

Министерство здравоохранения Российской Федерации
Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВОПРОСЫ ПИТАНИЯ

VOPROSY PITANIYA
(PROBLEMS OF NUTRITION)

Основан в 1932 г.

ТОМ 87

№ 3, 2018

Журнал входит в Перечень российских рецензируемых научных журналов, которые рекомендованы Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации (ВАК) для публикации результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук

Журнал представлен в следующих информационно-справочных изданиях и библиографических базах данных: Реферативный журнал ВИНТИ, Biological, MedART, eLibrary.ru, The National Agricultural Library (NAL), Nutrition and Food Database, FSTA, EBSCOhost, Health Index, Scopus, Web of Knowledge, Social Sciences Citation Index, Russian Periodical Catalog



ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА
«ГЭОТАР-Медиа»

Тутельян Виктор Александрович (г. Москва)

главный редактор, академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией энзимологии питания, научный руководитель ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Никитюк Дмитрий Борисович (г. Москва)

заместитель главного редактора, член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией спортивной антропологии и нутрициологии, директор ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Вржесинская Оксана Александровна (г. Москва)

ответственный секретарь редакции, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории витаминов и минеральных веществ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Пузырева Галина Анатольевна (г. Москва)

ответственный секретарь редакции, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Арчаков Александр Иванович (г. Москва)

академик РАН, научный руководитель ФГБНУ «Научно-исследовательский институт биомедицинской химии им. В.Н. Ореховича»

Багиров Вугар Алиевич (г. Москва)

член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор, начальник Управления координации и обеспечения деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук ФАНО

Батурин Александр Константинович (г. Москва)

доктор медицинских наук, профессор, руководитель направления «Оптимальное питание» ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Бойцов Сергей Анатольевич (г. Москва)

член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, генеральный директор ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Минздрава России

Валента Рудольф (Австрия)

профессор, руководитель Департамента иммунопатологии, кафедра патофизиологии и аллергии Медицинского университета г. Вены

Голухова Елена Зеликовна (г. Москва)

академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующая отделением неинвазивной аритмологии и хирургического лечения комбинированной патологии Института кардиохирургии им. В.И. Бураковского ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России

Григорьев Анатолий Иванович (г. Москва)

академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, вице-президент РАН

Зайцева Нина Владимировна (г. Пермь)

академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора

Исаков Василий Андреевич (г. Москва)

доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением гастроэнтерологии и гепатологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Кочеткова Алла Алексеевна (г. Москва)

доктор технических наук, профессор, заведующая лабораторией пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Медведева Ирина Васильевна (г. Тюмень)

академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России

Нареш Маган (Великобритания)

профессор факультета изучения окружающей среды и технологии Кренфильдского университета (г. Лондон)

Онищенко Геннадий Григорьевич (г. Москва)

академик РАН, доктор медицинских наук, профессор

Поляков Виктор Антонович (г. Москва)

академик РАН, доктор технических наук, профессор, директор ВНИИПБТ – филиала ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Попова Анна Юрьевна (г. Москва)

доктор медицинских наук, профессор, руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

Савенкова Татьяна Валентиновна (г. Москва)

доктор технических наук, профессор, врио директора Всероссийского научно-исследовательского института кондитерской промышленности – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

Стародубова Антонина Владимировна (г. Москва)

доктор медицинских наук, заведующая отделением персонализированной терапии и диетологии, заместитель директора по научной и лечебной работе ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Суханов Борис Петрович (г. Москва)

доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры гигиены питания и токсикологии ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России

Тсатсакис Аристидис Михаил (Кипр)

академик РАН, профессор, руководитель Департамента токсикологии и судебной медицины при Университете Крита, председатель отдела морфологии Медицинской школы Университета Крита

Хотимченко Сергей Анатольевич (г. Москва)

доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией пищевой токсикологии и оценки безопасности нанотехнологий, врио первого заместителя директора по научной работе ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Акимов М.Ю. (Мичуринск, Тамбовская обл., Россия)

Бакиров А.Б. (Уфа, Россия)

Бессонов В.В. (Москва, Россия)

Боровик Т.Э. (Москва, Россия)

Быков И.М. (Краснодар, Россия)

Камбаров А.О. (Москва, Россия)

Коденцова В.М. (Москва, Россия)

Конь И.Я. (Москва, Россия)

Корешков В.Н. (Москва, Россия)

Кузьмин С.В. (Екатеринбург, Россия)

Мазо В.К. (Москва, Россия)

Погожева А.В. (Москва, Россия)

Попова Т.С. (Москва, Россия)

Симоненко С.В. (Москва, Россия)

Скрябин Г.К. (Москва, Россия)

Сычик С.И. (Республика Беларусь)

Хенсел А. (Германия)

Шабров А.В. (Санкт-Петербург, Россия)

Шарафетдинов Х.Х. (Москва, Россия)

Шарманов Ш. (Казахстан)

Шевелева С.А. (Москва, Россия)

Шевырева М.П. (Москва, Россия)

Научно-практический журнал «Вопросы питания» № 3, 2018

Выходит 6 раз в год.

Основан в 1932 г.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № 77–14119 от 11.12.2002.

Все права защищены.

Никакая часть издания не может быть воспроизведена без согласия редакции.

При перепечатке публикаций с согласия редакции ссылка на журнал «Вопросы питания» обязательна.

Ответственность за содержание рекламных материалов несут рекламодатели.

Адрес редакции

109240, г. Москва,
Устьинский проезд, д. 2/14,
ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»,
редакция журнала «Вопросы питания»
Телефон: (495) 698-53-60, 698-53-46
Факс: (495) 698-53-79

Научный редактор

Вржесинская Оксана Александровна:
(495) 698-53-30, red@ion.ru

Подписные индексы

каталог агентства «Роспечать»: **71422**
каталог «Пресса России»: **88007**

Сайт журнала: <http://vp.geotar.ru>

Издатель

ООО Издательская группа
«ГЭОТАР-Медиа»
115035, г. Москва,
ул. Садовническая, д. 11, стр. 12
Телефон: (495) 921-39-07
www.geotar.ru

Выпускающий редактор:

Красникова Ольга, krasnikova@geotar.ru

Корректор: Макеева Елена

Верстка: Килимник Арина

Тираж 3000 экземпляров.
Формат 60x90 1/8.
Печать офсетная. Печ. л. 11.

Отпечатано в ООО «Центр полиграфических услуг «Радуга»»
117105, г. Москва, Варшавское ш., 28А.
Заказ № 133

© ООО Издательская группа
«ГЭОТАР-Медиа», 2018

**Scientific and practical journal
«Problems of Nutrition» N 3, 2018**

6 times a year.
Founded in 1932.

The mass media registration
certificate PI N 77–14119
from 11.12.2002.

All rights reserved.

No part of the publication
can be reproduced without
the written consent of editorial office.

Any reprint of publications with consent
of editorial office should obligatory contain
the reference to the “Problems of Nutrition”
provided the work is properly cited.

The content
of the advertisements is the
advertiser’s responsibility.

Address of the editorial office

109240, Moscow, Ust’inskiy driveway, 2/14,
Federal Research Centre of Nutrition,
Biotechnology and Food Safety,
editorial office of the “Problems of Nutrition”
Phone: (495) 698-53-60, 698-53-46
Fax: (495) 698-53-79

Science editor

Vrzhenskaya O.A.:
(495) 698-53-30, red@ion.ru

Subscription index

in catalogue of “Rospechat”: **71422**
in catalogue of “The Press of Russia”: **88007**

The journal’s website: <http://vp.geotar.ru>

Publisher

GEOTAR-Media Publishing Group
Sadovnicheskaya st.,
11/12, Moscow
115035, Russia
Phone: (495) 921-39-07
www.geotar.ru

Desk editor:

Krasnikova Olga, krasnikova@geotar.ru

Proofreader: Makeeva E.I.

Layout: Kilimnik A.I.

Circulation of 3000 copies.
Format 60x90 1/8.
Offset printing. 11

LLC Poligraphic Services Center
“Raduga”.

117105, Moscow, Warsaw highway, 28A.
Order N 133

© GEOTAR-Media Publishing Group,
2018

Viktor A. Tutelyan (Moscow, Russia)
Editor-in-Chief, Academician of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Scientific supervisor of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

Dmitriy B. Nikityuk (Moscow, Russia)
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Sport Anthropology and Nutrition, Director of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

Oksana A. Vrzhesinskaya (Moscow, Russia)
Executive Secretary of the Editorial Office, PhD, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Vitamins and Minerals of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

Galina A. Puzyreva (Moscow, Russia)
Executive Secretary of the Editorial Office, PhD, Candidate of Biological Sciences, Researcher of the Laboratory of Sport Anthropology and Nutrition of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

Aleksander I. Archakov (Moscow, Russia)
Academician of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Scientific director of Institute of Biomedical Chemistry named after V.N. Orekhovich

Vugar A. Bagirov (Moscow, Russia)
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department for Coordination and Support of Organizations in the Field of Agricultural Sciences of The Federal Agency for Scientific Organizations (FASO Russia)

Aleksander K. Baturin (Moscow, Russia)
Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department “Optimal Nutrition” of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

Sergey A. Boytsov (Moscow, Russia)
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, General director of National Medical Research Center of Cardiology

Rudolf Valenta (Vienna, Austria)
Professor, Head of the Laboratory for Allergy Research of Division of Immunopathology at the Dept. of Pathophysiology and Allergy Research at the Center for Pathophysiology, Infectology and Immunology of Medical University of Vienna

Elena Z. Golukhova (Moscow, Russia)
Academician of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Non-Invasive Arrhythmology and Surgical Treatment of Combined Pathology at the V.I. Bourakovskiy Institute for Cardiac Surgery of A.N. Bakulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery

Anatoliy I. Grigoriev (Moscow, Russia)
Academician of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Vice-President of the Russian Academy of Sciences

Nina V. Zaytseva (Perm', Russia)
Academician of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Director of Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies

Vasilii A. Isakov (Moscow, Russia)
Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Gastroenterology and Hepatology of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

Alla A. Kochetkova (Moscow, Russia)
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Preventive Products of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

Irina V. Medvedeva (Tyumen, Russia)
Academician of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Rector of Tyumen State Medical University

Magan Naresh (London, United Kingdom)
Professor of Applied Mycology Cranfield Soil and Agrifood Institute

Gennady G. Onishchenko (Moscow, Russia)
Academician of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor

Victor A. Polyakov (Moscow, Russia)
Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the All-Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology – a Branch of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

Anna Yu. Popova (Moscow, Russia)
Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing

Tatiana V. Savenkova (Moscow, Russia)
Doctor of Technical Sciences, Professor, a.i. Director of All-Russian Scientific Research Institute of the Confectionery Industry – a Branch of the Gorbatov Federal Scientific Center of Food Systems

Antonina V. Starodubova (Moscow, Russia)
Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Personalized Therapy and Dietetics, Deputy Director for Scientific and Medical Work of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

Boris P. Sukhanov (Moscow, Russia)
Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Food Hygiene and Toxicology at the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

Aristides M. Tsatsakis (Cyprus)
Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, the Director of the Department of Toxicology and Forensic Sciences of the Medical School at the University of Crete and the University Hospital of Heraklion, the Chairman of the Division of Morphology of the Medical School of the University of Crete in Greece (Cyprus)

Sergey A. Khotimchenko (Moscow, Russia)
Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Food Toxicology and Safety Assessments of Nanotechnology, a.i. Director of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

EDITORIAL COUNCIL

Akimov M.Yu. (Michurinsk, Tambov Region, Russia)
Bakirov A.B. (Ufa, Russia)
Bessonov V.V. (Moscow, Russia)
Borovik T.E. (Moscow, Russia)
Bykov I.M. (Krasnodar, Russia)
Kambarov A.O. (Moscow, Russia)
Kodentsova V.M. (Moscow, Russia)
Kon I.Ya. (Moscow, Russia)
Koreshkov V.N. (Moscow, Russia)
Kuzmin S.V. (Ekaterinburg, Russia)
Mazo V.K. (Moscow, Russia)

Pogozheva A.V. (Moscow, Russia)
Popova T.S. (Moscow, Russia)
Simonenko S.V. (Moscow, Russia)
Scryabin K.G. (Moscow, Russia)
Sychik S.I. (Minsk, Belarus)
Hensel A. (Germany)
Shabrov A.V. (St. Petersburg, Russia)
Sharafetdinov Kh.Kh. (Moscow, Russia)
Sharmanov T.S. (Alma-Ata, Kazakhstan)
Sheveleva S.A. (Moscow, Russia)
Shevyreva M.P. (Moscow, Russia)

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ПИТАНИЯ

Саркисян В.А., Коденцова В.М., Бессонов В.В., Кочеткова А.А.

Витаминные и антиоксидантные свойства токоферолов: характеристика молекулярных механизмов действия

Большакова Л.С., Лисицын А.Б., Чернуха И.М., Зубцов Ю.Н., Лукин Д.Е., Люблинский С.Л.

Исследование метаболизма йодтирозинов, входящих в состав молочного йодированного белка, у крыс

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

Багрянцева О.В., Евстратова А.Д., Хотимченко С.А.

Йессотоксины: оценка риска для здоровья населения. Обоснование регламентов содержания в морепродуктах

Тармаева И.Ю., Ефимова Н.В., Ханхареєв С.С., Богданова О.Г.

Особенности фактического питания взрослого населения Республики Бурятия в современных условиях

СПОРТИВНОЕ ПИТАНИЕ

Мартинчик А.Н., Баева В.С., Пескова Е.В., Кудрявцева К.В., Денисова Н.Н., Лавриненко С.В., Камбаров А.О., Бадтиева В.А., Никитюк Д.Б.

Фактическое потребление жидкости спортсменами высокой квалификации в режиме тренировочного процесса

ЛЕЧЕБНОЕ ПИТАНИЕ

Яцына И.В., Истомин А.В., Погожева А.В., Сааркоппель Л.М.

Применение специализированного пищевого продукта при профессиональной экземе у работающих на перлитном производстве

Деревицкая О.К., Дыдыкин А.С., Асланова М.А., Сергеев В.Н., Зохранян П.Р.

Разработка продукта для энтерального питания на мясной основе

ДЕТСКОЕ ПИТАНИЕ

Краснов М.В., Боровкова М.Г., Николаева Л.А.

Вскармливание детей грудного возраста в сельской местности Чувашской Республики и Нижегородской области

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Тимакова Р.Т.

Оценка антиоксидантной активности свежих яблок разных помологических сортов после обработки ионизирующим излучением

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Щетинин М.П., Ходырева З.Р.

Научно-гигиенические подходы к разработке замороженного десерта

Перова И.Б., Малинкин А.Д., Бессонов В.В., Эллер К.И.

Исследование лигнанов и антоцианинов как основных биологически активных веществ полифенольной природы плодов лимонника китайского

ЮБИЛЕИ

Шарафетдинов Хайдер' Хамзярович
(к 60-летию со дня рождения)

PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY OF NUTRITION

Sarkisyan V.A., Kodentsova V.M., Bessonov V.V., Kochetkova A.A.

Vitamin and antioxidant properties of tocopherols: characteristic of the molecular mechanisms of action

Bolshakova L.S., Lisitsyn A.B., Chernukha I.M., Zubtsov Yu.N., Lukin D.E., Lyublinsky S.L.

The study of the metabolism of iodotyrosines included in the iodized milk protein in rats

HYGIENE OF NUTRITION

Bagryantseva O.V., Evstratova A.D., Khotimchenko S.A.

Yessotoxin: risk assessment for public health. Justification of regulations of content in seafood

Tarmaeva I.Yu., Efimova N.V., Khankhareev S.S., Bogdanova O.G.

Features of actual nutrition of the adult population in Republic of Buryatia in modern conditions

NUTRITION OF SPORTSMEN

Martinchik A.N., Baeva V.S., Peskova E.V., Kudryavtseva K.V., Denisova N.N., Lavrinenko S.V., Kambarov A.O., Badtieva V.A., Nikityuk D.B.

Actual liquid consumption by highly qualified athletes in the mode of the training process

DIET TREATMENT

Yatsyna I.V., Istomin A.V., Pogozeva A.V., Saarkoppel L.M.

Using of specialized food for the workers with skin occupational eczema of perlite production

Derevitskaya O.K., Dydykin A.S., Aslanova M.A., Sergeev V.N., Zokhrabyan P.R.

Development of a meat-based product for enteral nutrition

CHILD NUTRITION

Krasnov M.V., Borovkova M.G., Nikolaeva L.A.

Infant feeding in the rural area of Chuvash Republic and Nizhny Novgorod Region

CONTROL OF FOOD QUALITY AND SAFETY

Timakova R.T.

Evaluation of antioxidant activity of fresh apples different pomological varieties after treatment with ionizing radiation

Schetinin M.P., Khodyreva Z.R.

Scientific bases of development of frozen dessert

Perova I.B., Malinkin A.D., Bessonov V.V., Eller K.I.

Investigation of lignans and anthocyanins as the main biologically active polyphenols of *Schizandra chinensis* fruits

ANNIVERSARY

Sharafetdinov Khayder' Khamzyarovich
(to the 60th anniversary of the birth)

Для корреспонденции

Саркисян Варужан Амбарцумович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»
 Адрес: 109240, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14
 Телефон: (495) 698-53-89
 E-mail: sarkisyan@ion.ru

Саркисян В.А., Коденцова В.М., Бессонов В.В., Кочеткова А.А.

Витаминные и антиоксидантные свойства токоферолов: характеристика молекулярных механизмов действия

Vitamin and antioxidant properties of tocopherols: characteristic of the molecular mechanisms of action

Sarkisyan V.A., Kodentsova V.M., Bessonov V.V., Kochetkova A.A.

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Москва
 Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow

Методом молекулярного докинга проведено исследование структурных характеристик, обуславливающих конкурентный транспорт в кровь, а также последующее связывание с ферментами токоферолов и их метаболитов для проявления специфической биологической активности. В качестве белков-мишеней использованы α -токоферол-транспортный белок (α -ТТР), токоферол-ассоциированный белок 1 (ТАР1), циклооксигеназа-2 (СОХ-2), протеинфосфатаза 2А (РР2А) и 3-гидрокси-3-метилглутарил-кофермент А (HMG-CoA) редуктаза. В качестве лигандов были использованы RRR-токоферол (α -, β -, γ - и δ -формы), RRR-13'-карбоксихроманол (α -, β -, γ - и δ -формы) и карбоксиэтилгидрокси-хроманол (α -, β -, γ - и δ -формы). Проведенные исследования подтвердили, что среди всех гомологов наибольшее сродство к транспортным белкам α -ТТР и ТАР1 имеет α -токоферол ($\Delta G = -11,40$ и $\Delta G = -10,28$ ккал/моль соответственно). Было показано, что во всех случаях карбоксиэтилгидрокси-хроманол-метаболиты обладают наибольшей свободной энергией связывания ($\Delta G > -8$ ккал/моль), в связи с чем сделан вывод о том, что они не являются эффективными лигандами для изучаемых белков. Напротив, метаболиты 13'-карбоксихроманола при связывании как с α -ТТР, так и с ТАР1 преимущественно образовывали более устойчивые комплексы по сравнению со своими предшественниками. Впервые было показано, что комплекс γ -13'-карбоксихроманола с ТАР1 имеет меньшую свободную энергию связывания ($\Delta G = -10,64$ ккал/моль) по сравнению с комплексом α -токоферола ($\Delta G = -10,28$ ккал/моль). Также показано, что 13'-карбоксихроманол-метаболиты более эффективно связывались с ферментами СОХ-2 ($\Delta G = -9,56$ ккал/моль для комплекса с α -13'-карбоксихроманолом) и HMG-CoA редуктазой ($\Delta G = -9,46$ ккал/моль для комплекса с δ -13'-карбоксихроманолом). По отношению к белку РР2А 13'-карбоксихроманол-метаболиты обладали схожим сродством, что и их предшественники. Результаты работы свидетельствуют о возможности 13'-карбоксихроманолов конкурентно связываться

Для цитирования: Саркисян В.А., Коденцова В.М., Бессонов В.В., Кочеткова А.А. Витаминные и антиоксидантные свойства токоферолов: характеристика молекулярных механизмов действия // *Вопр. питания*. 2018. Т. 87, № 3. С. 5–11. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10025

Статья поступила в редакцию 29.11.2017. **Принята в печать** 11.05.2018.

For citation: Sarkisyan V.A., Kodentsova V.M., Bessonov V.V., Kochetkova A.A. Vitamin and antioxidant properties of tocopherols: characteristic of the molecular mechanisms of action. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (3): 5–11. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10025 (in Russian)

Received 29.11.2017. **Accepted for publication** 11.05.2018.

с транспортерами α -токоферола и выступать в качестве эффективных лигандов COX-2 и HMG-CoA, что может быть использовано с целью коррекции пищевого статуса при состояниях, сопровождающихся дефицитом токоферолов.

Ключевые слова: токоферолы, метаболизм токоферолов, карбоксиэтил-гидроксихроманол, карбоксихроманол, антиоксидантная и витаминная активность, молекулярный докинг

The molecular docking method was used to study the structural characteristics determining the competitive transport in the blood, and also the subsequent binding with enzymes of tocopherols and their metabolites to yield a specific biological activity. The target proteins were α -tocopherol-transport protein (α -TTP), tocopherol-associated protein 1 (TAP1), cyclooxygenase-2 (COX-2), protein phosphatase 2A (PP2A) and 3-hydroxy-3-methylglutaryl-Coenzyme A (HMG-CoA) reductase. RRR-tocopherol (α -, β -, γ - and δ -forms), RRR-13'-carboxyethyl hydroxychromanol (α -, β -, γ - and δ -forms) were used as ligands in this research. The conducted studies confirmed that among all homologues the α -tocopherol had the greatest affinity for the transport proteins α -TTP and TAP1 ($\Delta G = -11.40$ and $\Delta G = -10.28$ kcal/mol, respectively). It was shown that in all cases carboxyethyl hydroxychromanol metabolites had the greatest free binding energy ($\Delta G > -8$ kcal/mol), that was why it has been concluded that they were not effective ligands for the proteins under study. In contrast, the metabolites of 13'-carboxychromanol, when bound to both α -TTP and TAP1 proteins, preferentially formed more stable complexes than their precursors. It was shown for the first time that γ -13'-carboxychromanol with TAP1 has less free binding energy ($\Delta G = -10.64$ kcal/mol) in comparison to the α -tocopherol complex ($\Delta G = -10.28$ kcal/mol). It has also been shown that 13'-carboxychromanol metabolites were more efficiently bound to COX-2 enzymes ($\Delta G = -9.56$ kcal/mol for α -13'-carboxychromanol complex) and HMG-CoA reductase ($\Delta G = -9.46$ kcal/mol for the complex with δ -13'-carboxychromanol). In relation to the PP2A protein, 13'-carboxychromanol metabolites had similar affinities as their precursors. The results of the work indicate the possibility of 13'-carboxychromanols to competitively bind to α -tocopherol transporters and act as effective ligands of COX-2 and HMG-CoA, that can be used to correct nutritional status in conditions accompanied by deficiency of tocopherols.

Keywords: tocopherols, metabolism of tocopherols, carboxyethyl hydroxychromanol, carboxychromanol, antioxidant and vitamin activity, molecular docking

Ключевым вопросом для понимания витаминной и антиоксидантной активности токоферолов является описание на молекулярном уровне механизмов их физиологического и биохимического действия. Токоферолы могут оказывать положительное биологическое действие путем регулирования экспрессии генов, трансдукции сигнала, модуляции клеточных функций путем белок-мембранных взаимодействий [1, 2].

Токоферолы существуют в виде 4 гомологов (α , β , δ и γ), отличающихся по структуре и выполняемым функциям. Например, α -токоферол обладает самой высокой биологической активностью, тогда как γ -токоферол проявляет только 10–30% витаминной активности. Биодоступность разных форм токоферолов определяется их способностью связываться со специфическими белками-транспортерами [3]. В частности, была показана линейная зависимость между сродством различных форм токоферолов к α -токоферол-транспортному белку (α -TTP) и известной биологической активностью токоферолов, полученной на моделях животных. Токоферол-ассоциированный белок 1 (TAP1) связывается с некоторыми гидрофобными молекулами, способствуя их переносу между различными компартментами клетки

[5, 6]. Известно, что изоформы токоферолов, а также их метаболиты различным образом взаимодействуют с ферментами, наиболее значимые из которых циклооксигеназа-2 (COX-2), протеинфосфатаза 2A (PP2A) и 3-гидрокси-3-метилглутарил-кофермент А (HMG-CoA) редуктаза.

Актуальной проблемой в настоящее время является отсутствие исследований, которые позволили бы в рамках одной системы оценить механизм биологического действия всех изомеров токоферолов, а также их метаболитов на ключевые белки, обуславливающие их биологическую, в том числе антиоксидантную, активность. Одним из методов, позволяющих охарактеризовать подобные механизмы, является молекулярный докинг, применению которого для решения обозначенной проблемы посвящена данная работа.

Материал и методы

Структурные модели. Модели белков-мишеней, полученные методом рентгеноструктурного анализа, были загружены из базы данных <https://www.rcsb.org>

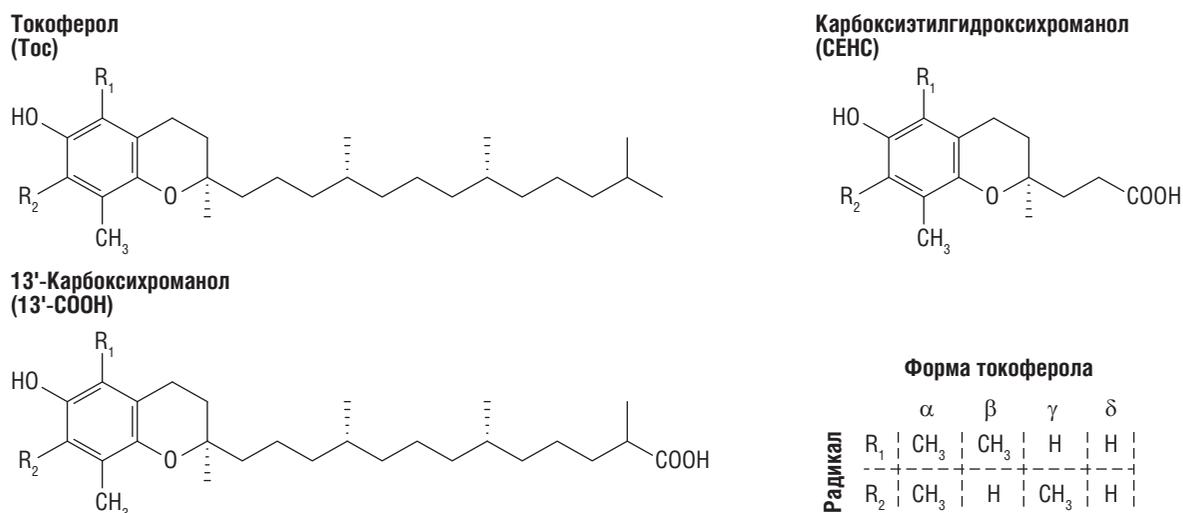


Рис. 1. Структурные формулы токоферола и изучаемых метаболитов

с соответствующими идентификационными номерами белков (PDB ID): 5MUE (α -TTP), 1OLM (TAP1), 3K7V (PP2A), 2R4F (HMG-CoA редуктаза), 5F1A (COX-2). Были использованы структурные файлы лигандов из базы <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/> со следующими идентификационными номерами (CID): 14985 (α -токоферол), 6857447 (β -токоферол), 92094 (δ -токоферол), 92729 (γ -токоферол), 9943542 (α -СЕНС), 35027084 (δ -СЕНС), 133098 (γ -СЕНС). Структуры недостающих β -СЕНС и α -, β -, δ - и γ -13'-карбоксихроманолом (13'-СООН) были составлены вручную на основе соответствующих предшественников с известной структурой (рис. 1).

Молекулярный докинг. Процедура молекулярного докинга была проведена с использованием сервиса <http://www.swissdock.ch>, работающего на базе метода EADock DSS и включающего следующие стадии анализа: установление предполагаемых полостей связывания до начала докинга, генерирование допустимых вариантов расположения лигандов в полостях связывания, применение оценочной функции и объединение полученных данных в единую оценочную систему для разделения полученных комплексов на кластеры по значению свободной энергии комплексов (ΔG) [7, 8].

Докинг был проведен в медленном режиме для получения наиболее точных результатов. В качестве результирующего значения ΔG было использовано наименьшее значение наиболее эффективного кластера. В качестве области поиска полостей в структуре белка была использована вся поверхность белковых молекул с целью выявления наиболее энергетически выгодных комплексов исследуемых лигандов, в том числе вне активных центров исследуемых белков.

С целью обеспечения воспроизводимости результатов проведенных исследований все первичные данные, полученные в ходе эксперимента по докингу, размещены в открытом доступе по постоянной ссылке: <http://dx.doi.org/10.17632/8474w5676s.1>.

Анализ результатов. Визуализация и анализ данных были проведены с использованием программы UCSF Chimera [9]. Сравнение значений ΔG полученных белок-лигандных комплексов было проведено при помощи *U*-критерия Манна-Уитни. Статистическая обработка и построение диаграмм были осуществлены с использованием программы RStudio 3.3.2 [10].

Результаты

Составленный пул лигандов представляет собой гомологичный ряд монофенолов, представленных четырьмя гомологами, которые отличаются друг от друга количеством и расположением метильных групп в их структурах и обладают четко выраженной динамикой изменения физико-химических характеристик (см. таблицу).

Как видно из представленных в таблице данных, одновременно со снижением молекулярной массы в ряду $\alpha > \beta > \gamma > \delta$ наблюдается незначительное снижение значения коэффициента разделения (гидрофобности) лигандов. Одинаковое увеличение общей площади полярной поверхности для метаболитов связано с наличием карбоксильной группы на конце фитиловой цепи и ее остатка.

Согласно критериям Липинского, токоферолы и 13'-СООН-метаболиты в силу своих физико-химических свойств не способны усваиваться организмом в нативном виде, в то время как СЕНС-метаболиты в силу своей гидрофильности не имеют подобных ограничений и могут абсорбироваться без специфических транспортных белков [11].

Учитывая данный факт, а также принимая во внимание, что транспортные белки α -TTP и TAP1 относятся к классу Sec14-подобных белков, для которых характерно наличие липофильного домена CRAL-TRIO, в котором идет связывание и перенос липидных ли-

гандов [4], с данными белками был проведен докинг только токоферолов и 13'-COOH-метаболитов. Для остальных белков был проведен докинг со всеми лигандами.

Результаты исследований α -ТТР и ТАР1 представлены на рис. 2. Как показано на рис. 2 А, Б, в случае обоих транспортных белков исследуемые лиганды связаны в липофильном домене в непосредственной близости с нативными лигандами (расположение нативных лигандов, определенное методом рентгенструктурного анализа, считается наиболее энергетически выгодным). В связи с этим выбранный метод молекулярного докинга применим по отношению к изучаемым структурам.

Наибольшее сродство к α -ТТР проявил α -токоферол ($\Delta G = -11,40$ ккал/моль), при этом характерно, что метаболиты всех форм токоферола обладали схожим или большим сродством к данному белку по сравнению со своим предшественником, но не большим, чем для α -токоферола. В случае ТАР1 наибольшим сродством среди токоферолов обладал α -токоферол ($\Delta G = -10,28$ ккал/моль), при этом γ -13'-COOH-метаболит обладал большим сродством к данному белку ($\Delta G = -10,64$ ккал/моль) по сравнению с α -токоферолом и α -13'-COOH ($\Delta G = -10,10$ ккал/моль).

Как видно на диаграммах размаха значений свободной энергии для комплексов белок–лиганд (рис. 2, В), отсутствуют значимые различия данного показателя между группой токоферолов и 13'-COOH-метаболитов. Стоит отметить, что для ТАР1 имеется незначительная тенденция к снижению значения ΔG в группе 13'-COOH-метаболитов. В то же время, как показано на рис. 2, Г, форма гомолога токоферола или 13'-COOH-метаболита при связывании с транспортными белками существенно влияет на значения ΔG комплексов.

На рис. 3 (А–В) показаны комплексы исследуемых белков с лигандами, обладающие наименьшей свободной энергией.

Наибольшим сродством к HMG-CoA редуктазе обладает δ -13'-COOH-метаболит ($\Delta G = -9,46$ ккал/моль). При этом отмечено, что докинг всех изученных лигандов происходит в области связывания белка с мембраной эндоплазматического ретикулума.

Наиболее устойчивые комплексы с белком РР2А образует β -токоферол ($\Delta G = -8,66$ ккал/моль), при этом 13'-COOH-метаболиты обладают немного меньшим сродством к данному белку. Связывание лигандов происходило преимущественно между структурной А и каталитической С-субъединицами.

При анализе результатов докинга СОХ-2 было установлено, что среди изученных лигандов наибольшим сродством к нему обладает α -13'-COOH-метаболит ($\Delta G = -9,56$ ккал/моль), находящийся в центре связывания протопорфирина IX – характерном домене для всех изучаемых лигандов. Ни один из исследованных лигандов не связался в каталитическом центре по причине стерических ограничений. Для 13'-COOH-метаболитов характерно снижение сродства к СОХ-2 по сравнению с предшественниками.

Как видно на диаграммах размаха значений свободной энергии комплексов (см. рис. 3, Г), для всех 3 белков характерно достоверно низкое сродство к СЕНС-метаболитам независимо от формы токоферола-предшественника. Для белков HMG-CoA редуктазы и СОХ-2 отмечена тенденция к снижению значения ΔG в группе 13'-COOH-метаболитов по сравнению с группой токоферолов. В отличие от комплексов с транспортными белками, в данном случае (см. рис. 3, Д) свободная энергия комплексов в меньшей степени зависит от формы гомолога.

Обсуждение

Связывание всех исследуемых токоферолов и 13'-COOH-метаболитов происходит непосредственно

Расчетные физико-химические характеристики изучаемых лигандов

Лиганд	ММ	XLogP	КПС	nНакц	nДон	ОППП
α -Тос	430,381	10,695	12	0	1	29,46
β -Тос	416,365	10,514	12	0	1	29,46
γ -Тос	416,365	10,514	12	0	1	29,46
δ -Тос	402,350	10,333	12	0	1	29,46
α -13'-COOH	460,355	8,606	13	2	2	66,76
β -13'-COOH	446,340	8,425	13	2	2	66,76
γ -13'-COOH	446,340	8,425	13	2	2	66,76
δ -13'-COOH	432,324	8,244	13	2	2	66,76
α -СЕНС	278,152	2,029	3	2	2	66,76
β -СЕНС	264,136	1,848	3	2	2	66,76
γ -СЕНС	264,136	1,848	3	2	2	66,76
δ -СЕНС	292,167	2,676	3	2	2	66,76

Примечание. ММ – молекулярная масса; XLogP – коэффициент разделения; КПС – количество подвижных связей; nНакц – количество акцепторов водорода; nДон – количество доноров водорода; ОППП – общая площадь полярной поверхности.

в активном центре α TTP, что свидетельствует о конкурентном связывании всех форм токоферолов и их метаболитов с данным белком. При этом α -токоферол и его 13'-COOH-метаболит обладают наибольшим сродством к транспортеру. Данный результат является показательным в свете объяснения механизма высокой биодоступности α -токоферола по сравнению с другими формами токоферола при поступлении с пищей. Таким образом, для восполнения дефицита токоферолов целесообразно использовать только пищевые источники, богатые α -токоферолом.

С другой стороны, результаты, полученные при изучении TAP1, свидетельствуют о высокой роли γ -13'-COOH

в процессе внутриклеточного транспорта в связи с тем, что данный метаболит проявляет большую аффинность к TAP1 по сравнению как с α -токоферолом, так и с α -13'-COOH. Данный белок экспрессируется преимущественно в мозге, печени и почках, поэтому специфические биологические эффекты γ -13'-COOH в первую очередь целесообразно изучать при профилактике и диетотерапии заболеваний, связанных со снижением антиоксидантного статуса именно в этих органах, в том числе при нейродегенеративных заболеваниях и метаболическом синдроме.

Результаты моделирования взаимодействия изучаемых лигандов с COX-2 показали, что высоким сродством

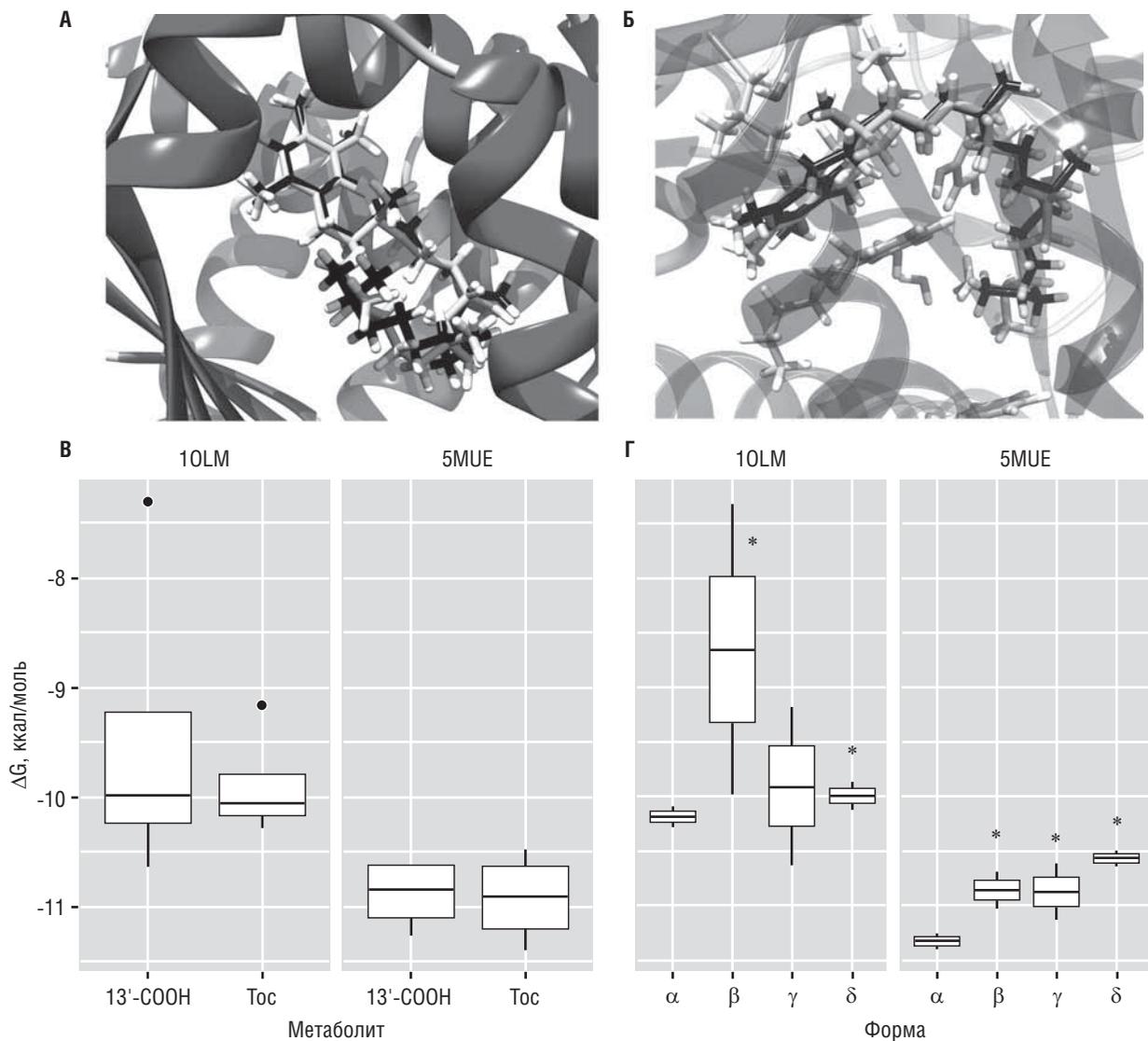


Рис. 2. Результаты исследования взаимодействия токоферолов и 13'-карбоксихроманол-метаболитов с α -токоферол-транспортным белком (А), токоферол-ассоциированным белком 1 (Б) и диаграммы размаха значений ΔG в зависимости от типа метаболита (В) и формы токоферола (Г)

Исследуемые лиганды изображены черным цветом, нативные лиганды – белым; * – группы статистически значимо ($p < 0,05$) отличающиеся от α -формы; • – выбросы значений.

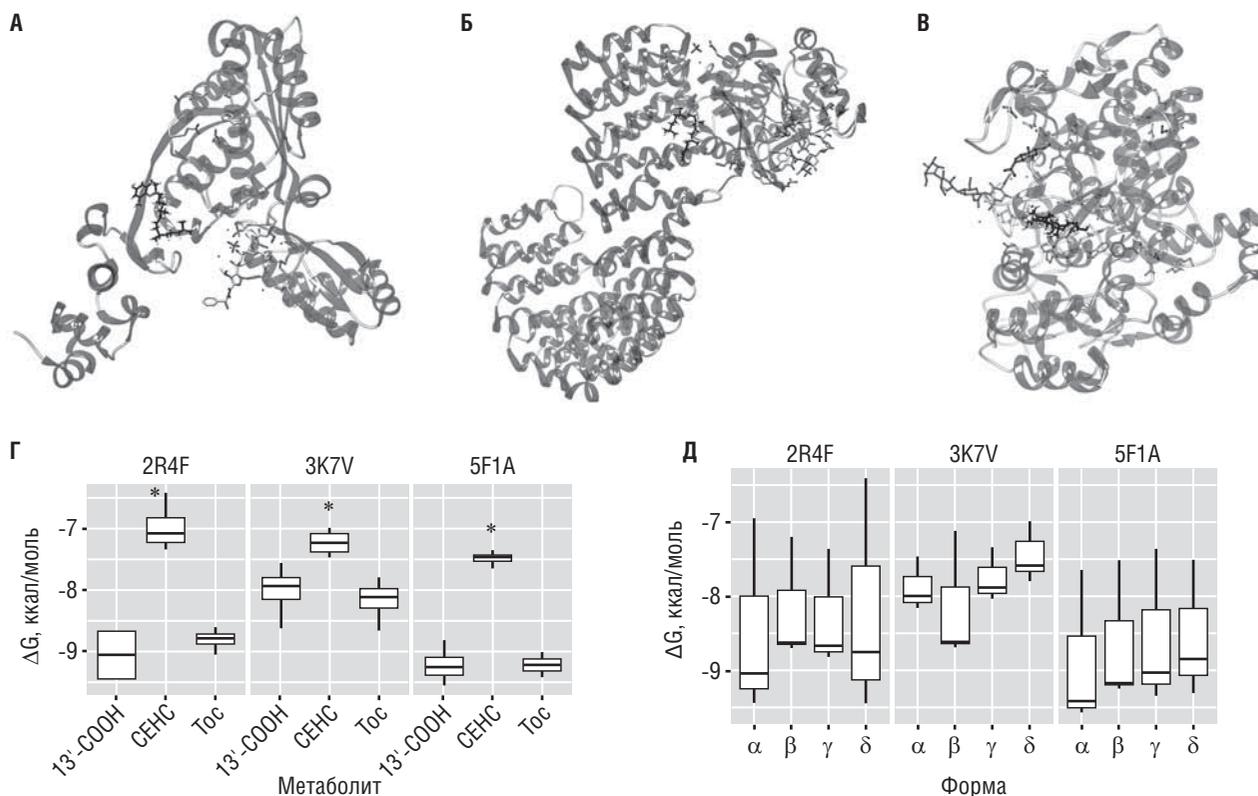


Рис. 3. Результаты исследования взаимодействия лигандов с 3-гидрокси-3-метилглутарил-кофермент А редуктазой (А), протеинфосфатазой 2А (Б), циклооксигеназой-2 (В) и диаграммы размаха значений ΔG в зависимости от типа метаболита (Г) и формы токоферола (Д)

Лиганды изображены черным цветом; * – группы, статистически значимо ($p < 0,05$) отличающиеся от группы токоферолов.

по отношению к данному ферменту обладают как α -, так и γ - формы токоферолов, при этом для γ -13'-COOH-метаболит обладал большим сродством, чем его предшественник. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что γ -токоферол может служить потенциальным ингибитором СОХ-2 при развитии воспалительных процессов, при этом для оценки эффективности его использования в качестве биомаркера целесообразно использовать концентрацию γ -13'-COOH в крови.

Впервые было показано, что 13'-COOH-метаболиты токоферолов обладают более высоким сродством к HMG-CoA редуктазе по сравнению с их предшественниками. Благодаря этому можно предположить, что 13'-COOH-метаболиты токоферолов могут выступать в роли пищевых биологически активных веществ гипохолестеринемического действия.

Низкое сродство изучаемых лигандов к С-концевому хвосту PP2A не позволяет сделать однозначных выводов о механизме действия различных форм токоферолов и их метаболитов как специфических активаторов данного фермента. Тем не менее на основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что экспериментально подтвержденная активация PP2A связана с изменением конформации белка в данной области, что может привести к наблюдаемым эффектам.

Заключение

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что эффективность воздействия токоферолов и их метаболитов на организм человека зависит от химической природы действующего вещества. Для детализации механизма такого воздействия необходимо глубокое понимание природы воздействия конкретной формы токоферола или его метаболита на отдельные ферментные системы, обеспечивающие необходимый статус физиологических и биохимических функций организма.

В данной работе было показано, что 13'-COOH-метаболиты могут обладать повышенным сродством к различным ферментам в зависимости от формы (α , β , γ или δ) предшествующего им токоферола. Результаты исследований дополнили представление о роли 13'-COOH-метаболитов как эффективных ингибиторов СОХ-2 и активаторов PP2A. Таким образом, указанные ферменты представляют собой перспективные мишени для изучения свойств данных метаболитов в комплексе исследований, связанных с разработкой биологически активных добавок к пище и формированием оптимальных рационов питания с учетом вклада отдельных форм токоферолов.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-16-00055).

Сведения об авторах

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва):

Саркисян Варужан Амбарцумович – старший научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов

E-mail: sarkisyan@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5911-610X>

Коденцова Вера Митрофановна – доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией витаминов и минеральных веществ

E-mail: kodentsova@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5288-1132>

Бессонов Владимир Владимирович – доктор химических наук, заведующий лабораторией химии пищевых продуктов

E-mail: bessonov@ion.ru

Кочеткова Алла Алексеевна – доктор технических наук, профессор, заведующая лабораторией пищевых биотехнологий и специализированных продуктов

E-mail: kochetkova@ion.ru

Литература/References

- Brigelius-Flohe R., Traber M.G. Vitamin E: function and metabolism. *FASEB J.* 1999; 13 (10): 1145–55.
- Shahidi F., De Camargo A.C. Tocopherols and tocotrienols in common and emerging dietary sources: Occurrence, applications, and health benefits. *Int J Mol Sci.* 2016; 17 (10): 1745.
- Hosomi A., Arita M., Sato Y., Kiyose C., Ueda T., Igarashi O., et al. Affinity for α -tocopherol transfer protein as a determinant of the biological activities of vitamin E analogs. *FEBS Lett.* 1997; 409 (1): 105–8.
- Schmolz L. Complexity of vitamin E metabolism. *World J Biol Chem.* 2016; 7 (1): 14.
- Yamauchi J., Iwamoto T., Kida S., Masushige S., Yamada K., Esashi T. Tocopherol-associated protein is a ligand-dependent transcriptional activator. *Biochem Biophys Res Commun.* 2001; 285 (2): 295–9.
- Zimmer S., Stocker A., Sarbolouki M.N., Spycher S.E., Sasson J., Azzi A. A novel human tocopherol-associated protein: Cloning, in vitro expression, and characterization. *J Biol Chem.* 2000; 275 (33): 25672–80.
- Grosdidier A., Zoete V., Michielin O. Fast docking using the CHARMM force field with EADock DSS. *J Comput Chem.* 2011; 32 (10): 2149–59.
- Grosdidier A., Zoete V., Michielin O. SwissDock, a protein-small molecule docking web service based on EADock DSS. *Nucleic Acids Res.* 2011; 39 (Suppl. 2): W270–7.
- Pettersen E.F., Goddard T.D., Huang C.C., Couch G.S., Greenblatt D.M., Meng E.C., et al. UCSF Chimera – a visualization system for exploratory research and analysis. *J Comput Chem.* 2004; 25: 1605–12.
- RStudio: integrated development for R. RStudio, Inc., Boston, MA. <http://www.rstudio.com>. 2015.
- Lipinski C.A., Lombardo F., Dominy B.W., Feeney P.J. Experimental and computational approaches to estimate solubility and permeability in drug discovery and development settings. *Adv Drug Deliv Rev.* 2001; 46 (1–3): 3–26.
- Jiang Q., Elson-Schwab I., Courtemanche C., Ames B.N. Gamma-tocopherol and its major metabolite, in contrast to alpha-tocopherol, inhibit cyclooxygenase activity in macrophages and epithelial cells. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2000; 97 (21): 11494–9.
- Jiang Q., Yin X., Lill M.A., Danielson M.L., Freiser H., Huang J. Long-chain carboxychromanols, metabolites of vitamin E, are potent inhibitors of cyclooxygenases. *Proc Natl Acad Sci National Academy of Sciences.* 2008; 105 (51): 20464–9.
- Kamal-Eldin A., Pettersson D., Appelqvist L.-A. Sesamin (a compound from sesame oil) increases tocopherol levels in rats fed ad libitum. *Lipids.* 1995; 30 (6): 499–505.
- Wada S., Naito Y., Matsushita Y., Kawai M., Minami E., Aoi W., et al. δ -Tocotrienol suppresses tumorigenesis by inducing apoptosis and blocking the COX-2/PGE2 pathway that stimulates tumor-stromal interactions in colon cancer. *J Funct Foods Elsevier.* 2017; 35: 428–35.
- Liu Y., Xu Z.M., Yang G.Y., Yang D.X., Ding J., Chen H., et al. Sesamin alleviates blood-brain barrier disruption in mice with experimental traumatic brain injury. *Acta Pharmacol Sin.* 2017; 38 (11): 1445–55.

