистидин, цитруллин, ансерин, карнозин, орнитин и другие, позволяет рассматривать леточных пресноводных моллюсков, выращенных в виде аква-культуры, как потенциальных источников биологически активных компонентов питания, наподобие препаратов, типа «Моллюскам», полученных из тканей морских гидробионтов [11].

Заключение

На основании сравнительного анализа спектров незаменимых и заменимых, а также непротеиногенных аминокислот и их производных, группу модельных организмов можно дополнить прудовиком обыкновенным и китайским дубовым шелкопрядом.

Исследование выполнено в рамках НИР «Оценка состояния водных экосистем Белорусского Поозерья в условиях изменения климата и техногенного воздействия» (№ ГР 2010475, 2021–2025).

Список использованных источников

1. Нефедов, Л. И. Аминокислоты и их производные в патогенезе и лечении поражений печени / Л. И. Нефедов, Н. Д. Маслакова, В. М. Цыркунов, А. А. Чиркин [и др.] // Весті АН Беларусі. Сер. хім. навук. 1997, № 2. – С. 39–48.
2. Чиркин, А. А. Влияние способа экстрагирования на спектр аминокислот сухого экстракта травы солянки холмовой / А. А. Чиркин, Е. О. Данченко, Е. М. Дорошенко [и др.] // Вестник фармации. – 2000. – № 3–4. – С. 25–29.
3. Чиркин, А. А. Отбор модельных организмов для биомедицинских исследований посредством изучения молекулярно-структурной гомологии протеолитических ферментов / А. А. Чиркин, О. М. Балаева-Тихомирова, И. О. Семенов [и др.] // Новости мелико-биологических наук. – 2022. – Т. 22, № 3. – С. 214–218.
4. Молекулярно-структурная гомология протеолитических ферментов: монография / А. А. Чиркин, О. М. Балаева-Тихомирова. – Чебоксары: Издательский дом «Среда», 2022 – 124 с.
5. Chandel, N. S. Amino acid metabolism / N. S. Chandel // *Cold Spring Harb Perspect Biol.* – 2021. – Vol. 13(4). – Article 040584. doi: 10.1101/cshperspect.a040584.
6. Ling, Z. N. Amino acid metabolism in health and disease / Z. N. Ling [et al.] // *Sig Transduct Target Ther.* – 2023. – Vol. 8. – Article 345. doi: 10.1038/s41392-023-01569-3.
7. Torres, N. Amino Acid Catabolism: An Overlooked Area of Metabolism / N. Torres [et al.] // *Nutrients.* – 2023. – Vol. 15. – Article 3378. doi: 10.3390/nu15153378.
8. Биологическая активность продуктов гистолога: теория и практика / А. Чиркин, Е. Коваленко, Т. Толкачева. – Saarbrücken: LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 154 с.
9. Дорошенко, Е. М. Исследование спектра свободных аминокислот сыворотки крови и печени методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / Е. М. Дорошенко, О. М. Балаева-Тихомирова // Вестник ВДУ. – 2023. – № 4 (121). – С. 48–54.
10. Шейбак, В. М. Свободные аминокислоты печени после внутрижелудочного введения животным инфузола 40 /

В. М. Шейбак [и др.] // *Hepatology and Gastroenterology.* – 2017. – № 2. – С. 158–163.

11. Давидович, В. В. Аминокислоты двухстворчатых моллюсков: биологическая роль и применение в качестве БАД / В. В. Давидович, Т. Н. Пивненко // *Известия ТИИРО.* – 2001. – Том 129. – С. 146–153.