Для корреспонденции

Большакова Лариса Сергеевна – кандидат биологических наук, доцент, профессор кафедры технологии организации и гигиены питания ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет экономики и торговли»
 Адрес: 302028, г. Орел, ул. Октябрьская, д. 12
 Телефон: (4862) 25-50-17
 E-mail: ogietitf@yandex.ru

Большакова Л.С.¹, Лисицын А.Б.², Чернуха И.М.², Зубцов Ю.Н.¹, Лукин Д.Е.³, Люблинский С.Л.³

Исследование метаболизма йодтирозинов, входящих в состав молочного йодированного белка, у крыс

The study of the metabolism of iodotyrosines included in the iodized milk protein in rats

Bolshakova L.S.¹, Lisitsyn A.B.², Chernukha I.M.², Zubtsov Yu.N.¹, Lukin D.E.³, Lyublinsky S.L.³

- ¹ ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет экономики и торговли»
- ² ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва
- ³ ООО «Фонд развития науки», Москва
- ¹ Orel State University of Economics and Trade
- ² V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems, Moscow
- ³ The Fund for the Development of Science, Moscow

В ходе эволюции у животных и человека выработалась сложная и эффективная система по обеспечению организма йодом в виде различных органических и неорганических соединений. Метаболизм неорганического йода изучен достаточно хорошо, в отличие от механизма усвоения его органических соединений. Среди последних особый интерес вызывают йодтирозины, входящие в состав йодированных молочных белков. С целью установления особенностей биотрансформации йодтирозинов в организме животных определяли их концентрацию, а также концентрацию тирозина в плазме крови крыс линии Вистар возрастом 8–10 нед после однократного введения йодированных молочных белков. Для сравнения параллельно группа животных получала йодид калия. Исследуемые препараты вводили внутривенно зондом в виде водных растворов в дозе, эквивалентной 30 мкг йода на 1 кг массы тела. Содержание моно- и дийодтирозина в плазме крови крыс определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором, тирозина – на автоматическом аминокислотном анализаторе. Показатели регистрировали до введения и через 1, 4 и 24 ч после введения препаратов. В ходе проведенных исследований установлено, что при однократном введении йодированных молочных белков в плазме крови крыс наблюдается значительное увеличение концентраций моно- и дийодтирозина. Максимальный уровень йодированных аминокислот, превышающий контрольные значения более чем в 6 раз, зафиксирован через 4 ч после поступления в организм животных йодсодержащих органических соединений. В этот же временной интервал в одной из экспериментальных групп, полу-

Для цитирования: Большакова Л.С., Лисицын А.Б., Чернуха И.М., Зубцов Ю.Н., Лукин Д.Е., Люблинский С.Л. Исследование метаболизма йодтирозинов, входящих в состав молочного йодированного белка, у крыс // *Вопр. питания*. 2018. Т. 87, № 3. С. 12–17. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10026

Статья поступила в редакцию 14.02.2018. **Принята в печать** 11.05.2018.

For citation: Bolshakova L.S., Lisitsyn A.B., Chernukha I.M., Zubtsov Yu.N., Lukin D.E., Lyublinsky S.L. The study of the metabolism of iodotyrosines included in the iodized milk protein in rats. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (3): 12–7. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10026 (in Russian)

Received 14.02.2018. **Accepted for publication** 11.05.2018.

чащей йодированный молочный белок, наблюдалось увеличение концентрации тирозина. Одновременное присутствие в плазме крови тирозина и его йодированных производных может свидетельствовать о том, что моно- и диiodотирозин способны поступать в системный кровоток без метаболических превращений в печени. При введении йодида калия увеличение в крови крыс концентрации моноiodотирозина на 35% по сравнению с контролем наблюдалось только через 24 ч, что может быть следствием активизации работы щитовидной железы за счет поступления повышенного количества йода.

Ключевые слова: йод, молочный йодированный белок, метаболизм йодотирозин, крысы

In the course of evolution in animals and humans, a complex and effective system for providing the body with iodine in the form of various organic and inorganic compounds was developed. The metabolism of inorganic iodine has been studied quite well, in contrast to the mechanism of assimilation of its organic compounds. Among the latter, iodotyrosines, which are part of iodinated milk proteins, are of particular interest. To distinguish the peculiarities of the biotransformation of iodotyrosines in the animals' organism, their concentration and the concentration of tyrosine in blood plasma of rats after single administration of iodinated milk proteins were determined. For comparison, in parallel a group of animals received potassium iodide. The tested preparations were administered intragastrically with a probe in the form of aqueous solutions at a dose equivalent to 30 µg iodine per 1 kg of body weight. The level of mono- and diiodotyrosine in rat blood plasma was determined by HPLC with a mass spectrometer detector. The tyrosine content was determined on an automatic amino acid analyzer. The registration of the indices was carried out before the administration and 1, 4 and 24 hours after the administration of the substances. In the course of the conducted studies it was found that when iodinated milk proteins are once administered, a significant increase in the concentrations of monoiodotyrosine and diiodotyrosine is observed. The maximum level of iodinated amino acids, exceeding the control values by more than 6 fold, was recorded 4 hours after the ingestion of iodine-containing organic compounds into the body. At the same time interval, an increase in the concentration of tyrosine was observed in one of the experimental groups receiving iodinated milk protein. The simultaneous presence of tyrosine and its iodinated derivatives in blood plasma may indicate that monoiodotyrosine and diiodotyrosine are capable of being absorbed into the systemic bloodstream without metabolic transformations in the liver. Under introduction of potassium iodide, an increase in blood plasma concentration of monoiodotyrosine by 35% compared to the control was observed only after 24 hours, which may be a consequence of the activation of the thyroid gland due to the intake of an increased amount of iodine.

Keywords: iodine, milk iodinated protein, metabolism of iodotyrosines, rats

Уровень обеспечения организма человека и животных поступающими с пищей биологически активными веществами оказывает выраженное влияние на его метаболический и физиологический статус [1–3]. Общеизвестна роль йода в синтезе тироксина и трийодтиронина, а также зависимость образования этих гормонов щитовидной железы от снабжения организма йодом [4–8]. Соединения йода, которые могут служить источниками этого микроэлемента для организма, можно разделить на вещества неорганической природы, диссоциирующие с образованием йодид- и йодат-ионов, и органические соединения, в которых йод связан ковалентно с органической матрицей, чаще всего с аминокислотами, например с тирозином [9]. В ходе эволюции у животных и человека выработалась сложная и эффективная система по обеспечению организма йодом [10–13]. Считается, что в щитовидную железу йод может поступать только в форме йодид-иона, поскольку именно за счет

окисления йодида в более реакционно-способную форму происходит йодирование тирозиновых остатков в молекуле тиреоглобулина [14]. Ковалентно связанный йод, поступая через пищеварительный тракт в печень, под действием ферментов отщепляется от органического носителя и в виде йодида поступает в системный кровоток и в щитовидную железу [9]. Данное утверждение основано на том, что печень способна метаболизировать йодсодержащие соединения путем дейодирования [15]. Однако щитовидная железа также содержит микросомальную дегалогеназу, которая катализирует дейодирование моно- и диiodотирозина, образующихся при протеолизе тиреоглобулина [16, 17]. Таким образом, высказываемое многими исследователями мнение о главной регулирующей роли дегалогеназ печени в усвоении и метаболизме органического йода сильно упрощено и спорно. Для правильного понимания процесса обмена органического йода в организме животных и человека необхо-

димо проведение исследований для уточнения основных физиолого-биохимических механизмов усвоения и метаболизма ковалентно связанного йода.

Цель данной работы – сравнительное изучение в опытах на крысах метаболизма йодтирозинов, входящих в состав йодированных молочных белков либо образующихся при введении йодида калия.

Материал и методы

При выполнении работы были использованы экспериментальный йодированный молочный белок (ЭБ) (ООО «Фонд развития науки», РФ) [18], йодированный молочный белок «Йодказеин» (ЙК) (ООО «НПК Медбиофарм», РФ) [19], а также йодид калия (ПАО «НПО «Йодобром», РФ). В ЭБ матрицей для йодирования выступают сывороточные белки, в ЙК – казеин. Основной ароматической аминокислотой, вступающей с йодом в реакцию замещения, при производстве обоих йодированных молочных белков является тирозин. Гидроксил тирозина, связанный с ароматическим кольцом, представляет собой сильнейший орто-пара-ориентант, особенно в щелочной среде. Валентные электроны атома кислорода оказываются частично рассредоточеными в орто-положения бензольного ядра, и тем самым создаются условия для прохождения реакции электрофильного замещения. Йод встраивается в молекулу тирозина, образуя прочную связь с углеродом, и одновременно приобретает положительную степень окисления (I⁺). Результатом взаимодействия йодирующего агента с тирозином является образование как моно-, так и дийодпроизводного (монойодтирозин и дийодтирозин соответственно).

Проведенное исследование структуры и подлинности йодированных молочных белков подтвердили наличие в их составе моно- и дийодтирозинов. Характеристика йодированных молочных белков представлена в табл. 1.

Исследование проведено на крысах линии Вистар возрастом 8–10 нед, полученных из лицензированного источника (филиал «Андреевка» ФГБНУ «Научный центр биомедицинских технологий» ФМБА России). Поступивших животных до начала эксперимента содержали в течение 5 дней в карантинной комнате для адаптации при групповом содержании в клетках. Содержание грызунов и все манипуляции с ними проводили в условиях вивария ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН с учетом существующих этических норм и правил в строгом соответствии с про-

токолом исследований и действующей нормативной документацией [20–22]. Животных размещали группами по 6 особей в пластиковых клетках («TECNIPLAST», Италия) тип IV S на подстилке из мелкой древесной стружки при свободном доступе к воде и пище. Для кормления использовали стандартный полнорационный комбикорм по ГОСТ Р 50258 (ООО «Лабораторкорм», РФ). В качестве питья крысы получали водопроводную воду. Корм и воду животные получали *ad libitum*.

После прохождения карантина животных произвольно распределяли на 4 группы: 1-я группа состояла из интактных крыс ($n=16$); 2-я группа состояла из крыс ($n=12$), которым вводили ЭБ; 3-я группа состояла из крыс ($n=12$), которым вводили ЙК; крысам ($n=12$) 4-й группы вводили йодид калия. Исследуемые препараты вводили внутрижелудочно зондом в виде водных растворов однократно. Дозировки составили для ЭБ – 1500 мкг/кг; для ЙК – 429 мкг/кг; для йодида калия – 39 мкг/кг, что соответствует 30 мкг йода на 1 кг массы тела (эквивалент 300 мкг йода в сутки для человека средней массой тела 60 кг с учетом коэффициента межвидового переноса доз, равного 6). После введения препаратов животные подвергались пищевой депривации не более чем на 24 ч.

Перед введением исследуемых образцов, через 1, 4 и 24 ч после введения по 4 животных из каждой группы подвергали эвтаназии в CO₂-камере («VetTech», Великобритания) и отбирали биологический материал. Плазму крови для определения йодтирозинов хранили при -30 С°. Содержание моно- и дийодтирозинов в плазме крови крыс определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором по ГОСТ 33422-2015 [23]; содержание тирозина определяли на автоматическом аминокислотном анализаторе LC 3000 («Eppendorf – Biotronic», Германия).

Результаты исследований обрабатывали параметрическими методами вариационной статистики с использованием *t*-критерия Стьюдента для несвязанных совокупностей [24]. Для расчета достоверности различий двух выборок при уровне значимости $p < 0,05$ определяли среднее арифметическое (M), среднее квадратичное отклонение (σ), коэффициент вариации (V), среднюю ошибку средней арифметической (m).

Результаты и обсуждение

Метаболизм аминокислот в организме животных начинается с их высвобождения из белков пищи в ходе

Таблица 1. Характеристика йодированных молочных белков

Показатель	Экспериментальный йодированный молочный белок	Йодированный молочный белок на основе казеина
Массовая доля йода, %	2	7
Содержание монойодтирозинов, %	1,32	0,38
Содержание дийодтирозинов, %	0,64	1,2
Содержание тирозина, %	3,35	3,61

Таблица 2. Содержание моноидтирозина, дийодтирозина и тирозина в плазме крови крыс при пероральном введении молочных йодированных белков и йодида калия ($n=4$)

Время/ параметр	Моноидтирозин, нг/мл				Дийодтирозин, нг/мл				Тирозин, мг/мл			
	1-я группа	2-я группа	3-я группа	4-я группа	1-я группа	2-я группа	3-я группа	4-я группа	1-я группа	2-я группа	3-я группа	4-я группа
0 ч												
<i>M</i>	0,093	–	–	–	0,05	–	–	–	0,013	–	–	–
σ	0,01	–	–	–	0,01	–	–	–	0,001	–	–	–
<i>V</i>	10,35	–	–	–	16,33	–	–	–	7,23	–	–	–
<i>m</i>	0,01	–	–	–	0	–	–	–	0	–	–	–
1 ч												
<i>M</i>	0,098	0,11	0,138*	0,078	0,048	0,043	0,045	0,035	0,013	0,014	0,013	0,013
σ	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>V</i>	9,82	7,42	6,96	12,35	20,16	22,53	28,69	36,89	8,88	3,51	4,62	7,51
<i>m</i>	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0
4 ч												
<i>M</i>	0,08	0,72*	0,57*	0,1	0,04	0,27*	0,06	0,04	0,012	0,016*	0,012	0,012
σ	0,02	0,07	0,05	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>V</i>	20,7	9,48	9,28	18,26	40	12,47	23,57	22,53	4,08	3,17	3,98	4,62
<i>m</i>	0,01	0,04	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0	0	0	0
24 ч												
<i>M</i>	0,085	0,31*	0,27*	0,115*	0,04	0,155*	0,048	0,05	0,012	0,013	0,013	0,012
σ	0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>V</i>	15,19	10,87	12,35	11,23	20,41	8,33	35,95	16,33	4,08	4,62	4,62	6,8
<i>m</i>	0,01	0,02	0,02	0,01	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0

* – статистически значимые отличия ($p<0,05$) от показателя животных контрольной группы согласно *t*-критерию Стьюдента.

протеолиза последних в желудочно-кишечном тракте. Свободные аминокислоты быстро всасываются в кишечнике, попадают в портальную систему и, следовательно, в печень [19].

Возможно 2 пути пресистемного метаболизма йодтирозинов, образующихся при протеолизе йодированных молочных белков. Первый путь связан с дейодированием йодтирозинов под действием дегалогеназ печени с образованием тирозина и йодид иона. Второй путь предполагает поступление в системный кровоток неизмененных моно- и дийодтирозина. В первом случае с течением времени в крови должна увеличиваться концентрация только тирозина, во втором – будет расти концентрация как тирозина (поскольку он входит в состав йодированных молочных белков), так и йодтирозинов.

С целью установления особенностей биотрансформации йодтирозинов при первичном прохождении печени определяли их концентрацию, а также концентрацию тирозина в плазме крови крыс после однократного введения йодированных белков. Для сравнения параллельно животные 4-й группы получали йодид калия. Результаты представлены в табл. 2.

Проведенная оценка содержания моно-, дийодтирозина и тирозина в плазме крови крыс контрольной группы в течение 24 ч не выявила значимых изменений концентрации указанных аминокислот в различные временные интервалы, что свидетельствует об относительно постоянном уровне данных соединений в крови животных.

Из данных табл. 2 видно, что через 1 ч после введения препаратов наблюдалось увеличение по сравнению с контролем концентрации моноидтирозина в крови крыс только 3-й группы (на 40,8%), уровни дийодтирозина и тирозина у всех опытных животных были сопоставимы с показателями крыс контрольной группы.

Через 4 ч после введения исследуемых субстанций концентрация моноидтирозина у животных 2-й группы выросла в 8,6 раза, 3-й группы – в 6,9 раза, в 4-й группе не изменилась. Концентрация дийодтирозина увеличилась только у крыс 2-й группы (в 7,1 раза). В 3-й группе, хотя и наблюдалось увеличение концентрации дийодтирозина, значимых отличий не установлено. Уровень тирозина изменился в сторону увеличения только у животных 2-й группы (на 28%), у животных других групп он соответствовал контролю.

Через 24 ч после однократного введения йодированных белков концентрация моноидтирозина у животных 2-й и 3-й групп хотя и снизилась по сравнению с показателем после 4 ч, по-прежнему превышала контрольный уровень в 3,6 и 3,2 раза соответственно. Выше контрольного значения был уровень моноидтирозина и в 4-й группе на 35,3%. Концентрация дийодтирозина у крыс 2-й группы уменьшилась по отношению к 4 ч, но все равно была выше, чем в контроле, в 3,9 раза. В 3-й и 4-й группах по этому показателю различий с контролем не установлено. Содержание тирозина было одинаково во всех экспериментальных группах.

Анализ полученных данных показывает, что введение в организм животных ЭБ приводит к значительному увеличению концентрации в крови как моноидтирозина, так и дийодтирозина. Более высокая концентрация в плазме моноидтирозина по сравнению с дийодтирозином соответствует содержанию аминокислот в йодированном белке: 1,32% моноидтирозина и 0,64% дийодтирозина. Максимальная концентрация йодированных аминокислот (из зафиксированных) была установлена через 4 ч после поступления в организм животных ЭБ. В этот же временной интервал наблюдается увеличение концентрации тирозина. Эти данные согласуются с тем, что время переваривания сывороточных белков молока составляет 2–3 ч. Соответственно, по истечении этого времени концентрация аминокислот в крови будет максимальной, а затем начнет снижаться, что и подтверждается полученными результатами. Одновременное присутствие в плазме крови тирозина и его йодированных производных может свидетельствовать о том, что моно- и дийодтирозин способны поступать в системный кровоток без метаболических превращений в печени.

При введении животным ЙК в плазме крови наблюдался рост концентрации только моноидтирозина. Казеин переваривается дольше, чем сывороточные белки: время переваривания казеина составляет порядка 6 ч. Измерение показателей осуществлялось через 1, 4 и 24 ч после приема йодированного белка, что, возможно, не позволило зафиксировать изменения концентрации

тирозина и дийодтирозина. Можно предположить, что моноидтирозин, находясь на поверхности белковой молекулы, легче и быстрее высвобождается из состава белка. Наличие в крови моноидтирозина в высокой концентрации подтверждает возможность поступления в системный кровоток йодированных аминокислот.

Некоторое увеличение в крови концентрации моноидтирозина через 24 ч после введения йодида калия можно объяснить более активным синтезом тиреоидных гормонов после поступления повышенного количества йода в виде йодид-иона в цитовидную железу. Моно- и дийодтирозины образуются в железе при протеолизе тиреоглобулина и могут поступать в кровоток вместе с гормонами.

Таким образом, в ходе проведенных исследований установлено, что при однократном введении йодированных молочных белков, содержащих йодированные аминокислоты, в плазме крови крыс значительно повышаются концентрации моно- и дийодтирозина. Это свидетельствует о том, что йодтирозины при первом прохождении через печень могут не подвергаться биотрансформации и поступать в системный кровоток в неизменном виде. Данные, полученные в настоящем исследовании, расширяют имеющиеся представления о путях пресистемного метаболизма органических соединений йода.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об авторах

Большакова Лариса Сергеевна – кандидат биологических наук, доцент, профессор кафедры технологии организации и гигиены питания ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет экономики и торговли»

E-mail: ogietif@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4074-4461>

Лисицын Андрей Борисович – академик РАН, доктор технических наук, профессор, научный руководитель ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» (Москва)

E-mail: info@fncps.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4079-6950>

Чернуха Ирина Михайловна – доктор технических наук, профессор, руководитель научного направления ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» (Москва)

E-mail: imcher@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4298-0927>

Зубцов Юрий Николаевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой технологии, организации и гигиены питания ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет экономики и торговли»

E-mail: ogietif@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6088-1909>

Лукин Дмитрий Евгеньевич – директор по развитию ООО «Фонд развития науки» (Москва)

E-mail: dyufelix@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-9479-2552>

Люблинский Станислав Людвигович – кандидат химических наук, директор по науке ООО «Фонд развития науки» (Москва)

E-mail: dyufelix@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5939-8816>

Литература

1. Kim H.J., Kim N.K., Park H.K. et al. Strong association of relatively low and extremely excessive iodine intakes with thyroid cancer in an iodine-replete area // Eur. J. Nutr. 2017. Vol. 56, N 3. P. 965–971. doi:10.1007/s00394-015-1144-2.

2. Коденцова В.М., Вржесинская О.А. Анализ отечественного и международного опыта использования обогащенных витаминами пищевых продуктов // *Вопр. питания*. 2016. № 2. С. 31–50.
3. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Рисник Д.В., Никитюк Д.Б., Тутельян В.А. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы // *Вопр. питания*. 2017. Т. 86, № 4. С. 113–124.
4. Bost M., Martin A., Orgiazzi J. Iodine deficiency: epidemiology and nutritional prevention // *Trace Elem. Med.* 2014. Vol. 15, N 4. P. 3–7.
5. Carvalho D.P., Dupuy C. Thyroid hormone biosynthesis and release // *Mol. Cell. Endocrinol.* 2017. Vol. 458. P. 6–15.
6. Di Jeso B., Arvan P. Thyroglobulin from molecular and cellular biology to clinical endocrinology // *Endocr. Rev.* 2016. Vol. 37, N 1. P. 2–36. doi: 10.1210/er.2015-1090.
7. Targovnik H.M., Citterio C.E., Rivolta C.M. Iodide handling disorders (NIS, TPO, TG, IYD) // *Best Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab.* 2017. Vol. 31, N 2. P. 195–212. doi: 10.1016/j.beem.2017.03.006. Epub 2017 Apr 4.
8. WHO. World Health Organization, United Nations Children's Fund & International Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. A guide for programme managers. 3rd ed. Geneva : World Health Organization, 2007. URL: http://whqlibdoc.who.int/publications/2007/9789241595827_eng.pdf.
9. Применение йодказеина для предупреждения йоддефицитных заболеваний в качестве средства популяционной, групповой и индивидуальной профилактики йодной недостаточности : методические рекомендации. М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 12 с.
10. Dohan O., De la Vieja A., Paroder V., Riedel C., Artani M., Reed M. et al. The sodium/iodide symporter (NIS): characterization, regulation and medical significance // *Endocr. Rev.* 2003. Vol. 24. P. 48–77.
11. Toth G., Noszal B. Thyroid hormones and their precursors I. Biochemical properties // *Acta Pharm. Hung.* 2013. Vol. 83, N 2. P. 35–45.
12. Rodriguez A-M., Perron B., LaCroix L. Identification and characterization of a putative human iodide transporter located at the apical membrane of thyrocytes // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2002. Vol. 87. P. 3500–3503.
13. Portulano C., Paroder-Belenitsky M., Carrasco N. The Na⁺/I⁻symporter (NIS): mechanism and medical impact // *Endocr. Rev.* 2014. Vol. 35. P. 106–149.
14. de Vijlder J.J.M. Primary congenital hypothyroidism: defects in iodine pathways // *Eur. J. Endocrinol.* 2003. Vol. 149. P. 247–256.
15. Трошина Е. А. К вопросу о недостатке и избытке йода в организме человека // *Клин. и экспер. тиреологическая*. 2010. № 4. С. 9–16.
16. Larsen P.R., Zavacki A.M. The role of the iodothyronine deiodinases in the physiology and pathophysiology of thyroid hormone action // *Eur. Thyroid J.* 2012. Vol. 1. P. 232–242.
17. Ruf J., Carayon P. Structural and functional aspects of thyroid peroxidase // *Arch. Biochem. Biophys.* 2006. Vol. 445. P. 269–277.
18. Люблинский С.Л., Савчик С.А., Смирнов С.В. Способ получения биологически активной добавки к пище. Пат. РФ № 2212155, 2002.
19. Цыб А.Ф., Розиев Р.А., Скворцов В.Г., Клепов А.Н., Скобелев И.В., Ус П.П. и др. Средство для регулирования йодного обмена или профилактики йоддефицитных состояний. Пат. РФ № 2151611, 2000.
20. ГОСТ 31886-2012. Принципы надлежащей лабораторной практики (GLP). Применение принципов GLP к краткосрочным исследованиям. М. : Стандартинформ, 2013. 10 с.
21. ГОСТ 33044-2014. Принципы надлежащей лабораторной практики. М. : Стандартинформ, 2015. 12 с.
22. Руководство по содержанию и использованию лабораторных животных. Washington, DC : National Academy Press, 1996. URL: <http://dx.doi.org/10.17226/10498>.
23. ГОСТ 33422-2015. Мясо и мясные продукты. Определение массовой доли йодтирозинов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором. М. : Стандартинформ, 2016. 10 с.
24. Гланц С. Медико-биологическая статистика : пер. с англ. М. : Практика, 1998. 459 с.

References

1. Kim H.J., Kim N.K., Park H.K., et al. Strong association of relatively low and extremely excessive iodine intakes with thyroid cancer in an iodine-replete area. *Eur J Nutr.* 2017; 56 (3): 965–71. doi: 10.1007/s00394-015-1144-2.
2. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A. Analysis of domestic and international experience in the use of vitamin-enriched food products. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2016; 80 (5): 64–70. (in Russian)
3. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Risnik D.V., Nikityuk D.B., Tutelyan V.A. Micronutrient status of population of the Russian federation and possibility of its correction. State of the problem. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2017; 86 (4): 113–24. (in Russian)
4. Bost M., Martin A., Orgiazzi J. Iodine deficiency: epidemiology and nutritional prevention. *Trace Elem Med.* 2014; 15 (4): 3–7.
5. Carvalho D.P., Dupuy C. Thyroid hormone biosynthesis and release. *Mol Cell Endocrinol.* 2017; 458: 6–15.
6. Di Jeso B., Arvan P. Thyroglobulin from molecular and cellular biology to clinical endocrinology. *Endocr Rev.* 2016; 37 (1): 2–36. doi: 10.1210/er.2015-1090.
7. Targovnik H.M., Citterio C.E., Rivolta C.M. Iodide handling disorders (NIS, TPO, TG, IYD). *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab.* 2017; 31 (2): 195–212. doi: 10.1016/j.beem.2017.03.006. Epub 2017 Apr 4.
8. WHO. World Health Organization, United Nations Children's Fund & International Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. A guide for programme managers. 3rd ed. Geneva: World Health Organization, 2007. URL: http://whqlibdoc.who.int/publications/2007/9789241595827_eng.pdf.
9. The use of iodineazine to prevent iodine deficiency disorders as a means of population, group and individual prevention of iodine deficiency: guidelines. Moscow: Federal'nyi tsentr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004: 12 p. (in Russian)
10. Dohan O., De la Vieja A., Paroder V., Riedel C., Artani M., Reed M., et al. The sodium/iodide symporter (NIS): characterization, regulation and medical significance. *Endocr Rev.* 2003; 24: 48–77.
11. Toth G., Noszal B. Thyroid hormones and their precursors I. Biochemical properties. *Acta Pharm Hung.* 2013; 83 (2): 35–45.
12. Rodriguez A-M., Perron B., LaCroix L. Identification and characterization of a putative human iodide transporter located at the apical membrane of thyrocytes. *J Clin Endocrinol Metab.* 2002; 87: 3500–3.
13. Portulano C., Paroder-Belenitsky M., Carrasco N. The Na⁺/I⁻symporter (NIS): mechanism and medical impact. *Endocr Rev.* 2014; 35: 106–49.
14. de Vijlder J.J.M. Primary congenital hypothyroidism: defects in iodine pathways. *Eur J Endocrinol.* 2003; 149: 247–56.
15. Troshina E.A. On the issue of deficiency and excess of iodine in the human body. *Klinicheskaya i eksperimental'naya tireologiya [Clinical and Experimental Thyroidology]*. 2010; (4): 9–16. (in Russian)
16. Larsen P.R., Zavacki A.M. The role of the iodothyronine deiodinases in the physiology and pathophysiology of thyroid hormone action. *Eur Thyroid J.* 2012; 1: 232–42.
17. Ruf J., Carayon P. Structural and functional aspects of thyroid peroxidase. *Arch Biochem Biophys.* 2006; 445: 269–77.
18. Ljublinskij S.L., Savchik S.A., Smirnov S.V. Method for obtaining a biologically active food additive. The patent of the Russian Federation. No. 2212155, 2002. (in Russian)
19. Cyb A.F., Roziev R.A., Skvorcov V.G., Klepov A.N., Skobelev I.V., Us P.P., et al. Means for regulating iodine metabolism or preventing iodine deficiency. Patent of the Russian Federation No. 2151611, 2000. (in Russian)
20. GOST 31886-2012. Principles of Good Laboratory Practice (GLP). Apply the principles of GLP to short-term studies. Moscow: Standartinform, 2013: 10 p. (in Russian)
21. GOST 33044-2014. Principles of Good Laboratory Practice. Moscow: Standartinform, 2015: 12 p. (in Russian)
22. Guidelines for the content and use of laboratory animals. Washington, DC: National Academy Press, 1996. URL: <http://dx.doi.org/10.17226/10498>. (in Russian)
23. GOST 33422-2015. Meat and meat products. Determination of the mass fraction of iodotyrosines by high-performance liquid chromatography with a mass spectrometric detector. Moscow: Standartinform, 2016: 10 p. (in Russian)
24. Glants S. Medical and biological statistics. Moscow: Praktika, 1998: 459 p. (in Russian)

Для корреспонденции

Багрянцева Ольга Викторовна – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории пищевой токсикологии и оценки безопасности нанотехнологий ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры гигиены питания и токсикологии Института профессионального образования ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет)

Адрес: 109240, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14

Телефон: (495) 698-54-05

E-mail: bagryantseva@ion.ru

Багрянцева О.В.^{1, 2}, Евстратова А.Д.¹, Хотимченко С.А.^{1, 2}

Йессотоксины: оценка риска для здоровья населения. Обоснование регламентов содержания в морепродуктах

Yessotoxin: risk assessment for public health. Justification of regulations of content in seafood

Bagryantseva O.V.^{1, 2}, Evstratova A.D.¹, Khotimchenko S.A.^{1, 2}

¹ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Москва

² ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет)

¹ Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

*Йессотоксин и его производные (около 90) выделены из водорослей, относящихся к видам *Protoceratium reticulatum*, *Gonyaulax cf. Spinifera*, *Lingulodinium polyedrum* и беспозвоночных организмов, питающихся этими водорослями. Некоторое время йессотоксины относились к группе диарейных токсинов. Впоследствии исследования возможного влияния йессотоксинов на активность щелочной фосфатазы позволили исключить их из этой группы. Йессотоксин вызывает нарушение поступления кальция в клетки, что в свою очередь влияет на работу кальций-кальмодулиновой системы и, таким образом, отражается на гомеостазе организма в целом. Показано, что йессотоксин индуцирует двухфазное изменение концентрации циклического аденозинмонофосфата – начальное увеличение с последующим относительным снижением – в течение нескольких минут после добавления токсина в культуру клеток лимфоцитов. Установлено влияние йессотоксина на иммунную систему, что выражается в увеличении количества цитокинов за счет повышения экспрессии кодирующих их генов. Йессотоксин влияет и на процессы клеточной адгезии через E-кадгерин и, таким образом, может быть фактором развития болезни Альцгеймера. Установлено, что йессотоксин вызывает развитие апоптоза. При этом индукция гибели клетки включает в данном случае все 3 механизма: апоптоз, парантоз и аутофагию. Острая токсичность йессотоксина составляет, по различным данным, от 100 до 500–750 мкг на 1 кг массы тела. Безопасный уровень при остром воздействии (acute reference dose, ARfD) йессотоксина – 25 мкг на 1 кг массы тела в сутки. Результаты анализов на содержание йессотоксинов в мясе моллюсков показали, что ни в одном из исследованных образцов содержание*

Для цитирования: Багрянцева О.В., Евстратова А.Д., Хотимченко С.А. Йессотоксины: оценка риска для здоровья населения. Обоснование регламентов содержания в морепродуктах // *Вопр. питания*. 2018. Т. 87, № 3. С. 18–29. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10027

Статья поступила в редакцию 03.04.2018. **Принята в печать** 11.05.2018.

For citation: Bagryantseva O.V., Evstratova A.D., Khotimchenko S.A. Yessotoxin: risk assessment for public health. Justification of regulations of content in seafood. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (3): 18–29. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10027 (in Russian)

Received 03.04.2018. **Accepted for publication** 11.05.2018.

йессотоксинов не превысило 3,75 мг эквивалентов йессотоксинов на 1 кг мяса моллюсков. Данный уровень был принят Европейским союзом в качестве максимально допустимого содержания йессотоксина в моллюсках (Регламент ЕС № 786/2013). Представленные данные о механизме действия, токсичности и распространенности йессотоксинов делают необходимым введение регламента их содержания в морепродуктах, размещаемых на рынках Евразийского экономического союза.

Ключевые слова: йессотоксин, оценка рисков, механизмы действия, токсичность, регламентация содержания в моллюсках

*Yessotoxin and its derivatives (about 90) are isolated from algae belonging to the species *Protoceratium reticulatum*, *Gonyaulax cf. Spinifera*, *Lingulodinium polyedrum* and from invertebrate organisms that feed on these algae. Previously yessotoxin have been associated with the group of diarrheal toxins. Later studies of the possible impact of yessotoxin on the activity of alkaline phosphatase allowed to exclude them from this group. Yessotoxin causes a violation of calcium entry in the cells, which, in turn, effects the calcium-calmodulin system and thus influences into homeostasis of the organism as a whole. It was shown that yessotoxin induces a biphasic change in the concentration of adenosine monophosphate, an initial increase with a subsequent relative decrease, within some minutes after adding the toxin to the lymphocytes cell culture. Yessotoxin has effects on immune system; which is manifested in an increase of cytokines level, by inducing the expression of the genes encoding them. Yessotoxin have impact into processes of cell adhesion via E-cadherin and, thus, could be an important factor in the development of Alzheimer's disease. It has been established that yessotoxin caused the development of apoptosis. In those cases all three mechanisms of cell death took place – apoptosis, paraptosis and autophagy. Yessotoxin's acute toxicity doses according to different data are from 100 to 500–750 µg per 1kg of body weight. Yessotoxin's acute reference dose (ARfD) – 25 µg/kg of body weight per day. The results of the analysis of yessotoxin level in shellfish meat showed that none of the studied samples contained more than 3.75 mg yessotoxin equivalents/kg shellfish meat. This level has been adopted by the European Union as the maximum acceptable level of yessotoxin in shellfish meat (EU Regulation N 786/2013). Presented data on the mechanism of action, toxicity and prevalence of yessotoxins make it necessary to establish regulations of their content in seafood, placed on the markets of the Eurasian Economic Union.*

Keywords: yessotoxin, risk assessment, mechanisms of action, toxicity, justification of content in shellfish

В последние годы в питании населения России все большее место занимают морепродукты, в том числе отечественного производства. Однако они могут содержать и высокотоксичные соединения – фикотоксины, являющиеся природными загрязнителями морепродуктов, продуцируемыми морскими водорослями. Известно, что около 5000 видов водорослей (в основном это динофлагелляты и диатомовые водоросли) способны к продукции фикотоксинов [1].

Фикотоксины могут вызывать острые пищевые отравления, сопровождающиеся специфичной для различных групп фикотоксинов клинической картиной. В соответствии с установленными данными фикотоксины ежегодно являются причиной от 50 тыс. до 500 тыс. случаев пищевых отравлений в мире. Смертность при отравлениях фикотоксинами от общего числа отравлений составляет 1,5%. Кроме того, фикотоксины цитотоксичны, нейротоксичны, а некоторые из них обладают канцерогенными свойствами. В то же время технологическая обработка не приводит к полному разрушению фикотоксинов [1, 2].

В Российской Федерации случаи отравлений фикотоксинами в настоящее время не зарегистрированы. Данная ситуация объясняется недостаточной осведомленностью медицинского персонала и некачественным сбором эпидемиологического анамнеза о возможности отравления фикотоксинами при употреблении в пищу морепродуктов, неспецифичностью клинической картины отравления при поступлении малых доз токсинов, отсутствием высокоэффективных прецизионных и селективных методов выявления и количественного определения некоторых фикотоксинов в морепродуктах, ограниченным перечнем фикотоксинов, регламентируемых в морепродуктах. Морепродукты, поступающие из других стран, законодательство которых предусматривает достаточно жесткий контроль за этой группой контаминантов, могут содержать фикотоксины в количествах, не превышающих установленные регламенты.

Несмотря на то что во многих странах мира уже организован мониторинг за загрязнением гидробионтов фикотоксинами [3, 4], в России еще не в полной мере сформирована нормативная и методическая база

в отношении этих загрязнителей. В настоящее время законодательством Евразийского экономического союза в морепродуктах регламентируется содержание 3 фико-токсинов: сакситоксина, домоевой и окадаиковой кислот. В то же время международным законодательством и законодательством ряда стран регламентируются и некоторые другие фикотоксины [4–7]. Одной из таких групп фикотоксинов является йессотоксин и его производные.

Йессотоксин и широкий спектр его производных выделены из диатомовых водорослей (*Protoceratium reticulatum*), динофлагеллятов, или динофитовых водорослей (*Gonyaulax cf. Spinifera*), одноклеточных бурых водорослей (*Lingulodinium polyedrum*) и беспозвоночных организмов, питающихся этими водорослями [8].

Йессотоксин является полиэфиром, состоящим из 11 смежных эфирных колец, ненасыщенной боковой цепи и 2 эфиров сульфата. Известно более 90 производных йессотоксина. Однако только несколько десятков были полностью идентифицированы (рис. 1). Наиболее часто определяемыми в составе морепродуктов производными йессотоксина являются: 1а-гомо-йессотоксин, 45-гидрокси-йессотоксин и 45-гидрокси-1а-гомо-йессотоксин. Йессотоксины представляют собой термостабильные соединения, и их количество не снижается в процессе термообработки моллюсков [8, 9].

Биологическая характеристика йессотоксинов

Йессотоксины имеют низкую степень абсорбции из желудочно-кишечного тракта [10], а данные о распределении йессотоксинов в тканях высших животных и путях их экскреции отсутствуют. Некоторое время йессотоксины относились к группе диарейных токсинов, однако проведенные в дальнейшем исследования возможного влияния йессотоксинов на активность щелочной фосфатазы показали, что данная группа токсинов не является ингибиторами этого фермента, что позволило исключить их из группы диарейных токсинов [8].

Йессотоксины в концентрации 10^{-6} М индуцируют увеличение содержания кальция в цитоплазме изолированных лимфоцитов человека до 70 нМ в течение 2 мин. При этом установлено, что при добавлении в среду тапсигаргина (индуктора стресса эндоплазматического ретикулума) йессотоксины ингибируют кальциевые каналы и препятствуют поступлению кальция в лимфоциты человека. Следовательно, йессотоксины могут регулировать поступление кальция в цитоплазму клеток в зависимости от различных условий [8, 9].

Нарушение поступления кальция в клетку, в свою очередь, влияет на кальций-кальмодулиновую систему, что отражается на гомеостазе организма в целом. Изменения концентрации внутриклеточного Ca^{2+} -связывающего белка можно считать ранним индикатором неврологических нарушений, вызванных йессотоксинами. Аналогичное воздействие йессотоксинов отмечено на движение ионов кальция через клеточные мембраны

в изолированных митохондриях при воздействии йессотоксина в концентрации 10^{-7} М. Этот эффект наблюдается при наличии в клетке микромолярных концентраций кальция. Влияние йессотоксина на проницаемость клеточных мембран подтверждена и в экспериментах на культуре интактных клеток печени крыс (*in situ*) при воздействии токсина в концентрации 10^{-7} – 10^{-6} М [8, 11].

При инкубации изолированных лимфоцитов человека с йессотоксином в концентрации 10^{-6} – 10^{-5} М изменяется активность фосфодиэстеразы и содержание циклического аденозинмонофосфата (цАМФ). Было показано, что йессотоксин в клетках лимфоцитов индуцирует двухфазное изменение концентрации цАМФ – начальное увеличение с последующим относительным снижением – в течение нескольких минут после добавления токсина в культуру клеток. Эксперименты, проводимые с ингибиторами фосфодиэстеразы, позволили предположить, что наиболее вероятными мишенями йессотоксина являются Ca^{2+} /кальмодулин-зависимые фосфодиэстеразы I типа. Механизм, приводящий к активации фосфодиэстеразы йессотоксином, включает начальное увеличение содержания кальция в цитозоле клетки, доступного для кальций-зависимой фосфодиэстеразы I типа, с последующим снижением внутриклеточной концентрации цАМФ [12, 13]. Показано, что при воздействии йессотоксина в концентрации 10^{-6} – 10^{-5} М наблюдалось увеличение на 15–25% активности фосфодиэстеразы в нервных клетках головного мозга быков [12]. Предполагается, что функции лимфоцитов ингибируются агентами, которые увеличивают внутриклеточную концентрацию цАМФ [14]. Было также установлено, что концентрации токсина, вызывающие снижение внутриклеточного содержания цАМФ, вызывали увеличение продуцирования интерлейкина-2 в лимфоцитах после 20-часового воздействия, что подтверждает предположение о том, что йессотоксин может влиять на функционирование лимфоцитов [12]. В экспериментах на клетках макрофагов линии J774 мышей было подтверждено влияние йессотоксинов на иммунную систему, что выражалось в повышении количества цитокинов за счет усиления экспрессии кодирующих их генов [15].

Йессотоксин влияет и на процессы клеточной адгезии. Данное влияние осуществляется через E-кадгерин, который относится к кальций-зависимым белкам клеточной адгезии. Он осуществляет механизмы регуляции межклеточной адгезии, клеточной подвижности и пролиферации эпителиальных клеток, нарушает проницаемость клеточной мембраны, является лигандом для интегрированного рецептора альфа-E/бета-7. Домен E-кадгерина STF2 стимулирует неамилоидную деградацию предшественника β -амилоида (APP), являющегося трансмембранным белком 1-го типа, ингибирует образование продуктов его амилоидного распада – C-концевых пептидов (C99 и C83), что в свою очередь может негативно повлиять на когнитивные функции организма [16–18]. Дефрагментация E-кадгерина на

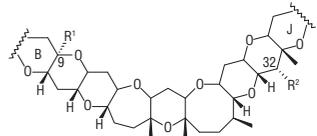
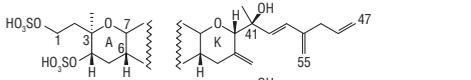
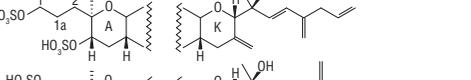
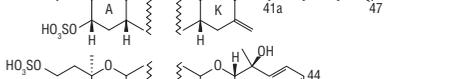
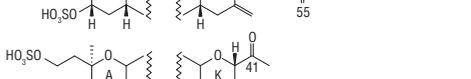
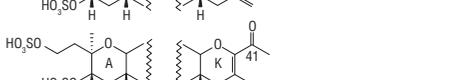
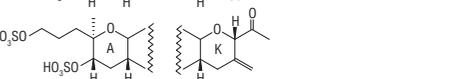
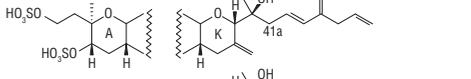
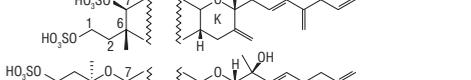
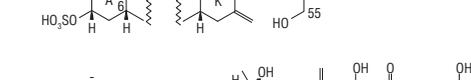
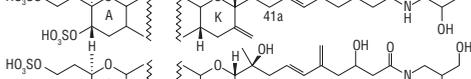
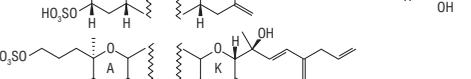
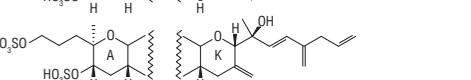
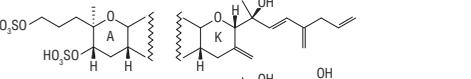
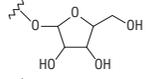
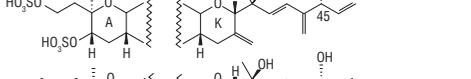
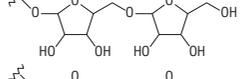
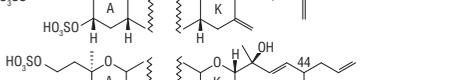
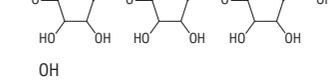
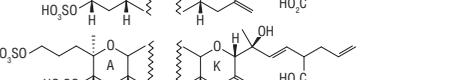
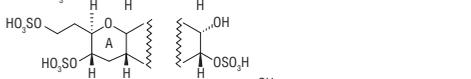
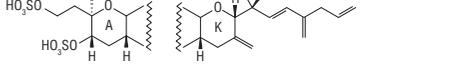
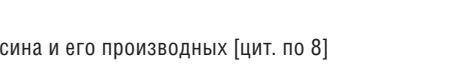
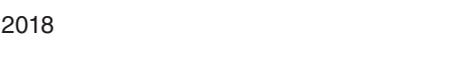
		R ¹	R ²
Йессотоксин		H	OH
1а-гомо-йессотоксин		H	OH
41а-гомо-йессотоксин		H	OH
Тринор-йессотоксин		H	OH
Гептанор-41-оксо-йессотоксин		H	OH
Гептанор-йессотоксиненон		H	OH
Гептанор-41-оксо-1а-гомо-йессотоксин		CH ₃	OH
9-метил-41-оксо-1а-гомо-йессотоксин		H	OH
Нор-ринг-А-йессотоксин		H	OH
44,55-диОН-йессотоксин		H	OH
Амид 1		H	OH
Амид 2		CH ₃	OH
1а-гомо-йессотоксин-арабинозид		H	
1а-гомо-йессотоксин-диарабинозид		H	
1а-гомо-йессотоксин-триарабинозид		H	
45-ОН-йессотоксин		H	OH
45-ОН-1а-гомо-йессотоксин		H	OH
Карбокси-йессотоксин		H	OH
Карбокси-1а-гомо-йессотоксин		H	OH
Адриатоксин		H	OH
1-десульфо-йессотоксин		H	OH

Рис. 1. Химическая структура йессотоксина и его производных [цит. по 8]

блюдалась после воздействия йессотоксином и на эпителиальные клетки кишечника человека в концентрации 10^{-10} – 10^{-9} М [19].

Было проведено несколько исследований *in vitro* с целью выяснения механизмов действия йессотоксина на клеточном уровне. Эти эксперименты подтвердили результаты морфологических исследований и показали высокую цитотоксичность йессотоксина.

Йессотоксин увеличивает активность каспазы 3 и 7 в клетках HeLa, снижает порог проницаемости митохондриальных мембран гепатоцитов крыс, вызывает нарушение цитоскелета культуры клеток нейронов мозжечка и далее их апоптоз. На культурах клеток позвоночных животных показано, что эти эффекты связаны с уменьшением фагоцитарной активности и ингибирования созревания фагосом в макрофагальных клетках линии J774 [1, 20, 21].

Экспериментальные данные, полученные с использованием культур клеток IPLB-LdFB и NIH3T3, продемонстрировали, что при воздействии йессотоксина микрофиламенты F-актина постепенно деполимеризуются в течение 48 ч. Кроме того, показано, что лизосомы являются первым клеточным компонентом, повреждаемым йессотоксином вследствие увеличения концентрации Ca^{2+} , что в конечном итоге способствует деполимеризации актина [1, 22–24].

В настоящее время общий механизм действия йессотоксина до конца не изучен. Вместе с тем имеющиеся данные о влиянии йессотоксина на кальций-кальмодулиновую систему позволяют предположить, что он воздействует на целый ряд процессов в организме человека.

Так, имеются данные о влиянии йессотоксина на активность фосфодиэстеразы (PDEs), уровень кальция и активность якорного домена митохондриальной киназы А, представляющего собой протеиновый комплекс (AKAPs). Определяющим для активации цАМФ является локализация фактора активации, состоящего из протеинового комплекса митохондриальной киназы А, фосфодиэстеразы и протеинкиназы А (AKAP-PDE-РКА) [20, 24]. Установлено существование нескольких видов AKAPs: ассоциированный с нейронами – AKAP 79, с органеллами – AKAP 149, с рецепторами мембран – AKAP 250, с матриксом нуклеотидов – AKAP 95. После инкубации культуры клеток лейкемии K-562 в присутствии йессотоксина в цитозоле наблюдалось значительное снижение количества AKAP 149, что приводило к гибели клеток. Напротив, в свежeweделенных лимфоцитах человека уровень AKAP 149 значительно повышался после их инкубации в присутствии токсина, что приводило к сохранению жизнеспособности клеток [20, 22–26].

Были проведены исследования по изучению ключевой роли комплекса AKAP-149-РКА-PDE4A в развитии эффектов воздействия йессотоксина. После инкубации культуры клеток в присутствии йессотоксина в течение 24 ч комплекс AKAP-149-РКА-PDE4A был локализован в плазматической мембране и наблюдалась активация

процессов апоптоза. После 48 ч воздействия йессотоксина на культуру клеток данный комплекс локализовался в нуклеотидах. При этом процессы апоптоза не развивались. Данные эффекты не наблюдались в случае отсутствия AKAP 149 или PDE4A [20].

Протеинкиназа С – фермент, играющий роль в большом количестве биологических процессов, в том числе в качестве активатора и ингибитора апоптоза. Активация и транслокация в плазматическую мембрану цитозольной протеинкиназы С связаны в основном с уровнем содержания тау-белка (TAY) и β -амилоида [27]. Однако было показано, что при воздействии йессотоксина на нейроны головного мозга, имеющие мутацию, которая определяет развитие болезни Альцгеймера, активность протеинкиназы С не связана с изменением активности фосфодиэстеразы и фосфокиназы А [11]. Таким образом, цАМФ, кальций, фосфодиэстераза, фосфокиназа С и AKAP 149, так же как и митохондрии, вовлечены в механизм действия йессотоксина [21, 28] (рис. 2).

Возможность развития апоптоза при поступлении йессотоксина была установлена в культуре клеток нейробластомы BE(2)-M17 [1]. Позже такие сообщения появились в отношении различных типов клеток, таких как опухолевые клетки линии HeLa S₃, нейроны головного мозга, миобласты линии L6 и BC3H1, фибробласты мышей линии NIH3T3, культура клеток почек (линия MDCK) и молочной железы (линия MCF-7), культуры клеток, выделенных из клеток печени большого гепатоцеллюлярной карциномой (линии HepG2, Bel7402 и HL7702) [1, 21–24, 28]. При этом уже через 24 ч после введения йессотоксина наблюдалась активация апоптоза на культуре клеток лейкемии линии K-562 [26].

Показано, что йессотоксин имеет выраженную цитотоксичность к линии тучных клеток базофильной лейкемии крыс RBL-2H3, участвующих в процессах воспаления, что может играть ключевую роль в развитии апоптоза. Вместе с тем введение йессотоксина мышам в дозах от 30 до 100 мкг на 1 кг массы тела с прививкой меланомой, вызываемой линиями клеток RBL-2H3 и B16F10, способствовало уменьшению опухоли. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования йессотоксина для лечения и/или предупреждения нарушений обмена веществ и онкопатологий [29].

Принимая во внимание имеющиеся данные об активации процессов апоптоза при поступлении йессотоксинов, можно сделать вывод о том, что индукция гибели клетки включает в данном случае все 3 механизма: апоптоз, параптоз и аутофагию (рис. 3) [21, 28].

Имеются сведения об иммунорегуляторной функции йессотоксина по отношению к клеткам EL-4 Т-лимфоцитов. В данном случае отмечена обратимая регуляция Т-клеток при помощи активации рецепторного комплекса [30, 31]. С другой стороны, так же как и в случае с лекарственными препаратами, йессотоксин, воздействуя на цАМФ, снижает в культуре Т-клеток человека уровень интерлейкина-2 [32]. В то же время

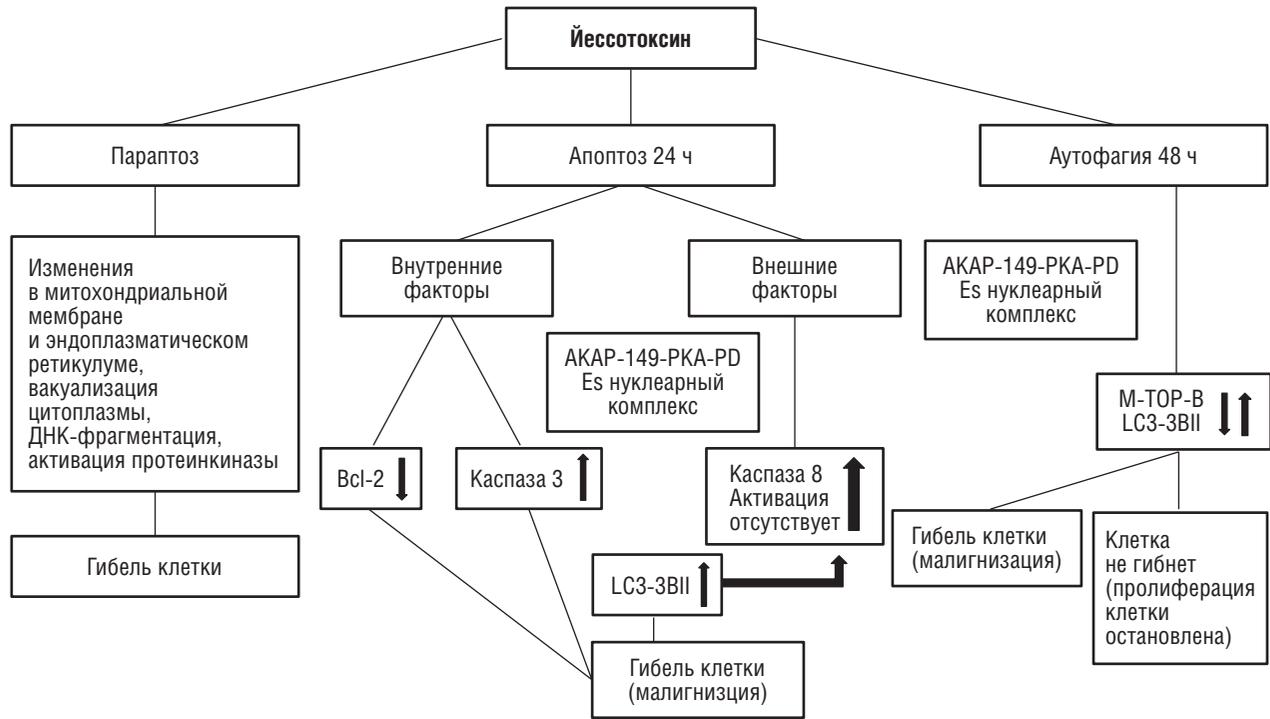


Рис. 2. Схема взаимодействия вторичных мессенджеров, включенных в механизм действия йессотоксина [21]

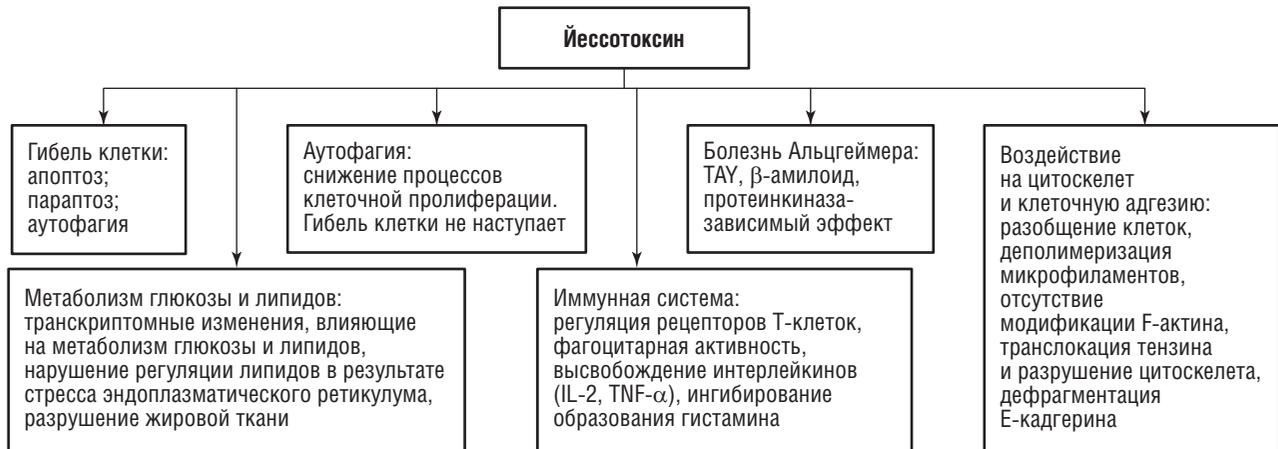


Рис. 3. Схема комплексного воздействия йессотоксина на организм [21]

высвобождение цитокинов, таких как TNF- α , активируется в макрофагальных клетках линии J774 мышей. При этом токсин способствует снижению фагоцитарной активности [33]. В то же время в другом эксперименте у подопытных мышей в условиях стресса был отмечен рост фагоцитарной активности [1, 34]. В этом случае в процесс были вовлечены межклеточный кальций и цАМФ [1, 35]. При введении мышам токсина внутрибрюшинно отмечались структурные изменения клеток тимуса и иммунокомпетентных клеток [1]. Таким образом, в клетках млекопитающих йессотоксин способен воздействовать на иммунную систему и/или иммунный ответ организма. Ключевую роль в формировании этого ответа имеет комплекс цАМФ/фосфокиназа А/фосфо-

диэстераза, которые также играют важную роль в активации воспалительного процесса в клетках (например, в тучных клетках) [23, 28].

Йессотоксин также может индуцировать неапоптотическую гибель клеток в культуре миобластов В3ЗН1, первичных кортикальных нейронах и клетках глиомы [36, 37]. Недавно было установлено, что йессотоксин индуцирует митотическую катастрофу и генетические изменения, которые могут представлять интерес для контроля роста раковых опухолей [15, 19, 38]. При воздействии йессотоксина на клетки глиомы наблюдались изменения в липидном и углеводном метаболизме клетки [37, 39], при этом выявлялось увеличение содержания холестерина [39]. Нарушение регуляции

обмена липидов в клетках глиомы под воздействием токсина объясняется, по-видимому, стрессом, оказываемым на эндоплазматический ретикулум. Это оказывает воздействие на содержание холестерина и затем кальция в цитозоле. Стресс, оказываемый воздействием токсина на клетки, индуцирует увеличение скорости метаболизма в митохондриях [39].

Ранее сообщалось, что после воздействия йессотоксина в поджелудочной железе и печени наблюдалась элиминация жира и, таким образом, высказывается предположение о потенциальной возможности его использования в лечении и/или профилактике заболеваний, связанных с нарушением метаболизма липидов и глюкозы [40].

Токсичность йессотоксина

Результаты исследований острой токсичности йессотоксина и его аналогов при внутрибрюшинном введении для мышей суммированы в таблице. Острая токсичность самого йессотоксина при этом пути введения варьирует от 100 до 500–750 мкг на 1 кг массы тела [22, 43–46]. Причины таких расхождений до настоящего времени не выяснены. На наш взгляд, разница значений токсичности для различных видов йессотоксинов зависит от особенностей их химической структуры. Данные о токсичности йессотоксинов для других видов животных практически отсутствуют.

В некоторых странах при обнаружении йессотоксинов в пищевой продукции применяются следующие коэффициенты пересчета для определения токсичес-

кой эквивалентности (TEF): йессотоксин – 1; 1а-гомо-йессотоксин – 1; 45-гидрокси-йессотоксин – 1 и 45-гидрокси-1а-гомо-йессотоксин – 0,5. Данные коэффициенты используются в качестве временной меры ввиду отсутствия достаточного количества информации о токсичности различных видов йессотоксинов [22, 44].

Проводимые экспериментальные исследования не выявили никаких значительных гистоморфологических изменений, вызванных введением йессотоксина мышам как при пероральном, так и при парентеральном введении. В остром и подостром эксперименте показано, что основным органом-мишенью является миокард [45]. В то же время имеющиеся результаты экспериментов по определению LD₅₀ на мышах показывают, что гибели животных предшествовали симптомы, которые включали моторную дискоординацию и прыжки. Эти явления сопровождалась повреждением нейронов головного мозга [46, 47].

При внутрибрюшинном введении йессотоксина самцам мышей линии Swiss CD1 в летальной дозе (420 мкг на 1 кг массы тела, вызывающей гибель животных в течение 2 ч) и сублетальной дозе (10 мкг на 1 кг массы тела – через 24 ч после внутрибрюшинного введения) было показано, что мозжечок является наиболее чувствительной областью мозга при воздействии йессотоксина. После внутрибрюшинного введения йессотоксина мышам в сублетальной дозе были обнаружены выраженные морфофункциональные изменения в клеточном слое Пуркинье коры мозжечка. Клетки были нерегулярно распределены, отмечались выраженные изменения компонентов цитоскелета. Структура нейронных микротрубочек и нейрофиламентных структур

Острая токсичность йессотоксинов для мышей при внутрибрюшинном введении [8, 22]

Вид йессотоксина	Линия	Пол	Масса тела, г	Параметры	Острая токсичность, мг/кг массы тела
Йессотоксин	?	?	?	MLD?	100
	?	?	?	MLD?	100
	ddY	Самцы	15±1	LD ₅₀	80–100
	ICR	Самцы	23–25	LD ₅₀	286
	NMRI	Самки	15–19	LD ₅₀	500–750
	CD-1	Самки	18–20	LD ₅₀	444 (312–618)
	Swiss albino	Самки	18–22	LD ₅₀	111,8 (95,5–130,9)
	C57B1		18–22	LD ₅₀	135,9 (111,5–156,6)
45-гидрокси-йессотоксин	?	?	?	MLD?	~500
Десульфо-йессотоксин	?	?	?	MLD?	~500
	ICR	Самки	23–25	LD ₅₀	301
Гомо-йессотоксин	?	?	?	MLD?	~100
	CD-1	Самки	18–20	LD ₅₀	512 (315–830)
45-гидрокси-гомо-йессотоксин	?	?	?	MLD?	~500
	CD-1	Самки	18–20	LD ₅₀	>750
45-, 46-, 47-три-нор-йессотоксин	?	?	?	MLD?	~220
Карбокси-йессотоксин	ddY	Самцы	20	MLD?	~500
Карбокси-гомо-йессотоксин	?	?	?	MLD?	~500
1,3-енон изомер гептанор-41-оксо-йессотоксина	Swiss albino	Самки	18–22	LD ₅₀	>5000
Тригидроксилированный амид 41-а-гомо-йессотоксина	Swiss albino	Самки	18–22	LD ₅₀	>5000

Примечание. LD₅₀ – средняя летальная доза; MLD – минимальная летальная доза; ? – не указано.

была изменена на фоне снижения иммунореактивности к β -тубулину. В то же время йессотоксин не вызывал каких-либо значительных морфофункциональных модификаций в других областях мозга [22, 48, 49].

Двенадцатиперстная кишка чувствительна к более высокой дозе йессотоксина (420 мкг на 1 кг массы тела). Несмотря на сохранение общей структуры ткани, в ней наблюдалось большое количество клеток крови (главным образом лимфоцитов), проникших между ворсинками, а также соединительной и эпителиальной ткани слизистой оболочки кишечника и, кроме того, апоптоз клеток кишечника. Большое количество клеток, в основном гранулоцитов и макрофагов, в эпителиальном слое и соединительной ткани проявляли выраженную иммунореактивность в отношении к интерлейкину-6 и TNF- α , в то время как число клеток, проявляющих активность по отношению к антителам интерлейкина-8 уменьшилось. Сублетальная доза йессотоксина не вызывала явных гистологических изменений в кишечнике и активности цитокинов [1, 38, 50].

В отличие от двенадцатиперстной кишки тимус реагировал на обе дозы йессотоксина. При введении сублетальной дозы (10 мкг на 1 кг массы тела) наблюдались выраженные изменения морфологической структуры ткани. При введении йессотоксина в дозе 420 мкг на 1 кг массы тела в коре тимуса присутствовали менее компактные участки с уменьшенным числом тимоцитов. В коре тимуса при введении указанных доз в большем проценте выявлялись апоптотические фенотипы клеток, в основном тимоцитов. При этом в коре тимуса значительно увеличивалась активность митоза. Полученные показатели активности митоза были сопоставимы при введении летальной и сублетальной доз [1, 10, 14].

В целом данные А. Franchini и соавт. [1] свидетельствуют о том, что тимус и иммунная система являются одними из основных мишеней йессотоксина при введении обеих концентраций, тогда как изменения в мозжечке обнаруживаются только при введении смертельной дозы. Неврологические нарушения, вызванные йессотоксином в остром эксперименте, могут рассматриваться как результат модификаций компонентов цитоскелета и уровней внутриклеточного Ca^{2+} -связывающего белка, наблюдаемых в клетках Пуркинье коры мозжечка [21]. Морфофункциональные изменения, индуцированные в тимусе, сравнимы с теми изменениями, которые наблюдаются в опухолях тимуса [51, 52]. Этот факт подтверждает предположение о возможной малигнизации клеток при поступлении данного токсина [1].

Следует также отметить, что при пероральном поступлении токсичность йессотоксинов менее выражена, чем при внутрибрюшинном введении. Йессотоксин и его производные не вызывают гибель мышей после перорального введения в дозе 1 мг на 1 кг массы тела и какого-либо токсического действия, за исключением небольших ультраструктурных изменений в миокарде [42]. Методом конфокальной спектроскопии уста-

новлено, что ультраструктурные изменения в миокарде возникали при пероральном введении йессотоксина в дозе 7,5 мг на 1 кг массы тела [22, 41]. Введение токсина перорально мышам в дозе 5 мг на 1 кг массы тела не вызывала такого эффекта.

Установлены низкая абсорбция йессотоксина при пероральном поступлении и факт того, что большая часть токсина при таком введении выявляется в содержимом толстой кишки и в фекалиях. Вместе с тем показана вероятность ультраструктурных изменений сердечной мышцы после внутрижелудочного, внутрибрюшинного и внутривенного введения йессотоксина крысам и мышам. Аналогичный эффект был обнаружен после совместного введения йессотоксина и аздаиковой кислоты. При совместном введении йессотоксина и аздаиковой кислоты 1 токсические проявления не обнаружены [14].

Данные о хронических эффектах йессотоксина в экспериментах на животных при любых путях введения отсутствуют, как и сведения о пищевых отравлениях, вызванных йессотоксинами у людей. На основании проведенных исследований доза йессотоксина 5 мг на 1 кг массы тела была утверждена в качестве дозы, не вызывающей кардиотоксических проявлений (NOAEL). Установлен также безопасный уровень при остром воздействии (ARfD) – 25 мкг на 1 кг массы тела в сутки [22, 41, 53]. Однако на сегодняшний день уровень допустимого суточного потребления йессотоксинов не установлен. Молекулярные механизмы (токсикокинетика), лежащие в основе их токсичности, в настоящее время в достаточной степени не изучены.

Оценка уровней потребления. Регламенты содержания в пищевой продукции

По данным Европейского агентства по безопасности пищевых продуктов (European Food Safety Authority, EFSA) [22], йессотоксины были выявлены в 404 из 2477 образцов морепродуктов, отобранных в магазинах и супермаркетах, с неизвестным и, возможно, различным происхождением. При этом наибольшее количество случаев обнаружения йессотоксинов было в Германии (в 382 из 404 исследованных образцов), остальные 22 случая выявлены в Италии.

На основе данных, представленных 5 государствами – членами Европейского союза, был установлен наибольший объем порции моллюсков, содержащих 1 мг/кг йессотоксина – 400 г. Такая порция эквивалентна поступлению йессотоксина в количестве 6,7 мкг на 1 кг массы тела для взрослого человека массой тела 60 кг. Полученное значение ниже безопасного уровня при остром воздействии (25 мкг на 1 кг массы тела) и соответствует 1500 мкг йессотоксина/сут на взрослого человека с массой тела 60 кг. Таким образом, по мнению EFSA, такая доза не представляет никакого риска для здоровья потребителей, и значение 1 мг/кг было принято в качестве максимально допустимой дозы йессотоксинов в мясе моллюсков.

Вместе с тем результаты проводимых анализов содержания йессотоксинов в мясе моллюсков показали, что ни в одном из исследованных образцов содержание йессотоксинов не превысило 3,75 мг эквивалентов йессотоксинов на 1 кг мяса моллюсков.

В связи с этим EFSA пришла к выводу о том, что при потреблении 400 г моллюсков человеком со средней массой тела 60 кг безопасный уровень острого воздействия не будет превышен [22]. Основываясь на этих данных, был установлен новый максимально допустимый уровень содержания йессотоксинов в моллюсках – 3,75 мг/кг [54]. В международном законодательстве

(Комиссия Кодекс Алиментариус) и законодательстве Евразийского экономического союза содержание йессотоксинов в морепродуктах в настоящее время не регламентируется.

Заключение

Представленные данные о механизме действия, токсичности и распространенности йессотоксинов делают необходимым введение регламента их содержания в морепродуктах, размещаемых на рынках Евразийского экономического союза.

Сведения об авторах

Багрянцева Ольга Викторовна – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории пищевой токсикологии и оценки безопасности нанотехнологий ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры гигиены питания и токсикологии Института профессионального образования ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет)

E-mail: bagryantseva@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3174-2675>

Евстратова Анна Дмитриевна – старший лаборант лаборатории пищевой токсикологии и оценки безопасности нанотехнологий ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва)

E-mail: anya.evstratova@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0003-3424-740>

Хотимченко Сергей Анатольевич – доктор медицинских наук, профессор, руководитель лаборатории пищевой токсикологии и оценки безопасности нанотехнологий, врио первого заместителя директора ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», профессор кафедры гигиены питания и токсикологии Института профессионального образования ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет)

E-mail: hotimchenko@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5340-9649>

Литература

- Franchini A., Malagoli D., Ottaviani E. Targets and effects of yessotoxin, okadaic acid and palytoxin: a differential review // *Mar. Drugs*. 2010. Vol. 8. P. 658–677. doi: 10.3390/md8030658.
- Berdaelt E., Fleming L.E., Goven R. Marine harmful algal blooms, human health and wellbeing: challenges and opportunities in the 21st century. HHS Public Access Author manuscript // *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 2015. 62 p.
- Marine Biotoxins. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004. 229 p.
- Report of the Joint FAO/IOC/WHO ad hoc Expert Consultation on Biotoxins in Bivalve Molluscs. Short Summary. Oslo, Norway, 26–30 September 2004. IOC/INF-1215 UNESCO 2005.-SC-2005/WS/24. 8 p.
- Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 laying down specific hygiene rules for food of animal origin // *OJ L* 139, 30.4.2004, p. 55–205.
- Product Inspection of Imported Fish. 5. Product Inspection. Canadian Food Inspection Agency. URL: <http://inspection.gc.ca/food/fish-and-seafood/imports/product-inspection/eng/13603433085758/1360343335938?chap=5>.
- Wu H., Yao J., Guo M. et al. Distribution of marine lipophilic toxins in shellfish products collected from the Chinese market // *Mar. Drugs*. 2015. Vol. 13. P. 4281–4295. doi: 10.3390/md13074281.
- Assessment and management of biotoxin risks in bivalve mollusks // FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 551. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011. 358 p.
- Assunzao J., Guedes A.C., Malcata F.X. Biotechnological and pharmacological applications of biotoxins and other bioactive molecules from dinoflagellates // *Mar. Drugs*. 2017. Vol. 15. P. 393. doi: 10.3390/md15120393.
- Paz B., Daranas A.H., Norte M. et al. Yessotoxins, a group of marine polyether toxins: an overview // *Mar. Drugs*. 2008. Vol. 6. P. 73–102. doi: 10.3390/md20080005.
- Alonso E., Vale C., Vieytes M.R., Botana L.M. Translocation of PKC by yessotoxin in an in vitro model of Alzheimer's disease with improvement of tau and β -amyloid pathology // *ACS Chem. Neurosci*. 2013. Vol. 4. P. 1062–1070. doi: [dx.doi.org/10.1021/cn400018y](https://doi.org/10.1021/cn400018y).
- Alfonso A., De la Rosa, Vieytes M.R. et al. Yessotoxin, a novel phyco-toxin, activates phosphodiesterase activity. Effect of yessotoxin on cAMP levels in human lymphocytes // *Biochem. Pharmacol*. 2003. Vol. 65, N 2. P. 193–208.
- Mayer A.M., Rodríguez A.D. et al. Marine pharmacology in 2009–2011: marine compounds with antibacterial, antidiabetic, antifungal, anti-inflammatory, antiprotozoal, antituberculosis, and antiviral activities; affecting the immune and nervous systems, and other miscellaneous mechanisms of action // *Mar. Drugs*. 2013. Vol. 11. P. 2510–2573. doi: 10.3390/md11072510.
- Sakai R., Swanson G.T. Recent progress in neuroactive marine natural products // *Nat. Prod. Rep*. 2014. Vol. 31, N 2. P. 273–309. doi: 10.1039/c3np70083f.
- Korsnes M.S., Hetland D.L., Espenses A. et al. Apoptotic events by yessotoxin in myoblast cell lines from rat and mouse // *Toxicol. in Vitro*. 2006. Vol. 20. P. 1077–1087.
- Hulpiau P., van Roy F. Molecular evolution of the cadherin superfamily // *Int. J. Biochem. Cell Biol*. 2009. Vol. 41, N 2. P. 349–369. doi: 10.1016/j.biocel.2008.09.027.

17. Baglietto-Vargas D., Medeiros R., Martinez-Coria H. et al. Mifepristone alters APP processing to preclude A β and also reduces tau pathology // *Biol. Psychiatry*. 2013. Vol. 74, N 5. P. 357–366. doi: 10.1016/j.biopsych.2012.12.003.
18. Кухарский М.С., Овчинников Р.К., Бачурин С.О. Молекулярные аспекты патогенеза и современные подходы к фармакологической коррекции болезни Альцгеймера // *Журн. неврол. и психиатр.* 2015. № 6. С. 103–114. doi: 10.17116/jnevro20151156103-114.
19. Wang L., Xiaokaiti Y., Wang G., Xu X. et al. Inhibition of PDE2 reverses beta amyloid induced memory impairment through regulation of PKA/PKG-dependent neuro-inflammatory and apoptotic pathways // *Sci. Rep.* 2017. Vol. 7, N 1. Article ID 12044. doi: 10.1038/s41598-017-08070-2.
20. Ronzitti G., Callegari F., Malaguti C., Rossini G.P. Selective disruption of the E-cadherin–catenin system by an algal toxin // *Br. J. Cancer*. 2004. Vol. 90. P. 1100–1107. doi: 10.1038/sj.bjc.6601640.
21. Alfonso A., Vieytes M.R., Botana L.M. Yessotoxin, a promising therapeutic tool // *Mar. Drugs*. 2016. Vol. 14. P. 30. doi: 10.3390/md14020030.
22. Marine biotoxins in shellfish – Yessotoxin group. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain (Question No EFSA-Q-2006-065D) // *EFSA J.* 2008. Vol. 907. P. 1–62.
23. Korsnes M.S. Yessotoxins a tool to study induction of multiple cell death pathways // *Toxins*. 2012. Vol. 4. P. 568–579. doi: 10.3390/toxins4070568.
24. Min Pang, Pei Qu, Chun-Lei Gao et al. Effect of yessotoxin on cytosolic calcium levels in human hepatocellular carcinoma cells in vitro // *Biomed. Rep.* 2014. Vol. 2. P. 93–96. doi: 10.3892/br.2013.202.
25. Cusick K.D., Saylor G.S. An overview on the marine neurotoxin, saxitoxin: genetics, molecular targets, methods of detection and ecological functions // *Mar. Drugs*. 2013. Vol. 11. P. 991–1018. doi: 10.3390/md11040991.
26. Fernandez-Araujo A., Sanchez J.A., Alfonso A. et al. Different toxic effects of YTX in tumor K-562 and lymphoblastoid cell lines // *Front. Pharmacol.* 2015. Vol. 6. P. 124. doi: 10.3389/fphar.2015.00124.
27. Liu Z., Lv Y., Zhao N., Guan G., Wang J. Protein kinase R-like ER kinase and its role in endoplasmic reticulum stress-decided cell fate // *Cell Death Dis.* 2015. Vol. 6. Article ID e1822. doi: 10.1038/cddis.2015.183.
28. Korsnes M.S., Korsnes R. Lifetime distributions from tracking individual BC3H1 cells subjected to yessotoxin // *Front. Bioeng. Biotechnol.* 2015. Vol. 3. P. 166. doi: 10.3389/fbioe.2015.00166.
29. Tobio A. Yessotoxin, a marine toxin, exhibits anti-allergic and antitumoural activities inhibiting melanoma tumour growth in a pre-clinical model // *PLoS One*. 2016. Vol. 11, N 12. Article ID e0167572. doi: 10.1371/journal.pone.0167572.
30. Martin-Lopez A., Gallardo-Rodrigues, Sanchez-Miron A.S. et al. Immunoregulatory potential of marine algal toxins yessotoxin and okadaic acid in mouse T lymphocyte cell line EL-4 // *Toxicol. Lett.* 2011. Vol. 207. P. 167–172. doi: 10.1016/j.toxlet.2011.09.007.
31. Martin-Lopez A., Gallardo-Rodriguez J.J., Sanchez-Miron A. et al. Cytotoxicity of yessotoxin and okadaic acid in mouse T lymphocyte cell line EL-4 // *Toxicol.* 2012. Vol. 60. P. 1049–1056. doi: 10.1016/j.toxicol.2012.07.008.
32. Alfonso A., Alfonso C. Pharmacology and mechanism of action: biological detection // *Seafood and Freshwater Toxins: Pharmacology, Physiology, and Detection*. 2nd ed. / ed. L.M. Botana. Boca Raton : Taylor and Francis Group, 2008. P. 315–327.
33. Orsi C.F., Colombari B., Callegari F. et al. Yessotoxin inhibits phagocytic activity of macrophages // *Toxicol.* 2010. Vol. 55. P. 265–273. doi: 10.1016/j.toxicol.2009.07.033.
34. Malagoli D., Casarini L., Sacchi S., Ottaviani E. Stress and immune response in the mussel *Mytilus galloprovincialis* // *Fish Shellfish Immunol.* 2007. Vol. 23. P. 171–177. doi: 10.1016/j.fsi.2006.10.004.
35. Malagoli D., Ottaviani E. Yessotoxin affects fMLP-induced cell shape changes in *Mytilus galloprovincialis* immunocytes // *Cell Biol. Int.* 2004. Vol. 28. P. 57–61. doi: org/10.1016/j.cellbi.2003.10.003.
36. Korsnes M.S., Espenes A., Hermansen L.C. et al. Cytotoxic responses in BC3H1 myoblast cell lines exposed to 1-desulfoyessotoxin // *Toxicol. in Vitro*. 2013. Vol. 27. P. 1962–1969. doi: 10.1016/j.tiv.2013.06.012.
37. Botana L.M., Alfonso A., Vale C. et al. The mechanistic complexities of phycotoxins: Toxicology of azaspiracids and yessotoxins // *Advances in Molecular Toxicology / eds J.C. Fishbein, J. Heilman. Philadelphia : Elsevier, 2014. Vol. 8. P. 1–26.*
38. Korsnes M.S., Korsnes R. Mitotic catastrophe in BC3H1 cells following yessotoxin exposure // *Front. Cell Dev. Biol.* 2017. Vol. 5. P. 30. doi: 10.3389/fcell.2017.00030.
39. Rubiolo J.A., Lopes-Alonso H., Martinez P. et al. Yessotoxin induces ER-stress followed by autophagic cell death in glioma cells mediated by mTOR and BNIP3 // *Cell Signal*. 2014. Vol. 26. P. 419–432. doi: 10.1016/j.cellsig.2013.10.004.
40. Terao K., Ito E., Oarada M. et al. Histopathological studies on experimental marine toxin poisoning-5. The effects in mice of yessotoxin isolated from *Patinopecten yessoensis* and of a desulfated derivative // *Toxicol.* 1990. Vol. 28. P. 1095–1104.
41. Rodriguez L.P., Gonzalez V., Anibal Martinez A. et al. Occurrence of lipophilic marine toxins in shellfish from Galicia (NW of Spain) and synergies among them // *Mar. Drugs*. 2015. Vol. 13. P. 1666–1687. doi:10.3390/md13041666.
42. Tubaro A., Sosa S., Carbone M. et al. Oral and intraperitoneal acute toxicity studies of yessotoxin and homoyessotoxins in mice // *Toxicol.* 2003. Vol. 41. P. 783–792.
43. Toxicity equivalence factors for marine biotoxins associated with bivalve mollusks // *Technical paper on toxicity equivalency factors for marine biotoxins associated with bivalve molluscs. Rome : FAO/WHO, 2016. 108 p.*
44. Tubaro A., Dell'ovo V., Sosa S., Florio C. et al. Yessotoxins: a toxicological overview // *Toxicol.* 2010. Vol. 56. P. 163–172. doi: 10.1016/j.toxicol.2009.07.038.
45. Ferreiro S.F., Vilarino N., Carrera C. et al. Subacute cardiovascular toxicity of the marine phycotoxin azaspiracid-1 in rats // *Toxicol. Sci.* 2016. Vol. 151, N 1. P. 104–114. doi: 10.1093/toxsci/kfw025.
46. Wang D.-Z. Neurotoxins from marine dinoflagellates: a brief review // *Mar. Drugs*. 2008. Vol. 6. P. 349–371. doi: 10.3390/md20080016.
47. Munday R. Toxicology of seafood toxins: a critical review // *Seafood and Freshwater Toxins: Pharmacology, Physiology and Detection*. 3rd ed. / ed. L.M. Botana. Boca Raton : CRC Press, 2014. P. 197–290.
48. Franchini A., Marchesini E., Poletti R., Ottaviani T. Lethal and sub-lethal yessotoxin dose-induced morpho-functional alterations in intraperitoneal injected Swiss CD1 mice // *Toxicol.* 2004. Vol. 44, N 1. P. 83–90. doi: 10.1016/j.toxicol.2004.04.012.
49. Lucke-Wold Br. P., Turnera R.C., Logsdon A.F. et al. Common mechanisms of Alzheimer's disease and ischemic stroke: the role of protein kinase C in the progression of age-related neurodegeneration // *J. Alzheimers Dis.* 2015. Vol. 43, N 3. P. 711–724. doi: 10.3233/JAD-141422.
50. Ferron P.-J., Dumazeau K., Jean-Francois Beaulieu J.-F. et al. Combined effects of lipophilic phycotoxins (okadaic acid, azaspiracid-1 and yessotoxin) on human intestinal cells models // *Toxins*. 2016. Vol. 8. P. 50. doi: 10.3390/toxins8020050.
51. Wang L., Branson O.E., Shilo K. et al. Proteomic signatures of thymomas // *PLoS One*. 2016. Vol. 11, N 11. 21 p. doi: 10.1371/journal.pone.0166494.
52. Enkner F., Pichlhüfer B., Zaharie F.T. et al. Molecular profiling of thymoma and thymic carcinoma: genetic differences and potential novel therapeutic targets // *Pathol. Oncol. Res.* 2017. Vol. 23. P. 551–564. doi: 10.1007/s12253-016-0144-8.
53. Munday R., Reeve J. Risk assessment of shellfish toxins // *Toxins*. 2013. Vol. 5. P. 2109–2137. doi: 10.3390/toxins5112109.
54. Commission Regulation (EU) No 786/2013 of 16 August 2013 amending Annex III to Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council as regards the permitted limits of yessotoxins in live bivalve mollusks // *Official Journal of the European Union*. 2013. L 220/14.

References

- Franchini A., Malagoli D., Ottaviani E. Targets and effects of yessotoxin, okadaic acid and palytoxin: a differential review. *Mar Drugs*. 2010; 8: 658–77. doi: 10.3390/md8030658.
- Berdaelt E., Fleming L.E., Goven R. Marine harmful algal blooms, human health and wellbeing: challenges and opportunities in the 21st century. HHS Public Access Author manuscript. *J Mar Biol Assoc UK*. 2015: 62 p.
- Marine biotoxins. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004: 229 p.
- Report of the Joint FAO/IOC/WHO ad hoc Expert Consultation on Biotoxins in Bivalve Molluscs. Short Summary. Oslo, Norway, 26–30 September 2004. IOC/INF-1215 UNESCO 2005.-SC-2005/WS/24: 8 p.
- Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 laying down specific hygiene rules for food of animal origin. OJ L 139, 30.4.2004, p. 55–205.
- Product Inspection of Imported Fish. 5. Product Inspection. Canadian Food Inspection Agency. URL: <http://inspection.gc.ca/food/fish-and-seafood/imports/product-inspection/eng/1360343085758/1360343335938?chap=5>.
- Wu H., Yao J., Guo M., et al. Distribution of marine lipophilic toxins in shellfish products collected from the Chinese market. *Mar Drugs*. 2015; 13: 4281–95. doi: 10.3390/md13074281.
- Assessment and management of biotoxin risks in bivalve mollusks. In: FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 551. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011: 358 p.
- Assunzao J., Guedes A.C., Malcata F.X. Biotechnological and pharmacological applications of biotoxins and other bioactive molecules from dinoflagellates. *Mar Drugs*. 2017; 15: 393. doi: 10.3390/md15120393.
- Paz B., Daranas A.H., Norte M., et al. Yessotoxins, a group of marine polyether toxins: an overview. *Mar Drugs*. 2008; 6: 73–102. doi: 10.3390/md20080005.
- Alonso E., Vale C., Vieytes M.R., Botana L.M. Translocation of PKC by yessotoxin in an in vitro model of Alzheimer's disease with improvement of tau and β -amyloid pathology. *ACS Chem Neurosci*. 2013; 4: 1062–70. doi: dx.doi.org/10.1021/cn400018y.
- Alfonso A., De la Rosa, Vieytes M.R., et al. Yessotoxin, a novel phycotoxin, activates phosphodiesterase activity. Effect of yessotoxin on cAMP levels in human lymphocytes. *Biochem Pharmacol*. 2003; 65 (2): 193–208.
- Mayer A.M., Rodriguez A.D., et al. Marine pharmacology in 2009–2011: marine compounds with antibacterial, antidiabetic, antifungal, anti-inflammatory, antiprotozoal, antituberculosis, and antiviral activities; affecting the immune and nervous systems, and other miscellaneous mechanisms of action. *Mar Drugs*. 2013; 11: 2510–73. doi: 10.3390/md11072510.
- Sakai R., Swanson G.T. Recent progress in neuroactive marine natural products. *Nat Prod Rep*. 2014; 31 (2): 273–309. doi: 10.1039/c3np70083f.
- Korsnes M.S., Hetland D.L., Espenes A., et al. Apoptotic events by yessotoxin in myoblast cell lines from rat and mouse. *Toxicol in Vitro*. 2006; 20: 1077–87.
- Hulpiau P., van Roy F. Molecular evolution of the cadherin superfamily. *Int J Biochem Cell Biol*. 2009; 41 (2): 349–69. doi: 10.1016/j.biocel.2008.09.027.
- Baglietto-Vargas D., Medeiros R., Martinez-Coria H., et al. Mifepristone alters APP processing to preclude A β and also reduces tau pathology. *Biol Psychiatry*. 2013; 74 (5): 357–66. doi: 10.1016/j.biopsych.2012.12.003.
- Kukharsky M.S., Ovchinnikov R.K., Bachurin S.O. Molecular aspects of pathogenesis and modern approaches to pharmacological correction of Alzheimer's disease. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova [The Korsakov's Journal of Neurology and Psychiatry]*. 2015; (6): 103–14. doi: 10.17116/jnevro20151156103-114. (in Russian)
- Wang L., Xiaokaiti Y., Wang G., Xiaoxiao Xu et al. Inhibition of PDE2 reverses beta amyloid induced memory impairment through regulation of PKA/PKG-dependent neuro-inflammatory and apoptotic pathways. *Sci Rep*. 2017; 7 (1): 12044. doi: 10.1038/s41598-017-08070-2.
- Ronzitti G., Callegari F., Malaguti C., Rossini G.P. Selective disruption of the E-cadherin–catenin system by an algal toxin. *Br J Cancer*. 2004; 90: 1100–7. doi: 10.1038/sj.bjc.6601640.
- Alfonso A., Vieytes M.R., Botana L.M. Yessotoxin, a promising therapeutic tool. *Mar Drugs*. 2016; 14: 30. doi: 10.3390/md14020030.
- Marine biotoxins in shellfish – Yessotoxin group. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain (Question No EFSA-Q-2006-065D). *EFSA J*. 2008; 907: 1–62.
- Korsnes M.S. Yessotoxins a tool to study induction of multiple cell death pathways. *Toxins*. 2012; 4: 568–79. doi: 10.3390/toxins4070568.
- Min Pang, Pei Qu, Chun-Lei Gao, et al. Effect of yessotoxin on cytosolic calcium levels in human hepatocellular carcinoma cells in vitro. *Biomed Rep*. 2014; 2: 93–6. doi: 10.3892/br.2013.202.
- Cusick K.D., Sayler G.S. An overview on the marine neurotoxin, saxitoxin: genetics, molecular targets, methods of detection and ecological functions. *Mar Drugs*. 2013; 11: 991–1018. doi: 10.3390/md11040991.
- Fernandez-Araujo A., Sanchez J.A., Alfonso A., et al. Different toxic effects of YTX in tumor K-562 and lymphoblastoid cell lines. *Front Pharmacol*. 2015; 6: 124. doi: 10.3389/fphar.2015.00124.
- Liu Z., Lv Y., Zhao N., Guan G., Wang J. Protein kinase R-like ER kinase and its role in endoplasmic reticulum stress-decided cell fate. *Cell Death Dis*. 2015; 6: e1822. doi: 10.1038/cddis.2015.183.
- Korsnes M.S., Korsnes R. Lifetime distributions from tracking individual BC3H1 cells subjected to yessotoxin. *Front Bioeng Biotechnol*. 2015; 3: 166. doi: 10.3389/fbioe.2015.00166.
- Tobio A. Yessotoxin, a marine toxin, exhibits anti-allergic and antitumoural activities inhibiting melanoma tumour growth in a preclinical model. *PLoS One*. 2016; 11 (12): e0167572. doi: 10.1371/journal.pone.0167572.
- Martin-Lopez A., Gallardo-Rodriguez, Sanchez-Miron A.S., et al. Immunoregulatory potential of marine algal toxins yessotoxin and okadaic acid in mouse T lymphocyte cell line EL-4. *Toxicol Lett*. 2011; 207: 167–72. doi: 10.1016/j.toxlet.2011.09.007.
- Martin-Lopez A., Gallardo-Rodriguez J.J., Sanchez-Miron A., et al. Cytotoxicity of yessotoxin and okadaic acid in mouse T lymphocyte cell line EL-4. *Toxicol*. 2012; 60: 1049–56. doi: 10.1016/j.toxicol.2012.07.008.
- Alfonso A., Alfonso C. Pharmacology and mechanism of action: biological detection. Edited by L.M. Botana. *Seafood and Freshwater Toxins: Pharmacology, Physiology, and Detection*. 2nd ed. Boca Raton: Taylor and Francis Group, 2008: 315–327.
- Orsi C.F., Colombari B., Callegari F., et al. Yessotoxin inhibits phagocytic activity of macrophages. *Toxicol*. 2010; 55: 265–73. doi: 10.1016/j.toxicol.2009.07.033.
- Malagoli D., Casarini L., Sacchi S., Ottaviani E. Stress and immune response in the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Fish Shellfish Immunol*. 2007; 23: 171–77. doi: 10.1016/j.fsi.2006.10.004.
- Malagoli D., Ottaviani E. Yessotoxin affects fMLP-induced cell shape changes in *Mytilus galloprovincialis* immunocytes. *Cell Biol Int*. 2004; 28: 57–61. doi: org/10.1016/j.cellbi.2003.10.003.
- Korsnes M.S., Espenes A., Hermansen L.C., et al. Cytotoxic responses in BC3H1 myoblast cell lines exposed to 1-desulfoyessotoxin. *Toxicol in Vitro*. 2013; 27: 1962–9. doi: 10.1016/j.tiv.2013.06.012.
- Botana L.M., Alfonso A., Vale C., et al. The mechanistic complexities of phycotoxins: Toxicology of azaspiracids and yessotoxins. Edited by J.C. Fishbein, J. Heilman. *Advances in Molecular Toxicology*. Philadelphia: Elsevier, 2014; 8: 1–26.
- Korsnes M.S., Korsnes R. Mitotic catastrophe in BC3H1 cells following yessotoxin exposure. *Front Cell Dev Biol*. 2017; 5: 30. doi: 10.3389/fcell.2017.00030.

39. Rubiolo J.A., Lopes-Alonso H., Martinez P., et al. Yessotoxin induces ER-stress followed by autophagic cell death in glioma cells mediated by mTOR and BNIP3. *Cell Signal*. 2014; 26: 419–32. doi: 10.1016/j.cellsig.2013.10.004.
40. Terao K., Ito E., Oarada M., et al. Histopathological studies on experimental marine toxin poisoning-5. The effects in mice of yessotoxin isolated from *Patinopecten yessoensis* and of a desulfated derivative. *Toxicon*. 1990; 28: 1095–104.
41. Rodriguez L.P., González V., Anibal Martínez A., et al. Occurrence of lipophilic marine toxins in shellfish from Galicia (NW of Spain) and synergies among them. *Mar Drugs*. 2015; 13: 1666–87. doi: 10.3390/md13041666.
42. Tubaro A., Sosa S., Carbonnato M., et al. Oral and intraperitoneal acute toxicity studies of yessotoxin and homoyessotoxins in mice. *Toxicon*. 2003; 41: 783–92.
43. Toxicity equivalence factors for marine biotoxins associated with bivalve mollusks. In: Technical paper on toxicity equivalency factors for marine biotoxins associated with bivalve molluscs. Rome: FAO/WHO, 2016: 108 p.
44. Tubaro A., Dell'ovo V., Sosa S., Florio C., et al. Yessotoxins: a toxicological overview. *Toxicon*. 2010; 56: 163–72. doi: 10.1016/j.toxicon.2009.07.038.
45. Ferreiro S.F., Vilarino N., Carrera C., et al. Subacute cardiovascular toxicity of the marine phycotoxin azaspiracid-1 in rats. *Toxicol Sci*. 2016; 151 (1): 104–14. doi: 10.1093/toxsci/kfw025.
46. Wang D.-Z. Neurotoxins from marine dinoflagellates: a brief review. *Mar Drugs*. 2008; 6: 349–71. doi: 10.3390/md20080016.
47. Munday R. Toxicology of seafood toxins: a critical review. Edited by L.M. Botana. *Seafood and Freshwater Toxins: Pharmacology, Physiology and Detection*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2014: 197–290.
48. Franchini A., Marchesini E., Poletti R., Ottaviani T. Lethal and sub-lethal yessotoxin dose-induced morpho-functional alterations in intraperitoneal injected Swiss CD1 mice. *Toxicon*. 2004; 44 (1): 83–90. doi: 10.1016/j.toxicon.2004.04.012.
49. Lucke-Wold Br. P., Turnera R.C., Logsdon A.F., et al. Common mechanisms of Alzheimer's disease and ischemic stroke: the role of protein kinase C in the progression of age-related neurodegeneration. *J Alzheimers Dis*. 2015; 43 (3): 711–24. doi: 10.3233/JAD-141422.
50. Ferron P.-J., Dumazeau K., Jean-Francois Beaulieu J.-F., et al. Combined effects of lipophilic phycotoxins (okadaic acid, azaspiracid-1 and yessotoxin) on human intestinal cells models. *Toxins*. 2016; 8: 50. doi: 10.3390/toxins8020050.
51. Wang L., Branson O.E., Shilo K., et al. Proteomic signatures of thymomas. *PLoS One*. 2016; 11 (11): 21 p. doi: 10.1371/journal.pone.0166494.
52. Enkner F., Pichlhüfer B., Zaharie F.T., et al. Molecular profiling of thymoma and thymic carcinoma: genetic differences and potential novel therapeutic targets. *Pathol Oncol Res*. 2017; 23: 551–64. doi: 10.1007/s12253-016-0144-8.
53. Munday R., Reeve J. Risk assessment of shellfish toxins. *Toxins*. 2013; 5: 2109–37. doi: 10.3390/toxins5112109.
54. Commission Regulation (EU) No 786/2013 of 16 August 2013 amending Annex III to Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council as regards the permitted limits of yessotoxins in live bivalve mollusks. *Official Journal of the European Union*. 2013. L 220/14.