References

1. Nefedov LI, Maslakova ND, Tsyrunov VM, Chirkin AA [i dr.]. Aminokisloty i ikh proizvodnyye v patogeneze i porazhenii pecheni. *Vestny AN Belarusi. Ser. khim. Nauk.* 1997;2:39-48.
2. Chirkin AA, Danchenko EO, Doroshenko EM [i dr.]. Issledovaniye vykhoda ekstrakirovaniya po spektru aminokislot suchkogo ekstrakta travy solyanki kholmovoy. *Vestnik farmatsii.* 2000;3-4:25-29.
3. Chirkin AA, Balaeva-Tikhomirova OM, Semenov IO [i dr.]. Otbor odel'nykh organizmov dlya biomeditsinskikh issledovaniy putem izucheniya molekulyarno-strukturnoy gomologii proteoliticheskikh fermentov. *Novosti mediko-biologicheskikh nauk.* 2022; 22(3): 214-218.
4. Chirkin AA, Balaeva-Tikhomirova OM. Molekulyarno-strukturnaya gomologiya proteoliticheskikh fermentov: monografiya. *Cheboksary: Izdatel'skiy dom «Sreda».* 2022:124 s.
5. Chandel NS. Amino acid metabolism. *Cold Spring Harb Perspect Biol.* 2021;13(4):040584. doi: 10.1101/cshperspect.a040584.
6. Ling ZN, Jiang YF, Ru JN, Lu JH, Ding B, Wu J. Amino acid metabolism in health and disease. *Signal Transduct Target Ther.* 2023 Sep 13;8(1):345. doi: 10.1038/s41392-023-01569-3.
7. Torres N, Tobón-Correo S, Velazquez-Villegas LA, Noriega LG, Alemán-Escondrillas G, Tovar AR. Amino Acid Catabolism: an overlooked area of metabolism. *Nutrients.* 2023 Jul 29;15(15):3378. doi: 10.3390/nu15153378.
8. Chirkin A, Kovalenko E, Tolkacheva T. *Biologicheskaya aktivnost' produktov gistologiya: teoriya i praktika. Saarbrücken: Akademicheskoye izdatel'stvo LAMBERT.* 2012;124 s.
9. Doroshenko EM, Balaeva-Tikhomirova OM. Issledovaniye voystviya aminokislot syvorotki krovi i pecheni metodom vysokoeffektivnoy zhidkostnoy khromatografii. *Vestnik VDU.* 2023;4(121):48-54.

10. Sheybak VM [i dr.]. Svobodnyye aminokisloty pecheni posle vnutrizheludochnogo vvedeniya zhitonomu infezola 40. *Gepatologiya i gastroenterologiya*. 2017;2:158-163.
11. Davidovich VV, Pivnenko TN. Aminokisloty dvukhtsvoreh- atykh mollyuskov: biologicheskaya rol' i primeneniye v kachestve. *Izvestiya TINRO*. 2001;129:146-153.

ANALYSIS OF METABOLIC PROFILES OF FREE AMINO ACIDS FOR JUSTIFICATION FOR CHOICE OF MODEL ORGANISMS

A. A. Chirkin¹, O. M. Balaeva-Tikhomirova¹, E. I. Katsnelson¹, E. M. Doroshenko²

¹Vitebsk State P.M.Masherov University, Vitebsk, Republic of Belarus

²Grodno State Medical University, Grodno, Republic of Belarus

Background. Proteinogenic amino acids serve for the synthesis of specific peptides and proteins, while non-proteinogenic amino acids participate in the unique cellular metabolism of various living organisms. In this regard, free amino acids may be considered criteria for the selection of model organisms for biochemical studies.

Objective. The purpose of the study is to evaluate the possibility of using the spectra of free amino acids to substantiate model organisms at the stage of preclinical studies.

Materials and methods. The spectra of free amino acids were determined by high-performance liquid chromatography in the tissues of organisms and in biological fluids.

Results. Rat blood serum contains 2.13 times, and pond snail hemolymph – 9.64 times less proteinogenic amino acids compared to human blood serum. The content of free proteinogenic amino acids in the hemolymph of silkworm pupae exceeds the total amount of such amino acids in human blood serum 26.5 times. Compared to human blood serum, the content of non-proteinogenic amino acids was found to be 2.64 times lower in rat blood serum, and 16.7 times lower in the hemolymph of pond snails.

Conclusions. Comparative analysis of the spectra of essential and non-essential amino acids allows us to supplement the criteria for selecting living objects as model organisms.

Keywords: proteinogenic amino acids, non-proteinogenic amino acids, rats, common pond snail, oak silkworm, medicinal plants.

For citation: Chirkin AA, Balaeva-Tikhomirova OM, Katsnelson EI, Doroshenko EM. Analysis of metabolic profiles of free amino acids for justification for choice of model organisms. *Biochemistry and Molecular Biology*. 2024, vol. 3, no. 1(4). pp. 60–66 (in Russian).

Поступила 09.04.2024