Для корреспонденции

Богданова Ольга Георгиевна – кандидат медицинских наук, начальник отдела санитарного надзора Управления Роспотребнадзора по Республике Бурятия
 Адрес: 670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, д. 45Б
 Телефон: (3012) 41-12-75
 E-mail: olga.bogdanova2001@gmail.com

Тармаева И.Ю.¹, Ефимова Н.В.², Ханхареев С.С.³, Богданова О.Г.³

Особенности фактического питания взрослого населения Республики Бурятия в современных условиях

Features of actual nutrition of the adult population in Republic of Buryatia in modern conditions

Tarmaeva I.Yu.¹, Efimova N.V.², Khankhareev S.S.³, Bogdanova O.G.³

- ¹ ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России
- ² ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», Ангарск
- ³ Управление Роспотребнадзора по Республике Бурятия, Улан-Удэ
- ¹ Irkutsk State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation
- ² East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk
- ³ Republic of Buryatia Office of Rospotrebnadzor, Ulan-Ude

Оценка фактического питания населения отдельных регионов позволяет разрабатывать целевые практические мероприятия по улучшению питания, структуры потребления пищевой продукции и разработке соответствующих рекомендаций для обеспечения оптимального развития и состояния здоровья человека. В целях изучения питания взрослого населения Республики Бурятия проведен ретроспективный анализ данных структуры питания по сведениям территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Бурятия и проанализированы результаты, полученные в ходе анкетирования 426 человек, отобранных выборочным методом с соблюдением репрезентативности. Приведены данные о результатах сравнения с нормами физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для мужчин и женщин, находящихся в наиболее трудоспособном возрасте 30–39 лет, 3-й группы интенсивности труда. Структура питания свидетельствует о ее нерациональности, что подтверждается увеличением потребления пищевой продукции с высоким содержанием насыщенных жиров и добавленных сахаров, снижением потребления продуктов с высокой пищевой плотностью. В продуктовом наборе взрослого населения республики, как среди мужчин, так и среди женщин, отмечается недостаток фактического потребления продукции из водных биоресурсов, овощной, молочной продукции и яиц. Вместе с тем потребление хлебобулочных, мукомольно-крупяных изделий и картофеля в совокуп-

Для цитирования: Тармаева И.Ю., Ефимова Н.В., Ханхареев С.С., Богданова О.Г. Особенности фактического питания взрослого населения Республики Бурятия в современных условиях // *Вопр. питания*. 2018. Т. 87, № 3. С. 30–35. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10028

Статья поступила в редакцию 19.12.2017. **Принята в печать** 11.05.2018.

For citation: Tarmaeva I.Yu., Efimova N.V., Khankhareev S.S., Bogdanova O.G. Features of actual nutrition of the adult population in Republic of Buryatia in modern conditions. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (3): 30–5. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10028 (in Russian)

Received 19.12.2017. **Accepted for publication** 11.05.2018.

ности составило 120% от рекомендуемого уровня. По результатам наблюдения 91,6% интервьюированных лиц не учитывали распределение калорийности по приемам пищи, у 50,8% наибольшая калорийность рациона приходилась на ужин. Фактическое питание включает элементы, являющиеся факторами риска развития эндокринной патологии, нарушений гормональной системы и других заболеваний обмена веществ. Отмечается высокий уровень энергетической ценности среднесуточного рациона питания в течение ряда лет, которая в среднем составила $2891 \pm 43,6$ ккал у мужчин, $2407 \pm 38,4$ ккал у женщин, за счет превышения содержания жиров и углеводов при содержании белка, составляющем 82,4–87,3% от рекомендуемого уровня. В результате проблема здорового питания, приведения рациона в соответствие с реальными физиологическими потребностями человека требует серьезных системных решений в части организации, систематизации и стандартизации питания.

Ключевые слова: пищевая продукция, оценка питания, фактическое питание, частотный метод, трудоспособное население, макронутриенты

Evaluation of the actual nutrition of the population of individual regions allows the development of targeted practical measures to improve nutrition, the structure of food consumption and appropriate recommendations to ensure optimal development and health status of a person. In order to study the nutrition of the adult population of the Republic of Buryatia, a retrospective analysis of the feeding structure data was conducted according to the data of the territorial department of the Federal State Statistics Service for the Republic of Buryatia, and the results obtained in the course of the questionnaire survey of 426 people (chosen by selective method with observance of representativeness) were analyzed. The data are presented obtained on the results of comparison with physiological needs in energy and nutrients for men and women in the most employable age of 30–39 years, having the third group of labor intensity. The structure of the food indicates its irrationality, which was confirmed by an increase in the consumption of food products with high content of saturated fats and added sugars, a decrease in the consumption of biologically valuable food products with high food density. In the product mix of the adult population of the republic, both among men and women, there was a lack of consumption of products from aquatic bioresources, vegetables, dairy products and eggs. At the same time, the consumption of bakery, flour-grinding products and potatoes in aggregate amounted to 120% of the recommended level. According to the results of the observation, 91.6% of the interviewed did not take into account the distribution of caloric intake by meals, in 50.8% the highest calorie intake was for dinner. Actual nutrition included elements that are risk factors for the development of endocrine pathology, disorders of the hormonal system and other metabolic diseases. There was a high level of energy intake for a number of years, which averaged 2891 ± 43.6 kcal in men, 2407 ± 38.4 in women, due to excess of fat and carbohydrates with a protein content of 82.4–87.3% of the recommended level. As a result, the problem of healthy nutrition, bringing the diet in line with the real physiological needs of a person requires serious systemic decisions in terms of organizing, systematizing and standardizing nutrition.

Keywords: food products, nutritional assessment, actual nutrition, frequency method, able-bodied population, macronutrients

Питание на протяжении всего существования человечества являлось наиболее сильным и устойчивым фактором среды, оказывающим постоянное влияние на состояние здоровья. Одно из основных направлений реализации государственной политики в области здорового питания – разработка и внедрение программ государственного мониторинга питания и здоровья населения на основе проведения специальных исследований индивидуального питания, включая вопросы безопасности и развития распространенных алиментарно-зависимых состояний [1–3].

В последние годы структура питания населения характеризуется дефицитом витаминов, эссенциальных микроэлементов. Недостаточное поступление микро-

нутриентов с пищей – общая проблема всех цивилизованных стран. Она возникла как неизбежное следствие снижения энерготрат и соответствующего уменьшения общего количества пищи, потребляемой современным человеком. Наметившаяся тенденция к увеличению выпуска переработанных пищевых продуктов, стремительная урбанизация и изменения в образе жизни привели к сдвигам в режиме питания. На фоне снижения энерготрат рацион питания современного человека характеризуется монотонизацией, утратой разнообразия, сведением к узкому стандартному набору основных групп продуктов и блюд; увеличением потребления рафинированных, высококалорийных, но бедных витаминами и минеральными веществами продуктов; воз-

растением в рационе доли продуктов, подвергнутых консервированию, длительному хранению, интенсивной технологической обработке, что неизбежно ведет к потере витаминов [4, 5].

Одним из приоритетных направлений деятельности санитарно-эпидемиологической службы является совершенствование системы рационального питания и профилактики заболеваний обмена веществ, проведение мониторинга [6].

Целью настоящей работы стало изучение фактического питания взрослого населения Республики Бурятия на основе статистических и персонализированных сведений.

Материал и методы

Исследование выполнено на основе ретроспективного анализа данных среднелюдишного потребления пищевых продуктов по сведениям территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Бурятия за 2015 г. Структуру питания, по данным статистики, сравнивали с показателями 2005 г. Оценивали обеспеченность основными макронутриентами для женщин и мужчин 3-й группы интенсивности труда в трудоспособном возрасте (30–39 лет). Средний объем потребления продуктов населением Республики Бурятия сравнивали с рекомендуемыми объемами потребления (приказ Минздрава России от 19.08.2016 № 614 «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания»).

Особенности питания взрослого трудоспособного работающего населения Республики Бурятия исследовали с использованием разработанных анкет, включающих специальные разделы, характеризующие социально-демографические параметры (пол, возраст, среднелюдишовой доход), состояние здоровья, вредные привычки, пищевое поведение, занятия физкультурой и спортом. Индивидуальное потребление продуктов оценивали методом анализа частоты потребления. Структуру продуктового набора изучали по 65 видам пищевых продуктов. Результаты анкетирования анализировали дифференцированно с учетом гендерных особенностей.

Исходя из принципов формирования репрезентативных выборок было выбрано 3 страта, включающих городское население административного центра Республики Бурятия (Улан-Удэ) и 2 типичных районов, что составляет 13% от общего числа муниципальных образований Республики Бурятия (при необходимом количестве более 4,5%). В каждом страте выявлены когорты из трудоспособного населения, относящиеся к декретированной группе (работники общественного питания и продовольственной торговли, образовательных учреждений, предприятий пищевой промышленности). Численность респондентов составила 426 человек, из них 56% женщин, 44% мужчин. Все интервьюированные лица дали добровольное информированное согласие.

Статистическую обработку материала проводили с использованием программы Statistica 10.0. Сравнение средних проведено по критерию Стьюдента для несвязанных выборок, значимыми принимали различия при $p < 0,05$.

Результаты

В количественных показателях питания населения Республики Бурятия за последние 10 лет отмечалась положительная тенденция. Так, по данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Бурятия было установлено, что среднелюдишное потребление населением региона мяса возросло на 18%, яиц – на 30%, рыбы – на 33%, овощей – на 36%, молока и молочных продуктов – на 60%, масла растительного – на 83%. К числу положительных моментов можно отнести снижение потребления таких продуктов, как хлеб и макаронные изделия, на 11 и картофеля на 19%. Вместе с тем потребление основных видов продуктов не соответствовало рекомендуемому уровню. По сравнению с рекомендуемыми рациональными нормами отмечается снижение потребления молока и молочных продуктов на 19%, яиц – более 20%, овощей, рыбы и рыбопродуктов – более 50%, мяса и мясопродуктов – 12%. Отметим, что в среднем по Российской Федерации снижение потребления по вышеуказанным группам продуктов также варьирует от 5 до 30%. Структура питания населения Республики Бурятия характеризуется преобладанием углеводистого рациона питания. Потребление хлеба, хлебобулочных изделий и картофеля в совокупности составило 116% от рекомендуемой нормы (табл. 1).

При сравнении уровня потребления по данным анкетирования с рациональными нормами также отмечается недостаточное потребление основных групп пищевых продуктов (табл. 2). Так, потребление мяса среди мужчин составило 75%, а среди женщин – 50% от рекомендуемой нормы (200,0 г/сут). Особенно остро дефицит потребления наблюдается в группах: молоко и молочные продукты (в 2,0–2,1 раза ниже рекомендуемых норм), яйца и яйцопродукты, а также рыба и морепродукты (в 1,8–2,0 раза). Некоторая дефицитность отмечена и для фактического потребления плодоовощной продукции. Выявлены некоторые гендерные статистически значимые различия в потреблении основных групп продуктов: мужчины потребляют больше, чем женщины, мясо и мясопродукты в 1,5 раза; хлеб и хлебобулочные изделия – в 2 раза; картофель – в 1,5 раза; сахар – в 1,2 раза. Вместе с тем мужчины меньше включают в свой рацион растительного масла. Вследствие этого среди мужчин недостаточное потребление данного продукта выражено больше, чем среди женщин (в 2,1 раза ниже относительно рекомендуемой нормы против 1,4 раза соответственно).

Проведенная оценка пищевой и энергетической ценности среднесуточного рациона показала, что содержа-

Таблица 1. Среднедушевое потребление основных групп пищевых продуктов населением Республики Бурятия (кг/год на человека)

Группа продуктов	Рациональная норма	Среднедушевое потребление		Потребление в 2015 г.	
		2005 г.	2015 г.	Сибирский федеральный округ	Российская Федерация
Мясо и мясопродукты	73,0	50,0	64,0	68,2	69,0
Молочные продукты	325,0	216,1	262,3	264,1	246,9
Яйцо, шт.	260,0	137,2	202,1	256,0	268,9
Хлеб и хлебобулочные изделия	96,0	124,1	117,0	130,2	119,1
Овощи и бахчевые	140,0	76,1	65,1	97	101,3
Картофель	90,0	98,0	98,9	133,9	103,8
Рыба и морепродукты	22,0	6,5	10,4	13,4	15,5
Сахар	24,0	25,0	30,0	34,0	39,2
Масло растительное	12,0	7,4	11,8	11,8	13,4

Таблица 2. Потребление основных групп пищевых продуктов (г/сут) населением Республики Бурятия, оцененное частотным методом

Группа продуктов	Мужчины	Женщины	<i>p</i>
Мясо и мясопродукты	153,2±8,9	100,6±7,6	0,000
Молоко и молочные продукты	428,7±12,2	440,6±11,8	0,416
Яйцо, шт.	0,35±0,09	0,39±0,19	0,849
Хлеб и хлебобулочные изделия	431,7±0,3	219,7±0,1	0,000
Овощи и бахчевые	357,0±7,5	382,4±8,9	0,692
Картофель	156,0±0,3	106,3 ±0,2	0,000
Рыба и морепродукты	33,5±3,3	30,2±2,6	0,432
Сахар	19,7±0,1	16,3±0,1	0,000
Масло растительное	16,0±0,1	23,0±0,1	0,000

ние белка составило 87,3% от рекомендуемого уровня [7] у мужчин (67,2±0,4 г при норме 77 г) и 82,4% у женщин (53,6±0,4 г при норме 65 г).

Согласно полученным данным содержание жиров в рационе было несколько выше рекомендуемых величин у мужчин и составило 108,4% (95,4±0,4 г при норме 88 г) и 102,1% у женщин (73,5±0,3 г при норме 72 г). Жиры растительного происхождения составляли 78% от нормы.

Суммарное содержание углеводов в рационе превысило рекомендуемый уровень на 12,1% у мужчин (433,8±4,8 г при норме 387 г) и на 15,7% у женщин (359,8±3,1 г при норме 311 г).

Отмечается высокий уровень энергетической ценности среднесуточного рациона питания в течение ряда лет, которая в среднем составила 2891±44 ккал у мужчин, 2407±38 ккал у женщин (при рекомендуемой норме 2650 ккал/сут у мужчин, 2150 ккал/сут у женщин), за счет превышения содержания жиров и углеводов при содержании белка 82,4–87,3% от рекомендуемого уровня.

С использованием анкет-опросников была изучена информированность взрослого населения по вопросам рационального питания. Результаты опроса показали, что 91,6% взрослого населения не придерживались рекомендаций по распределению калорийности по приемам пищи. У половины (50,8%) населения наблюдался сдвиг калорийности рациона в сторону вечера, время приема пищи ограничено у 27,0±2,9% взрослого населения, у мужчин – статистически значимо чаще, чем у женщин (соответственно 35,1 и 22,8%, $p=0,034$).

Средняя кратность приемов пищи составила 3,43±0,26 раза в сутки. У мужчин и у женщин значимых различий в средних показателях не установлено. Так, средний показатель кратности приемов пищи у мужчин составил 3,61±0,26 раза в день, у женщин – 3,25±0,26 раза в день. Доля лиц, принимающих пищу 5 раз и более, составила 7,4% у мужчин, 9,7% у женщин, 4 раза – 27,8% среди мужчин и 45,3% среди женщин, однократный и двукратный прием пищи выявлен у 16,8% мужчин и 1,4% женщин, остальные опрошенные мужского и женского пола, составившие соответственно 48 и 43,6%, принимали пищу 3 раза в день.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют об отсутствии в популяции взрослого населения стабильной основной группы питающихся регулярно, с рациональной кратностью и имеющих все необходимые приемы пищи и рекомендуемый продуктовый набор.

Обсуждение

Полученные данные показали, что в Республике Бурятия среднедушевое потребление основных групп пищевых продуктов отличается от потребления в Российской Федерации и в Сибирском федеральном округе [8, 9]. В регионе отмечается меньшее потребление рыбы и рыбной продукции, в одинаковой степени характерное для мужчин и женщин, овощей, яиц. Поскольку данные группы продуктов являются источниками пищевых

веществ, жирорастворимых витаминов и эссенциальных микроэлементов, к числу первоочередных задач относится повышение осведомленности и понимания в отношении соблюдения принципов здорового питания путем увеличения потребления овощей, рыбы и яиц населением республики и положительного воздействия профилактических мероприятий.

В ходе исследования выявлены значительные расхождения оценок по среднелюдскому потреблению картофеля, овощей, мяса и мясопродуктов, полученных по материалам территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Бурятия и данным нашего опроса взрослого населения. По нашему мнению, этот факт связан, во-первых, с различиями рациона в отдельных возрастных группах (что не учитывается в статистических формах), а во-вторых, со спецификой формирования рациона среди населения муниципальных районов и Улан-Удэ, где большая часть населения предпочитает продукты из частных хозяйств (картофель, мясо, овощи). Сложившаяся структура среднелюдского рациона питания взрослого населения Республики Бурятия отражает его несбалансированность, избыток продуктов, содержащих насыщенные жиры, моно- и дисахариды, дефицит основных групп пищевых продуктов.

Потребление продуктов, содержащих большое количество жиров и добавленных сахаров, недостаток в рационе овощей и фруктов, рыбы и морепродуктов способствуют росту избыточной массы тела и ожирению. Частота данной патологии среди населения Республики Бурятия с начала тысячелетия возросла на 23%, что не отличается от темпов роста, характерных для других регионов России [10, 11]. Кроме того, значительная часть работающего населения не имеет возможности правильно питаться, особенно в рабочее время, что приводит к неблагоприятным изменениям состояния здоровья трудящихся.

Анализ структуры показателей общей заболеваемости взрослого населения республики, связанной с обменом веществ, позволил выявить следующее. За последние 11 лет заболеваемость анемией у взрослых возросла на 48%. Отрицательный тренд к увеличению распространенности болезней обмена веществ демонстрирует увеличение заболеваемости анемией у взрослых в 1,9 раза, сахарного диабета 2 типа и ожирения – в 1,7 раза, болезней пищеварения – в 1,4 раза. Избыточная масса тела отмечается у 47% мужчин и у 52% женщин [8].

Не снижается распространенность йододефицитных заболеваний: диффузного зоба, тиреоидита, гипотиреоза. Отметим, что среди всех территорий Сибирского федерального округа именно в Республике Бурятия наряду с Республикой Тыва [12] регистрируются самые высокие показатели патологии щитовидной железы, и это связано с чрезвычайно низкой обеспеченностью йодом в связи с его природным дефицитом, особенно в горных районах, а также с недостаточной доступностью специализированной медицинской помощи в ряде районов.

Таким образом, в настоящее время для населения РФ в целом и Республики Бурятии в частности приоритетной проблемой является не столько повышение энергетической ценности и количественного состава основных пищевых веществ рациона, сколько их качественная характеристика. При внедрении принципов здорового питания необходимо учитывать региональные аспекты оптимизации структуры питания различных групп населения, в том числе взрослого населения [13]. Для разработки путей совершенствования питания как ведущего фактора, определяющего здоровье человека, необходимы объективные данные о фактической ситуации, сложившейся с питанием различных групп. Для этого следует изучать пищевой статус и фактическое питание выборочных когорт в рамках постоянного мониторинга.

Сведения об авторах

Тармаева Инна Юрьевна – доктор медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой гигиены труда и гигиены питания ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России
E-mail: t38_69@mail.ru

Ефимова Наталья Васильевна – доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований» (Ангарск)
E-mail: medecolab@inbox.ru

Ханхареев Сергей Степанович – кандидат медицинских наук, руководитель Управления Роспотребнадзора по Республике Бурятия (Улан-Удэ)
E-mail: khankhareev_ss@03.rospotrebnadzor.ru

Богданова Ольга Георгиевна – кандидат медицинских наук, начальник отдела санитарного надзора Управления Роспотребнадзора по Республике Бурятия (Улан-Удэ)
E-mail: olga.bogdanova2001@gmail.com

Литература

1. Жминченко В.М., Гаппаров М.Г. Современные тенденции исследований в нутрициологии и гигиене питания // *Вопр. питания*. 2015. № 1. С. 4–14.
2. Основы государственной политики РФ в области здорового питания населения на период до 2020 года: утв. Распоряжением Правительства РФ № 1873-р от 25.10.2010.

3. WHO. Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013–2020. URL: www.who.int/ncd.
4. Доценко В.А., Коненко И.А., Мосийчук Л.В., Аргунова Е.В., Долотов С.А., Сироткин О.Г. Особенности употребления петербуржцами витаминов и продуктов, обогащенных биологически активными веществами // Гиг. и сан. 2016. № 5 (95). С. 479–483.
5. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Рисник Д.В. и др. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможность ее коррекции. Состояние проблемы // Вопр. питания. 2017. Т. 86, № 4. С. 113–124.
6. Онищенко Г.Г. Оценка и управление рисками для здоровья как эффективный инструмент решения задач обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации // Анализ риска здоровью. 2013. № 1. С. 4–14.
7. МР 2.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации».
8. Тармаева И.Ю., Ефимова Н.В., Васильевский А.М., Богданова О.Г. Продовольственная безопасность и здоровье населения Восточной Сибири. Новосибирск : Наука, 2014. 140 с.
9. Турчанинов Д.В., Вильмс Е.А., Глаголева О.Н., Козубенко О.В. и др. Подходы к оценке и ведущие направления профилактики неблагоприятного воздействия комплекса факторов питания и образа жизни на здоровье населения // Гиг. и сан. 2015. № 6 (94). С. 15–20.
10. Мартинчик А.Н., Батулин А.К., Кешабянц Э.Э. и др. Гендерные и возрастные особенности и тенденции распространения ожирения среди взрослого населения в 1994–2012 гг. // Вопр. питания. 2015. Т. 84, № 3. С. 50–57.
11. Ожирение и избыточный вес. Информационный бюллетень. Июнь 2016 г. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/ru/> (дата обращения: 10.03.2017)
12. Ефимова Н.В., Николаева Л.А., Шин Н.С. Гигиеническая оценка содержания йода в воде и продуктах питания на йоддефицитной территории // Сибир. мед. журн. (Иркутск). 2014. № 3. С. 88–91.
13. Тутельян В.А., Горохов А.В., Михайлова Е.И., Владимиров Л.Н., Лебедев М.П., Игнатъева М.Е. и др. Политика в области здорового питания населения республики Саха (Якутия) // Якут. мед. журн. 2015. № 3 (51). С. 6–9.

References

1. Zhminchenko V.M., Gapparov M.G. Modern trends in research in nutritional and food hygiene. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2015; (1): 4–14. (in Russian)
2. Fundamentals of the State Policy of the Russian Federation in the Field of Healthy Nutrition for the Population until 2020: Approved by the Order of the Government of the Russian Federation No. 1873-r of 25.10.2010. (in Russian)
3. WHO. Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013–2020. URL: www.who.int/ncd.
4. Dotsenko V.A., Konenko I.A., Mosiychuk L.V., Argunova E.V., Dolotov S.A., Sirotkin O.G. Use features petersburgers vitamins and products, enriched with biologically active substances. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation]*. 2016; 5 (95): 479–83. (in Russian)
5. Kodentsova, V.M., Vrzhesinskaya O.A., Risnik D.V., et al. Provision of the Russian population with micronutrients and the possibility of its correction. state of the problem. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2017; 86 (4): 113–24. (in Russian)
6. Onishhenko G.G. Assessment and management of health risks as an effective tool for solving tasks of ensuring sanitary and epidemiological welfare of the population of the Russian Federation. *Analiz riska zdorov'yu [Health Risks Analysis]*. 2013; (1): 4–14. (in Russian)
7. Methodical recommendations 2.1.2432-08 «Norms of Physiological Needs in Energy and Food Substances for Various Groups of the Population of the Russian Federation». (in Russian)
8. Tarmaeva I.Yu., Efimova N.V., Vasilovskiy A.M., Bogdanova O.G. Food security and the health of the population of Eastern Siberia. *Novosibirsk: Nauka*, 2014: 140 p. (in Russian)
9. Turchaninov D.V., Vil'ms E.A., Glagoleva O.N., Kozubenko O.V., et al. Approaches to evaluation and leading the direction of preventing the negative effects of a complex of nutritional factors and lifestyle on health. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation]*. 2015; 6 (94): 15–20. (in Russian)
10. Martinchik A.N., Baturin A.K., Keshabyanc E.E., et al. Gender and age characteristics and trends in the prevalence of obesity among adults in 1994–2012. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2015; 84 (3): 50–7. (in Russian)
11. Obesity and Overweight. *News Bulletin*. June, 2016. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/ru/> (date of access March 10, 2017). (in Russian)
12. Efimova N.V., Nikolaeva L.A., Shin N.S. Hygienic assessment of iodine content in water and food in iodine-deficient areas. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal [Siberian Journal of Medicine]*. Irkutsk. 2014; (3): 88–91. (in Russian)
13. Tutelyan V.A., Gorohov A.V., Mihaylova E.I., Vladimirov L.N., Lebedev M.P., Ignat'eva M.E., et al. Policy of Healthy Nutrition of the Population of the Republic of Sakha (Yakutia). *Yakutskiy meditsinskiy zhurnal [Yakut Medical Journal]*. 2015; 3 (51): 6–9. (in Russian)

Для корреспонденции

Мартинчик Арсений Николаевич – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии питания и генодиагностики алиментарно-зависимых заболеваний ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»
 Адрес: 109240, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14
 Телефон: (495) 698-53-87
 E-mail: amartin@ion.ru

Мартинчик А.Н.¹, Баева В.С.¹, Пескова Е.В.¹, Кудрявцева К.В.¹, Денисова Н.Н.¹,
 Лавриненко С.В.¹, Камбаров А.О.¹, Бадтиева В.А.², Никитюк Д.Б.¹

Фактическое потребление жидкости спортсменами высокой квалификации в режиме тренировочного процесса

Actual liquid consumption by highly qualified athletes in the mode of the training process

Martinchik A.N.¹, Baeva V.S.¹,
 Peskova E.V.¹, Kudryavtseva K.V.¹,
 Denisova N.N.¹, Lavrinenko S.V.¹,
 Kambarov A.O.¹, Badietva V.A.²,
 Nikityuk D.B.¹

- ¹ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Москва
- ² ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины» Департамента здравоохранения г. Москвы
- ¹ Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow
- ² Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow

Целью исследования было изучение фактического потребления жидкости спортсменами различных видов спорта в течение дня с одной и двумя тренировками до, во время и после тренировки. Фактическое питание, включая потребление различных видов жидкости и напитков, оценивали методом 24-часового (суточного) воспроизведения питания. Были обследованы 280 спортсменов высокой квалификации (кандидаты в мастера и мастера спорта) различных видов спорта обоего пола в тренировочный период. Установлено, что основным напитком регидратации спортсменов является питьевая бутилированная вода. Ее потребляют в среднем 86% спортсменов. Из группы единоборств и силовых видов воду потребляют 95–96% спортсменов, тогда как в других группах доля потребителей воды меньше – 67–79%. На 2-м месте по объемам потребления стоит чай. Потребление спортивных напитков наблюдается только во время тренировки спортсменами из группы циклических видов спорта (31%) и единоборств (11%). Расчет среднедушевого потребления жидкости спортсменами, которые имели 2 тренировки в день, показал, что спортсмены из группы единоборств потребляли наибольшие объемы жидкости в режиме обоих тренировок по сравнению с представителями других видов спорта. Спортсмены других

Для цитирования: Мартинчик А.Н., Баева В.С., Пескова Е.В., Кудрявцева К.В., Денисова Н.Н., Лавриненко С.В., Камбаров А.О., Бадтиева В.А., Никитюк Д.Б. Фактическое потребление жидкости спортсменами высокой квалификации в режиме тренировочного процесса // Вопр. питания. 2018. Т. 87, № 3. С. 36–44. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10029

Статья поступила в редакцию 18.01.2018. **Принята в печать** 11.05.2018.

For citation: Martinchik A.N., Baeva V.S., Peskova E.V., Kudryavtseva K.V., Denisova N.N., Lavrinenko S.V., Kambarov A.O., Badietva V.A., Nikityuk D.B. Actual liquid consumption by highly qualified athletes in the mode of the training process. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2018; 87 (3): 36–44. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10029 (in Russian)

Received 18.01.2018. **Accepted for publication** 11.05.2018.

видов спорта потребляли в среднем меньше жидкости в режиме 2-й тренировки по сравнению с 1-й. Суммарное потребление жидкости в период двух тренировок было максимальным в группе единоборств и минимальным в группе сложно-координационных видов спорта. Следует особо отметить небольшую долю спортсменов, потреблявших специализированные спортивные напитки – всего 17% спортсменов, при этом более половины из них – спортсмены циклических видов спорта. Потребление жидких продуктов вне тренировок наблюдали у 76% спортсменов. Средний объем потребляемых жидких продуктов варьировал в расчете на потребителя от 382 и 437 мл в сложно-координационных и игровых видах спорта до 504–553 мл в других видах спорта. Максимальное среднесуточное потребление жидкости (2326 мл) наблюдалось у спортсменов, занимающихся единоборствами, минимальное (1009 мл) – у спортсменов сложно-координационных видов спорта.

Ключевые слова: физическая нагрузка, питание спортсменов, потребление жидкости, регидратация спортсменов

The purpose of the study was to evaluate the actual intake of fluids by athletes of various sports during the day with one and two training sessions before, during and after workout. The dietary intake, including consumption of various types of liquid foods and beverages, was evaluated by the method of 24-hour recall in 280 athletes of high qualification (candidates for masters and masters of sports) of both gender of various sports during the training period. It has been established that the main drink of rehydration was drinking bottled water. Bottled water was consumed on average by 86% of athletes. It was consumed by 95–96% of sportsmen from the group of single combats and power kinds, whereas in other groups the share of water consumers was less – 67–79%. In second place in terms of percentage of consuming was tea. Consumption of sports drinks was observed only during training by athletes from the group of cyclic sports (31%) and single combat (11%). Calculating the per capita fluid intake of athletes who had 2 workouts a day showed that athletes from the martial arts group consumed the largest volumes of fluid in the mode of both training sessions as compared to representatives of other sports. Athletes of other sports consumed on average less liquid in the 2nd training mode compared to the 1st one. The total fluid intake during two training sessions was maximum in the group of martial arts and was minimum in the group of complex coordination sports. It should be specially noted a small proportion of athletes who consumed specialized sports drinks – only 17% of athletes and more than half of them – cyclical sportsmen. Consumption of liquid food outside training has been observed in 76% of athletes. The mean volume of consumed liquid products varied by the user from 382 and 437 ml in complex coordination and game sports up to 504–553 ml in other sports. The daily fluid intake was maximum (2326 ml) in athletes engaged in martial arts, minimum (1009 ml) – in athletes of complex coordination sports.

Keywords: physical load, nutrition of athletes, fluid intake, rehydration of athletes

Дегидратация, или снижение содержания воды в организме, является общим явлением, связанным с выполнением физических нагрузок.

Неблагоприятные последствия обезвоживания для физической и умственной работоспособности показаны в натурных исследованиях и в экспериментах [1]. Метаанализы выявили значимое снижение показателей физической активности, мышечной силы и выносливости в аэробных и анаэробных условиях при обезвоживании [2, 3].

Специалисты спортивной физиологии и медицины [4–6] для восполнения воды в организме при обезвоживании рекомендуют потреблять от 1,25 до 1,50 л жидкости на 1 кг потерянной массы тела. Особенно важна регидратация при большом дефиците жидкости и ограниченном времени восстановления перед следующими физическими нагрузками (<12 ч). Следует иметь в виду, что на восстановление работоспособности

неблагоприятно влияет как недостаточное потребление жидкости, так и ее избыток [7–9]. Потребление больших объемов жидкости может вызвать дискомфорт в желудочно-кишечном тракте, препятствуя выполнению физических нагрузок [10]. В то же время потребление больших объемов жидкости по сравнению с потреблением ее меньших объемов способствует быстрому первоначальному опорожнению желудка [11], облегчая абсорбцию жидкости и регидратацию. Таким образом, определение величин потребления жидкости в процессе физических спортивных нагрузок является актуальной задачей спортивной медицины и нутрициологии.

Целью настоящей работы явилось изучение практики потребления жидкости спортсменами различных видов спорта в различные фазы тренировочного процесса: до, во время и после тренировок.

Материал и методы

Исследования проводили на базе Клиники спортивной медицины (филиал № 1) ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины» Департамента здравоохранения г. Москвы, где спортсмены проходили углубленное медицинское обследование. Фактическое питание, включая потребление различных видов жидкости и напитков, оценивали методом 24-часового (суточного) воспроизведения питания [12, 13]. Для оценки потребления различных видов напитков в режиме тренировок использовали специально разработанный фрагмент общего вопросника, в котором учитывались все виды жидкостей и напитков, которые потребляли спортсмены за 1–2 ч до тренировок, во время тренировок и в течение 2 ч после тренировок. Опрос касался всех тренировок, в которых участвовал спортсмен в опрашиваемый день. Кроме того, в суммарное количество потребляемой за сутки жидкости включали потребление молочных и немолочных напитков и жидких первых блюд. При этом количество жидкости в первых блюдах принимали с коэффициентом 0,9 (т.е. 90% воды). Отдельно анализировали потребление жидкости у спортсменов, которые проводили 2 тренировки в день. Всего обследовано 280 спортсменов высокой квалификации (кандидаты в мастера и мастера спорта) различных видов спорта обоего пола в тренировочный период. Распределение обследованных спортсменов по группам видов спорта представлено в табл. 1 в графе по потреблению воды.

Анализ потребления жидкости, фактическое питание и статистическую обработку проводили с использованием программы IBM SPSS v.23 (США).

Результаты и обсуждение

Первоначально нами проанализировано потребление индивидуальных жидкостей в ходе 1-й (или единственной) тренировки, в которой участвовали все обследуемые спортсмены. Представленные в табл. 1 данные свидетельствуют о предпочтительных видах напитков, которые потребляют спортсмены в различные фазы тренировки. Поскольку различные виды жидкостей потребляются спортсменами индивидуально по выбору, то оценку потребления проводили в расчете на потребителей, так как среднестатистическая оценка в этом случае не имеет смысла. Как следует из данных, представленных в табл. 1, наибольшее число спортсменов потребляли до тренировки бутилированную питьевую воду, на втором месте по частоте потребления был чай. Незначительное количество спортсменов потребляли до тренировки другие виды напитков – кофе, спортивные напитки, соки и нектары. Сладкие газированные напитки до тренировки совсем не потребляли.

Потребление напитков во время тренировки имеет свои особенности. Во время тренировки наибольшим числом спортсменов потреблялась бутилированная питьевая вода. Чай потребляли во время тренировки только несколько спортсменов из группы единоборств. Кофе и сладкие газированные напитки не употреб-

Таблица 1. Потребление напитков спортсменами в различные периоды 1-й тренировки, мл на потребителей

Напиток	Вид спорта	Среднее	СО	Мода	Мин.	Макс.	Количество потреблявших, абс. (%)
<i>Перед тренировкой</i>							
Вода	Единоборства (n=129)	351	262	500	50	1500	69 (53,5)
	Циклические (n=58)	300	193	200	30	1000	32 (55,2)
	Сложно-координационные (n=34)	307	237	200	50	1000	14 (41,2)
	Силовые (n=20)	267	148	100	100	500	9 (45,0)
	Спортивные игры (n=39)	309	170	200	100	500	11 (28,2)
Чай	Единоборства	367	249	250	150	1000	18 (14,0)
	Циклические	340	147	250	200	500	5 (8,6)
	Сложно-координационные	300	82	300	200	400	4 (11,8)
	Силовые	250	–	–	–	–	1 (5,0)
	Спортивные игры	400	232	250	250	800	5 (12,8)
Кофе	Единоборства	333	144	250	250	500	3 (2,3)
	Циклические	250	–	–	–	–	1 (1,7)
	Сложно-координационные	300	0	300	300	300	2 (5,9)
	Силовые	–	–	–	–	–	0
	Спортивные игры	313	63	300	250	400	4 (10,3)
Спортивные напитки	Единоборства	180	169	20	20	350	4 (3,1)
	Циклические	300	0	300	300	300	3 (5,2)
	Сложно-координационные	–	–	–	–	–	0
	Силовые	–	–	–	–	–	0
	Спортивные игры	–	–	–	–	–	0
Сладкие газированные напитки		Не потреблялись					

Окончание табл. 1

Напиток	Вид спорта	Среднее	СО	Мода	Мин.	Макс.	Количество потреблявших, абс. (%)
Соки, нектары	Единоборства	525	318	300	300	750	2 (1,6)
	Циклические	200	–	–	–	–	1 (1,7)
	Сложно-координационные	–	–	–	–	–	0
	Силовые	–	–	–	–	–	0
	Спортивные игры	–	–	–	–	–	0
<i>Во время тренировки</i>							
Вода	Единоборства	710	462	500	100	2500	68 (52,7)
	Циклические	583	408	1000	50	1500	18 (31,0)
	Сложно-координационные	407	276	500	20	1000	10 (29,4)
	Силовые	675	410	500	200	1500	16 (80,0)
	Спортивные игры	848	511	500	200	2000	23 (59,0)
Чай	Единоборства	610	674	150	150	1750	5 (3,9)
	Циклические	200	–	–	–	–	1 (1,7)
	Сложно-координационные	–	–	–	–	–	0
	Силовые	–	–	–	–	–	0
	Спортивные игры	–	–	–	–	–	0
Кофе	Не потреблялся						
Спортивные напитки	Единоборства	604	248	700	50	1000	14 (10,9)
	Циклические	592	262	500	150	1000	18 (31,0)
	Сложно-координационные	500	–	–	–	–	1 (2,9)
	Силовые	–	–	–	–	–	0
	Спортивные игры	800	283	600	600	1000	2 (5,1)
Сладкие газированные напитки	Не потреблялись						
<i>После тренировки</i>							
Вода	Единоборства	579	396	500	50	2000	100 (77,5)
	Циклические	433	169	500	100	1000	29 (50,0)
	Сложно-координационные	434	345	200	50	1500	16 (47,1)
	Силовые	438	378	300	200	1500	13 (65,0)
	Спортивные игры	529	275	500	150	1000	19 (48,7)
Чай	Единоборства	311	122	250	200	500	9 (7,0)
	Циклические	200	0	200	200	200	3 (5,2)
	Сложно-координационные	290	22	300	250	300	5 (14,7)
	Силовые	338	180	200	200	600	4 (20,0)
	Спортивные игры	300	100	200	200	400	3 (7,7)
Кофе	Единоборства	–	–	–	–	–	0
	Циклические	167	58	200	100	200	3 (5,2)
	Сложно-координационные	–	–	–	–	–	0
	Силовые	–	–	–	–	–	0
	Спортивные игры	–	–	–	–	–	0
Спортивные напитки	Единоборства	440	319	350	200	1000	5 (3,9)
	Циклические	283	214	200	100	700	6 (10,3)
	Сложно-координационные	–	–	–	–	–	0
	Силовые	–	–	–	–	–	0
	Спортивные игры	200	–	–	–	–	1 (2,6)
Сладкие газированные напитки	Единоборства	575	318	350	350	800	2 (1,6)
	Циклические	500	–	–	–	–	1 (1,7)
	Сложно-координационные	500	–	–	–	–	1 (2,9)
	Силовые	–	–	–	–	–	0
	Спортивные игры	–	–	–	–	–	0
Соки, нектары	Единоборства	589	242	500	300	1000	9 (7,0)
	Циклические	225	35	200	200	250	2 (3,4)
	Сложно-координационные	150	71	100	100	200	2 (5,9)
	Силовые	–	–	–	–	–	0
	Спортивные игры	250	–	–	–	–	1 (2,6)

Здесь и в табл. 2, 3: СО – стандартное отклонение.

лял ни один спортсмен. Следует отметить потребление в группах единоборств (11%) и циклических видов (31%) специализированных спортивных изотонических напитков.

Предпочтительным напитком после тренировки у большинства спортсменов была питьевая вода: от 47% спортсменов сложно-координационных видов до 78% спортсменов из группы единоборств. Все остальные напитки потреблялись лишь несколькими спортсменами из каждой группы видов спорта.

Данные, полученные при анализе потребления жидкости спортсменами в период 1-й тренировки, показывают, что основным напитком регидратации является питьевая бутилированная вода, на 2-м месте по частоте потребления – чай. Потребление спортивных напитков наблюдалось только во время тренировки спортсменами из группы циклических видов спорта (31%) и единоборств (11%).

Следует отметить, что при анализе потребления напитков в расчете на потребителей информативным показателем является мода величин потребления, которая характеризует наиболее частые предпочтительные величины потребления жидкости индивидуумами. Это дает важную информацию об индивидуальном потреблении в расчете на потребителя, как это представлено в табл. 1.

Проблема дегидратации и регидратации крайне важна при повторных физических нагрузках через непродолжительное время – менее 12 ч. В этой связи представляло интерес изучение потребления жидкостей у спортсменов, проводивших 2 тренировки в день. В табл. 2 представлено сравнение суммарных величин среднестатистического потребления жидкости в период 1-й и 2-й тренировок у спортсменов, которые проводили 2 тренировки в день. Спортсмены из группы единоборств потребляли наибольшие объемы жидкости в режиме обеих тренировок по сравнению с представителями других видов спорта. Спортсмены других

видов спорта потребляли в среднем меньше жидкости в режиме 2-й тренировки по сравнению с 1-й. Суммарное потребление жидкости в период двух тренировок было максимальным в группе единоборств и минимальным в группе сложно-координационных видов спорта.

Потребление жидкости не ограничивается периодом тренировок, а также потреблением только напитков. Имеет значение потребление напитков и жидких продуктов в течение суток. Анализ суммарного водопотребления за счет напитков и жидких продуктов представлен в табл. 3. Учитывая особенности потребления спортсменами разных видов спорта отдельных напитков в период тренировок (см. табл. 1), данные по общему суточному потреблению жидкости представляются как в расчете на потребителей, так и в среднестатистическом исчислении для общего представления об объемах потребления жидкости.

По величине суточного потребления напитков как в среднестатистическом расчете, так и в расчете на потребителей на 1-м месте стоит вода питьевая у спортсменов всех видов спорта. Питьевую бутилированную воду потребляют в среднем 86% спортсменов. Из группы единоборств и силовых видов воду потребляют 95–96% спортсменов, тогда как в других группах доля потребителей воды меньше – 67–79%.

На 2-м месте по объемам потребления стоит чай. Потребление других напитков существенно меньше по частоте и объему. Следует особо отметить небольшую долю спортсменов, потреблявших специализированные спортивные напитки, всего 17% спортсменов, при этом более половины из них – из циклических видов спорта.

Потребление жидких продуктов вне тренировок наблюдается у 76% спортсменов. Объем потребляемых жидких продуктов варьирует в среднем на потребителя от 382 и 437 мл в сложно-координационных и игровых видах спорта до 504–553 мл в других видах спорта.

Расчет суммарного потребления жидкости за счет напитков и жидких продуктов показал, что максимальное

Таблица 2. Сравнение величин потребления жидкости в период 1-й и 2-й тренировок, проводившихся в один день, среднестатистическое, мл

Показатель	Вид спорта	Среднее	СО	Мода	Мин.	Макс.
Питье в режиме 1-й тренировки	Единоборства (n=56)	1274	868	700	0	4750
	Циклические (n=38)	863	439	1000	0	2000
	Сложно-координационные (n=4)	763	534	300	300	1500
	Силовые (n=4)	950	549	500	500	1750
	Спортивные игры (n=12)	1092	555	700	0	2000
Питье в режиме 2-й тренировки	Единоборства	1273	1013	1000	0	5000
	Циклические	787	544	1000	0	2500
	Сложно-координационные	525	210	300	300	800
	Силовые	825	533	250	250	1500
	Спортивные игры	678	692	0	0	1850
Потребление жидкости за 2 тренировки	Единоборства	2547	1690	2200	400	9500
	Циклические	1650	907	2000	0	4200
	Сложно-координационные	1288	742	600	600	2300
	Силовые	1775	1038	1000	1000	3250
	Спортивные игры	1769	992	100	100	3850

Таблица 3. Суммарное суточное потребление напитков и жидких продуктов спортсменами различных видов спорта, на потребителей и среднудушевое

Напиток, продукт	Вид спорта	В расчете на потребителей, мл						Среднудушевое, мл		
		среднее	СО	мода	мин.	макс.	число потребителей	среднее	СО	всего
Чистая вода	Единоборства	1630	1250	1000	100	7000	124	1567	1266	129
	Циклические виды	1133	769	500	150	3000	46	898	825	58
	Сложно-координационные	744	424	500	50	1750	23	504	495	34
	Силовые виды	1158	816	700	250	3250	19	1100	835	20
	Спортивные игры	1345	745	1000	100	3200	30	1035	868	39
	Всего	1379	1062	1000	50	7000	242	1192	1094	280
Чай	Единоборства	588	679	500	100	3750	29	132	402	129
	Циклические виды	411	213	200	200	800	9	64	170	58
	Сложно-координационные	421	204	300	250	800	7	87	194	34
	Силовые виды	320	160	250	200	600	5	80	160	20
	Спортивные игры	533	357	200	200	1100	6	82	234	39
	Всего	509	518	200	100	3750	56	102	308	280
Кофе	Единоборства	310	182	500	100	500	5	12	68	129
	Циклические виды	230	110	200	100	400	5	20	71	58
	Сложно-координационные	300	0	300	300	300	2	18	72	34
	Силовые виды	0	0	0	0	0	0	0	0	20
	Спортивные игры	300	61	250	250	400	5	38	104	39
	Всего	282	116	250	100	500	17	17	73	280
Спортивные напитки	Единоборства	834	544	700	20	2000	18	116	351	129
	Циклические виды	925	642	1000	100	2000	26	415	630	58
	Сложно-координационные	500	–	500	500	500	1	15	86	34
	Силовые виды	0	0	0	0	0	0	0	0	20
	Спортивные игры	800	529	200	200	1200	3	62	248	39
	Всего	874	586	1000	20	2000	48	150	409	280
Сладкие газированные напитки	Единоборства	525	194	350	350	800	4	16	96	129
	Циклические виды	500	–	500	500	500	1	9	66	58
	Сложно-координационные	500	–	500	500	500	1	15	86	34
	Силовые виды	0	0	0	0	0	0	0	0	20
	Спортивные игры	0	0	0	0	0	0	0	0	39
	Всего	517	151	500	350	800	6	11	78	280
Соки и нектары	Единоборства	759	280	500	300	1200	11	65	227	129
	Циклические виды	275	87	250	200	400	4	19	73	58
	Сложно-координационные	150	71	100	100	200	2	9	38	34
	Силовые виды	200	–	200	200	200	1	10	45	20
	Спортивные игры	415	120	330	330	500	2	21	95	39
	Всего	539	331	500	100	1200	20	39	164	280
Сумма жидких продуктов	Единоборства	504	384	500	10	1990	90	352	396	129
	Циклические виды	521	561	500	20	3300	48	431	546	58
	Сложно-координационные	382	286	100	20	1080	27	303	298	34
	Силовые виды	553	308	300	250	1120	13	359	365	20
	Спортивные игры	437	249	300	40	1000	35	393	272	39
	Всего	484	399	500	10	3300	213	368	405	280
Сумма напитков и жидких продуктов	Единоборства	2326	1542	1800	10	9500	128	2308	1550	129
	Циклические виды	1866	1064	1400	150	4950	58	1866	1064	58
	Сложно-координационные	1009	615	500	350	2600	32	949	643	34
	Силовые виды	1584	849	1100	250	3750	20	1584	849	20
	Спортивные игры	1673	1073	2000	50	4820	38	1631	1092	39
	Всего	1933	1331	500	10	9500	276	1905	1341	280

потребление жидкости наблюдалось у спортсменов, занимающихся единоборствами. Суточное потребление жидкости у этой группы составило 2326 мл, со значительными индивидуальными колебаниями от 10 мл (2 глотка) до 9500 мл и модой 1800 мл. Спортсмены циклических видов находятся на второй позиции по суточному потреблению жидкости. Минимальные величины суточного потребления жидкости наблюдали у спортсменов сложно-координационных видов спорта. Спортсмены силовых видов и спортивных игр занимают промежуточное положение по объему потребляемой жидкости. Среднее суточное потребление жидкости за счет напитков и жидких продуктов составило 1900 мл.

Суточные объемы потребляемой жидкости спортсменами различных видов спорта, представленные в табл. 3, меньше, чем потребляемые в процессе двух тренировок (см. табл. 2). Здесь нет противоречия, так как в табл. 2 представлены данные о потреблении жидкости в специально выделенной группе спортсменов, проводивших 2 тренировки в день, когда потребность в регидратации возрастает.

Объемы потребляемой жидкости за сутки зависели от установки на регуляцию массы тела спортсмена, которая распространена в единоборствах, где существует категоризация по массе тела. Как следует из данных табл. 4, у спортсменов-единоборцев потребление жидкости значительно меньше при режиме снижения массы тела. При этом в режиме снижения массы тела уменьшаются объемы как напитков, так и жидких пищевых продуктов и блюд. Напротив, при установке на увеличение массы тела потребление жидкости увеличивается. В режимах редукции массы тела следует обращать внимание на возможность выраженной дегидратации спортсменов [14].

Регидратация является обязательным компонентом процесса восстановления организма после физических нагрузок [15]. В этом процессе важно потребление жидкости на всех этапах тренировочного процесса: до, во время и после физических нагрузок. Настоящее исследование фактической практики регидратации спортсменов различных видов спорта позволило выявить приоритетные виды напитков, используемых спортсменами высокой квалификации: кандидатами в мастера и мастерами спорта. Также значение имеет количественная оценка объемов потребляемых напитков в различные фазы тренировочного

процесса, что дает исходные данные для планирования детальных исследований дегидратации и регидратации в режиме тренировочного процесса спортсменов разных видов спорта.

Исследование показало, что большинство спортсменов в режиме до, во время и после тренировок потребляют питьевую бутилированную воду. Другие напитки – чай, соки и нектары, спортивные напитки – используются значительно меньшим числом спортсменов. Кофе и сладкие газированные напитки почти исключены из рациона спортсменов. Особо следует отметить низкую частоту потребления спортивных напитков, предназначенных для регидратации. Это тем более примечательно, что были обследованы спортсмены высокой квалификации, что свидетельствует о недостаточной осведомленности спортсменов о достоинствах регидратации углеводно-минеральными напитками, которые широко доступны на рынке [16]. Тем не менее принято считать, что лучше пить воду, чем ничего не пить. Потребление напитков с углеводами и электролитами может способствовать более высокой спортивной работоспособности, чем при потреблении воды [4, 17]. Также достаточное потребление жидкости позволяет избежать таких фатальных состояний, как тепловой удар [18].

Суммарное суточное потребление жидкости за счет напитков и жидких пищевых блюд и продуктов (молочные напитки, первые блюда) составило в среднем 1900 мл. При этом отмечается широкая вариабельность суточных объемов жидкости среди спортсменов различных видов спорта: от максимальных средних величин 2300 мл у единоборцев до 1000 мл у спортсменов сложно-координационных видов спорта. Оценить достаточность суточных величин не представляется возможным, так как степень дегидратации не исследовали. Более высокие среднесуточные величины потребления жидкости у спортсменов, проводивших 2 тренировки в день, свидетельствуют об определенном влиянии уровня физической нагрузки и степени дегидратации на потребность в регидратации.

Не следует забывать также о возможности гипергидратации, которая может снизить физическую работоспособность. Об этом свидетельствуют отмеченные у ряда обследованных спортсменов крайне высокие индивидуальные величины потребления жидкости после трениро-

Таблица 4. Суммарное суточное потребление жидкости в режимах регуляции массы тела у спортсменов-единоборцев, мл

Жидкость	Режим	Среднее	Стандартное отклонение
Сумма напитков и жидких продуктов	Снижения ($n=46$)	2140	1414
	Увеличения ($n=16$)	2505	1717
	Без установки ($n=66$)	2380	1622
	Всего ($n=128$)	2309	1556
Сумма жидких продуктов	Снижения	341	346
	Увеличения	392	344
	Без установки	350	445
	Всего	352	397

вок. Кроме того, в случае потребления чистой воды при высоком потоотделении, что случается в жаркую погоду и (или) при преодолении супердистанций, существует вероятность развития состояния, называемого «водной интоксикацией» или гипотонической гипонатриемией. Гипонатриемия определяется как концентрация натрия <135–136 ммоль/л. Это состояние наиболее часто наблюдается при прохождении супердистанций, на марафонских трассах и у путешественников. Хотя случаи фатальной гипонатриемии относительно нечасты, имеющиеся в мире наблюдения предполагают, что случаи клинически стертой и бессимптомной водной интоксикации могут быть обычными в профессиональном спорте. В ряде состязаний по марафону и триатлону гипонатриемия различной степени выраженности встречается у более чем 30% обследованных атлетов [19].

Заключение

Результаты исследования показали, что необходима разработка практических рекомендаций по способам и правилам регидратации в режиме тренировочного процесса и фазы восстановления после физических нагрузок. Рекомендации должны включать обучающие материалы по индивидуальным способам регидратации в различных видах спорта. Необходимо просвещение спортсменов о способах и правилах восполнения потерь жидкости для повышения физической работоспособности и снижения риска для здоровья как гипогидратации, так и гипергидратации. Эта работа должна проводиться на индивидуальном уровне для разработки методов восполнения жидкости, которые способствуют достаточной, но не чрезмерной гидратации до, во время и после физической активности.

Сведения об авторах

Мартинчик Арсений Николаевич – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии питания и генодиагностики алиментарно-зависимых заболеваний ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва)

E-mail: amartin@ion.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5200-7907>

Баева Вера Сергеевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии питания и генодиагностики алиментарно-зависимых заболеваний ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва)

E-mail: baeva@ion.ru

Пескова Елена Васильевна – младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии питания и генодиагностики алиментарно-зависимых заболеваний ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва)

E-mail: peskova@ion.ru

Кудрявцева Ксения Владимировна – младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии питания и генодиагностики алиментарно-зависимых заболеваний ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва)

E-mail: kudryavtseva.ks@yandex.ru

Денисова Наталья Николаевна – кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории эпидемиологии питания и генодиагностики алиментарно-зависимых заболеваний ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва)

E-mail: denisova@ion.ru

Лавриненко Семен Валерьевич – младший научный сотрудник лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва)

E-mail: lavrinenko.sem@yandex.ru

Камбаров Алексей Олегович – доктор экономических наук, заведующий лабораторией эпидемиологии питания и генодиагностики алиментарно-зависимых заболеваний, заместитель директора ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва)

E-mail: kambarov.ao@yandex.ru

Бадтиева Виктория Асланбековна – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины» Департамента здравоохранения г. Москвы

E-mail: maratik2@yandex.ru

Никитюк Дмитрий Борисович – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией спортивной антропологии и нутрициологии, директор ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва)

E-mail: nikitjuk@ion.ru

<http://orcid.org/0000-0002-4968-4517>

Литература

1. Колесникова А.А., Артемьева Н.К., Тарасенко А.А. Динамика электролитного статуса велосипедистов высокой квалификации на фоне приема регидратационного напитка функционального назначения // Физическая культура, спорт – наука и практика. 2016. № 4. С. 73–78.
2. Savoie F.A., Kenefick R.W., Ely B.R., Chevront S.N., Goulet E.D.B. Effect of hypohydration on muscle endurance, strength, anaerobic power and capacity and vertical jumping ability: a metaanalysis // Sports Med. (Auckland, NZ). 2015. Vol. 45, N 8. P. 1207–1227. doi: 10.1007/s4027901503490.
3. McCartney D., Desbrow B., Irwin C. The effect of fluid intake following dehydration on subsequent athletic and cognitive performance: a systematic review and metaanalysis // Sports Med Open. 2017. Vol. 3, N 1. P. 13. doi: 10.1186/s407980170079y. Epub 2017 Mar 18.

4. Sawka M.N., Burke L.M., Eichner E.R., Maughan R.J., Montain S.J. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement // *Med. Sci. Sports Exerc.* 2007. Vol. 39, N 2. P. 377–390. doi: 10.1249/mss.0b013e31802ca597.
5. Thomas D.T., Erdman K.A., Burke L.M. Position of the academy of nutrition and dietetics, dietitians of Canada, and the American college of sports medicine: nutrition and athletic performance // *J. Acad. Nutr. Diet.* 2016. Vol. 116, N 3. P. 501–528. doi: 10.1016/j.jand.2015.12.006.
6. McDermott B.P., Anderson S.A., Armstrong L.E., Casa D.J., Chevront S.N., Cooper L. et al. National Athletic Trainers' Association position statement: fluid replacement for the physically active // *J. Athl. Train.* 2017. Vol. 52, N 9. P. 877–895. doi: 10.4085/1062-6050-52.9.02.
7. Курашвили В.А. Проблема гидратации у элитных спортсменов // *Спортивная медицина: наука и практика.* 2015. № 1. С. 14–21.
8. Maughan R.J., Shirreffs S.M. Dehydration and rehydration in competitive sport // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2010. Vol. 20, N 11. Suppl. 3. P. 40–47. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01207.x.
9. Maughan R.J., Shirreffs S.M. Development of individual hydration strategies for athletes // *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2008. Vol. 18, N 5. P. 457–472.
10. Desbrow B., Jansen S., Barrett A., Leveritt M.D., Irwin C. Comparing the rehydration potential of different milk-based drinks to a carbohydrate-electrolyte beverage // *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2014. Vol. 39, N 12. P. 1366–1372. doi: 10.1139/apnm20140174.
11. Kwiatek M.A., Menne D., Steingoetter A., Goetze O., ForrasKaufman Z., Kaufman E. et al. Effect of meal volume and calorie load on postprandial gastric function and emptying: studies under physiological conditions by combined fiberoptic pressure measurement and MRI // *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol.* 2009. Vol. 297, N 5. P. g894–g901.
12. Методические рекомендации по оценке количества потребляемой пищи методом 24-часового (суточного) воспроизведения питания. Утв. Зам. Главного государственного санитарного врача Российской Федерации, № С1-19/14-17 от 26 февраля 1996 г.
13. Сорвачева Т.Н., Мартинчик А.Н., Пырьева. Е.А. Комплексная оценка фактического питания и пищевого статуса детей и подростков : учебное пособие. Утв. Решением Ученого совета ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного образования» Минздрава России 28 января 2014 г.
14. Левченко К.П. Врачебный контроль за спортсменами при регулировании массы тела // *Лечебная физкультура и спортивная медицина.* 2011. № 1. С. 17–22.
15. Мирошников А.Б., Тарасов А.В. Гидратация вовремя физической активности // *Терапевт.* 2016. № 5. С. 25–27.
16. Лавриненко С.В., Выборная К.В., Кобелькова И.В., Соколов А.И., Жукова Л.А., Клочкова С.В. и др. Использование специализированных продуктов для питания спортсменов в подготовительном периоде спортивного цикла // *Вопр. питания.* 2017. Т. 86, № 4. С. 99–103.
17. Парастаев С.А., Поляев Б.А., Лобов А.Н., Плотников В.П., Лайшева О.А. Углеводно-электролитные растворы в спорте: обзор некоторых современных тенденций // *Вопр. дет. диетологии.* 2016. Т. 14, № 6. С. 48–53.
18. Casa D.J., Armstrong L.E., Kenny G.P., O'Connor F.G., Huggins R.A. Exertional heat stroke: new concepts regarding cause and care // *Curr. Sports Med. Rep.* 2012. Vol. 11, N 3. P. 115–123. doi: 10.1249/JSR.0b013e31825615cc.
19. O'Toole M.L., Douglas P.S., Laird R.H., Hiller W.D.B. Fluid and electrolyte status in athletes receiving medical care at an ultradistance triathlon // *Clin. J. Sport Med.* 1995. Vol. 5. P. 116–122.

References

1. Kolesnikova A.A., Artem'eva N.K., Tarasenko A.A. Dynamics of the electrolyte status of high qualification cyclists taking the rehydration drink of a functional purpose. *Fizicheskaya kul'tura, sport – nauka i praktika [Physical Culture, Sport – Science and Practice].* 2016; (4): 73–8. (in Russian)
2. Savoie F.A., Kenefick R.W., Ely B.R., Chevront S.N., Goulet E.D.B. Effect of hypohydration on muscle endurance, strength, anaerobic power and capacity and vertical jumping ability: a metaanalysis. *Sports Med (Auckland, NZ).* 2015; 45 (8): 1207–27. doi: 10.1007/s4027901503490.
3. McCartney D., Desbrow B., Irwin C. The effect of fluid intake following dehydration on subsequent athletic and cognitive performance: a systematic review and metaanalysis. *Sports Med Open.* 2017; 3 (1): 13. doi: 10.1186/s407980170079y.
4. Sawka M.N., Burke L.M., Eichner E.R., Maughan R.J., Montain S.J. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39 (2): 377–90. doi: 10.1249/mss.0b013e31802ca597.
5. Thomas D.T., Erdman K.A., Burke L.M. Position of the academy of nutrition and dietetics, dietitians of Canada, and the American college of sports medicine: nutrition and athletic performance. *J Acad Nutr Diet.* 2016; 116 (3): 501–28. doi: 10.1016/j.jand.2015.12.006.
6. McDermott B.P., Anderson S.A., Armstrong L.E., Casa D.J., Chevront S.N., Cooper L., et al. National Athletic Trainers' Association position statement: fluid replacement for the physically active. *J Athl Train.* 2017; 52 (9): 877–95. doi: 10.4085/1062-6050-52.9.02.
7. Kurashvili V.A. The problem of hydration in elite athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika [Sports Medicine: Science and Practice].* 2015; (1): 14–21. (in Russian)
8. Maughan R.J., Shirreffs S.M. Dehydration and rehydration in competitive sport. *Scand J Med Sci Sports.* 2010; 20 (11, Suppl 3): 40–7. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01207.x.
9. Maughan R.J., Shirreffs S.M. Development of individual hydration strategies for athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2008; 18 (5): 457–72.
10. Desbrow B., Jansen S., Barrett A., Leveritt M.D., Irwin C. Comparing the rehydration potential of different milk-based drinks to a carbohydrate-electrolyte beverage. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2014; 39 (12): 1366–72. doi: 10.1139/apnm20140174.
11. Kwiatek M.A., Menne D., Steingoetter A., Goetze O., Forras-Kaufman Z., Kaufman E., et al. Effect of meal volume and calorie load on postprandial gastric function and emptying: studies under physiological conditions by combined fiberoptic pressure measurement and MRI. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2009; 297 (5): g894–901.
12. Methodological recommendations for estimating the amount of consumed food by the method of 24-hour recall. Approved Deputy Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation, No. C1-19 / 14-17 dated February 26, 1996. (in Russian)
13. Sorvacheva T.N., Martinchik A.N., Pyryeva E.A. Comprehensive assessment of the actual nutrition and nutritional status of children and adolescents. Tutorial. Approved By the decision of the Academic Council of the State Educational Institution of Higher Education of the Ministry of Health of the Russian Federation on January 28, 2014. (in Russian)
14. Levchenko K.P. Medical control over athletes regulating body weight. *Lechebnaya fizkultura i sportivnaya meditsina [Exercise Therapy and Sports Medicine].* 2011; (1): 17–22. (in Russian)
15. Miroshnikov A.B., Tarasov A.V. Hydration during physical performance. *Terapevt [Therapist].* 2016; (5): 25–7. (in Russian)
16. Lavrinenko S.V., Vybornaya K.V., Kobelkova I.V., Sokolov A.I., Zhukova L.A., Klochkova S.V., et al. The feasibility of specialized products for nutrition of sportsmen in the preparatory period of the sports cycle. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition].* 2017; 86 (4): 99–103. (in Russian)
17. Parastayev S.A., Polyayev B.A., Lobov A.N., Plotnikov V.P., Laisheva O.A. Carbohydrate-electrolyte drinks in sports: an overview of some current trends. *Voprosy detskoj dietologii [Problems of Pediatric Nutrition].* 2016; 14 (6): 48–53. (in Russian)
18. Casa D.J., Armstrong L.E., Kenny G.P., O'Connor F.G., Huggins R.A. Exertional heat stroke: new concepts regarding cause and care. *Curr Sports Med Rep.* 2012; 11 (3): 115–23. doi: 10.1249/JSR.0b013e31825615cc.
19. O'Toole M.L., Douglas P.S., Laird R.H., Hiller W.D.B. Fluid and electrolyte status in athletes receiving medical care at an ultradistance triathlon. *Clin J Sport Med.* 1995; 5: 116–22.

Для корреспонденции

Яцына Ирина Васильевна – доктор медицинских наук, профессор, директор Института общей и профессиональной патологии ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора
 Адрес: 141000, Московская область, г. Мытищи, ул. Семашко, д. 2
 Телефон: (495) 586-12-34
 E-mail: profkoga@inbox.ru

Яцына И.В.¹, Истомин А.В.¹, Погожева А.В.², Сааркоппель Л.М.¹

Применение специализированного пищевого продукта при профессиональной экземе у работающих на перлитном производстве

Using of specialized food for the workers with skin occupational eczema of perlite production

Yatsyna I.V.¹, Istomin A.V.¹, Pogozheva A.V.², Saarkoppel L.M.¹

¹ ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, Мытищи, Московская область

² ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Москва

¹ Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, Moscow Region

² Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow

Исследования проведены с участием рабочих перлитного производства: 165 человек, страдающих профессиональной экземой, в основной группе и 152 человека без кожной патологии в группе сравнения. Проведена оценка эффективности использования специализированного пищевого продукта диетического профилактического питания в питании рабочих на основании изучения динамики показателей пищевого и клинического статуса. В результате включения в рацион киселя, содержащего пектин, витамин А (в дозе 300% от физиологической потребности), витамин Е и цинк (40% от рекомендуемого суточного потребления), биологически активные вещества растительного происхождения, у обследованных на фоне курса комплексной терапии установлено его положительное влияние на показатели пищевого статуса. Так, концентрация в сыворотке крови аскорбиновой кислоты статистически значимо ($p < 0,05$) увеличилась на 30,0%, токоферола – на 36,3%, каротиноидов – на 27,3%, фосфора – на 28,9%, уровень кальция – на 16,3% ($p < 0,10$). Отмечалось уменьшение уровня малонового диальдегида в сыворотке крови на 12,3% ($p < 0,05$) и увеличение активности каталазы на 12,2% ($p > 0,05$). Наблюдалась тенденция к уменьшению кожного зуда, инфильтрации, эритематозных и экзематозных проявлений заболевания. Полученные данные позволяют рассматривать использование специализированного пищевого продукта диетического профилактического питания рабочими перлитного производства как средство, способствующее

Для цитирования: Яцына И.В., Истомин А.В., Погожева А.В., Сааркоппель Л.М. Применение специализированного пищевого продукта при профессиональной экземе у работающих на перлитном производстве // *Вопр. питания*. 2018. Т. 87, № 3. С. 45–50. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10030

Статья поступила в редакцию 24.10.2017. **Принята в печать** 11.05.2018.

For citation: Yatsyna I.V., Istomin A.V., Pogozheva A.V., Saarkoppel L.M. Using of specialized food for the workers with skin occupational eczema of perlite production. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2018; 87 (3): 45–50. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10030 (in Russian)

Received 24.10.2017. **Accepted for publication** 11.05.2018.

повышению адаптационных резервов организма и предупреждению возникновения, прогрессирования и развития профессиональных заболеваний кожи (экземы) на производстве.

Ключевые слова: перлитное производство, лечебно-профилактическое питание, адаптация, биохимические показатели, профессиональные заболевания, экзема

The research was conducted with participation of the perlite production workers with professional eczema (165 people in the main group and 152 from the control group without skin pathology). The effectiveness of the use of a specialized prophylactic food in the diet of workers was assessed on the basis of the study of the dynamics of the indicators of nutritional and clinical status. Inclusion of kissel, containing pectin, vitamin A (300% from RDA), vitamin E and zinc (40% from RDA), biologically active substances of plant origin in the diet of the examined against the background of the course of complex therapy, has resulted in a positive influence on individual laboratory values, demonstrating the optimization of metabolic processes, which characterize the pathogenesis of skin inflammation. Thus, the concentration of ascorbic acid in blood serum statistically significant ($p < 0.05$) increased by 30.0%, tocopherol – by 36.3%, carotenoids – by 27.3%, phosphorus – by 28.9%, calcium level elevated by 16.3% ($p < 0.10$). There was a decrease in the level of MDA in blood serum by 12.3% ($p < 0.05$) and an increase in catalase activity by 12.2% ($p > 0.05$). There was a tendency to reduce itching, infiltration, erythematous and eczematous manifestations of the disease. The data obtained make it possible to consider the use of a specialized food product of dietary preventive nutrition by workers in perlite production as a mean to enhance the body's adaptive reserves and to prevent the occurrence, progression and development of occupational skin diseases (eczema) in the workplace.

Keywords: perlite production, dietary preventive nutrition, adaptation, biochemical indices, occupational diseases, eczema

Частота развития аллергических дерматозов продолжает расти, занимает одно из ведущих мест в структуре профессиональной заболеваемости работающих и имеет выраженное социально-экономическое значение. Анализ данных общегосударственной статистики, а также различных по своим масштабам эпидемиологических исследований свидетельствует о том, что среди профессиональных аллергических дерматозов ведущее место занимает экзема [1, 2].

В целом в строительной промышленности заболевания кожи составляют 24–37% случаев от общей заболеваемости; при этом работники подвергаются сочетанному влиянию вредных химических и физических раздражителей аллергенной и токсичной природы малой интенсивности в сочетании с неблагоприятным микроклиматом и запыленностью воздуха рабочей зоны, способных вызвать патологические изменения на коже и в организме [1].

Иммунологические и морфологические исследования, проведенные при диагностике профессиональной экземы, свидетельствуют о том, что воспалительные изменения в дерме не имеют специфики и укладываются в общепатологические характеристики тканей при неспецифическом воспалении.

Под влиянием повышенной сосудистой проницаемости преимущественно терминального отдела микроциркуляторного русла развивается спонгиоз эпидер-

миса с проникновением в него лимфоцитов, клинико-морфологическим проявлением чего является микровезикуляция. Грубых изменений деструктивного порядка под влиянием воспаления не развивается, отмечаются периваскулярные лимфоидно-гистиоцитарные инфильтраты сосочкового слоя дермы; при этом в периферической крови регистрируется уменьшение количества Т-лимфоцитов и снижение их функциональных характеристик. Все это свидетельствует о возможности полной обратимости воспалительных явлений [1, 2].

В последние годы показано, что в основе патогенетических механизмов развития профессиональной экземы лежат нарушения ферментных систем, активация свободнорадикальных процессов, снижение антиоксидантной защиты и иммунной реактивности, развивающиеся под действием химических промышленных веществ на ранних стадиях развития патологии кожи, что определяет необходимость внедрения широкого спектра профилактических мероприятий, в том числе применения патогенетически обоснованного и сбалансированного питания [3–7].

Принципы лечебно-профилактического питания базируются на основании данных о специфическом влиянии отдельных нутриентов на интенсивность всасывания токсичных веществ, поступивших в организм в процессе производственной деятельности, на накопление этих

веществ в тканях и их элиминацию из тканей и крови. Большинство токсичных веществ в организме человека подвергается превращениям в ходе реакций окисления, восстановления и гидролитического расщепления в печени и других органах и тканях.

Некоторые химические соединения или их метаболиты реагируют с эндогенными молекулами и радикалами с образованием нетоксических растворимых веществ, выделяющихся с мочой, желчью или выдыхаемым воздухом [4, 8, 9].

Крайне важным в современных условиях представляется использование биологически активных веществ, способных выполнять защитную роль при неблагоприятных влияниях внешней среды на организм [4, 9, 10]. Также одним из перспективных путей совершенствования лечебно-профилактического питания работающих является разработка и внедрение качественно новых пищевых продуктов с направленным изменением химического состава, соответствующего потребностям организма в конкретных неблагоприятных условиях труда [5, 11, 12].

В связи с этим **цель** настоящего исследования – оценка эффективности использования специализированного пищевого продукта в питании рабочих перлитного производства с профессиональной экземой на основании изучения динамики показателей пищевого и клинического статуса.

Материал и методы

В качестве объекта исследований выбран комбинат ОАО «Стройперлит» (Мытищи, Московская область). Природный материал перлит является породой, представляющей собой вулканическое стекло. При непосредственном производственном контакте с перлитом возникает воспаление кожи вследствие травматизации, раздражения и закупорки выводных протоков сальных и потовых желез кожи работающих, что в сочетании с неблагоприятными условиями труда обуславливают его дерматопатогенные свойства.

Основную группу (165 человек, средний возраст – 53,5±0,6 года) составили рабочие: дробильщики теплоизоляционного сырья, обжигальщики в производстве теплоизоляционных материалов, сортировщики (упаковщики) теплоизоляционных изделий с профессиональной экземой, подвергающиеся комплексному воздействию неблагоприятных факторов производственной среды.

Течение заболевания у всех обследуемых основной группы было среднетяжелым согласно дерматологическому индексу EASI (Eczema Area Severity Index). В клинической картине преобладали явления выраженной инфильтрации, сопровождающейся трещинами, везикуляцией, мокнутием, мацерации рогового слоя, в результате чего образовывались очаги различного размера ярко-красного цвета, блестящие, влажные; цвет кожных покровов в очагах поражения был си-

нушно-красный или бурый. Группу сравнения составили рабочие, не имеющие кожной патологии (152 обследованных мужчины; средний возраст – 50,4±1,25 года, стаж работы – 24,6±1,87 года).

Исследование проводили в течение 4 нед. Обследуемые основной группы, помимо курса терапии согласно стандартизированной схеме (антигистаминные препараты, десенсибилизирующие средства, энтеросорбенты, наружная терапия, физиолечение и др.), ежедневно (утром) получали специализированный пищевой продукт диетического профилактического питания в виде киселя (свидетельство о госрегистрации RU.77.99.19.004.E.004963.10.16 от 31.10.2016), приготовляемый путем размешивания 2 столовых ложек порошка (20 г) в 1 стакане кипятка.

В состав исследуемого продукта входят сахар, крахмал картофельный, яблоко, овощи (свекла, морковь), мука овсяная, регулятор кислотности (лимонная кислота), ароматизатор (яблоко); активные ингредиенты киселя представлены набором дерматотропных растительных компонентов, имеющих традиции пищевого применения: экстракт корня солодки (*Glycyrrhiza glabra*), экстракт родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.), лопуха корень (*Arctium lappa*), мелиссы лист (*Melissa officinalis*), хвоща полевого трава (*Equisetum arvense*), череды трава (*Bidens tripartita*), одуванчика корень (*Taraxacum officinale*). Наряду с этим в состав продукта входят компоненты, отвечающие за ингибирование процессов перекисного окисления липидов в клеточных мембранах (витамин Е в дозе 40% от рекомендуемого суточного потребления), обеспечение местного специфического и неспецифического иммунитета (витамин А в дозе 300% от суточной потребности организма), поддержание нормального состояния кожи (цинк в дозе 40% от нормы).

Обследуемые из группы сравнения изучаемый продукт не получали.

В процессе исследования дважды у обследуемых основной группы и группы сравнения оценивали показатели белкового, минерального обмена и активность ферментов в сыворотке крови на автоматическом биохимическом анализаторе «Метролаб 2300» («Метролаб», Аргентина) с использованием тест-систем.

Обеспеченность организма витаминами оценивали по концентрации в сыворотке крови: аскорбиновой кислоты, определяемой визуальным титрованием, ретинола и каротиноидов – микрометодом Bessey в модификации А.А. Анисимовой, α-токоферола – флуоресцентным методом по Р.С. Черняускене [13].

Антиоксидантный статус оценивали по активности каталазы крови, определяемой спектрофотометрическим методом по М.А. Королук [14], по содержанию вторичных продуктов перекисного окисления липидов – малонового диальдегида (МДА) в крови по методу М. Michara в реакции с тиобарбитуровой кислотой [13].

Обработку полученных данных проводили с использованием пакета статистических функций

в среде Windows. Статистическую значимость различий сравниваемых величин оценивали по критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Результаты проведенных биохимических исследований показали, что содержание общего белка и альбумина в сыворотке крови обследуемых было в пределах нормы и не изменялось в процессе исследования (таблица).

Отмеченное до начала исследования (фоновый период) изменение в белковых фракциях процентного содержания глобулинов может свидетельствовать об иммунной перестройке, связанной с изменением активности первичного звена иммунитета. По окончании 4-недельного курса приема специализированного продукта у рабочих основной группы было отмечено статистически значимое снижение относительного содержания α_2 - и γ -глобулинов.

После приема специализированного продукта у обследованных основной группы выявлена тенденция к снижению активности аспаратаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ) на 4,0–5,5 Ед/л ($p < 0,10$).

Анализ исходной витаминной обеспеченности рабочих показал, что сниженная концентрация аскорбиновой кислоты определялась у 67% обследуемых, ретинола – у 24%, α -токоферола – у 27%, β -каротина и каротиноидов – у 70%. При этом только 10% обследуе-

мых были полностью обеспечены всеми изученными витаминами. Дефицит одного из определяемых витаминов встречался в 28% случаев, а 55% обследованных имели сочетанный недостаток двух или трех витаминов.

На фоне применения специализированного продукта отмечалось статистически значимое повышение концентрации в сыворотке крови α -токоферола на 36,3%, суммы каротиноидов – на 27,3% и аскорбиновой кислоты – на 30%, до уровня, превышающего нижнюю границу нормы. Количество полигиповитаминозных состояний сократилось в 1,4 раза.

Анализ показателей минерального обмена показал, что концентрация макроэлементов при исходном обследовании находилась вблизи нижней границы нормы, что, по-видимому, связано с нерациональным питанием рабочих или действием промышленных контаминантов. На фоне применения специализированного продукта в сыворотке крови обследуемых отмечалось увеличение концентрации фосфора на 28,9% ($p < 0,05$) и кальция – на 16,3% ($p < 0,10$).

Наряду с этим в результате применения специализированного пищевого продукта отмечались изменения в системе перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита. В основной группе работающих уровень МДА в сыворотке крови уменьшился на 12,3% ($p < 0,05$), а активность каталазы увеличилась на 12,2%, хотя различия не достигли уровня статистической значимости.

У работающих с профессиональной экземой, получавших комплексную терапию в сочетании с применением

Динамика биохимических показателей у работающих на перлитном производстве ($M \pm m$)

Показатель	Норма	Основная группа		Группа сравнения	
		фоновый период	через 4 нед	фоновый период	через 4 нед
Общий белок, г/л	65–85	77,9±2,3	73,76±2,0	79,3±2,6	76,4±2,1
Альбумин, г/л	53–66	49,6±3,2	47,6±2,5	48,5±3,4	46,4 ±2,7
α_1 -Глобулины, %	2–4	2,7±0,5	2,9±0,7	2,5±0,4	2,3±0,5
α_2 -Глобулины, %	6–9,5	10,1±1,3	9,4±2,1*	9,6±1,3	9,3±1,4
β -Глобулины, %	7,5–13	16,0±2,1	13,6±0,6	14,7±1,3	13,2±1,8
γ -Глобулины, %	14–22	19,1±1,5	17,4±1,1*	18,6±1,6	17,6±1,5
Билирубин, мкмоль/л	5,5–20,5	12,9±1,5	10,4±2,4*	16,0±2,1	18,8±1,7
Активность АСТ, Ед/л	0–40	32,3±2,1	28,3±1,9	31,1±1,9	30,4±2,0
Активность АЛТ, Ед/л	0–40	36,4±1,7	30,9±2,2	37,1±2,3	38,4±1,7
Активность ЩФ, Ед/л	<117	75,4±2,5	67,8±3,1	83,2±2,9	87,1±2,7
Аскорбиновая кислота, мг/дл	0,7–1,0	0,60±0,1	0,78±0,08*	0,61 ±0,09	0,65±0,07
α -Токоферол, мкмоль/л	11,6–46,4	10,2±1,5	13,9±1,7*	10,1±1,2	10,9±1,3
Ретинол, мкг/дл	30–70	35,9±2,7	39,0±2,4	34,7±2,3	35,7±2,0
Каротиноиды, мкг/дл	80–230	67,1±4,0	85,4±4,2*	66,5±2,7	69,9±3,0
β -Каротин, мкг/дл	20–60	15,0±1,3	20,3±1,5	15,3±1,2	16,0±1,5
Фосфор, ммоль/л	0,7–1,6	0,76±0,1	0,98±0,14*	0,70 ±0,09	0,73±0,07
Магний, ммоль/л	0,7–1,0	0,77±0,01	0,84±0,05	0,75±0,03	0,78±0,04
Кальций, ммоль/л	2,05–2,75	2,15±0,20	2,50 ±0,03	2,18±0,05	2,30 ±0,03
МДА, мкмоль/л	2,2–4,8	5,7±0,3	5,0±0,2*	5,8±0,2	5,5±0,2
Активность каталазы, мккат/л	450–850	319±31	358±23	324±29	332±25

Примечание. * – статистически значимые отличия ($p < 0,05$) от показателя в фоновый период; АЛТ – аланинаминотрансфераза; АСТ – аспаратаминотрансфераза; МДА – малоновый диальдегид; ЩФ – щелочная фосфатаза.

специализированного пищевого продукта, была отмечена тенденция к уменьшению кожного зуда, инфильтрации, эритематозных и экзематозных проявлений заболевания. Побочных реакций и осложнений терапии не наблюдалось.

На основании критериев эффективности комплексной терапии работающих с профессиональной экземой в группу с клиническим выздоровлением вошли 78% лиц, у которых к моменту окончания применения специализированного пищевого продукта полностью исчезли кожные проявления заболевания. У других обследуемых этой группы (22%) было констатировано существенное

улучшение состояния кожных покровов при частичном сохранении некоторых клинических симптомов: нарушение пигментации, сухость кожи и незначительное ее шелушение.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о достаточно высокой эффективности применения специализированного пищевого продукта диетического профилактического питания, содержащего витамины А, Е и цинк и биологически активные вещества растительного происхождения, при профессиональной экземе у работающих на перлитном производстве.

Сведения об авторах

Яцына Ирина Васильевна – доктор медицинских наук, профессор, директор Института общей и профессиональной патологии ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (Мытищи, Московская область)

E-mail: profkoga@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8650-8803>

Истомин Александр Викторович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом здорового и безопасного питания ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (Мытищи, Московская область)

E-mail: erisman-istomin@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7150-225X>

Погожева Алла Владимировна – доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии питания и генодиагностики алиментарно-зависимых заболеваний ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва)

E-mail: allapogozheva@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3983-0522>

Сааркоппель Людмила Мейнхардовна – доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (Мытищи, Московская область)

E-mail: erisman-clinic@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2825-8858>

Литература

- Измеров Н.Ф. Использование современных лабораторных технологий для оценки риска развития и прогноза течения профессиональных аллергических дерматозов : федеральный справочник. Т. 12. М., 2012.
- Измерова Н.И., Кузьмина Л.П., Ивченко И.Я. и др. Профессиональные заболевания кожи как социально-экономическая проблема // Медицина труда и промышленная экология. 2013. № 7. С. 28–32.
- Истомин А.В., Овчарова К.В., Ненмасова Ю.В., Мирзонов В.А. Лечебно-профилактическое питание для оптимизации здоровья работающих // Здравоохран. Рос. Фед. 2011. № 5. С. 34.
- Пивень Н.П., Пивень Е.А. Пищевое поведение больных хроническими дерматозами // Материалы XIV Всероссийского Конгресса диетологов и нутрициологов с международным участием. М., 2012. С. 67.
- Рахманов Р.С., Истомин А.В., Нарутдинов Д.А., Кропачев В.Ю. Оценка эффективности использования натурального низкокалорийного белково-растительного продукта в питании пациентов с избыточной массой тела и гипертонической болезнью // Вопр. питания. 2014. Т. 83, № 5. С. 64–71.
- Мажаева Т.В., Дубенко С.Э., Погожева А.В., Хотимченко С.А. Характеристика питания и пищевого статуса рабочих различных промышленных предприятий Свердловской области // Вопр. питания. 2018. Т. 87, № 1. С. 78–84.
- Погожева А.В., Батуринов А.К. Правильное питание – фундамент здоровья и долголетия. // Пищ. пром-сть. 2017. № 10. С. 58–61.
- Истомин А.В., Сааркоппель Л.М., Яцына И.В. Гигиенические проблемы коррекции фактора питания у работающих во вредных условиях. М., 2015. 186 с.
- Назаренко Г.И., Кишкун А.А. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований. М. : Медицина, 2000. 544 с.
- Истомин А.В., Пилат Т.Л., Сааркоппель Л.М., Яцына И.В. Оценка эффективности применения диетических профилактических продуктов у работающего населения // Здравоохран. Рос. Фед. 2014. № 6. С. 26–29.
- Пилат Т.Л., Истомин А.В., Батуринов А.К. Питание рабочих при вредных и особо вредных условиях труда. История и современное состояние. М. : ЛЕОВИТ-нутрио, 2006.
- Пилат Т.Л., Кузьмина Л.П., Измерова Н.И. Детоксикационное питание. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012.
- Кирьяков В.А., Павловская Н.А., Антошина Л.И. Клиническая лабораторная диагностика профессиональных заболеваний. М. : Канцлер, 2013. 372 с.
- Королюк М.А., Иванова Л.И., Майорова И.Г. Метод определения активности каталазы // Лаб. дело. 1988. № 1. С. 16–18.

References

1. Izmerov N.F. The use of modern technology in the laboratory to assess the risk of development and prognosis of occupational allergic dermatoses. Federal Handbook. Vol. 12. Moscow, 2012. (in Russian)
2. Izmerova N.I., Kuzmina L.P., Ivchenko I.J., et al. Occupational diseases of the skin such as socio-economic problems of occupational. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Medicine and Industrial Ecology]. 2013; (7): 28–32. (in Russian)
3. Istomin A.V., Ovcharova C.V., Nenmasova J.V., Mirzonov V.A. Medical-preventive nutrition to optimize the health of workers. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii* [Health Care of the Russian Federation]. 2011; (5): 34. (in Russian)
4. Piven N.P., Piven E.A. Feeding behavior of patients with chronic dermatoses. In: Proceedings of the XIV all-Russian Congress of Dietitians and Nutritionists with International Participation. Moscow, 2012: 67. (in Russian)
5. Rakhmanov R.S., Istomin A.V., Narutdinov D.A., Kropachev V.Yu. Efficiency of usage of natural low caloric protein-vegetable product by patients with excess body weight and hypertension. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2014; (5): 64–71. (in Russian)
6. Mazhaeva T.V., Dubenko S.E., Pogozeva A.V., Khotimchenko S.A. Characteristics of the diet and nutritional status of workers at various industrial enterprises of the Sverdlovsk Region. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2018; 87 (1): 78–84. (in Russian)
7. Pogozeva A.V., Baturin A.K. Proper nutrition is the Foundation of health and longevity. *Pishevaya promyshlennost'* [Food Industry]. 2017; (10): 58–61. (in Russian)
8. Istomin A.V., Saarkoppel L.M., Yatsyna I.V. Hygienic problems of correction of nutrition factor in hazardous working conditions. Moscow, 2015: 186 p. (in Russian)
9. Nazarenko G.I., Kiskun A.A. Clinical evaluation of laboratory results. Moscow: Meditsina, 2000: 544 p. (in Russian)
10. Istomin A.V., Pilat T.L., Saarkoppel L.M., Yatsyna I.V. The evaluation of effectiveness of dietary preventive products in working population. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii* [Health Care of the Russian Federation]. 2014; (6): 26–9. (in Russian)
11. Pilat T.L., Istomin A.V., Baturin A.K. Power working in hazardous and very hazardous working conditions. History and modern state. Moscow: LEOVIT-nutria, 2006. (in Russian)
12. Pilat T.L., Kuz'mina L.P., Izmerova N.I. Detoxification diet. Moscow: GEOTAR-Media, 2012. (in Russian)
13. Kirjakov V.A., Pavlovskaja N.A., Antoshina L.I. Clinical laboratory diagnosis of professional diseases. Moscow: Kantsler, 2013: 372 p. (in Russian)
14. Korolyuk M.A. Method for determining the activity of catalase. *Laboratornoe delo* [Laboratory Work]. 1988; (1): 16–8. (in Russian)

Для корреспонденции

Дыдыкин Андрей Сергеевич – кандидат технических наук, доцент, руководитель отдела ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
 Адрес: 109316, г. Москва, ул. Талалихина, д. 26
 Телефон: (495) 676-75-41
 E-mail: dpitanie@mail.ru

Деревицкая О.К.¹, Дыдыкин А.С.¹, Асланова М.А.¹, Сергеев В.Н.¹, Зохрабян П.Р.²

Разработка продукта для энтерального питания на мясной основе

Development of a meat-based product for enteral nutrition

Derevitskaya O.K.¹, Dydykin A.S.¹, Aslanova M.A.¹, Sergeev V.N.¹, Zokhrabyan P.R.²

¹ ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва

² ООО «Тацел», Москва

¹ V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow

² LLC "Tatsel", Moscow

Мясо является источником наиболее полноценного белка, содержащего все незаменимые аминокислоты, витамины группы В, минеральные вещества, включая железо в гемовой форме. Разработка энтеральных смесей, изготавливаемых на основе мясного сырья, позволит нивелировать проблему приедаемости и расширить ассортимент предлагаемых продуктов для энтерального питания. В результате исследований на модельных и натуральных объектах разработана технология консервированного продукта на основе говядины, предназначенного для энтерального питания людей в послеоперационный период, а также в состояниях, связанных с потерей аппетита, челюстно-лицевыми, ожоговыми травмами, с нарушениями функции глотания и жевания. Теоретически обоснованы и реализованы многокомпонентные модули рецептур, сбалансированных по жирнокислотному, аминокислотному составу, обогащенных витаминно-минеральным комплексом. Минимальный скор составил 0,99 доли ед., коэффициент утилитарности – 0,83 доли ед., коэффициент сопоставимой избыточности – 7,20 г/100 г белка. Полученные значения критериев сбалансированности позволяют сделать вывод о приближении значений к физиологически необходимому соотношению. Жирнокислотный состав моделей смеси корректировали с целью увеличения содержания ненасыщенных жирных кислот путем комбинирования животного жира, содержащегося в мясном сырье, с растительными маслами. Фактическое соотношение сумм насыщенных жирных кислот к моно- и полиненасыщенным в продукте составило 16,1:54,7:29,2, соотношение ω -6 к ω -3 полиненасыщенным жирным кислотам – 4:1. При проектировании витаминно-минеральной композиции учитывали интенсивность термического воздействия, в связи с чем установлены уровни внесения витаминов с учетом их потерь в ходе технологического процесса. На основании проведенных исследований разработана технология мясосодержащих консервов, адаптированная к фактическим условиям предприятий по производству мясных продуктов для детского пита-

Для цитирования: Деревицкая О.К., Дыдыкин А.С., Асланова М.А., Сергеев В.Н., Зохрабян П.Р. Разработка продукта для энтерального питания на мясной основе // Вопр. питания. 2018. Т. 87, № 3. С. 51–57. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10031

Статья поступила в редакцию 12.04.2018. **Принята в печать** 11.05.2018.

For citation: Derevitskaya O.K., Dydykin A.S., Aslanova M.A., Sergeev V.N., Zokhrabyan P.R. Development of a meat-based product for enteral nutrition. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2018; 87 (3): 51–7. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10031 (in Russian)

Received 12.04.2018. **Accepted for publication** 11.05.2018.

ния. Продукт может применяться в качестве основного или дополнительного источника пищевых веществ и энергии в течение необходимого периода нутритивной поддержки пациентов.

Ключевые слова: мясосодержащие консервы, аминокислотная сбалансированность, витаминно-минеральный комплекс, жирнокислотный состав

Meat is a source of the most full value protein, which contains all essential amino acids, B group vitamins, minerals, including heme iron and zinc. The development of enteral mixtures produced on the basis of meat raw materials will allow leveling the problem of annoyance with the same product taste and extending an assortment of the supplied products for enteral nutrition. As a result of the experiments on the model and natural objects, the technology was developed for beef-based canned food intended for enteral nutrition of people in the post-operative period as well as in the conditions associated with appetite loss, mandibulofacial injuries, burning injury, chewing and swallowing impairments. The multi-component recipe modules balanced by fatty acid and amino acid composition, enriched with the vitamins and minerals were theoretically substantiated and realized. The minimal score was 0.99 unit fractions, coefficient of utility (0.83 unit fractions), coefficient of comparable redundancy 7.20 g/100 g protein. The obtained values of the balance criteria allow making a conclusion about approximation of the values to the physiologically necessary ratio. The correction of the fatty acid composition of the mixture models was carried out in order to increase the unsaturated fatty acid content by combination of meat fat with vegetable oils. The actual ratio of the fatty acid (SFA:MUFA:PUFA) in the product was 16.1:54.7:29.2, the ratio of omega-6 to omega-3 PUFA was 4:1. When designing the vitamin and mineral composition, the intensity of the thermal effect was taken into account. As a result, the doses for addition of vitamins were established with regard to their destruction during the technological process. Based on the performed research, the technology was developed for meat-containing canned food, adapted to the real conditions of the enterprises engaged in production of meat products for child nutrition. The product can be used as a basis or additional source of nutrition during the necessary period of nutritive support of patients.

Keywords: meat containing canned foods, amino acid balance, vitamin and mineral complex, fatty acid composition

Полноценное питание составляет основу жизнедеятельности организма детей и взрослых, определяет возможность переносить заболевание, физические и психоэмоциональные нагрузки. Пищевые вещества, поступающие в организм, активно влияют на все обменные процессы, состояние иммунобиологической реактивности, функции органов и систем организма. Устранение недостаточности питания существенно улучшает исходы лечения различной категории больных и пострадавших, снижает частоту и тяжесть послеоперационных осложнений (с 46 до 17%) и летальность (с 11,7 до 6%), значительно сокращает сроки пребывания в стационаре (на 25%) и период реабилитации [1].

Однако данные медицинской статистики свидетельствуют о том, что значительная часть больных, поступающих в стационары, имеют существенные нарушения пищевого статуса, проявляющиеся у 20% как истощение и недоедание, у 50% нарушениями липидного обмена, до 90% имеют признаки гиповитаминоза, более 50% обнаруживают изменения иммунного статуса [2–4]. Особой проблемой является недостаточность питания при критических состояниях. Для метаболического ответа на агрессию любой этиологии (травма, ранение, кровопотеря, ожоги, хирургическое вмешательство) характерно

развитие неспецифической реакции гиперметаболизма, гиперкатаболизма с комплексным нарушением обмена белков, углеводов, липидов, усиленным расходом углеводно-липидных резервов и распадом тканевых белков, потерей массы тела [5–9]. Как следствие, формирование полиорганной недостаточности, сепсиса. Кроме того, после оперативных вмешательств, травм, тем более при наличии повреждений или функциональной недостаточности желудочно-кишечного тракта, больной не только не может или не хочет, но и не должен принимать обычную пищу. В период, когда естественный путь восполнения прогрессирующих дефицитов основных пищевых веществ исключен или предельно ограничен, особое значение в комплексе лечебных мероприятий приобретает использование парентерального или энтерального питания. С этих позиций лечебное питание можно рассматривать как фармакотерапию метаболических нарушений и единственный путь обеспечения энергопластических потребностей организма больного, требующих специально подобранных композиций пищевых веществ и способов их введения [10–13].

В последние годы энтеральное питание привлекает к себе все большее внимание. Его достоинства – физиологичность, низкий уровень осложнений, простота до-

ставки нутриентов и невысокая стоимость. Энтеральное введение пищевых веществ способствует сохранению и восстановлению целостности слизистой оболочки кишечника, что имеет существенное значение в поддержании гомеостаза и укреплении иммунитета. Раннее энтеральное питание снижает риск инфекционных осложнений и тяжесть постагрессивной реакции.

Использование энтерального питания позволяет добиться:

- предотвращения атрофии слизистой желудочно-кишечного тракта;
- снижения выраженности стрессовой реакции;
- иммуномодулирующего действия;
- увеличения мезентериального и печеночного кровотока;
- снижения частоты желудочно-кишечных кровотечений;
- профилактики бактериальной транслокации;
- снижения риска инфекционных осложнений и развития синдрома полиорганной недостаточности.

Ассортимент специализированных пищевых продуктов для энтерального питания представлен в основном смесями на основе молочных и растительных белков, содержащих также жировой и углеводный компонент и витаминно-минеральный комплекс. Использование мяса как основы энтеральных смесей позволит нивелировать проблему приедаемости и расширить ассортимент предлагаемых продуктов для энтерального питания.

Мясо является источником полноценного белка. Основные белки мышечной ткани – миозин, составляющий около 50%, и актин, составляющий 12–15% всех белков мышечной ткани, вместе содержат все незаменимые аминокислоты [14, 15]. Следует отметить наличие в мясе таких незаменимых аминокислот, как аргинин и глутамин [14–17], которые необходимы при гиперметаболических состояниях; устраняя их дефицит можно регулировать транспорт азота и снижать его потери. Они стимулируют секрецию анаболических гормонов, повышают клеточный иммунитет и обладают иммуномодулирующим эффектом [18, 19]. Также мясо содержит витамины группы В, минеральные вещества, включая железо в гемовой форме [14–16, 20].

Таким образом, **цель** исследования – разработка рецептуры и технологии продукта для энтерального питания на мясной основе.

Материал и методы

Объектами исследований являлись консервы стерилизованные для энтерального питания на мясной основе «Энмит-говядина» – их виртуальные модели и реальные композиции.

Массовую долю белка определяли по методу Кьельдаля в соответствии с ГОСТ 25011. Аминокислотный состав композиций исследовали с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии с исполь-

зованием хроматографической системы «Agilent 1260 InfinityLC» («Agilent», США), массовую долю триптофана определяли спектрофотометрически. Жирнокислотный состав определяли методом газожидкостной хроматографии по ГОСТ 31663. Массовую долю витаминов В₁, В₂, В₆, С, А, Е определяли в соответствии с Р 4.1.1672-03, фолиевую кислоту – иммуноферментным методом с использованием тест-системы «РИДАС-КРИН® ФАСТ Фолиевая кислота»; витамины РР, В₅, Н – по ГОСТ Р 55482, D₃ – по ГОСТ 32307, витамин В₁₂ – в соответствии с Государственной фармакопеей XII; минеральные вещества: калий, кальций, магний, марганец – атомно-абсорбционным методом, фосфор – молибденово-ванадиевым методом, йод – титриметрическим методом, селен – спектрометрическим методом по Р 4.1.1672-03; железо, медь, цинк – по ГОСТ 30178; натрий, марганец – по ГОСТ Р 55484.

Моделирование виртуальных рецептурных композиций и оценку нутриентной адекватности аминокислотного состава белков по методологии Н.Н. Липатова [21].

Повторность проведенных исследований 3–5-кратная. Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Statistica 6.0.

Результаты и обсуждение

Разработана рецептура и технология консервированного продукта на основе говядины, предназначенного для использования при патологических состояниях, сопровождающихся недостаточностью питания без значительных расстройств системы пищеварения и выраженных метаболических особенностей, которые требуют особого состава (формулы) смеси. Для разработки качественного состава нутритивной поддержки в первую очередь была оценена потребность организма в белке, а затем в необходимом количестве небелковых калорий (углеводов, жиров) для его адекватного усвоения организмом, а также в витаминах и микроэлементах.

Разработанный продукт представляет собой сбалансированную изокалорийную смесь, предназначенную для восполнения суточной потребности организма в основных пищевых веществах, не содержащую лактозу и глютен. В состав входят следующие компоненты: вода, говядина, мальтодекстрин, масло рапсовое, сахароза, масло соевое, белок соевый изолированный, соевый лецитин, стабилизатор, β-каротин, йодказеин, витамины В₁, В₂, РР, пантотеновая кислота, В₆, В₁₂, фолиевая кислота, биотин, витамины С, А, D₃, Е, натрий хлористый, магний (хлорид), железо, цинк и медь (сульфаты), селен (селенит натрия), марганец (хлорид), калий (фосфат), кальций (карбонат), натрий и калий (цитраты) [22].

В табл. 1 приведены физико-химические показатели продукта (консервов) для энтерального питания.

При компьютерном моделировании белкового компонента белок говядины комбинировали с изолированным соевым белком (с содержанием белка не менее 90%) в соотношении 75:25, обеспечивающем наилучшие по-

Таблица 1. Физико-химические показатели консервов для энтерального питания

Показатель	Характеристика и значение показателя в 100 г
Внешний вид	Однородная гомогенная масса. Допускается отслаивание жидкости при хранении
Цвет	Цвет светло-коричневый
Вкус, запах	Вкус сладковатый, запах приятный, свойственный данному виду продукта, без посторонних привкуса и запаха
Консистенция	Вязкотекучая, однородная
Энергетическая ценность, ккал	106,0
Массовая доля белка, г	4,0
Массовая доля жира, г	4,0
Массовая доля углеводов, г	14,0

Таблица 2. Аминокислотный состав и характеристика аминокислотной сбалансированности белка композиции мясосодержащих консервов для энтерального питания

Показатель	Значение, г/100 г белка	
	продукт	эталон
Изолейцин	4,42±0,22	4,0
Лейцин	8,03±0,40	7,0
Лизин	7,83±0,39	5,5
Метионин + цистин	3,47±0,17	3,5
Фенилаланин + тирозин	8,19±0,41	6,0
Треонин	4,15±0,20	4,0
Триптофан	1,18±0,06	1,0
Валин	5,59±0,28	5,0
Минимальный скор, доли ед.	0,99	1
Коэффициент рациональности, доли ед. (Rp)	0,83	1
Коэффициент сопоставимой избыточности, г/100 г белка (σ)	7,20	0

казатели биологической ценности белка (табл. 2). Коэффициент рациональности аминокислотного состава показывает сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме (эталону ФАО/ВОЗ, 1985); показатель сопоставимой избыточности содержания незаменимых аминокислот – суммарное количество незаменимых аминокислот, которые не используются на анаболические цели [21].

Таким образом, содержание незаменимых аминокислот в суммарном белке рецептурной композиции, а также показатели аминокислотной сбалансированности были приближены к физиологически необходимому соотношению.

В мясных продуктах отмечается достаточно высокое содержание жира с преобладанием насыщенных жирных кислот и холестерина, что может приводить при их значительном потреблении к увеличению концентрации липидов в крови. Так, соотношение сумм насыщенных жирных кислот, моно- и полиненасыщенных в говядине 2-й категории (на 100 г жира) составляет 44,2:42,2:3,7 [23, 24].

Многочисленные исследования свидетельствуют о значимости количества потребления и типа жиров для уровня липидов крови и связанного с ним риска

развития заболеваний сердечно-сосудистой системы. Модификация жирового состава специализированных продуктов за счет их обогащения моно- и полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК) играет важную роль в коррекции нарушений липидного обмена. Изменение соотношения ω-3 и ω-6 жирных кислот в свою очередь приводит к нормализации соотношения про- и противовоспалительных эйкозаноидов – продуктов метаболизма ПНЖК, таких как лейкотриены, простагландины и тромбоксаны [13].

Жировой компонент смеси представлен комбинацией жира из мясного сырья, содержащего в основном насыщенные жирные кислоты, и смесью рапсового и соевого масел, что обеспечивает поступление мононенасыщенных и ПНЖК. Соотношение масел (3,5% рапсового и 1,0% соевого) подбирали таким образом, чтобы обеспечить поступление ПНЖК семейства ω-6 и ω-3 в соотношении, не превышающем 5:1.

В табл. 3 приведен фактический жирнокислотный состав смеси для энтерального питания (на 100 г жира).

Таким образом, модифицированный жировой компонент смеси для энтерального питания содержит меньше насыщенных жирных кислот, в нем существенно повышено содержание мононенасыщенных жирных кислот, значительно снижено отношение ω-6 к ω-3 ПНЖК (до 4:1). Содержание насыщенных жирных кислот составляет 0,64 г на 100 г продукта, т.е. <10% от калорийности.

Специализированные пищевые продукты для энтерального питания должны содержать полный комплекс витаминов и микроэлементов, что позволяет избежать риска развития их недостаточности при использовании такого рода питания в течение длительного периода времени. При проектировании витаминной композиции учитывали интенсивность термического воздействия, в связи с чем был проведен ряд исследований, направленных на определение степени разрушения витаминов в ходе стерилизации. В табл. 4 приведено содержание витаминов и минеральных веществ в 100 г продукта. Минеральный и витаминный состав разработанной смеси полностью обеспечивает удовлетворение суточной потребности организма больного в витаминах, основных макро- и микроэлементах при потреблении 1500–2000 мл продукта в день.

Таблица 3. Жирнокислотный состав смеси для энтерального питания

Жирная кислота	Индекс	Содержание, %
Лауриновая	12:0	0,030±0,002
Миристиновая	14:0	0,53±0,02
Изопентадекановая	15:0i	0,040±0,002
Антеизопентадекановая	15:0ai	0,04±0,002
Пентадекановая	15:0	0,110±0,006
Пальмитиновая	16:0	9,34±0,47
Маргариновая	17:0	0,25±0,01
Стеариновая	18:0	4,69±0,23
Арахидиновая	20:0	0,75±0,04
Бегеновая	22:0	0,34±0,02
Сумма насыщенных жирных кислот	–	16,12±0,80
Миристолеиновая	14:1	0,17±0,01
Пентадеценная	15:1	0,050±0,003
Гексадеценная	16:1	0,080±0,004
Пальмитолеиновая	16:1 9-цис	1,11±0,05
Эруковая	22:1	0,120±0,006
Гептадеценная	17:1	0,28±0,01
Олеиновая	18:1	49,36±2,47
Элаидиновая	18:1	0,25±0,01
Гондоиновая	20:1	0,88±0,04
Вакценовая	18:1 11-транс	2,26±0,11
Октадеценная	18:1 11-цис	0,010±0,001
Изооктадеценная	18:1i	0,140±0,007
Сумма мононенасыщенных жирных кислот	–	54,71±2,73
Линолевая	18:2	23,47±1,17
α-Линоленовая	18:3 ω-3	5,54±0,28
Изолинолевая	18:2i	0,160±0,008
Сумма ПНЖК	–	29,17±1,46
Соотношение ω-6 : ω-3	–	4:1

В рамках исследования была разработана технология производства мясосодержащих консервов для энтерального питания со сбалансированным нутриентным составом и витаминно-минеральным комплексом. Технология позволяет получить продукт в виде однородной гомогенной текучей массы, состоящей из частиц продукта размером не более 0,3 мм. Технологический процесс производства консервов предусматривает приготовление эмульсии из термообработанного мясного сырья, добавление компонентов, тонкое измельчение с перемешиванием, подогрев массы, фасование и стерилизацию в режиме, гарантирующем надлежащую степень подавления жизнедеятельности микроорганизмов, потенциально вредных для здоровья человека, а также тех, которые могут стать причиной порчи консервов во время их хранения. При этом учтено, что нагревание должно быть по возможности минимальным для обеспечения высоких органолептических свойств и биологической ценности продукта. Технология может быть реализована с применением действующего оборудования по производству консервов для питания детей раннего возраста [22].

Таблица 4. Содержание витаминов и минеральных веществ в 100 г продукта

Компонент	Массовая доля в 100 г продукта	Процент от суточной нормы потребления
<i>Витамины</i>		
В ₁ , мг	0,16±0,02	10
В ₂ , мг	0,22±0,03	12
РР (ниацин), мг	1,9±0,06	10
В ₅ , мг	0,68±0,03	9
В ₆ , мг	0,18±0,02	9
В ₁₂ , мкг	0,30±0,01	20
Вс, мг	0,028±0,016	13
Н, мкг	10,0±0,5	8
С, мг	8,32±0,83	15
А, мкг	83,1±0,1	10
Д ₃ , мкг	0,7±0,03	13
Е, мг	1,45±0,07	13
<i>Минеральные вещества</i>		
Натрий, мг	98,82±9,88	8
Калий, мг	185,0±9,0	5
Кальций, мг	70,0±10,5	8
Фосфор, мг	98,0±0,2	9
Магний, мг	17,0±3,4	6
Железо, мг	1,9±0,3	11
Медь, мг	1,5±0,2	15
Цинк, мг	1,5±0,3	8
Йод, мг	0,015±0,002	9
Марганец, мг	0,20±0,01	10
Селен, мкг	5,7±0,3	8

Рекомендуемый срок годности консервов в жестяной и стеклянной таре не более 24 мес со дня выработки, в полимерных стерилизуемых пакетах – не более 12 мес.

Оценка клинической эффективности продукта показала, что его использование в рационе пациентов с синдромом оперированного желудка сопровождается увеличением массы тела за счет всех его компонентов и положительной динамикой клинико-биохимических показателей (гемоглобин, общий белок, альбумин) [25]. По результатам клинической оценки продукт может быть рекомендован для энтерального питания людей в послеоперационный период, а также в состояниях, связанных с потерей аппетита, челюстно-лицевыми, ожоговыми травмами, с нарушениями функции глотания и жевания [25].

Заключение

В результате научно-практических исследований теоретически обоснованы и реализованы многокомпо-

нентные модули рецептур продукта для энтерального питания на мясной основе, сбалансированные по жирнокислотному и аминокислотному составу, а также обогащенные витаминами и минеральными веществами. Потребление 1500–2000 мл продукта обеспечивает суточную потребность взрослого человека в пищевых веществах и энергии, а также витаминах и минеральных веществах. Разработана технология мясосодержащих консервов для энтерального питания, адаптированная к фактическим условиям предприятий по производству мясных продуктов для детского питания. Продукт может

применяться в качестве основного или дополнительного источника макро- и микронутриентов персонализировано с учетом специфики течения и стадии болезни, наличия коморбидной патологии и сопутствующей фармакологической терапии.

Конфликт интересов. Зохранян Петрос Рафаэлович является генеральным директором ООО «Тацел» – держателя подлинника комплекта нормативно-технической документации на производство консервов мясосодержащих для энтерального питания «Энмит».

Сведения об авторах

Деревицкая Ольга Константиновна – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, руководитель направления ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (Москва)

E-mail: dpitanie@vniimp.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1785-7994>

Дыдыкин Андрей Сергеевич – кандидат технических наук, доцент, руководитель отдела ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (Москва)

E-mail: dpitanie@vniimp.ru

Асланова Мариэтта Арутюновна – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, руководитель направления ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (Москва)

E-mail: dpitanie@vniimp.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2831-4864>

Сергеев Валерий Николаевич – доктор технических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (Москва)

E-mail: dpitanie@vniimp.ru

Зохранян Петрос Рафаэлович – генеральный директор ООО «Тацел» (Москва)

E-mail: petros-zr@rambler.ru

Литература

- Гроздова Т.Ю. Диетотерапия до и после операции // Практическая диетология. 2013. № 2 (6). С. 41–45.
- Лазарева Т.С. Нутритивная поддержка детей с заболеваниями желудочно-кишечного тракта // Трудный пациент. 2009. Т. 7, № 1–2. С. 45–49.
- Боткина А.С. Современные аспекты нутритивной поддержки // Трудный пациент. 2008. Т. 6, № 9. С. 41–44.
- Кошелева О.В., Бекетова Н.А., Коденцова В.М., Переверзева О.Г., Сокольников А.А., Ворожко И.В. и др. Оценка витаминного статуса пациентов с артериальной гипертензией и ожирением // Вопр. диетологии. 2016. Т. 6, № 2. С. 22–29. doi: 10.20953/2224-5448-2016-2-22-29.
- Шестопапов А.Е., Бутров А.В. К вопросу о роли парентерального питания в терапии интраоперационной массивной кровопотери: обзор // Рус. мед. журн. 2002. № 26. С. 1229–1233.
- Шестопапов А.Е., Евдокимов Е.А., Чаус Н.И. Особенности нутритивной поддержки при лечении тяжелой сочетанной травмы // Мед. алфавит. 2013. Т. 4, № 26. С. 20–25.
- Петрова М.В., Бутров А.В., Бихарри Ш.Д., Сторчай М.Н. Мониторинг метаболизма у больных в критических состояниях // Эффективная фармакотер. 2014. № 36. С. 8–13.
- Нехаев И.В., Сытов А.В., Ломидзе С.В. Энтеральное питание после расширенных и комбинированных оперативных вмешательств в онкохирургии // Мед. совет. 2016. № 19. С. 150–155.
- Завьялова А.Н. Энтеральное питание как компонент в базисной терапии онкологических пациентов // Мед. алфавит. 2016. Т. 1, № 25 (288). С. 62–65.
- Copland L. Disease-Related Malnutrition: Energy Balance, Body Composition and Functional Capacity in Patients on Oral Nutritional Therapy after Major Upper Gastrointestinal Surgery. Goteborg, Sweden : Intellecta Infolog, 2010.
- Coplanda L., Liedman B., Rothenberg E., Bosaeus I. Effects of nutritional support long time after total gastrectomy // Clin. Nutr. 2007. Vol. 26. P. 605–613.
- Методические указания «Энтеральное лечебное питание тяжело больных, раненых и пострадавших в медицинских учреждениях МО РФ» / под общ. ред. В.А. Гуляева. М., 2007.
- Лященко Ю.Н. Смеси для энтерального питания в России (обзор литературы) // Экспер. и клин. гастроэнтерол. 2009. № 2. С. 134–147.
- Мясо и здоровое питание / под общ. ред. А.Б. Лисицына. М., 2007. 289 с.
- Лисицын А.Б., Чернуха И.М., Кузнецова Т.Г., Орлова О.Н., Мкртчян В.С. Химический состав мяса: справочные таблицы общего химического, аминокислотного, жирнокислотного, витаминного, макро- и микроэлементного составов и пищевой (энергетической и биологической) ценности мяса. М., 2011. 104 с.
- Технология мяса и мясопродуктов / под ред. И.А. Рогова. М. : Агропромиздат, 1988. 576 с.
- Лисицын А.Б., Чернуха И.М., Лунина О.И., Федулова Л.В. Прижизненное формирование состава и свойств животного сырья. М. : ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова, 2018. 440 с.
- Селиванова А.В., Яковлев В.Н., Мороз В.В., Марченков Ю.В., Алексеев В.Г. Изменения гормонально-метаболических показателей у пациентов, находящихся в критическом состоянии // Общ. реаниматология. 2012. Т. 8, № 5. С. 70–76.
- Гельфанд Б.Р., Салтанов А.И. Интенсивная терапия : национальное руководство : в 2 т. М. : ГЭОТАР-Медиа. 2009. Т. I. 960 с.

20. Кочеткова А.А., Жаринов А.И. Принципы рационального питания: медико-биологическая значимость мяса и мясopодуков // Мясная индустрия. 2015. № 12. С. 4–9.
21. Липатов Н.Н. Предпосылки компьютерного проектирования продуктов и рационов питания с задаваемой пищевой ценностью // Хранение и переработка сельхозсырья. 1995. № 3. С. 4–9.
22. Дыдыкин А.С., Деревницкая О.К., Зохранян П.Р. Смеси на основе мясного сырья для энтерального питания // Мясная индустрия. 2015. № 7. С. 25–27.
23. Иванкин А.Н. Жиры в составе современных мясных продуктов // Мясная индустрия. 2007. № 6. С. 8–15.
24. Химический состав российских пищевых продуктов : справочник / под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. М. : ДеЛи принт, 2002. 236 с.
25. Зайнудинов З.М., Исаков В.А., Пилипенко В.И., Никитюк Д.Б., Зохранян П.Р., Дыдыкин А.С. и др. Оценка клинической эффективности и переносимости мясосодержащих консервов для энтерального питания // Вопр. питания. 2017. Т. 86, № 3. С. 6–14.

References

1. Grozdova T.Yu. Dietotherapy before and after operation. *Prakticheskaya dietologiya* [Practical Dietetics]. 2013; 2 (6): 41–5. (in Russian)
2. Lazareva T.S. Nutritional support of children with diseases of the gastrointestinal tract. *Trudnyy patsient* [Difficult Patient]. 2009; 7 (1–2): 73–5. (in Russian)
3. Botkina A.S. Modern aspects of nutritional support. *Trudnyy patsient* [Difficult Patient]. 2008; 6 (9): 41–4. (in Russian)
4. Kosheleva O.V., Beketova N.A., Kodentsova V.M., Bogdanov A.R., et al. Assessment of vitamin status in obese patients with arterial hypertension. *Voprosy dietologii* [Problems of Dietology]. 2016; 6 (2): 22–9. doi: 10.20953/2224-5448-2016-2-22-29. (in Russian)
5. Shestopalov A.E., Butrov A.V. Towards the role of parenteral nutrition in the therapy of intraoperative massive blood loss: a review. *Russkiy meditsinskiy zhurnal* [Russian Medical Journal]. 2002; (26): 1229–33. (in Russian)
6. Shestopalov A.E., Evdokimov E.A., Chaus N.I. Peculiarities of the nutritional support in treatment of severe polytrauma. *Meditsinskiy alfavit* [Medical Alphabet]. 2013; 4 (26): 20–5. (in Russian)
7. Petrova M.V., Butrov A.V., Bikhari Sh.D., Storchai M.N. Monitoring of metabolism in patients in critical conditions. *Effektivnaya farmakoterapiya* [Effective Pharmacotherapy]. 2014; (36): 8–13. (in Russian)
8. Nekhaev I.V., Sytov A.V., Lomidze S.V. Enteral nutrition after extensive and combined operative interventions in oncological surgery. *Meditsinskiy sovet* [Medical Council]. 2016; (19): 150–5. (in Russian)
9. Zaviyalova A.N. Enteral nutrition as a component in basic therapy of oncological patients. *Meditsinskiy alfavit* [Medical Alphabet]. 2016; 1 (25, 288): 62–5. (in Russian)
10. Copland L. Disease-related malnutrition: Energy balance, body composition and functional capacity in patients on oral nutritional therapy after major upper gastrointestinal surgery. Goteborg, Sweden: Intellecta Infolog, 2010.
11. Copland L., Liedman B., Rothenberg E., Bosaeus I. Effects of nutritional support long time after total gastrectomy. *Clin Nutr.* 2007; 26: 605–13.
12. Methodological guidelines «Enteral curative nutrition of seriously ill, wounded and injured patients in medical institutions of Ministry of Defense of the Russian Federation». Under the general editorship V.A. Gulyaev. Moscow, 2007. (in Russian)
13. Lyashchenko Yu.N. Mixtures for enteral nutrition in Russia (literature review). *Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya* [Experimental and Clinical Gastroenterology]. 2009; (2): 134–47. (in Russian)
14. Meat and healthy nutrition. Under the general editorship A.B. Lisitsyn. Moscow, 2007: 289 p. (in Russian)
15. Lisitsyn A.B., Chernukha I.M., Kuznetsova T.G., Orlova O.N., Mkrtychyan V.S. Chemical composition of meat: reference tables of the general chemical, amino acid, fatty acid, vitamin, macro- and microelement compositions and nutritional (energy and biological) value of meat. Moscow, 2011: 104 p. (in Russian)
16. Rogov I.A., ed. Meat and meat product technology. Moscow: Agropromizdat, 1988: 576 p. (in Russian)
17. Lisitsyn A.B., Chernukha I.M., Lunina O.I., Fedulova L.V. Life time formation of composition and quality of animal raw material. Moscow: Federal Scientific Center of Food Systems named after V.M. Gorbatov; 2018: 440 p. (in Russian)
18. Selivanova A.V., Yakovlev V.N., Moroz V.V., Marchenkov Yu.V., Alekseyev V.G. Hormonal and metabolic changes in critically ill patients. *Obshchaya reanimatologiya* [General Resuscitation]. 2012; 8 (5): 70–6. (in Russian)
19. Gelfand B.R., Saltanov A.I. Intensive therapy: national guide: 2 vols. Moscow: GEOTAR-Media, 2009. Vol. I: 960 p. (in Russian)
20. Kochetkova A.A., Zharinov A.I. Principles of rational nutrition: medical and biological significance of meat and meat products. *Myasnaya industriya* [Meat Industry]. 2015; (12): 4–9. (in Russian)
21. Lipatov N.N. Prerequisites for computer design of products and diets with targeted nutritional value. *Xranenie i pererabotka sel'khozsyra* [Storage and Processing of Agricultural Raw Materials]. 1995; (3): 4–9. (in Russian)
22. Dydykin A.S., Derevitskaya O.K., Zokhrabyan P.R. Meat-based mixtures for enteral nutrition. *M'asnaya industriya* [Meat Industry]. 2015; (7): 25–7. (in Russian)
23. Ivankin A.N. Fats in the composition of modern meat products. *M'asnaya industriya* [Meat Industry]. 2007; (6): 8–15. (in Russian)
24. Skurikhin I.M., Tutelyan V.A. (eds). Chemical composition of Russian food products. Reference book. Moscow: DeLi print, 2002: 236 p. (in Russian)
25. Zainutdinov Z.M., Isakov V.A., Piliipenko V.I., Nikityuk D.B., Zokhrabyan P.R., Dydykin A.S., et al. Assessment of clinical effectiveness and tolerance of meat containing canned foods for enteral nutrition. *Voprosy pitaniya* [Problems of Nutrition]. 2017; 86 (3): 6–14. (in Russian)

Для корреспонденции

Боровкова Марина Георгиевна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры детских болезней ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»

Адрес: 428015, г. Чебоксары, Московский пр-т, д. 15

Телефон: (8352) 55-02-53

E-mail: borovkovam@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2433-1053>

Краснов М.В., Боровкова М.Г., Николаева Л.А.

Вскармливание детей грудного возраста в сельской местности Чувашской Республики и Нижегородской области

Infant feeding in the rural area of Chuvash Republic and Nizhny Novgorod Region

Krasnov M.V., Borovkova M.G., Nikolaeva L.A.

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», Чебоксары
I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary

Характер вскармливания на первом году жизни оказывает влияние на здоровье ребенка во все последующие периоды жизни. Цель исследования – изучить состояние вскармливания детей первого года жизни, проживающих в сельской местности. Исследование проведено на базе 3 лечебно-профилактических учреждений Чувашской Республики и Нижегородской области методом случайной выборки путем анонимного анкетирования женщин, имевших детей в возрасте от 1 года до 2 лет, проживающих в сельской местности Чувашской Республики и Нижегородской области (140 и 60 соответственно). Согласно полученным данным, абсолютное большинство (96%) анкетированных женщин желают кормить своего ребенка не менее 1 года. Все дети (100%) после рождения были приложены к груди, в первые 30 мин – 62%, в более поздние сроки – 38%. Смесь для искусственного вскармливания до первого прикладывания к груди использовалась в питании 26% новорожденных. На исключительно грудном вскармливании менее 4 мес находились 23%, 4–6 мес – 69%, 7 мес – 8% младенцев. Основной причиной перевода детей на смешанный и искусственный виды вскармливания является гипогалактия. В возрасте до 6 мес на смешанное вскармливание были переведены 49%, на искусственное вскармливание – 16% детей. В большинстве случаев (69%) при появлении признаков гипогалактии контрольное взвешивание не проводилось, самостоятельный перевод ребенка на иной вид вскармливания наблюдался в таком же большинстве (65%) случаев. Выбор смеси в качестве докорма осуществлялся родителями самостоятельно в 65% случаев, в остальных случаях – по рекомендации врача. В большинстве случаев (66%) в питании детей использовались адаптированные смеси, из неадаптированных продуктов использовались коровье (22%) и козье молоко (6%), кисломолочные напитки (6%). Грудное вскармливание до возраста 3 мес прекращают получать 5% младенцев, 4–6 мес – 11%, 7–9 мес – 16%, 10–12 мес – 5% детей, более 6 мес продолжают получать грудное молоко 84%, более года – 63% детей. Средняя

Для цитирования: Краснов М.В., Боровкова М.Г., Николаева Л.А. Вскармливание детей грудного возраста в сельской местности Чувашской Республики и Нижегородской области // *Вопр. питания*. 2018. Т. 87, № 3. С. 58–65. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10032

Статья поступила в редакцию 02.02.2018. **Принята в печать** 11.05.2018.

For citation: Krasnov M.V., Borovkova M.G., Nikolaeva L.A. Infant feeding in the rural area of Chuvash Republic and Nizhny Novgorod Region. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2018; 87 (3): 58–65. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10032 (in Russian)

Received 02.02.2018. **Accepted for publication** 11.05.2018.

продолжительность кормления грудью составила $13,8 \pm 4,2$ мес. Половина (48%) детей получали в качестве первого прикорма овощное пюре, у остальных детей таковыми служили каша (24%), фруктовое пюре (20%), творог (8%). Авторы пришли к выводу, что грудное вскармливание детей в сельской местности нуждается в активной поддержке со стороны работников педиатрической службы.

Ключевые слова: дети, грудное вскармливание, грудное молоко, прикорм, адаптированные смеси

The nature of feeding in the first year of life affects the health of the child in all subsequent periods of life. Objective – the article is devoted to the study of the state of feeding the children of the first year of life living in rural areas. The study was carried out on the basis of three children's clinics in the Chuvash Republic and the Nizhny Novgorod region by random sampling using an anonymous questionnaire of women who had children aged 1 to 2 years living in the rural areas of the Chuvash Republic and the Nizhny Novgorod Region (140 and 60 women, respectively). According to our data, the absolute majority of women surveyed (96%) wished to feed their babies for at least 1 year. All infants (100%) after birth were attached to the chest, in the first 30 minutes – 62%, in later terms – 38%. Feeding the artificial formulas before the first application to the breast was used in nutrition of 26% of newborns. Exclusive breastfeeding for less than 4 months received 23% of babies, 4–6 months – 69%, 7 months – 8% of babies. The main reason for transferring infants to mixed and artificial feeding was hypogalactia. At the age of up to 6 months for mixed feeding 49% of babies were transferred, for artificial feeding – 16%. In most cases (69%), when signs of hypogalactia appeared no weighting was carried out, an independent transfer of the child to another type of feeding was observed in the same majority (65%) of cases. The choice of the mixture was carried out by the parents independently in 65% of cases, in other cases – on the recommendation of the pediatrician. In general, in most cases (66%), adapted mixtures were used in feeding the infants, cow milk (22%), goat milk (6%), and sour milk drinks (6%) were used from unadapted products. Before the age of 3 months 5% of babies completed breastfeeding, in the age of 4–6 months – 11%, 7–9 months – 16%, 10–12 months – 5%, more than 6 months continued to be fed with breast milk 84% of babies, more than a year – 63%. The average duration of breastfeeding was 13.8 ± 4.2 months. Half (48%) of children received vegetable puree as the first supplement, in the remaining children porridge (24%), fruit puree (20%), cottage cheese (8%) served as such. Conclusion: breastfeeding of infants in rural areas needs active support from pediatric staff.

Keywords: infant, breastfeeding, breast milk, complementary feeding, adapted formulas

Здоровье ребенка в течение всех периодов его жизни напрямую связано с характером вскармливания на первом году. Результаты многочисленных научных исследований показывают, что рациональное питание способствует хорошему физическому, умственному развитию, служит способом профилактики острых заболеваний, патологических состояний, формирующих неблагоприятный преморбидный фон, таких как анемия, рахит, другие алиментарно-зависимые состояния. Питание в целом влияет на обменные процессы в организме ребенка, программируя их, что может снижать или увеличивать риск развития впоследствии заболеваний, существенно снижающих качество жизни ребенка и взрослого [1, 2]. Главное место в рациональном питании грудного ребенка занимает материнское молоко – бесценный и незаменимый продукт для новорожденного. Показано, что грудное вскармливание является лучшим для ребенка первого года жизни, а вскармливание материнским молоком более 6 мес и исключительно грудное вскармливание более 4 мес

имеет значение для предупреждения развития пищевой аллергии, анемии, инфекционной патологии, функциональных нарушений желудочно-кишечного тракта [3, 4]. Исследованием, проведенным в Санкт-Петербурге, установлено, что практически все педиатры территориальных детских поликлиник проводят с кормящими матерями просветительные беседы о пользе и организации грудного вскармливания [5]. Однако, несмотря на пропаганду грудного вскармливания, в чем определенную роль сыграла утвержденная на XVI Съезде педиатров «Национальная программа оптимизации вскармливания детей первого года жизни в Российской Федерации», а также внедрение Инициативы ВОЗ/ЮНИСЕФ по охране и поддержке грудного вскармливания, не все дети получают грудное молоко в течение первого года жизни.

Цель исследования – изучить состояние вскармливания детей первого года жизни, проживающих в сельской местности. Для этого предполагалось выяснить организацию и продолжительность грудного вскармливания;

изучить распространенность различных видов вскармливания и исследовать вопросы организации прикорма у детей на первом году жизни.

Материал и методы

Исследование проводили на базе 3 поликлиник Чувашской Республики и Нижегородской области методом случайной выборки. Для проведения исследования была использована составленная авторами анкета для опроса женщин, имевших здоровых детей в возрасте от 1 года до 2 лет, проживающих в сельской местности Чувашской Республики и Нижегородской области (140 и 60 соответственно). Анкета включала 35 вопросов об организации грудного вскармливания, обстоятельствах перехода на смешанное и искусственное вскармливание, введении прикорма. Анкетирование проводилось анонимно после получения информированного согласия.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программы SPSS 14.0 для Windows (IBM, США) с расчетом *t*-критерия Стьюдента для средних и относительных величин.

Результаты и обсуждение

В установлении и продолжительности лактации наибольшее значение имеет доминанта лактации у кормящей женщины. По данным литературы, желание и необходимость кормить ребенка грудным молоком высказывают 90–100% женщин и почти столько же (85–100%) матерей считают, что длительность кормления грудью должна составлять не менее 12 мес, при этом 50–80% мам в течение 6 мес хотели бы осуществлять исключительно грудное вскармливание [6].

По результатам нашего исследования, абсолютное большинство анкетированных женщин (96%) желают кормить своего ребенка грудью не менее 1 года, что согласуется с проведенным ранее исследованием (в 2012 г.) среди проживающих в городе матерей, в соответствии с которым до года и более были готовы кормить своего малыша 91% женщин и всего лишь 4% матерей считали достаточной продолжительность грудного вскармливания 6–8 мес [7].

В соответствии с рекомендациями ВОЗ, «Национальной программы оптимизации вскармливания детей первого года жизни в Российской Федерации» ребенка следует приложить к груди матери в первые полчаса, у которой новорожденному желательно провести не менее 30 мин [8, 9]. Соблюдение предложенных рекомендаций положительно влияет как на начало, так и на объем и продолжительность лактации. Сосание ребенком груди уменьшает послеродовые кровопотери у матери, известен благоприятный психологический эффект контакта матери и ребенка, он же способствует стабилизации состояния ребенка, в том числе функциональных параметров сердечно-сосудистой и дыха-

тельной системы, само молоко имеет ценные свойства и оказывает важное физиологическое воздействие на организм новорожденного [9].

По данным ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», не менее 92% матерей начинают кормить грудью в условиях родильного дома [10]. По данным других исследований, раннее прикладывание к груди осуществляется в 45–93% случаев, но время нахождения ребенка около груди 30 мин и более имело место в 3–30% случаев [6]. Исследование, проведенное в Республике Саха (Якутия), показало, что к груди через 30 мин в родильном зале прикладывались только 16,1% новорожденных, в 1-е сутки – 44,1%, на 2-е сутки – 38,1% и 1,7% детей в течение раннего неонатального периода к груди не прикладывали по состоянию здоровья [11].

Проведенное нами исследование показало, что все дети (100%) после рождения были приложены к груди, в первые 30 мин – 62%, что достоверно чаще, чем в исследовании, проведенном ранее ($48 \pm 10\%$ детей, $p < 0,05$), 38% – в более позднее время. Около половины детей (49%) провели у груди матери менее 20 мин (реже по сравнению с данными исследования, проведенного авторами 5 лет назад, $p < 0,001$), 48% – 20–30 мин, 3% – от 40 до 60 мин [7].

Несмотря на то что в родильных домах уже более 15 лет активно пропагандируются и внедряются принципы поддержки грудного вскармливания, реальную ситуацию с грудным вскармливанием нельзя назвать идеальной. Исследования показывают, что в родильных домах имеет место назначение детских молочных смесей до прикладывания к груди и вместо грудного молока, не всегда обоснованное, что влечет за собой риск развития у детей в последующем различных заболеваний. Одно из исследований показало, что питание и питье из бутылочки в родильном доме получали 9–45% детей [6].

В нашем наблюдении смесь для искусственного вскармливания в родильном доме до первого кормления грудным молоком получали 26% новорожденных.

Всемирная организация здравоохранения рекомендует продолжать грудное вскармливание до 6 мес, в «Национальной программе оптимизации вскармливания детей первого года жизни в Российской Федерации» содержатся рекомендации сохранять исключительно грудное вскармливание в течение 4–6 мес. Именно в этом возрасте появляются наилучшие условия для введения продуктов и блюд прикорма [9]. Исследования, касающиеся исключительно грудного вскармливания, проведенные в разных регионах России, показывают неоднозначные результаты. Так, в Республике Саха (Якутия) количество детей, получающих до 4 мес в качестве питания только грудное молоко, в городе составило 91,8%, а в селе – 70% [12]. Аналогичные исследования, проведенные в 8 детских поликлиниках, (4 из них имели звание «Больница, доброжелательная к ребенку»), нескольких городов страны, выявили, что средняя длительность исключительно грудного вскармливания составляла от 4 до 5,8 мес. При этом до 3 мес находились на исключительно грудном вскармливании

80–100%, до 6 мес – 20–80% (доля детей, находящихся на исключительно грудном вскармливании до 6 мес, была достоверно больше в поликлиниках, имеющих звание «Больница, доброжелательная к ребенку») [8]. В Астрахани исключительно грудное вскармливание сохранялось в среднем до 4 мес в 2012 г. и до 4,7 мес в 2014 г. [4].

Исследования, проведенные в разные годы более чем в 50 зарубежных странах, показывали, что распространенность исключительно грудного вскармливания среди детей до 6 мес составляет не более 55% [13]. В Эстонии показатели исключительно грудного вскармливания в 2013 и 2014 гг. составили 44,7 и 34,9% соответственно [14].

В исследуемой группе исключительно грудное вскармливание менее 4 мес получали 23%, 4–6 мес – 69%, 7 мес – 8% малышей. При этом в группе детей из Чувашской Республики по сравнению с группой из Нижегородской области детей, получающих грудное молоко 4–6 мес, было статистически значимо больше (77% против 50%, $p < 0,05$), а детей, вскармливаемых только грудью менее 4 мес, достоверно меньше (14% против 43%, $p < 0,05$). Достоверного различия в продолжительности исключительно грудного вскармливания в настоящем исследовании по сравнению с исследованием среди городских детей 5-летней давности не получено [7]. У большинства детей (91%) грудное вскармливание дополнялось водой, в то время как показания к допаиванию имеет небольшой контингент детей [9].

Время нахождения ребенка у груди матери во время кормления в большинстве случаев (58%) составляло 15–25 мин, что позволяет младенцу получить оптимальное количество нутриентов для роста и развития, в 21% случаев оно составляло 5–10 мин, в 21% – 30–60 мин. Большинство (78%) кормящих матерей сцеживали остатки молока, несмотря на сомнительную необходимость данной процедуры, так как около половины (52%) этих женщин использовали молоко из обеих молочных желез в течение одного кормления.

В первые месяцы жизни рекомендуется использовать принцип свободного вскармливания, который способствует более высокому уровню лактации, формированию тесного контакта между матерью и ребенком на различных уровнях, позволяет малышу испытывать чувство любви и защиты со стороны матери [9]. Примерно 98% детей находились на свободном вскармливании на 1–2-м месяце жизни.

Среднее количество дневных кормлений детей на исключительно грудном вскармливании до 5 мес составляло 6–7 раз, ночных кормлений: до 2 мес – 3 раза, в 4–5 мес – 2 раза. После 5 мес днем детей кормили в среднем 5 раз, ночью – 1–2 раза. Ночные кормления имеют особое значение для грудного вскармливания, так как ночью уровень пролактина более высокий [9]. У детей, находящихся на естественном вскармливании, сохранялось хотя бы 1 ночное кормление грудью вплоть до достижения ими годовалого возраста.

Отлучение ребенка грудного возраста от материнского молока, перевод на иной вид вскармливания является для него «метаболическим стрессом», поскольку ни одна адаптированная смесь не может служить абсолютно полноценным заменителем женского молока. Дети первого полугодия жизни, находящиеся на искусственном вскармливании, получают достоверно больше белка по сравнению с детьми на грудном вскармливании [15]. Повышенное потребление белка увеличивает нагрузку на почки, ускоряет темпы прибавки массы тела ребенка, что, в свою очередь, в несколько раз повышает риск последующего ожирения в детском возрасте [16–19]. Ряд исследований показали связь высокой скорости роста в первые 18 мес жизни с повышением уровня систолического артериального давления уже в младшем школьном возрасте вследствие нарушения состояния эндотелия сосудов, а также отрицательное влияние избыточного питания в грудном возрасте на состояние сердечной деятельности [20, 21].

При эпидемиологических исследованиях в Республике Саха (Якутия) были выявлены факторы, способные повлиять на продолжительность грудного вскармливания: образование матери, режим кормления, время первого прикладывания к груди. Установлено, что матери с высшим образованием и матери, которые придерживались практики свободного вскармливания, кормили своих детей дольше, чем матери с низким образованием и при кормлении по расписанию. При этом причиной прекращения грудного вскармливания более чем в половине случаев являлась гипогалактия, среди прочих причин отмечаются отказ ребенка от груди, болезнь ребенка, отъезд матери на учебу, работу, нехватка времени [11, 12]. Аналогичные данные получены в исследованиях, проведенных в некоторых городах других регионов страны [4, 6].

По нашим данным, основной причиной перевода детей на смешанный и искусственный виды вскармливания является гипогалактия, в группе детей из Нижегородской области она превалирующая ($p < 0,001$), а в группе детей из Чувашской Республики одинаково часто переводят ребенка на иной вид вскармливания как вследствие недостатка молока, так и по собственному решению матери (табл. 1).

При подозрении на недостаточное количество грудного молока необходимо провести контрольное взвешивание на протяжении суток, на основании чего можно получить данные об объеме лактации. На практике при появлении признаков гипогалактии (беспокойство и крик ребенка во время кормления или сразу после него, беспокойный сон, сокращение интервалов между кормлениями, быстрое полное опорожнение грудных желез при кормлении, урежение стула и мочеиспусканий, недостаточная прибавка массы) контрольное взвешивание проводилось только в 31% случаев. Рекомендации врача по переводу ребенка на иной вид вскармливания имели место в 35%, в большинстве случаев (65%) перевод осуществлялся самостоятельно. Мероприятия по восстановлению лактации проводили у 8% женщин.

Выбор смеси осуществлялся по рекомендации врача лишь в 35% случаев, самостоятельное решение принимали родители в 65% случаев. В целом в большинстве случаев (66%) в питании детей использовали адаптированные смеси. В Нижегородской области их использовали в 100% случаев, тогда как в Чувашской Республике лишь в 51% ($p < 0,001$). В каждое кормление грудью смесь в качестве докорма при смешанном вскармливании использовали 44% матерей, остальные женщины чередовали кормление грудным молоком и смесью для искусственного вскармливания.

Исследования, проведенные в различных регионах страны, показали, что средняя длительность грудного вскармливания составляет 7,7–14,7 мес, в Астрахани – 8 мес [4, 6]. В Архангельской области в 2015 г. доля детей, находившихся на грудном вскармливании от 6 до 12 мес, составила 52,7%, доля детей, завершивших грудное вскармливание от 0 до 3 мес, достигла 16,5%, от 3 до 6 мес – 30,8% [22]. В Твери на протяжении последних 10 лет количество детей, находившихся на грудном вскармливании до 6 мес, составляло $45,6 \pm 0,8\%$, до 1 года – $32,0 \pm 0,4\%$ [23].

По нашим данным, в возрасте до 3 мес завершают грудное вскармливание 5%, 4–6 мес – 11%, 7–9 мес – 16%, 10–12 мес – 5% детей, более 6 мес продолжают получать грудное молоко 74%, более года – 63% младенцев.

Распространенность различных видов вскармливания у детей грудного возраста представлена в табл. 2.

Продукты и блюда прикорма вводятся в питание ребенка с целью восполнения растущих потребностей детского организма в пищевых ингредиентах, витаминах и минеральных веществах, а также адаптации ребенка к диете, отвечающей принципам питания в раннем возрасте. Отечественными педиатрами рекомендуется вводить первый прикорм в возрасте 4–6 мес. Обоснованием для подобных рекомендаций является, с одной стороны, неготовность ребенка к усвоению новой пищи ранее 4 мес, с другой – задержка формирования навыков приема густой пищи, возможный дефицит нутриентов, повышенная антигенная нагрузка при назначении первого прикорма позже 6 мес [9, 24]. В качестве первого прикорма рекомендуются монокомпонентные овощное пюре или каша [9, 25]. Иссле-

дования, проведенные в Астрахани, показывают более позднее введение фруктовых соков (4,37 мес), каш (6,2 мес) в динамике за 2010–2014 гг. [4].

В нашем исследовании 79% детей начали получать прикорм в возрасте 4–6 мес, овощное пюре было первым прикормом у 48%, каша – у 24%, фруктовое пюре – у 20%, творог – у 8% детей. Нужно отметить, что в Чувашской Республике по сравнению с Нижегородской областью в качестве первого прикорма выбирают фруктовое пюре чаще (25 и 6% соответственно, $p < 0,01$), творог – реже (3 и 20% соответственно, $p < 0,05$). Также наблюдается положительная тенденция в выборе овощного пюре и каши в качестве первого прикорма по сравнению с данными, полученными в исследовании, проведенном среди городских детей в 2012 г. (в 72 и 35% соответственно, $p < 0,001$) [7]. Средние сроки введения прикорма показаны в табл. 3.

Режим кормления овощным пюре, кашей и мясным пюре представлен в табл. 4. Необходимо отметить, что включение в рацион названных прикормов было оптимальным и чаще соответствовало рекомендациям специалистов в группе детей Нижегородской области ($p < 0,01$).

Заключение

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

Желание кормить ребенка грудью в течение 1 года и более имеют большинство женщин (94%).

Время и продолжительность прикладывания к груди новорожденных соответствуют рекомендуемым более чем в половине случаев, в то же время искусственную смесь до первого прикладывания к груди получили $1/4$ новорожденных.

До 4–6 мес исключительно грудное вскармливание сохраняется у $2/3$ (69%) младенцев, причем в Чувашской Республике таких детей достоверно больше по сравнению с Нижегородской областью (77 и 50% соответственно, $p < 0,05$), как и детей, получающих грудное молоко 1 год и более (47 и 24% соответственно, $p < 0,05$).

В возрасте 6 мес на естественном вскармливании находятся 35%, к 12 мес – 16% детей.

Таблица 1. Причины перевода детей на смешанное и искусственное вскармливание

Причина	Частота встречаемости, %		
	все обследованные (n=200)	Чувашская Республика (n=140)	Нижегородская область (n=60)
Гипогалактия	40	35	73
Решение матери	29	34	0
Работа/учеба матери	9	11	0
Причина не указана	9	10	0
Новая беременность	5	4	9
Болезнь матери	3	2	9
Рекомендации врача	3	2	9
Отказ ребенка	2	2	0

Таблица 2. Распространенность различных видов вскармливания в грудном возрасте

Возраст детей, мес	Распространенность естественного вскармливания, %	Распространенность смешанного вскармливания, %	Распространенность искусственного вскармливания, %
0	100	0	0
1	98	1	1
2	96	1	3
3	91	4	5
4	80	11	9
5	63	25	12
6	35	49	16
7	21	53	26
8	19	51	30
9	17	51	32
10	17	50	33
11	16	47	37
12	16	47	37

Таблица 3. Средние сроки введения продуктов и блюд прикорма

Продукты и блюда прикорма	Средние сроки введения прикорма, мес			Рекомендуемые сроки введения прикорма, мес
	общие данные (n=200)	Чувашская Республика (n=140)	Нижегородская область (n=60)	
Овощное пюре	5,8	6,0	5,4	4–6
Каша	5,9	5,8	6,0	4–6
Фруктовое пюре	6,4	5,9	5,5	4–6
Фруктовый сок	6,4	5,9	5,5	4–6
Творог	6,4	5,0	7,0	6
Мясо	7,7	7,7	7,3	6
Яичный желток	6,9	6,7	7,7	7

Таблица 4. Кратность включения некоторых видов прикорма в рацион детей

Вид прикорма	Кратность кормлений								
	общие данные			Чувашская Республика			Нижегородская область		
	через день или реже	1 раз в день	2 раза в день	через день или реже	1 раз в день	2 раза в день	через день или реже	1 раз в день	2 раза в день
Овощное пюре, %	10	77	13	14	70	16	0	93	7
Каша, %	4	69	27	6	60	34	0	90	10
Мясное пюре, %	21	69	10	30	59	11	0	93	7

Основными причинами перевода детей на иной вид вскармливания является гипогалактия и самостоятельное решение матери (40 и 29% соответственно). В большинстве случаев (65%) матери самостоятельно вводят в питание ребенка искусственную смесь. С такой же частотой в качестве заменителя женского молока выбирается адаптированная формула. Из неадаптированных продуктов использовались коровье молоко (22%), козье молоко (6%), кисломолочные напитки (6%).

В оптимальном возрасте (4–6 мес) получают первый прикорм 79% детей, овощное пюре либо каша служили первым прикормом в 72% случаев.

Пути оптимизации сложившейся практики грудного вскармливания в сельской местности могут быть

повышение доступности медицинской помощи, а также роли медицинских работников в пропаганде и обучении грудному вскармливанию, начиная с этапа наблюдения беременной. Совместная работа акушеров-гинекологов и педиатров в этом направлении, главным образом в форме занятий в школе матерей, повысит информированность женщин об оптимальной продолжительности грудного вскармливания, его преимуществах, позволит женщине настроиться на длительное кормление грудью еще до рождения ребенка. Следует уделять больше внимания индивидуальным беседам участкового педиатра и медсестры с кормящей женщиной по вопросам организации и поддержки грудного вскармливания, активизировать работу кабинета здорового ребенка.

Сведения об авторах

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова» (Чебоксары):

Краснов Михаил Васильевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой детских болезней

E-mail: office@chuvsu.ru

Боровкова Марина Георгиевна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры детских болезней

E-mail: borovkovam@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2433-1053>

Николаева Лариса Анатольевна – ассистент кафедры детских болезней

E-mail: office@chuvsu.ru

Литература

1. Нетребенко О.К., Украинцев С.Е., Дубровская М.И. Профилактическая медицина: питание младенца и программирование // Педиатрия. 2016. Т. 95, № 2. С. 124–132.
2. Нетребенко О.К., Украинцев С.Е. Что может грудное молоко и чего не могут смеси: от ингредиентов к пониманию долгосрочных эффектов // Педиатрия. 2017. Т. 96, № 3. С. 144–151.
3. Макарова С.Г., Намазова-Баранова Л.С., Вишнёва Е.А., Ерешко О.А., Гордеева И.Г. Гастроинтестинальная пищевая аллергия у детей // Вопр. соврем. педиатрии. 2017. Т. 16, № 3. С. 202–212.
4. Джумагазиев А.А., Безрукова Д.А., Райский Д.В., Богданьянц М.В., Акмаева Л.М. Здоровье детей первых двух лет жизни с позиций нутриентного программирования // Материалы II Всероссийской науч.-практ. конф. с международным участием «Грудное вскармливание в современном мире». М.: Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, 2016. С. 41.
5. Юрьев В.К., Юрьев В.В., Моисеева К.Е. Некоторые аспекты оценки организации питания детей раннего возраста // Соврем. пробл. науки и образования. 2017. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27124>. (дата обращения: 25.01.2018)
6. Абольян Л.В., Новикова С.В., Дерю А.В. Длительность грудного вскармливания младенцев, наблюдавшихся в детских поликлиниках, имеющих и не имеющих звания ВОЗ/ЮНИСЕФ «Больница, доброжелательная к ребенку» // Педиатрия. 2015. Т. 94, № 5. С. 89–95.
7. Краснов М.В., Боровкова М.Г., Николаева Л.А. Состояние вскармливания детей первого года жизни в современных условиях // Вестн. Чувашского ун-та. 2013. № 3. С. 455–461.
8. Michaelsen K. F., Weaver L., Branca F., Robertson A. Кормление и питание грудных детей и детей раннего возраста: Методические рекомендации для Европейского региона ВОЗ с особым акцентом на республики бывшего Советского Союза // Региональные публикации ВОЗ, Европейская серия. 2001. № 87. 209 с.
9. Национальная программа оптимизации вскармливания детей первого года жизни в Российской Федерации. М.: Союз педиатров России, 2010. 68 с.
10. Тутельян В.А., Батулин А.К., Конь И.Я., Кешабянц Э.Э., Старовойтов М.Л., Сафронова А.М. и др. Характер питания детей грудного и раннего возраста в Российской Федерации: практика введения прикорма // Педиатрия. 2009. Т. 86, № 6. С. 77–83.
11. Лебедева У.М., Вербицкая Л.И., Чичахов Д.А., Уарова А.В., Слепцова Н.А., Васильев Н.Н. и др. Охрана грудного вскармливания в Республике Саха (Якутия) // Вопр. питания. 2015. Т. 84, № S3. С. 126.
12. Ханды М.В., Миллер О.П., Такырова В.Л., Неустроева М.Р., Прокопьева С.И. Грудное вскармливание детей Республики Саха (Якутия) // Вопр. питания. 2015. Т. 84, № S3. С. 170.
13. Бреда Дж. Политика в отношении действий по повышению уровня грудного вскармливания и улучшению качества детского питания // Материалы II Всероссийской науч.-практ. конф. с международным участием «Грудное вскармливание в современном мире». М.: Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, 2016. С. 114–117.
14. Вахтрик А. Охрана и поддержка грудного вскармливания в Республике Эстония // Вопр. питания. 2015. Т. 84, № S3. С. 94.
15. Pani P., Carletti C., Knowles A. et al. Pattern of nutrient intake at six months in the northeast of Italy: a cohort study // BMC Pediatr. 2014. Vol. 14. P. 127–135.
16. Fomon S.J. Potential renal solute load: considerations relating to complimentary feeding of breastfed infants // Pediatrics. 2000. Vol. 106, N 5. P. 1284–1286.
17. Baird J., Fisher D., Lucas P. Being big or growing fast: systematic review of size and growth in infancy and later obesity // BMJ. 2005. Vol. 331. P. 929–935.
18. Stettler N., Zemel B., Kumanyika S. et al. Infant weight gain and childhood overweight status in a multicenter cohort study // Pediatrics. 2002. Vol. 109. P. 194–199.
19. Ong K., Ahmed M., Emmett P. Association between postnatal catch-up growth and obesity in childhood: prospective cohort studies // BMJ. 2000. Vol. 320. P. 967–971.
20. Skilton M., Marks G., Ayer J. et al. Weight gain in infancy and vascular risk factors in later childhood // Pediatrics. 2013. Vol. 131. P. 1821–1828.
21. Habbout A., Li N., Rochette L. et al. Postnatal overfeeding in rodents by litter size reduction induces major short- and long-term pathophysiological consequences // Nutrition. 2013. Vol. 143. P. 553–562.
22. Пастбина И.М. Текущий аудит показателей грудного вскармливания в Архангельской области за 2015 год // Материалы II Всероссийской науч.-практ. конф. с международным участием «Грудное вскармливание в современном мире». М.: Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, 2016. С. 80.
23. Апенченко Ю.С., Носелидзе О.Б., Ярцева В.Ю. Состояние грудного вскармливания в Твери и Тверской области // Материалы II Всероссийской науч.-практ. конф. с международным участием «Грудное вскармливание в современном мире». М.: Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, 2016. С. 14–15.
24. Намазова-Баранова Л.С., Вишнёва Е.А., Селимзянова Л.П., Макарова С.Г., Алексеева А.А. Введение прикорма и пищевая аллергия: новые исследования и современные клинические рекомендации // Вопр. соврем. педиатрии. 2017. Т. 16, № 3. С. 196–201.
25. Намазова-Баранова Л.С., Турти Т.В., Сновская М.А., Лукоянова О.Л., Зиминова Е.П., Бакович Е.А. и др. Оценка переносимости и безопасности монокомпонентных продуктов прикорма в питании детей раннего возраста с риском развития аллергических болезней // Вопр. соврем. педиатрии. 2016. Т. 15, № 2. С. 154–160.

References

1. Netrebenko O.K., Ukraintsev S.E., Dubrovskaya M.I. Preventive medicine: infant nutrition and programming. *Pediatriya [Pediatrics]*. 2016; 95 (2): 124–32. (in Russian)
2. Netrebenko O.K., Ukraintsev S.E. What breastmilk is capable for, and formulas are not: from ingredients to the understanding of long-term effects. *Pediatriya [Pediatrics]*. 2017; 96 (3): 144–51. (in Russian)

3. Makarova S.G., Namazova-Baranova L.S., Vishneva E.A., Ereshko O.A., Gordeeva I.G. Gastrointestinal food allergy in children. *Voprosy sovremennoy pediatrii* [Problems of Modern Pediatrics]. 2017; 16 (3): 202–12. (in Russian)
4. Dzhumagaziev A.A., Bezrukova D.A., Rayskiy D.V., Bogdan'yants M.V., Akmaeva L.M. Health of children of the first two years of life from the positions of nutrient programming. In: *Materialy II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Grudnoe vskarmlyvanie v sovremennom mire»* [Proceedings of the II all-Russian scientific-practical conference with international participation «Breastfeeding in the modern world»]. Moscow: Perviy Moskovskiy gosudarstvenniy meditsinskiy universitet im. I.M. Sechenova, 2016: 41. (in Russian)
5. Yur'ev V.K., Yur'ev V.V., Moiseeva K.E. Some aspects of estimation of the organization of nutrition of children of early age. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. 2017; (6). URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27124>. (date of access January 25, 2018) (in Russian)
6. Abol'yan L.V., Novikova S.V., Deryu A.V. The duration of breastfeeding in children's clinics, with or without the title of WHO/UNICEF «Child friendly hospital». *Pediatriya* [Pediatrics]. 2015; 94 (5): 89–95. (in Russian)
7. Krasnov M.V., Bоровкова M.G., Nikolaeva L.A. The state of feeding infants in modern conditions. *Vestnik Chuvashskogo universiteta* [Bulletin of the Chuvash University]. 2013; (3): 455–61. (in Russian)
8. Michaelsen K. F., Weaver L., Branca F., Robertson A. Feeding and nutrition of infants and young children: Methodological recommendations for the WHO European Region with a special focus on the republics of the former Soviet Union. WHO Regional Publications, European Series, 2001; Vol. 87: 209 p. (in Russian)
9. The National Program for the Optimization of Infant Feeding of Children of the First Year of Life in the Russian Federation. Moscow: Soyuz Pediatrov Russii, 2010: 68 p. (in Russian)
10. Tutelyan V.A., Baturin A.K., Kon' I.Ya., Keshabyants E.E., Starovojtov M.L., Safronova A.M., et al. Nature of nutrition of infants and children of early age in the Russian Federation: complementary feeding practices. *Pediatriya* [Pediatrics]. 2009; 86 (6): 77–83. (in Russian)
11. Lebedeva U.M., Verbitskaya L.I., Chichakhov D.A., Uarova A.V., Sleptsova N.A., Vasil'ev N.N., Donskaya D.S., et al. Protection of breastfeeding in the Republic of Sakha (Yakutia). *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2015; 84 (S3): 126. (in Russian)
12. Khandy M.V., Miller O.P., Takyrova V.L., Neustroeva M.R., Prokop'eva S.I. Breastfeeding of children of the Republic of Sakha (Yakutia). *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2015; 84 (S3): 170. (in Russian)
13. Breda J. Policy actions to increase breastfeeding and improve baby food nutritioanal quality. In: *Materialy II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Grudnoe vskarmlyvanie v sovremennom mire»* [Proceedings of the II all-Russian scientific-practical conference with international participation «Breastfeeding in the modern world»]. Moscow: I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation; 2016: 114–7. (in Russian)
14. Vakhtrik A. Protection and support of breastfeeding in the Republic of Estonia. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2015; 84 (S3): 94. (in Russian)
15. Pani P., Carletti C., Knowles A., et al. Pattern of nutrient intake at six months in the northeast of Italy: a cohort study. *BMC Pediatr*. 2014; 14: 127–35.
16. Fomon S.J. Potential renal solute load: considerations relating to complimentary feeding of breastfed infants. *Pediatrics*. 2000; 106 (5): 1284–6.
17. Baird J., Fisher D., Lucas P. Being big or growing fast: systematic review of size and growth in infancy and later obesity. *BMJ*. 2005; 331: 929–35.
18. Stettler N., Zemel B., Kumanyika S., et al. Infant weight gain and childhood overweight status in a multicenter cohort study. *Pediatrics*. 2002; 109: 194–9.
19. Ong K., Ahmed M., Emmett P. Association between postnatal catch-up growth and obesity in childhood: prospective cohort studies. *BMJ*. 2000; 320: 967–71.
20. Skilton M., Marks G., Ayer J., et al. Weight gain in infancy and vascular risk factors in later childhood. *Pediatrics*. 2013; 131: 1821–8.
21. Habbout A., Li N., Rochette L., et al. Postnatal overfeeding in rodents by litter size reduction induces major short- and long-term pathophysiological consequences. *Nutrition*. 2013; 143: 553–62.
22. Pastbina I.M. Current audit of breastfeeding rates in the Arkhangelsk region in 2015. *Materialy II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Grudnoe vskarmlyvanie v sovremennom mire»* [Proceedings of the II all-Russian scientific-practical conference with international participation «Breastfeeding in the modern world»]. Moscow: Perviy Moskovskiy gosudarstvenniy meditsinskiy universitet im. I.M. Sechenova, 2016: 80. (in Russian)
23. Apenchenko Yu.S., Noselidze O.B., Yartseva V.Yu. Status of breastfeeding in Tver and Tver region. *Materialy II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Grudnoe vskarmlyvanie v sovremennom mire»* [Proceedings of the II all-Russian scientific-practical conference with international participation «Breastfeeding in the modern world»]. Moscow: I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation; 2016: 14–5. (in Russian)
24. Namazova-Baranova L.S., Vishneva E.A., Selimzyanova L.R., Makarova S.G., Alekseeva A.A. Introduction of complementary foods and food allergies: new studies and modern clinical guidelines. *Voprosy sovremennoy pediatrii* [Problems of Modern Pediatrics]. 2017; 17 (3): 196–201. (in Russian)
25. Namazova-Baranova L.S., Turti T.V., Snovskaya M.A., Lukoyanova O.L., Zimina E.P., Bakovich E.A., et al. Assessment of tolerability and safety of monocomponent complementary food products in the diet of infants with risk for allergic diseases. *Voprosy sovremennoy pediatrii* [Problems of Modern Pediatrics]. 2016; 15 (2): 154–60. (in Russian)

Для корреспонденции

Тимакова Роза Темерьяновна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры туристического бизнеса и гостеприимства, ведущий специалист института торговли, пищевых технологий и сервиса ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Адрес: 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, д. 62/45

Телефон: (343) 257-02-46

E-mail: trt64@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-4777-1465>

Тимакова Р.Т.

Оценка антиоксидантной активности свежих яблок разных помологических сортов после обработки ионизирующим излучением

Evaluation of antioxidant activity of fresh apples different pomological varieties after treatment with ionizing radiation

Timakova R.T.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», Екатеринбург
Ural State Economic University, Ekaterinburg

Введение на территории РФ в действие ГОСТ 33302-2015 «Продукция сельскохозяйственная свежая. Руководство по облучению в целях фитосанитарной обработки», регламентирующего применение радиационной обработки для продления сроков годности и улучшения сохраняемости свежей сельскохозяйственной продукции, требует от участников товарного рынка осмысления, в какой мере и при каких условиях данная технология позволит сохранить пищевую ценность сельскохозяйственного сырья и отвечает требованиям безопасности в соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевых продуктов». В настоящее время отсутствуют научно обоснованная регламентация доз облучения, которые позволили бы максимально сохранить пищевую ценность продукции, в том числе и антиоксидантную активность (АОА). Яблоки – самый доступный и широко распространенный представитель плодовой продукции на потребительском рынке страны, отличающийся высоким содержанием антиоксидантов. Экспериментальный материал исследован ретроспективным методом. Для подтверждения факта облучения/необлучения осуществлена идентификация контрольных образцов яблок разных помологических сортов («пик леди», «гренни смит», «голден делишес», «глостер»), представленных на потребительском рынке, методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Результаты исследования подтверждают, что содержание антиоксидантов обусловлено принадлежностью к определенному помологическому сорту и структурой самого плода (мякоть или сок без мякоти). АОА свежесжатых (необработанных) соков в отличие от АОА собственно яблок имеет более низкие показатели и, соответственно, ниже для помологического сорта «пик леди» на 13,8%, для сорта «гренни смит» – на 22,0%, для сорта «голден делишес» – на 22,6%, для сорта «глостер» – на 23,0%

Для цитирования: Тимакова Р.Т. Оценка антиоксидантной активности свежих яблок разных помологических сортов после обработки ионизирующим излучением // *Вопр. питания*. 2018. Т. 87, № 3. С. 66–71. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10033

Статья поступила в редакцию 14.12.2017. **Принята в печать** 11.05.2018.

For citation: Timakova R.T. Evaluation of antioxidant activity of fresh apples different pomological varieties after treatment with ionizing radiation. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2018; 87 (3): 66–71. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10033 (in Russian)

Received 14.12.2017. **Accepted for publication** 11.05.2018.

соответственно. Исследовано влияние различных доз ионизирующего излучения на АОА свежих яблок потенциометрическим методом с использованием медиаторной системы $K_3[Fe(CN_6)]/K_4[Fe(CN_6)]$. Опытные образцы свежих яблок обрабатывали ионизирующим излучением с помощью линейного ускорителя электронов модели УЭЛР-10-10С2 дозами от 1 до 12 кГр. АОА опытных образцов свежих яблок помологического сорта «пинк леди» после облучения дозой 12 кГр по сравнению с необлученными образцами уменьшилась в 4,5 раза, в яблоках сорта «грэнни смит» – в 2,9 раза, «голден делишес» и «глостер» – в 3,1 раза соответственно. При увеличении дозы облучения более 3 кГр происходит наиболее интенсивное уменьшение содержания антиоксидантов. Установлен высокий коэффициент корреляции между дозой облучения и содержанием антиоксидантов в опытных образцах яблок свежих разных помологических сортов – от 0,94 до 0,99. Полученные экспериментальные данные позволяют предложить ограничение дозы облучения до 3 кГр с целью сохранения антиоксидантного потенциала свежих яблок.

Ключевые слова: яблоки свежие, доза облучения, свободные радикалы, антиоксиданты

Introduction to action GOST 33302-2015 "Fresh agricultural products. Guidance for irradiation as a phytosanitary treatment" on the territory of the Russian Federation regulating the use of radiation processing to extend shelf life and improve storability of fresh agricultural products requires commodity market understanding – to what extent and under what conditions this technology will allow you to keep the nutritional value of agricultural raw materials and meet the safety requirements in accordance with the Technical regulations of the Customs Union 021/2011 "On food safety". Currently there is no science-based regulation of radiation doses that would allow you to preserve the nutritional value of products, including antioxidant activity. Apples are the most accessible and widely distributed representative of fruit products in the consumer market of the country, characterized by a high content of antioxidants. The experimental material was investigated by a retrospective method. To confirm the fact of irradiation/non-irradiation, control samples of apples of different pomologic varieties ("Pink Lady", "Granny Smith", "Golden Delicess", "Gloster") were identified on the consumer market using electron paramagnetic resonance (EPR). The results of the study confirm that antioxidant content is due to the pomological belonging to a particular class and structure of the fruit (pulp or juice without pulp). The antioxidant activity (AOA) of freshly squeezed (untreated) juices, in contrast to the AOA of apples have lower rates and is lower for pomological variety "Pink lady" by 13.8%, for grade "Granny Smith" – by 22.0%, for the variety "Golden delicious" by 22.6% for class "Gloucester" by 23.0%, respectively. Studies have been conducted on the effect of various doses of ionizing radiation on antioxidant activity of fresh apples by potentiometric method using the $K_3[Fe(CN_6)]/K_4[Fe(CN_6)]$ mediator system. Test samples of fresh apples were treated with ionizing radiation using a linear accelerator of electrons in doses from 1 to 12 kGy. AOA of experimental samples of fresh apples of pomological variety "Pink Lady" after irradiation with a dose of 12 kGy decreased by 4.5 fold compared with unirradiated samples, in apple varieties "Granny Smith" – by 2.9 fold, "Golden delishes" and "Gloucester" – by 3.1 fold, respectively. With an increase in irradiation dose of more than 3 kGy, the most intense decrease in antioxidant content occurs. A high correlation coefficient between the dose of irradiation and the content of antioxidants in the experimental samples of fresh apples of different pomologic varieties has been established – from 0.94 to 0.99. The obtained experimental data allow us to propose a limitation of the radiation dose to 3 kGy in order to preserve the antioxidant potential of fresh apples.

Keywords: fresh apples, irradiation dose, free radicals, antioxidants

Избыточное накопление свободных радикалов в организме является одной из причин, вызывающих преждевременное старение и развитие многих болезней человека. Концентрация свободных радикалов в организме возрастает вследствие снижения активности антиоксидантной системы человека, вызванного воздействием радиации, ультрафиолетового

(УФ) облучения, курения, алкоголя, лекарственных средств, постоянных стрессов и некачественного питания [1].

В условиях урбанизации населения структура пищевого рациона претерпевает существенные изменения и усиление дисбаланса макро- и микронутриентов рациона, включая биологически активные вещества. Одним

из важнейших компонентов адаптационного потенциала человека является система антиоксидантной защиты, которая находится в прямой зависимости от внешних факторов и в первую очередь от фактора питания [2]. Антиоксиданты являются природными или синтетическими веществами – ингибиторами окислительных процессов, происходящих в организме человека на клеточном уровне, которые защищают мембрану клеток. Частично антиоксиданты вырабатываются в организме человека, частично поступают вместе с пищей. В этой связи правильное питание населения приобретает важнейшее социальное значение.

В соответствии с ГОСТ Р 52349-2005 «Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения» антиоксиданты как основной вид пребиотиков (наряду с ди- и трисахаридами, олиго- и полисахаридами, многоатомными спиртами, аминокислотами и пептидами, ферментами) обеспечивают при их систематическом потреблении в составе пищевых продуктов благоприятное воздействие на организм человека в результате повышения биологической активности нормальной микрофлоры кишечника.

Установлено, что растительные полисахариды (пектин, пектовая кислота) проявляют высокую биологическую активность [3], усиливая антиоксидантную активность (АОА) клеток и тканей за счет активации ферментных систем [4].

Потребление продуктов растительного происхождения как источников комплекса антиоксидантов более эффективно, чем прием отдельных антиоксидантов, так как в этом случае достигается синергизм действия. Антиоксиданты, содержащиеся во фруктах, овощах и соках, играют важную роль для здоровья человека [5]. Так, антиоксиданты яблок: аскорбиновая кислота, β-каротин, рутин, фенольные соединения – флавоноиды (кверцетин, процианидины, антоцианы, катехины, эпикатехины), хлорогеновая кислота, дубильные вещества, органические кислоты (яблочная, лимонная) – участвуют в основных физиологических процессах организма человека [6–8].

В процессе хранения свежих яблок в результате естественных физических, биохимических и химических процессов происходит ухудшение товарного вида, активизация окислительных процессов, гидролитический распад сложных органических соединений, что приводит к уменьшению содержания витаминов, органических кислот, дубильных веществ, флавоноидов. В процессе дыхания возможно увеличение температуры плодов, что способствует микробиологической порче. Яблоки также подвержены инфекционным заболеваниям, первичное заражение которыми происходит в основном на этапе вегетационного роста.

В общемировом масштабе потери свежих плодов и овощей составляют около половины всего выращенного урожая. Поэтому вопросы сохранности пищевых ресурсов играют большую роль. За рубежом апробирована и применяется технология обработки свежей сельскохозяйственной продукции ионизирующим излу-

чением, позволяющая увеличивать сроки хранения в результате ингибирования фитопатогенной микрофлоры и задержки созревания плодов.

В Российской Федерации формируется национальная нормативная база по применению радиационной обработки пищевых продуктов. Так, с 2017 г. введен в действие ГОСТ 33302-2015 «Производство сельскохозяйственной свежей. Руководство по облучению в целях фитосанитарной обработки», разрешающий применение радиационной обработки для продления сроков годности и лучшей сохраняемости свежей сельскохозяйственной продукции. Этот ГОСТ определяет типичный достаточно широкий диапазон поглощенных доз в пределах от 150 до 600 Гр, определяя возможность изменения указанных границ в зависимости от типа вредителей, подлежащих уничтожению, а также допустимой (без ухудшения качества) дозы облучения для конкретного вида плодов с учетом сорта, региона произрастания, условий выращивания и сбора, времени от момента сбора до момента обработки ионизирующим излучением, но не регламентирует дозы облучения для каждого вида продукции, которые позволили бы максимально сохранить пищевую ценность сельскохозяйственной продукции.

Исследованиями [9–11] установлено, что оптимальные дозы облучения для сохранения пищевой ценности яблок находятся в пределах от 0,6 до 2 кГр. Показано, что эффективность обработки плодов и овощей при хранении в модифицированной газовой среде достигается после облучения дозой более 3 кГр [12].

Вместе с тем обработка свежих плодов ионизирующим излучением может привести к снижению пищевой ценности. При этом имеются данные об увеличении АОА при УФ-обработке яблок до 90 сут срока хранения [13].

С учетом имеющейся информации **цель** исследований заключалась в изучении влияния разных доз облучения на содержание антиоксидантов в свежих яблоках разных помолологических сортов.

Материал и методы

В качестве объекта исследования использованы яблоки свежие разных помолологических сортов: «пик леди» (страна произрастания Республика Молдова), «грени смит» (Республика Сербия), «голден делишес» (Азербайджанская Республика), «глостер» (Республика Сербия). Все исследуемые образцы представлены на потребительском рынке Екатеринбурга.

По каждому помолологическому сорту были сформированы контрольные (необлученные) и опытные (облученные разными дозами) группы образцов. В каждой группе было исследовано по 10 образцов.

Для установления факта облучения/необлучения контрольные образцы яблок были исследованы методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) [14] согласно ГОСТ 31672-2012 «Продукты пищевые. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных продуктов, содержащих

целлюлозу» и ГОСТ 31652-2012 «Продукты пищевые. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных продуктов, содержащих кристаллический сахар» с использованием ЭПР-спектрометра серии Labrador Expert X-диапазона (НПО «Автоматика», РФ).

В ходе эксперимента исследуемые образцы опытных групп подвергали радиационной обработке линейным ускорителем электронов модели УЭЛР-10-10С2 в Центре радиационной стерилизации ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

На следующем этапе определяли АОА яблок свежих до и после облучения потенциометрическим методом с помощью анализатора МПА-1 (ООО «Научно-производственное внедренческое предприятие «ИВА»», РФ), в основу работы которого положен способ определения оксидантная активность/АОА в растворах с использованием медиаторной системы $K_3[Fe(CN)_6]/K_4[Fe(CN)_6]$ [15]. АОА определяли по сдвигу потенциала как следствие изменения соотношения окисленной и восстановленной форм компонентов медиаторной системы.

Экспериментальный материал исследован ретроспективным методом. Исследования проводили в 5-кратной повторности. Результаты исследований обработаны методом вариационной статистики с использованием коэффициента Стьюдента.

Результаты и обсуждение

На I этапе опытным путем было установлено, что контрольные образцы всех помологических сортов яблок ранее не были облучены: отсутствовали характерные ЭПР-спектры при исследовании на ЭПР-спектрометре (см. рисунок).

В ходе исследования на следующем этапе определяли АОА контрольных образцов яблок разных помологических сортов, а также соковой продукции в виде сока свежесжатого (необработанного), полученного из яблок контрольных образцов, путем добавления сока в электрохимическую ячейку анализатора, что приводило к изменению окислительно-восстановительного потенциала среды при взаимодействии антиоксидантов сока яблок с окисленным компонентом ($K_3[Fe(CN)_6]$) медиаторной системы.

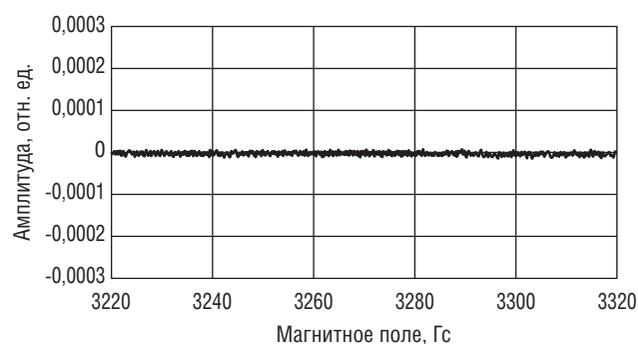
По результатам полученных исследований установлено, что содержание антиоксидантов в яблоках позднего срока созревания зависит от сорта. Наиболее высокие показатели установлены в яблоках помологического сорта «порок леди» – $3,951 \pm 0,100$ мМ-экв, наименьшее содержание – в яблоках помологического сорта «глостер» – $1,755 \pm 0,078$ мМ-экв. Нами подтверждены ранее установленные факты существования определенной зависимости содержания антиоксидантов от сорта яблок [16–19]. Свежесжатый (необработанный) сок отличается более низким содержанием антиоксидантов по сравнению с мякотью собственно яблок,

что согласуется с данными литературы [20]. Наименьшая разница по содержанию антиоксидантов в собственно яблоках по сравнению со свежесжатым соком установлена в помологическом сорте «порок леди» (на 13,8%), который отличается изначально более высоким содержанием антиоксидантов, концентрация антиоксидантов соизмерима ниже в помологических сортах с изначально более низким содержанием антиоксидантов: в яблоках помологического сорта «грени смит» – на 22,0%, в яблоках сорта «голдэн делишес» – на 22,6%, в яблоках сорта «глостер» – на 23,0% (табл. 1).

В результате исследований АОА свежих яблок всех помологических сортов до и после облучения выявлено, что наибольшая АОА отмечена в необлученных образцах яблок.

Установлено, что с увеличением дозы облучения (с 3 до 12 кГр) статистически значимо снижается концентрация антиоксидантов в опытных образцах яблок всех помологических сортов: в яблоках сорта «порок леди» – в 3 раза с высокой степенью корреляционной зависимости изменения АОА от дозы облучения, равной 0,94; в яблоках сорта «грени смит» – в 2,3 раза (степень корреляции 0,98), в яблоках сорта «голдэн делишес» – в 2,4 раза (степень корреляции 0,99) и в яблоках сорта «глостер» – в 2,5 раза (степень корреляции 0,99) ($p \leq 0,05$) (табл. 2).

Полученные результаты позволяют установить, что существует обратно пропорциональная связь между дозой облучения и концентрацией антиоксидантов в яблоках свежих разных помологических сортов. Интегральный показатель АОА учитывает общее содержание антиоксидантов, что согласуется с исследованиями ряда авторов [21]. Вероятностный процесс изменения АОА в облученных разными дозами яблок обусловлен следующим: запущенный при облучении цепной свободнорадикальный процесс приводит к увеличению в облученных яблоках концентрации свободных радикалов. Антиоксиданты яблок, вступая во взаимодействие со свободными радикалами, ингибируют их воздействие, действуя по принципу поглотителей и уничтожая «лишние» свободные радикалы с обрывом реакционных цепей: молекула антиоксиданта взаимодействует с активным радикалом и образуется малоактивный радикал, что и приводит к снижению АОА яблок.



Спектр электронного парамагнитного резонанса контрольных (необлученных) образцов яблок

Таблица 1. Концентрация антиоксидантов в контрольных образцах свежих яблок разных помологических сортов и соковой продукции ($M \pm m$, $n=10$)

Сорт	Страна произрастания/ производства	Срок созревания	Концентрация антиоксидантов, мМ-экв
<i>Яблоки свежие</i>			
«Пинк леди»	Молдавия	Зимний	3,951±0,100
«Гренни смит»	Сербия	Зимний	1,991±0,101
«Голден делишес»	Азербайджан	Зимний	1,927±0,121
«Глостер»	Сербия	Зимний	1,755±0,078
<i>Сок свежесжатый (необработанный) из яблок свежих</i>			
«Пинк леди»	Молдавия	Зимний	3,404±0,080
«Гренни смит»	Сербия	Зимний	1,522±0,067
«Голден делишес»	Азербайджан	Зимний	1,491±0,042
«Глостер»	Сербия	Зимний	1,352±0,034

Таблица 2. Концентрация антиоксидантов в облученных разными дозами опытных образцах свежих яблок разных помологических сортов, мМ-экв ($M \pm m$, $n=10$)

Доза облучения, кГр	Помологические сорта яблок			
	«пинк леди»	«гренни смит»	«голден делишес»	«глостер»
3	2,603±0,133**	1,601±0,066**	1,534±0,065**	1,431±0,039**
6	1,334±0,054*	1,125±0,061*	1,139±0,052*	1,054±0,045*
9	1,086±0,036*	0,861±0,059*	0,879±0,044*	0,754±0,036*
12	0,872±0,060*	0,686±0,079*	0,631±0,060*	0,566±0,073*

Примечание. * – статистически значимые отличия ($p \leq 0,05$) от показателя опытных образцов яблок свежих после облучения дозой 3 кГр; ** – статистически значимые отличия ($p \leq 0,01$) от показателя опытных образцов яблок свежих до облучения дозой 3 кГр.

Заключение

Анализ результатов исследований позволяет сделать следующие выводы: подтверждены данные литературы о том, что содержание антиоксидантов различно в зависимости от помологического сорта яблок, при этом полученные результаты исследования АОА потенциометрическим методом сопоставимы с данными, полученными методом определения адсорбционной емкости по отношению к кислородным радикалам («Oxygen Radical Absorption Capacity» – ORAC). Так, у яблок сорта «гренни смит» более высокие показатели – 3,951 мМ-экв при исследовании потенциометрическим методом и 2900 $\mu\text{TE}/100$ г при исследовании методом ORAC, у яблок сорта «голден делишес» – более низкие показатели: соответственно 1,927 мМ-экв и 2670 $\mu\text{TE}/100$ г; АОА собственно свежих яблок имеет более высокие показатели в отличие от свежесжатых (необработанных) соков.

Опытным путем достоверно установлено, что обработка ионизирующим облучением яблок свежих приводит к изменению АОА. Яблоки свежие сорта «пинк леди»

с более высокой АОА в необлученных образцах более чувствительны к дозе облучения, что привело к резкому снижению содержания антиоксидантов в яблоках этого сорта (в отличие от других исследуемых помологических сортов) в 4,5 раза при облучении дозой 12 кГр по сравнению с необлученными образцами; наименьшее изменение АОА наблюдалось в сорте «гренни смит» – в 2,9 раза. Установлен высокий коэффициент корреляции между дозой облучения и содержанием антиоксидантов в образцах яблок свежих всех исследованных помологических сортов – от 0,94 до 0,99.

Проведенные исследования имеют важное теоретическое и практическое значение для формирования банка данных оптимальных доз облучения свежей сельскохозяйственной продукции и регламентации дозовой нагрузки. С целью сохранения антиоксидантного потенциала целесообразно ограничить дозу облучения яблок свежих до 3 кГр. Можно отметить, что с помощью потенциометрического метода установлена причинно-следственная связь между дозой облучения и АОА яблок свежих.

Литература

1. Шабров А.В., Дадали В.А., Макаров В.Г. Биохимические основы действия микрокомпонентов пищи. М.: Аввалон, 2003. 184с.
2. Тутельян В.А. О нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации // Вопр. питания. 2009. № 1. С. 5–14.
3. Сычев И.А., Калинин О.В., Лакаева Е.А. Биологическая активность растительных полисахаридов // Рос. мед.-биол. вестн. им. акад. И.П. Павлова. 2009. № 4. С. 143–148.
4. Константинова Н. А., Соловьева Т.Ф., Беседнова Н.Н. и др. Фагоцитоз стимулирующее действие полисахаридов, выделенных из

- культуры женьшеня // Антибиотики и химиотерапия. 1989. № 10 (34). С. 755–760.
5. Sardarodiyani M., Sani A.M. Natural antioxidants: sources, extraction and application in food systems // *Nutr. Food Sci.* 2016. Vol. 46, N 3. P. 363–373. doi: 10.1108/NFS-01-2016-0005.
 6. Арзамасцев А.П., Шкарина Е.И., Максимова Т.В. и др. Оценка показателей антиоксидантной активности препаратов на основе лекарственного растительного сырья // *Хим.-фарм. журн.* 1999. № 11. С. 17–20.
 7. Симонова Н.В., Доровских В.А., Ли О.Н. и др. Коррекция окислительного стресса природными антиоксидантами // *Бюл. физиологии и патологии дыхания.* 2014. № 53. С. 84–88.
 8. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрыпник Л.Н. и др. Антиоксидантные свойства культурных растений Калининградской области. Калининград : Балтийский федер. ун-т им. И. Канта, 2016. 145 с.
 9. Безопасность и пищевая ценность облученной продукции. М. : Медицина, 1995. 209 с.
 10. Moy J.H. Radurization and radicidation: fruits and vegetables // *Preservation of Food by Ionizing Radiation* / eds E.S. Josephson, M.S. Peterson. Boca Raton: CRC Press, 1983. Vol. 3. P. 83–108.
 11. Romani R.J. Radiobiological parameters in the irradiation of fruits and vegetables // *Adv. Food Res.* 1996. Vol. 1. P. 57–103.
 12. Петров А.Н., Шишкина Н.С., Карастоянова О.В. и др. Применение ионизирующих излучений для оптимизации технологии холодильного хранения // *Холодильная техника.* 2015. № 11. С. 51–55.
 13. Dias T.G., Boas A.C.V., Junqueira M.B.A. et al. Physicochemical characterization, antioxidant activity and total phenolic content in «Gala» apples subjected to different UV-C radiation doses // *Acta Sci. Agron.* 2017. Vol. 39, N 1. P. 67–73. doi: 10.4025/actasciagron.v39i1.30979.
 14. Тимакова Р.Т., Романова А.С., Курдюмов А.В. и др. Оценка радиационной безопасности пищевых продуктов методом парамагнитного резонанса // *Агропродовольственная политика России.* 2016. № 9. С. 83–88.
 15. Brainina Kh.Z., Ivanova A.V., Sharafutdinova E.N. et al. Potentiometry as a method of antioxidant activity investigation // *Talanta.* 2007. Vol. 71, N 1. P. 13–18.
 16. Van der Sluis A.A., Dekker M., de Jager A. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year, and storage conditions // *J. Agric. Food Chem.* 2001. Vol. 49, N 8. P. 3606–3613.
 17. Imeh U., Khokhar S. Distribution of conjugated and free phenols in fruits: antioxidant activity and cultivar variations // *J. Agric. Food Chem.* 2002. Vol. 50, N 22. P. 6301–6306.
 18. Karaman S., Tutem E., Sozgen Baskan K. et al. Comparison of total antioxidant capacity and phenolic composition of some apple juices with combined HPLC-CUPRAC assay // *Food Chem.* 2010. Vol. 120, N 4. P. 1201–1209.
 19. Быкова Т.О., Макарова Н.В., Азаров О.И. Химический состав и показатели антиоксидантной активности сортов яблок Самарской области // *Изв. вузов. Пищевая технология.* 2016. № 2–3 (350–351). С. 21–24.
 20. Валиулина Д.Ф. Биотехнология яблочного сока прямого отжима функционального назначения: характеристика ресурсов, совершенствование технологии, свойства готовой продукции : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Самара, 2015.
 21. Цюпко Т.Г., Петракова И.С., Бриленок Н.С. и др. Определение суммарного содержания антиоксидантов методом FRAP // *Аналитика и контроль.* 2011. Т. 3, № 15. С. 287–298.

References

1. Shabrov A.V., Dadali V.A., Makarov V.G. The biochemical basis of the actions of the micro-components of food. Moscow: Avvalon, 2003: 184 p. (in Russian)
2. Tutelyan V. A. On the norms of physiological needs for energy and nutrients for different population groups of the Russian Federation. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2009; (1): 5–14. (in Russian)
3. Sychev I.A., Kalinkina O.V., Laksaeva E.A. Biological activity of plant polysaccharides. *Rossiyskiy mediko-biologicheskiy vestnik im. akademika I.P. Pavlova* [Russian Medical and Biological Bulletin of I.P. Pavlov]. 2009; (4): 143–8. (in Russian)
4. Konstantinova N.A., Solov'eva T.F., Besednova N.N., et al. Phagocytosis stimulating effect of polysaccharides isolated from culture of ginseng. *Antibiotiki i khimioterapiya* [Antibiotics and Chemotherapy]. 1989; 10 (34): 755–60. (in Russian)
5. Sardarodiyani M., Sani A.M. Natural antioxidants: sources, extraction and application in food systems. *Nutr Food Sci.* 2016; 46 (3): 363–73. doi: 10.1108/NFS-01-2016-0005.
6. Arzamascev A.P., Shkarina E.I., Maksimova T.V., et al. Performance evaluation of antioxidant activity of drugs based on medicinal plant raw material. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal* [Chemical-Pharmaceutical Journal]. 1999; 11: 17–20. (in Russian)
7. Simonova N.V., Dorovskih V.A., Li O.N., et al. Correction of oxidative stress by natural antioxidants. *Byulleten' fiziologii i patologii dykhaniya* [Bulletin Physiology and Pathology of Respiration]. 2014; (53): 84–8. (in Russian)
8. Chupahina G.N., Maslennikov P.V., Skrypnik L.N., et al. The antioxidant properties of cultivated plants of the Kaliningrad region. *Kaliningrad: Baltiyskiy federal'nyi universitet im. I. Kanta*, 2016: 145 p. (in Russian)
9. The safety and nutritional value of irradiated products. Moscow: *Meditsina*, 1995: 209 p. (in Russian)
10. Moy J.H. Radurization and radicidation: fruits and vegetables. Edited by E.S. Josephson, M.S. Peterson. *Preservation of Food by Ionizing Radiation*. Boca Raton: CRC Press, 1983; 3: 83–108.
11. Romani R.J. Radiobiological parameters in the irradiation of fruits and vegetables. *Adv Food Res.* 1996; 1: 57–103.
12. Petrov A.N., Shishkina N.S., Karastoyanova O.V., et al. The use of ionizing radiation to optimize technology cold storage of fruits and vegetables. *Holodil'naya tekhnika* [Refrigeration Engineering]. 2015; 11: 51–5. (in Russian)
13. Dias T.G., Boas A.C.V., Junqueira M.B.A., et al. Physicochemical characterization, antioxidant activity and total phenolic content in «Gala» apples subjected to different UV-C radiation doses. *Acta Sci Agron.* 2017; 39 (1): 67–73. doi: 10.4025/actasciagron.v39i1.30979.
14. Timakova R.T., Romanova A.S., Kurdjumov A.V., et al. Evaluation of radiation security of food products by the method of paramagnetic resonance. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii* [Agricultural and Food Policy of Russia]. 2016; (9): 83–8. (in Russian)
15. Brainina Kh.Z., Ivanova A.V., Sharafutdinova E.N., et al. Potentiometry as a method of antioxidant activity investigation. *Talanta.* 2007; 71 (1): 13–8.
16. Van der Sluis A.A., Dekker M., de Jager A., et al. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year, and storage conditions. *J Agric Food Chem.* 2001; 49 (8): 3606–13.
17. Imeh U., Khokhar S. Distribution of conjugated and free phenols in fruits: antioxidant activity and cultivar variations. *J Agric Food Chem.* 2002; 50 (22): 6301–6.
18. Karaman S., Tutem E., Sozgen Baskan K., et al. Comparison of total antioxidant capacity and phenolic composition of some apple juices with combined HPLC-CUPRAC assay. *Food Chem.* 2010; 120 (4): 1201–9.
19. Bykova T.O., Makarova N.V., Azarov O.I. Chemical composition and indices of antioxidant activity of varietal apples Samara region. *Izvestiya vuzov. Pischevaya tekhnologiya* [Higher Education Institutions Proceedings. Food industry]. 2016; 2–3 (350–351): 21–4. (in Russian)
20. Valiulina D. F. Biotechnology of Apple juice direct extraction functional purpose: characterization of resources, the improvement of technology, the properties of the finished product: Abstract of Diss. Samara, 2015. (in Russian)
21. Tsyupko T.G., Petrakova I.S., Brilenoki N.S. Determination of total content of antioxidants by FRAP assay. *Analitika i kontrol'* [Analysis and Control]. 2011; 3 (15): 287–98. (in Russian)

Для корреспонденции

Ходырева Зоя Рафаиловна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», доцент кафедры рекреационной географии, туризма и регионального маркетинга ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»
 Адрес: 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, д. 46
 Телефон: (3252) 29-07-35
 E-mail: rafailovna-1977@mail.ru

Щетинин М.П.¹, Ходырева З.Р.^{1, 2}

Научно-гигиенические подходы к разработке замороженного десерта

Scientific bases of development of frozen dessert

Schetinin M.P.¹, Khodyreva Z.R.^{1, 2}

¹ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул

² ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», Барнаул

¹ Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

² Altai State University, Barnaul

Ягоды жимолости являются ценным, содержащим биологически активные вещества сырьем, которое может быть использовано для производства пищевых продуктов. Цель исследования – разработка сорбета с использованием ягод жимолости свежей и замороженной. Установлено, что для стабилизации продукта необходимо внесение агара пищевого (1,6% к массе смеси) и патоки крахмальной (55 г на 1 кг массы смеси). На основании результатов проведенных исследований была обоснована рецептура и разработана технология замороженного десерта (сорбета) из ягод жимолости свежей и замороженной. Исследован состав продукта на содержание витамина С и Р-активных веществ. Содержание витамина С в сорбете из свежих ягод составило 62,5 мг/100 г, а из замороженных – 52 мг/100 г. Содержание Р-активных веществ в десерте составило 850 мг, что позволяет рекомендовать продукт для массового потребления, в том числе для лиц, исключаящих из рациона молоко и молочные продукты. Микробиологические показатели разработанного сорбета не превышают порогового значения как после приготовления, так и на протяжении всего периода хранения (72 ч).

Ключевые слова: замороженный десерт, сорбет, жимолость, агар, пектин

Berries of a honeysuckle are valuable raw materials which contain biologically active substances and can be used for production of foodstuff. A research objective was the development of sorbet with the use of honeysuckle berries in fresh and frozen state. It has been established that for product stabilization it was necessary to add an agar (1.6% to the mass of mix) and starch syrup (55 g per 1 kg of mass of mix). On the basis of results of the conducted researches the compounding has been proved and the technology of the frozen dessert (sorbet) from fresh and frozen honeysuckle berries has been developed. The content of vitamin C and flavonoids has been investigated. The content of vitamin C

Для цитирования: Щетинин М.П., Ходырева З.Р. Научно-гигиенические подходы к разработке замороженного десерта // Вопр. питания. 2018. Т. 87, № 3. С. 72–78. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10034

Статья поступила в редакцию 20.04.2018. Принята в печать 11.05.2018.

For citation: Schetinin M.P., Khodyreva Z.R. Scientific bases of development of frozen dessert. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2018; 87 (3): 72–8. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10034 (in Russian)

Received 20.04.2018. Accepted for publication 11.05.2018.

in sorbet from fresh berries was 62.5 mg/100 g, and from frozen ones – 52 mg/100 g. Content of flavonoids in a dessert received 850 mg per 100 g that allowed to recommend a product for the mass consumer and also people who have excluded milk and dairy products from the ration. Microbiological indicators of the developed sorbet didn't exceed threshold value both after preparation, and throughout the entire period of storage (72 h).

Keywords: frozen dessert, sorbet, honeysuckle, agar, pectin

Большинство выпускаемых в настоящее время замороженных десертов производятся на основе молочных продуктов, а потому содержат большое количество жира и лактозы. Таким образом, они не подходят для употребления в пищу людьми с непереносимостью лактозы. Кроме того, в последние несколько лет среди населения четко наметилась тенденция следования здоровому образу жизни, в том числе соблюдение норм здорового питания. При этом рекомендуется снижать количество потребляемых жиров и повышать потребление пищевых волокон. Лица, следящие за своим питанием, контролируют количество поступающих с пищей белка, жиров и углеводов. Для поддержания здоровья и нормального функционирования организма в современных условиях окружающей среды необходимо постоянное поступление адекватного количества биологически активных веществ: витаминов, макро- и микроэлементов, пектиновых и минорных соединений растительного происхождения, радиопротекторов [1].

Разработка замороженных десертов, основным компонентом которых является плодово-ягодное сырье, является одним из решений проблем в питании современного человека. К таким десертам можно отнести сорбеты. В их составе отсутствуют молочные и жировые продукты, а значит, они не содержат молочный жир и лактозу. Плодово-ягодное сырье способно повысить биологическую ценность сорбета, обогащая его биологически активными компонентами [1, 2]. Калорийность такого сорбета достаточно низкая по сравнению с другими замороженными десертами. Так, средняя энергетическая ценность сливочного мороженого в 3 раза превышает аналогичный показатель у сорбета.

Таким образом, разработка взбитых замороженных десертов на основе плодово-ягодного сырья позволит не только расширить ассортимент продукции в сфере производства мороженого, но и придать изделиям функциональную направленность путем повышения их биологической ценности.

Цель исследования – разработка научно обоснованной технологии замороженного взбитого десерта с улучшенными физико-химическими и органолептическими показателями за счет применения ягод жимолости.

Материал и методы

Объектами исследований стали ягоды жимолости свежие по РСТ РСФСР 21-75, ягоды замороженные

(6 мес хранения при -18 °С) по ГОСТ 29187-91, агар пищевой высшего сорта по ГОСТ 16280-2002, пектин цитрусовый по ГОСТ 29186-91, патока крахмальная по ГОСТ 33917-2016.

Для приготовления сорбета использовали ягоды жимолости свежие и замороженные, реализуемые через торговые сети. Образцы, приобретенные для исследования, содержали смесь разных сортов жимолости.

Органолептические и физико-химические показатели оценивали непосредственно после приготовления сорбета, определение санитарно-микробиологических показателей проводили после приготовления и через 72 ч хранения сорбета.

Содержание витамина С определяли по ГОСТ 24556-89 титриметрическим методом, Р-активных веществ – фотоколориметрически [3].

Органолептически оценивали разработанный сорбет согласно требованиям ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011, физико-химические показатели определяли согласно требованиям ГОСТ Р 55624-2013.

Устойчивость сорбета к таянию определяли методом термостатирования [4]. Для этого были отобраны пробы одинаковой массы исследуемых образцов сорбета при температуре -18 °С. Масса каждой отобранной пробы составляла 100 г. Далее образцы сорбета выдерживали в термостате при температуре +20 °С. Массу плава определяли через 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 и 120 мин нахождения образцов в термостате.

Размер и структуру кристаллов льда в сорбете определяли по Методике определения кристаллов льда в мороженом и замороженных взбитых десертах, разработанной в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности». Ледяные кристаллы исследовали в поле оптического микроскопа с увеличением ×100.

Микробиологические исследования проведены по ГОСТ Р 54004-2010, ГОСТ 26669-85, ГОСТ 26670-91, ГОСТ 10444,15-94, ГОСТ 31747-2012, ГОСТ Р 52814-2007 (ИСО 6579:2002), ГОСТ 10444,2-94.

Повторность проведенных исследований 3–5-кратная. Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Statistica 6.0.

Результаты и обсуждение

Обеспечение продовольственной безопасности во всех субъектах Сибирского федерального округа – одна из основных задач агропромышленного комплекса, ре-

шение которой направлено на повышение качества жизни российских граждан путем гарантирования высоких стандартов жизнеобеспечения. Достижение продовольственной безопасности в Сибири возможно за счет стабилизации внутреннего производства, наличия необходимых резервов и запасов [5].

Особенно актуально включать в рецептуры пищевых продуктов и кулинарных блюд местное растительное сырье. В условиях Сибирского региона таким сырьем являются дикорастущие и культурные ягоды, содержащие целый комплекс природных биологически активных веществ: витаминов, минеральных и пектиновых веществ, фенольных соединений, антиоксидантов. Среди наиболее ценного ягодного сырья Сибири выделяют клубку, жимолость и облепиху [5].

На первом этапе были проведены исследования, целью которых являлось определение влияния добавления плодово-ягодного сырья, а также корректировки дозы вносимого стабилизатора и его качественного состава на органолептические, физико-химические и структурно-механические свойства продукта.

На втором этапе была отработана рецептура сорбета, проведена оценка показателей качества готового продукта.

В качестве растительного компонента были выбраны ягоды жимолости. Это обосновано следующими факторами:

- жимолость является одной из наиболее распространенных ягодных культур в Сибири, но при этом недостаточно используется при производстве пищевых продуктов;
- существует возможность закупать местное сырье жимолости с гарантией получения органического продукта;
- с экономической точки зрения использование местного сырья значительно сокращает расходы на транспортировку, а значит, снижает себестоимость готового продукта. Кроме того, осуществляется поддержка местного садоводства;
- биологическая ценность жимолости характеризуется достаточно высоким содержанием витамина С, Р-активных соединений, включая катехины, антоцианы, лейкоантоцианы и флавонолы, а также микро- и макроэлементов, радиопротекторных соединений [6–8];
- содержание пектина в жимолости достаточно велико [9] для выполнения им не только профилактических, но и технологических функций.

В соответствии с ГОСТ Р 55624-2013 в качестве стабилизаторов системы замороженных десертов могут использоваться пектин цитрусовый, гуаровая камедь и агар пищевой.

Гуаровая камедь обладает достаточно специфическим вкусом и запахом, который может присутствовать в готовом продукте. Технологические свойства гуаровой камеди в производстве замороженных десертов, заключающиеся в повышении устойчивости к таянию и препятствию образования крупных кристаллов льда, также

оцениваются как недостаточно высокие по сравнению с другими стабилизаторами для мороженого. Таким образом, главным преимуществом гуаровой камеди является ее низкая цена. В связи с вышеперечисленным было решено использовать в качестве стабилизатора для сорбета агар пищевой и пектин цитрусовый. Данные виды стабилизаторов получают из растительного сырья, их желирующей и гелеобразующей способностей достаточно для придания замороженному десерту необходимых структурно-механических свойств. Кроме того, данные добавки не имеют ярко выраженного специфического вкуса или запаха, а значит, не будут влиять на вкусовые свойства конечного продукта. Агар пищевой является универсальным стабилизатором, его можно включать в рецептуру любых блюд и изделий, в том числе замороженных десертов. Цитрусовый высокоэтерифицированный пектин был выбран в качестве исследуемого ингредиента в связи с тем, что его технологические свойства улучшаются в кислой среде, которую также предусматривает использование плодово-ягодного сырья как основы сорбета. Помимо этого, высокоэтерифицированные пектины положительно влияют на взбитость продукта, которая является важным структурно-механическим показателем при производстве замороженных взбитых десертов, в то время как низкоэтерифицированные пектины в кислой среде образуют очень плотные и достаточно твердые гели. Таким образом, применение пектина целесообразно в производстве плодово-ягодного мороженого и замороженных десертов.

В связи с использованием растительного сырья, характеризующегося высоким содержанием пектиновых веществ (около 1,5%), было выдвинуто предположение, что можно снизить дозировку вносимых стабилизаторов. Было исследовано влияние выбранных видов стабилизаторов в дозе от 0,4 до 2,0% от массы смеси с шагом в 0,4% [10] на качество готового продукта.

Кислотность является важным физико-химическим показателем, который оказывает влияние на органолептические и структурно-механические свойства продукта. Согласно ГОСТ Р 55624-2013 «Десерты взбитые замороженные фруктовые, овощные и фруктово-овощные. Технические условия» кислотность сорбета не должна превышать 110 °Т.

Определение кислотности исследуемых образцов сорбетов (рис. 1) показало, что повышение количества добавляемого стабилизатора ведет к понижению показателя титруемой кислотности смеси. Таким образом, стабилизаторы имеют свойство нейтрализовать некоторое количество кислот, содержащихся в продукте, что объясняется строением их молекул. Все использованные стабилизаторы относятся к группе гидроколлоидов и представляют собой полисахариды линейной и разветвленной структуры, в составе которых присутствует достаточное количество полярных групп, в том числе гидроксильных. Таким образом, при внесении стабилизатора происходит взаимодействие между остатками кислот, содержащимися в продукте, и группами OH^- .

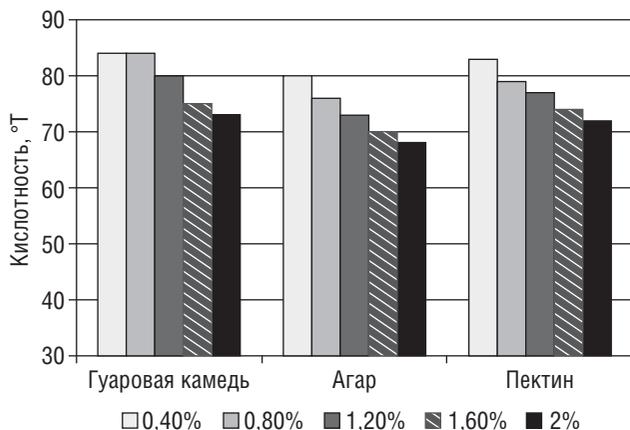


Рис. 1. Зависимость кислотности исследуемых образцов сорбета от дозы и вида вносимого стабилизатора

В результате некоторое количество кислот нейтрализуется и показатель общей титруемой кислотности понижается [11].

Наибольшее влияние на кислотность продукта оказал агар пищевой. Помимо большего содержания гидроксильных групп в структуре его молекулы, его рН составляет около 9,5, в результате чего происходит нейтрализация некоторого количества пищевых кислот.

При производстве замороженных десертов степень взбитости зависит от количества и жирности входящего в состав молока и молочных продуктов, вносимых стабилизаторов, содержания сухих веществ, кислотности, а также технологических свойств используемого растительного сырья, если последнее предусмотрено рецептурой.

В составе сорбета отсутствует молочно-жировая составляющая, поэтому главными факторами, влияющими на степень взбитости готового замороженного десерта, являлись вид вносимого стабилизатора и его дозировка, кислотность продукта, массовая доля сухих веществ, а также свойства используемого в качестве основы плодово-ягодного сырья. Для плодово-ягодного мороженого без использования в рецептуре молока и молочных продуктов степень взбитости установлена нормативными документами на уровне от 25 до 45%.

Для сорбета из жимолости наилучшая степень взбитости достигается при использовании агара пищевого в количестве 1,6% (рис. 2). При увеличении дозировки до 2% наблюдается незначительное снижение показателя взбитости.

Важной структурно-механической и потребительской характеристикой мороженого и замороженных десертов является размер образуемых при заморозке кристаллов льда. Массовая доля замороженной воды в мороженом и десертах варьирует от 60 до 70%. Процесс формирования кристаллов льда зависит от качественного и количественного микро- и макронутриентного состава продукта, в том числе от технологических свойств используемого сырья. Так, в замороженных плодово-ягодных десертах формируются кристаллы льда доста-

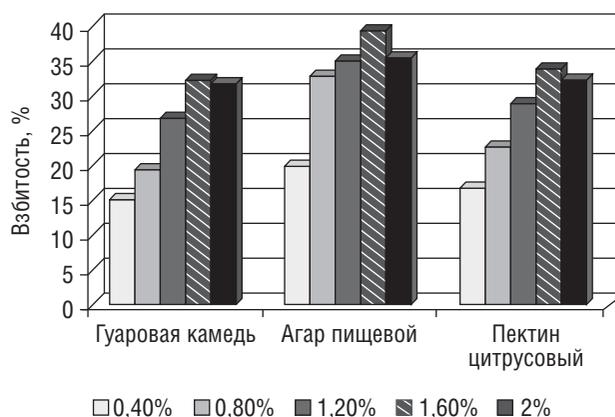


Рис. 2. Оценка взбитости сорбета из жимолости в зависимости от вносимого стабилизатора и его дозировки

точно крупного размера по сравнению с мороженым на молочной основе [12]. Порог органолептической осmittимости достигается при размере кристаллов льда свыше 70 мкм. Таким образом, для сохранения органолептических показателей сорбета на высоком уровне необходимо обеспечить образование кристаллов льда, размер которых не превышает 70 мкм.

Из всех исследуемых образцов наименьший размер кристаллов льда обнаружен в образцах продукта с использованием агара пищевого. Размер кристаллов варьировал от 52 до 58 мкм.

Устойчивость мороженого и замороженных десертов к таянию зависит от нескольких факторов. Так, непосредственное влияние на скорость таяния оказывают основное растительное сырье для производства и его технологические свойства, содержание жира в мороженом, количество и вид используемых стабилизаторов, содержание влаги и сухих веществ, наличие различных наполнителей. В связи с тем что в рецептуру сорбета не входят молочные и жировые продукты, его термоустойчивость должна быть обеспечена внесением стабилизирующих структуру веществ.

Для оценки устойчивости исследуемых образцов сорбета к таянию был применен метод термостатирования. При анализе полученных экспериментальных данных было выявлено, что наиболее устойчивы к таянию сорбеты, в рецептуры которых в качестве стабилизирующего агента был включен пектин цитрусовый. На втором месте находится агар пищевой. Продолжительность таяния составила для сорбета с пектином от 10 до 40 мин, с агаром – от 15 до 30 мин.

Была выявлена прямая зависимость между дозировкой вносимого стабилизатора и временем таяния сорбета. Это может быть обусловлено тем фактом, что большее количество стабилизирующего вещества способно связать больше молекул воды, образуя более устойчивую и стабильную смесь. Таким образом, увеличивается количество связанной воды и уменьшается содержание свободной, что замедляет процесс таяния. Проведенные эксперименты позволили определить, что

совместное использование пектина цитрусового и агара пищевого способствует сохранению физико-химических показателей продукта.

Для формирования структуры и текстуры сорбета вносили патоку крахмальную низкосахаренную в количестве 55 г на 1 кг массы смеси с соответствующим уменьшением содержания сахарозы. Данный вид патоки обладает высокой вязкостью, является стабилизатором пены и эмульсий, характеризуется антикристаллизационным действием. Это позволило улучшить потребительские свойства замороженного десерта, а также заменить часть сахарозы и снизить энергетическую ценность с 13,9 до 11,8 ккал. Продукт также приобрел большую устойчивость к кратковременным нарушениям режимов хранения. Помимо всего вышеперечисленного добавление патоки способствовало усилению вкуса.

Органолептическую оценку исследуемых образцов сорбета проводили посредством дегустации, при том каждому образцу дегустаторы присваивали балл по следующим критериям оценки: внешний вид, запах и аромат, вкус, консистенция, цвет. Максимальная оценка за один показатель составляет 5 баллов, а наивысшая совокупная органолептическая оценка достигает 25 баллов.

Из всех образцов сорбета из жимолости наивысший средний балл по всем критериям оценки был присвоен образцу с добавлением 1,6% агара пищевого (24,1 из 25 баллов). Данная концентрация стабилизаторов способна обеспечить необходимую форму, текстуру и состояние поверхности продукта.

Запах и аромат образцов незначительно изменялся под воздействием внесения разных видов стабилизаторов. Однако при внесении гуаровой камеди в концентрации более 1,6%, в сорбете ощущался посторонний специфический запах.

С точки зрения вкусовых качеств исследуемого продукта наиболее высоко были оценены образцы сорбета из жимолости с 1,6% агара пищевого. При добавлении в сорбет из жимолости пектина в концентрациях выше 1,2% наблюдался достаточно ярко выраженный кислый вкус. Наименьшую оценку за вкус получили образцы с добавлением 1,6 и 2,0% гуаровой камеди, так как в них присутствовал специфический привкус добавки.

При оценке консистенции сорбета высший балл получили образцы с внесением в качестве стабилизатора агара пищевого в концентрациях 1,2 и 1,6%. Было выявлено незначительное влияние стабилизатора на цвет готового продукта.

Значимым параметром при разработке сорбета является биологическая ценность используемого сырья,

и продукта. Ягоды жимолости достаточно богаты витамином С. В 100 г свежих ягод содержание аскорбиновой кислоты в зависимости от помологического сорта, региона произрастания, погодных условий может колебаться от 20 до 130 мг [10, 13], достигая суточной нормы потребления данного витамина для взрослого человека (90 мг [14]). Содержание Р-активных соединений варьирует от 200 до 1800 мг/100 г [10, 13] при адекватном суточном потреблении флавонолов 50 мг. При этом флавоноиды и витамин С проявляют синергетический эффект в профилактике и лечении заболеваний, сопровождающихся повреждением и повышенной проницаемостью стенок сосудов. По содержанию марганца 100 г ягод жимолости может удовлетворять суточную потребность в нем взрослого человека (2 мг [14]): его содержание варьирует от 1,3 до 3,1 мг [9, 13].

Для максимального сохранения биологически активных веществ в готовом продукте был исключен процесс нагревания всей рецептурной смеси ягод, учитывая нестабильность витамина С как при контакте с воздухом в процессе взбивания, так и при хранении. Полученные результаты показали: в готовом продукте из замороженных ягод содержание витамина С стало меньше на 37% по сравнению с сорбетом из свежей сортосмеси (табл. 1).

Несмотря на неизбежные потери витамина С при хранении и приготовлении сорбета, потребление 100 г готового продукта удовлетворяет суточную потребность человека в витамине С более чем на 50%, а в Р-активных веществах – более чем на 100%. Поступление растворимых пищевых волокон при этом может составить до 40% от их адекватного суточного потребления.

Поскольку готовые пищевые продукты могут представлять опасность для здоровья человека в связи с микробиологической обсемененностью используемого сырья и оборудования или нарушением санитарно-гигиенических норм в ходе технологического процесса приготовления, а хранение ягод могло способствовать развитию микрофлоры, был проведен анализ микробиологических показателей сорбета из замороженной жимолости непосредственно после приготовления и по истечении 72 ч хранения – срока реализации мороженого и замороженных десертов на предприятиях общественного питания (табл. 2).

Санитарно-микробиологические показатели разработанного сорбета не превышают порогового значения как после приготовления, так и на протяжении всего периода хранения.

Таким образом, разработанный сорбет из сортосмеси как свежих ягод жимолости, так и заморожен-

Таблица 1. Биологическая ценность сорбетов на основе сортосмеси свежей и замороженной жимолости

Показатель	Содержание в 100 г			Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах для взрослых [14]
	свежая жимолость	сорбет из свежей жимолости	сорбет из замороженной жимолости	
Р-активные вещества, мг	1100	850	843	250
Витамин С, мг	82	62,5	52	90

Таблица 2. Санитарно-микробиологические показатели разработанного сорбета из сортосмеси замороженной жимолости

Показатель	Норма [15]	Сорбет из жимолости	
		после приготовления	через 72 ч хранения
Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г	Не более 1×10^5	$0,216 \times 10^5$	$0,297 \times 10^5$
Бактерии группы кишечной палочки, в массе продукта, г	Не допускаются в 0,01	Не обнаружено	
Дрожжи, КОЕ/г	Не более 100	2,0	4,0
Плесени, КОЕ/г	Не более 100	3,0	8,0

ных является дополнительным источником биологически активных веществ растительного происхождения. Потребление сорбета с жимолостью будет способс-

твовать восполнению их недостаточного поступления с рационом и профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.

Сведения об авторах

Щетинин Михаил Павлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии продуктов питания ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (Барнаул)

E-mail: MPSshchetinin@senat.gov.ru

Ходырева Зоя Рафаиловна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», доцент кафедры рекреационной географии, туризма и регионального маркетинга ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет» (Барнаул)

E-mail: rafailovna-1977@mail.ru

Литература

- Трунов Ю.В., Бочарова Т.Е. Биохимический состав различных сортообразцов жимолости в насаждениях ВНИИ садоводства им. И.В. Мичурина // Садоводство и виноградарство. 2008. № 1. С. 21–22.
- Маюрникова Л.А., Позняковский В.М., Суханов Б.П. и др. Экспертиза специализированных пищевых продуктов. Качество и безопасность. СПб.: ГИОРД, 2016. 448 с.
- Вигоров Л.И. Метод определения Р-активных веществ // Труды III Всесоюзного семинара по БАВ плодов и ягод. Свердловск, 1972. 362 с.
- Маршалл Р.Т., Гофф Г.Д., Гартел Р.У. Мороженое и замороженные десерты. СПб.: Профессия, 2005. 376 с.
- Борисова О.В., Хропатая И.Ю. Развитие рынка ягод как фактор обеспечения продовольственной безопасности региона // Фундаментальные исследования. 2015. № 2–19. С. 4239–4243.
- Земцова А.Я., Скороспелова Е.В., Шелковская Н.К. Оценка сортов жимолости по биохимическому составу плодов для производства плодовых вин // Садоводство и виноградарство. 2017. № 5. С. 28–32.
- Бакайтис В.И., Рубашанова Е.А. Исследование полифенольных соединений и аскорбиновой кислоты в свежих плодах жимолости, культивируемой в Алтайском крае // Вестн. Сибир. ун-та потребительской кооперации. 2014. № 4 (11). С. 62–67.
- Белосохов Ф.Г. Анализ антиоксидантной активности плодов жимолости синей // Вопр. питания. 2014. Т. 83, № S3. С. 227.
- Крысова А.Я., Шелковская Н.К., Хохрякова Л.А., Бородулина И.Д. Изменчивость биохимического состава плодов жимолости в условиях лесостепной зоны Алтайского края // Изв. Алтайского гос. ун-та. 2012. № 3-2. С. 39–41.
- Цапалова И.Э., Губина М.Д., Позняковский В.М. Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений. Новосибирск: Изд-во Новосибирского университета, 2002. 180 с.
- Ходырева З.Р., Щетинин М.П., Вайтанис М.А., Неверова Н.А. Исследование потребительских свойств замороженных десертов // Ползуновский вестн. 2016. № 3. С. 44–48.
- Творогова А.А. Функциональная роль стабилизаторов и эмульгаторов в технологии мороженого // Мир мороженого и быстрозамороженных продуктов. 2015. № 1. С. 29–31.
- Рубашкова Е.А., Бакайтис В.И., Позняковский В.М. Товароведная оценка ягод жимолости, выращенных в Алтайском крае РФ и перспективы их использования в переработке // Научный взгляд в будущее. 2017. № 6. С. 26–36.
- МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации.
- ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции от 09.12.2011. М.: Технонорматив, 2013. 262 с.

References

- Trunov Yu.V., Bocharova T.E. Biochemical composition of different varieties of honeysuckle in the plantings of the Institute of Horticulture named after I.V. Michurin. *Sadovodstvo i vinogradarstvo* [Horticulture and Viticulture]. 2008; 1: 21–2. (in Russian)
- Mayurnikova L.A., Poznyakovsky V.M., Sukhanov B.P. Expertise of specialized food products. Quality and safety. St. Petersburg: GIORД; 2016: 448 p. (in Russian)
- Vigorov L.I. Method of determination of P-active substances. In: *Proceedings of the III all-Union seminar on BAS fruits and berries. Sverdlovsk, 1972: 362 p. (in Russian)*
- Marshall R.T., Goff G.D., Hartel R.U. *Ice cream and frozen desserts*. St. Petersburg: Profession; 2005: 376 p. (in Russian)
- Borisova O.V., Khropataya I.Yu. The development of the market of berries as factor of food security of the region. *Fundamental research*. 2015; 2–19. 4239–43. (in Russian)

6. Zemtsova A.Ya., Skorospelova E.V., Shelkovskaya N.K. Evaluation of honeysuckle varieties by the biochemical composition of fruits for the production of fruit wines. *Sadovodstvo i vinogradarstvo* [Horticulture and Viticulture]. 2017; 5: 28–32. (in Russian)
7. Backaitis V.I., Rubanova E.A. Study of polyphenolic compounds and ascorbic acid in fresh fruits of honeysuckle, cultivated in Altai Krai. *Vestnik Sibirskogo universiteta potrebitel'skoy kooperatsii* [Bulletin of the Siberian University of Consumer Cooperative Societies]. 2014; 4 (11): 62–7. (in Russian)
8. Belosokhov F.G. Analysis of antioxidant activity of fruits of blue honeysuckle. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2014; 83 (S3): 227. (in Russian)
9. Krisova A.Ya., Shelkovskaya N.K., Khokhryakova L.A., Borodulina I.D. The variability of the biochemical composition of honeysuckle fruits in the conditions of forest-steppe zone of the Altai territory. *Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta* [Izvestiya of Altai State University]. 2012; 3–2: 39–41. (in Russian)
10. Capalova I.E., Gubina M.D., Poznyakovsky V.M. Examination of wild fruits, berries and herbaceous plants. Novosibirsk: Publishing House of Novosibirsk University; 2002: 180 p. (in Russian)
11. Khodyreva Z.R., Schetinina M.P., Vaytanis M.A., Neverova N.A. Research of consumer properties of frozen desserts. *Polzunovskiy vestnik* [Polzunovskii Herald]. 2016; 3: 44–8. (in Russian)
12. Tvorogova A.A. The Functional role of stabilizers and emulsifiers in the technology of ice cream. *World of ice cream and frozen foods*. 2015; 1: 29–31. (in Russian)
13. Rubachkova E.A., Bakatis V.I., Poznyakovsky V.M. Evaluation of berries of honeysuckle, grown in the Altai region of the Russian Federation and prospects of their use in the processing. *Nauchnyy vzglyad v budushchee* [Scientific View of the Future]. 2017; (6): 26–36. (in Russian)
14. MR 2.3.1.2432-08. Norms of physiological needs in energy and nutrients for different groups of the population of the Russian Federation. (in Russian)
15. TR CU 021/2011. On food safety from 09.12.2011. Moscow: Tekhnopromstav, 2013: 262 p. (in Russian)

Для корреспонденции

Перова Ирина Борисовна – кандидат фармацевтических наук, научный сотрудник лаборатории метаболизма и протеомного анализа ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»
 Адрес: 109240, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14
 Телефон: (495) 698-53-60
 E-mail: Erin.Feather@yandex.ru

Перова И.Б., Малинкин А.Д., Бессонов В.В., Эллер К.И.

Исследование лигнанов и антоцианинов как основных биологически активных веществ полифенольной природы плодов лимонника китайского

Investigation of lignans and anthocyanins as the main biologically active polyphenols of *Schizandra chinensis* fruits

Perova I.B., Malinkin A.D., Bessonov V.V., Eller K.I.

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Москва
 Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow

Впервые изучены содержание и состав дибензоциклооктадиеновых лигнанов и антоцианинов в 10 образцах плодов китайского лимонника, собранных в Московской области, Хабаровском и Приморском краях. Профиль лигнанов определяли в соответствии с разработанной методикой высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным спектрометрическим и масс-спектрометрическим детектированием. Была проведена валидация методики по показателям линейности, правильности и прецизионности. Во всех образцах обнаружены 11 характеристических для лимонника китайского лигнанов. В сушеных плодах основным лигнаном был схизандрин, в свежемороженых плодах – англоилгомизин О. Общее содержание лигнанов в свежемороженых плодах составило 5,50 мг/г, в сушеных плодах варьировало от 12,50 до 18,95 мг/г. Антоцианины лимонника китайского в основном представлены гликозидами цианидина, среди которых преобладает цианидин-3-кисилозилрутинозид. Общее содержание антоцианинов, определенное с помощью рН-дифференциальной спектрофотометрии, составило от 0,21 мг/г в свежемороженых плодах до 0,35–0,72 мг/г в сушеных плодах. Полученные результаты могут быть использованы для идентификации и стандартизации плодов китайского лимонника и продуктов их переработки.

Ключевые слова: лимонник китайский, лигнаны, антоцианины, высокоэффективная жидкостная хроматография, масс-спектрометрия

*For the first time the content and composition of dibenzocyclooctadiene lignans and anthocyanins in 10 samples of Chinese magnolia-vine fruits (*Schizandra chinensis*) collected in the Moscow Region, Khabarovsk and Primorsky Krai were studied. The*

Для цитирования: Перова И.Б., Малинкин А.Д., Бессонов В.В., Эллер К.И. Исследование лигнанов и антоцианинов как основных биологически активных веществ полифенольной природы плодов лимонника китайского // *Вопр. питания*. 2018. Т. 87, № 3. С. 79–87. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10035

Статья поступила в редакцию 27.11.2017. **Принята в печать** 11.05.2018.

For citation: Perova I.B., Malinkin A.D., Bessonov V.V., Eller K.I. Investigation of lignans and anthocyanins as the main biologically active polyphenols of *Schizandra chinensis* fruits. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2018; 87 (3): 79–87. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10035 (in Russian)

Received 27.11.2017. **Accepted for publication** 11.05.2018.

determination of the profile of lignans was carried out according to the our original HPLC technique with diode-array spectrophotometric and mass spectrometric detection. The validation of the methodology for linearity, accuracy and precision was carried out. 11 characteristic for *Schizandra chinensis* lignans were found in all samples. In dried fruits the main lignan was schisandrine, in fresh-frozen fruits – angeloylgomizin O. The total content of lignans in fresh-frozen fruits was 5.50 mg/g, in dried fruits – from 12.50 to 18.95 mg/g. Anthocyanins of Chinese magnolia-vine were mainly represented by cyanidin glycosides, among which cyanidin-3-xylosylrutinoside was predominated. The total content of anthocyanins determined by pH-differential spectrophotometry was from 0.21 mg/g in fresh-frozen fruits to 0.35–0.72 mg/g in dried fruits. The results obtained can be used to identify and standardize the fruits of Chinese magnolia- vine and the products of their processing.

Keywords: chinese magnolia-vine, lignans, anthocyanins, high performance liquid chromatography, mass spectrometry

Плоды лимонника китайского [*Schizandra chinensis* (Turcz.) Baill.] – вьющейся листопадной лианы семейства лимонниковые (*Schizandraceae*) – являются богатым источником биологически активных веществ (БАВ). Наряду с использованием плодов лимонника (*Fructus Schizandrae*) в качестве лекарственного растительного сырья их также употребляют в пищу в виде соков, пюре, варенья, джемов и настоек. Сок лимонника применяют для винного букетирования. В качестве вкусоароматического ингредиента плоды лимонника добавляют в чай. Сушеные плоды и экстракты лимонника используют при производстве специализированных пищевых продуктов, в том числе для питания спортсменов.

В результате ряда фитохимических исследований из плодов лимонника были выделены и идентифицированы различные БАВ, такие как лигнаны, полисахариды, флавоноиды, в частности антоцианины, эфирные масла, органические кислоты, витамины [1]. Основной и наиболее характерной группой БАВ для растений семейства лимонниковые являются лигнаны. В растениях рода лимонник присутствуют 5 классов лигнанов: дибензоциклооктадиеновые (тип А), спиробензофураноидные дибензоциклооктадиеновые (тип В), 4-арилтетралиновые (тип С), 2,3-диметил-1,4-диарилбутановые (тип D) и 2,5-диарилтетрагидрофурановые (тип E) [2]. Однако наибольшей биологической активностью обладают дибензоциклооктадиеновые лигнаны (рис. 1), которые в свою очередь могут подразделяться на 2 типа в зависимости от стереоструктуры: R- или S-бифенильной

конфигурации. Кроме того, циклооктеновые кольца этих лигнанов представлены в виде конформаций твист-ванна-кресло или твист-ванна. Множество хиральных особенностей и стереоизомеров приводит к образованию очень сложных структур соединений данного типа.

Фармакологические исследования показали, что экстракты и настойки лимонника оказывают гепатопротекторное, антиоксидантное, нейропротекторное, неспецифическое общеукрепляющее (адаптогенное) действие, повышают остроту зрения, особенно ночного [1–3]. В случае использования плодов лимонника китайского значимый вклад в биологическую активность вносят антоцианины, наличие которых также является одним из критериев подлинности [4].

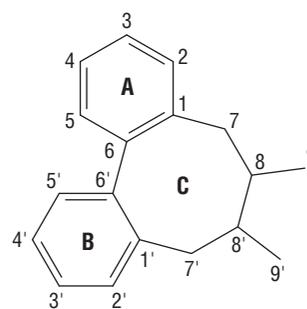


Рис. 1. Химическая структура C₁₈-дибензоциклооктадиена

Таблица 1. Сведения об изученных образцах лимонника

Образец, №	Вид сырья	Регион сбора	Год сбора
1	Свежемороженые плоды	Московская область	2014
2	Сушеные плоды	Хабаровский край, Хабаровский район	2012
3			2013
4			2014
5			2010
6		Хабаровский край, г. Хабаровск	2013
7			2014
8		Приморский край, г. Дальнегорск	2015
9		Приморский край, Спасский район	2015
10		Приморский край, Лазовский район	2015

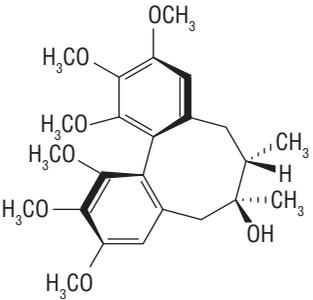
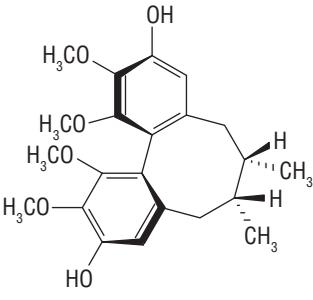
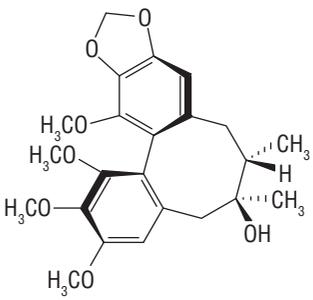
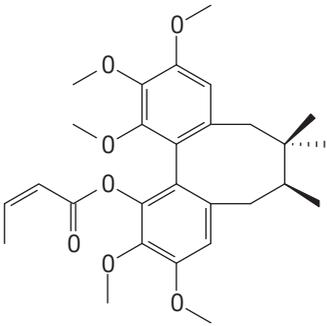
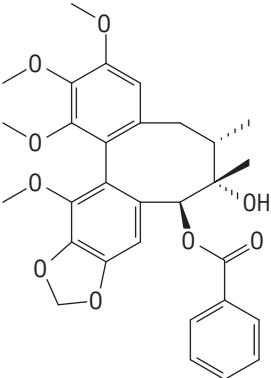
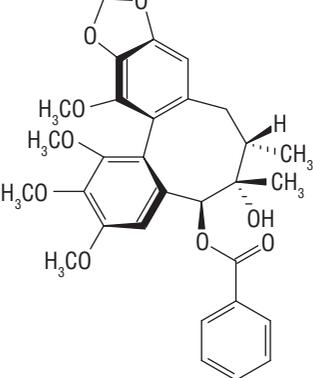
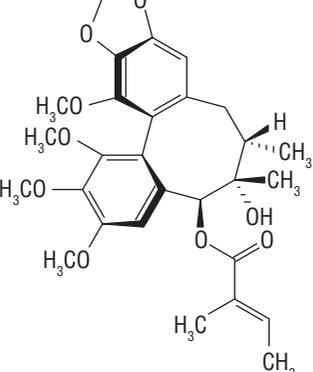
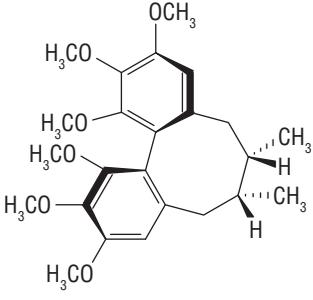
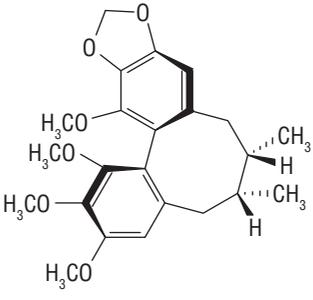
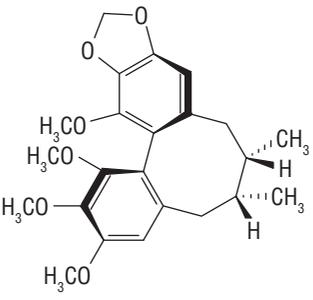
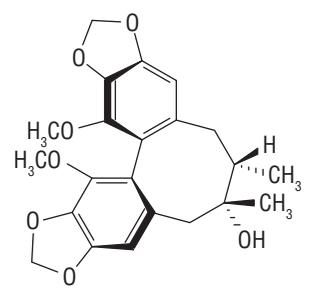
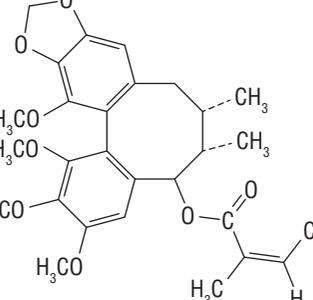
		
<p>1. Схизандрин</p>	<p>2. Гомизин J</p>	<p>3. Гомизин A</p>
		
<p>4. Ангелоилгомизин H</p>	<p>5. Гомизин G</p>	<p>6. Схизантерин A</p>
		
<p>7. Схизантерин B</p>	<p>8. Схизандрин A</p>	<p>9. γ-Схизандрин</p>
		
<p>10. Схизандрин B</p>	<p>11. Схизандрин C</p>	<p>12. Ангелоилгомизин O</p>

Рис. 2. Химические структуры 11 основных лигнанов лимонника китайского и ангелоилгомизина O

Цель данной работы – определение содержания и состава основных дибензоциклооктадиеновых лигнанов и антоцианинов плодов лимонника китайского.

Материал и методы

Изучено 10 образцов плодов лимонника китайского, произрастающих в Московской области и Дальневосточном регионе (табл. 1).

Профиль лигнанов и антоцианинов в лимоннике исследовали с использованием системы жидкостной хроматографии Agilent 1100 («Agilent Technologies», США), оснащенной дегазатором, бинарным насосом, термостатом колонок, термостатируемым автосамплером, спектрофотометрическим диодно-матричным детектором (ДМД) и времяпролетным масс-селективным детектором Agilent 6210 LC/MS-TOF (ВЭЖХ-МС-TOF). Суммарное содержание антоцианинов определяли с помощью спектрофотометра Shimadzu 1800 («Shimadzu», Япония) с диапазоном длин волн 190–1100 нм.

Для определения содержания и состава лигнанов была разработана оригинальная ВЭЖХ-методика с ДМД и МС. Условия ВЭЖХ: колонка ProteCol C18 HPH125 250×4,6 мм, 5 мкм; подвижная фаза: 0,1% раствор муравьиной кислоты (А), ацетонитрил (В); линейный градиент: 0 мин – 50% В, 50 мин – 95% В, 51–60 мин – 50% В; скорость потока растворителя 0,5 см³/мин, температура колонки 25 °С, температура автосамплера 20 °С, объем вводимой пробы 10 мм³; детектирование при $\lambda=254$ нм и $\lambda=235$ нм. Спектры снимали в диапазоне от 190 до 400 нм. Параметры масс-спектрометрии: напряжение на капилляре – 3,5 кВ, поток газа-осушителя (азот) – 9 дм³/мин, температура – 325 °С, давление на распылителе – 0,27 МПа, сканирование масс – в режиме регистрации положительных ионов в диапазоне от 100 до 1500 m/z.

Подготовка проб: около 3,0 г измельченных замороженных плодов лимонника или около 1,0 г измельченных сухих плодов лимонника помещали в круглодонную колбу объемом 100 см³, добавляли 80 см³ 70% этанола и нагревали на кипящей водяной бане с обратным холодильником в течение 1 ч. Затем обрабатывали на ультразвуковой (УЗ) бане Codyson CD-4820 («Shenzhen Codyson Electrical Co., Ltd.», Китай) при комнатной температуре в течение 5 мин, охлаждали до комнатной температуры, перемещали в мерную колбу объемом 100 см³, доводили объем 70% этанолом. 1,5–2 см³ извлечения помещали в центрифужную пробирку и центрифугировали на центрифуге Eppendorf Centrifuge 5424 («Eppendorf», Германия) при 15 000 об./мин в течение 10 мин.

Количественную оценку содержания лигнанов в плодах лимонника осуществляли методом внешнего стандарта.

Стандартный раствор схизандрина (схизандрол А, ≥98,0%, «ZHONGXIN INNOVA®», Китай) (0,98 мг/см³) готовили в метаноле, помещая на 3 мин в УЗ-баню. Ра-

бочие растворы получали путем разбавления в 2, 10, 100 и 1000 раз. Все растворы хранили в холодильнике при температуре +4 °С.

Суммарное содержание мономерных антоцианинов определяли рН-дифференциальным методом, подготовку проб осуществляли по методике, описанной ранее [5]. Профиль антоцианинов определяли по разработанной нами ранее методике [6].

Результаты и обсуждение

Лигнаны

В исследованных образцах обнаружено более 20 индивидуальных лигнанов, среди которых выделяют 11 основных и наиболее характеристичных лигнанов (рис. 2), по содержанию которых фармакопейный вид лимонника *Schizandra chinensis* (Turcz.) Baill. (Bei-Wuweizi, северный лимонник) можно отличить от нефармакопейного вида *Schizandra sphenanthera* Rehd. et Wils. (Nan-Wuweizi, южный лимонник) [7, 8].

Типичные хроматограммы извлечения из плодов лимонника китайского изображены на рис. 3.

Номера пиков 11 основных лигнанов и англоилгомизина О на хроматограмме соответствуют их номерам в табл. 2 и на рис. 3.

Времена удерживания, УФ-максимумы и результаты масс-спектрометрического анализа 11 основных лигнанов лимонника представлены в табл. 2.

Были определены некоторые валидационные характеристики разработанной методики определения лигнанов.

Линейность. В подобранных хроматографических условиях были трижды введены рабочие растворы схизандрина в 5 концентрациях. Калибровочная кривая концентрации схизандрина (мг/см³) от площади пика (mA) имела линейный характер ($y=23592x+42,195$; $RI=0,9999$).

Правильность и прецизионность. Для оценки правильности и внутрилабораторной прецизионности методики были проанализированы стандартные растворы схизандрина с низкой (0,0098 мг/см³), средней (0,098 мг/см³) и высокой (0,490 мг/см³) концентрациями и рассчитано относительное стандартное отклонение (RSD). Правильность определяли по результатам 6 параллельных измерений рабочих растворов схизандрина. Среднее значение было использовано для расчета RSD. Промежуточная прецизионность определялась повторным анализом тех же растворов один раз в день в течение 5 дней.

Относительное стандартное отклонение повторяемости для низкой концентрации составило 0,53%, для средней – 0,33%, для высокой – 0,15%. Относительное стандартное отклонение промежуточной прецизионности для низкой концентрации было 0,51%, для средней – 0,30%, для высокой – 0,25%.

Результаты исследования содержания схизандрина представлены в табл. 3. Ошибка определения по результатам 3 параллельных исследований для всех лигнанов не превышала 7,2%.

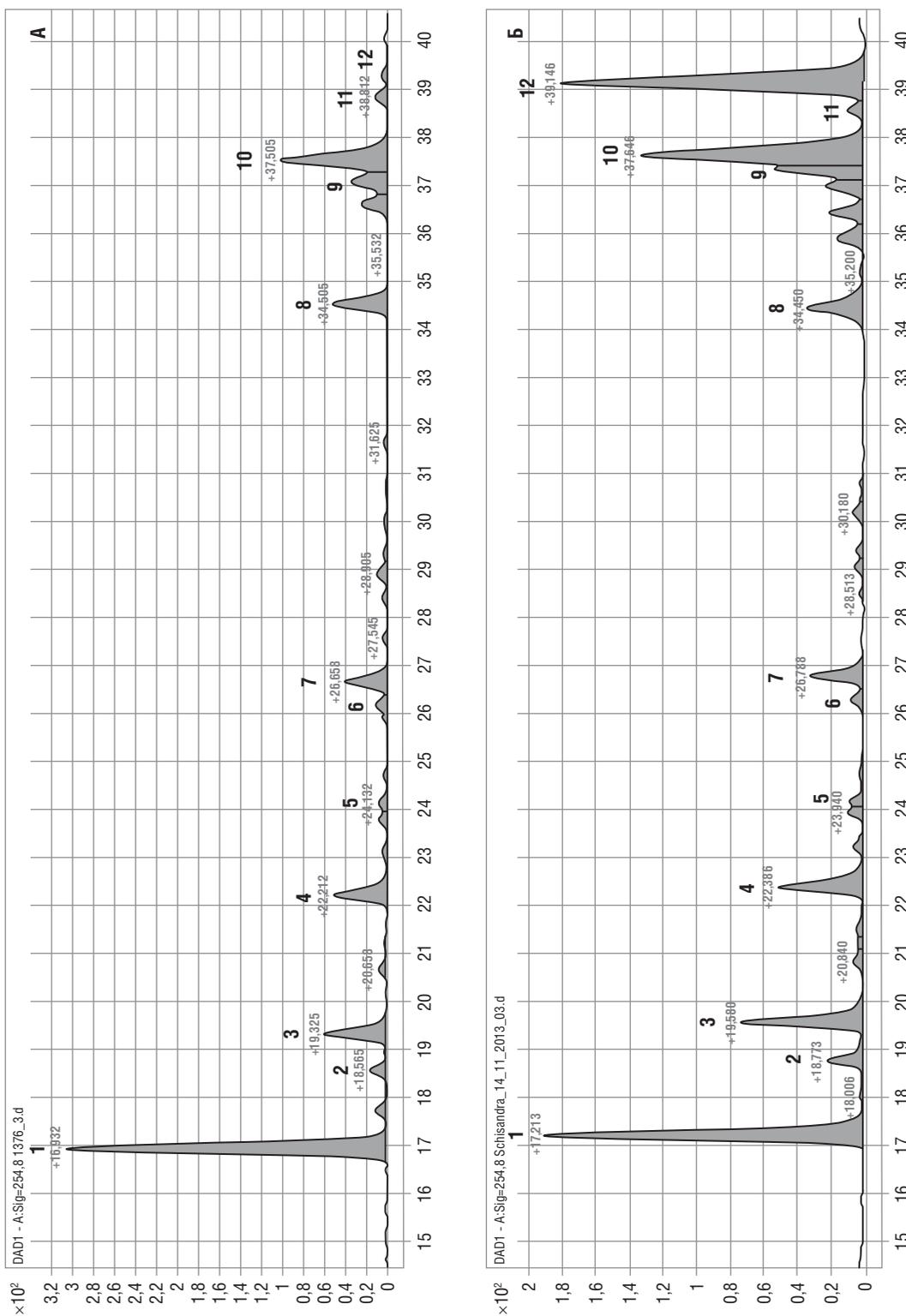


Рис. 3. Хроматограммы извлечений из плодов лимонника китайского: образец № 7 (А) и образец № 1 (Б) при $\lambda=254$ нм. Здесь и на рис. 4: по оси абсцисс – время выхода, минуты; по оси ординат – единицы поглощения (Absorbance Unit), mAU.

Таблица 2. Времена удерживания, УФ-максимумы поглощения, массы и соответствующие им протонированные ионы 11 основных лигнанов лимонника и минорного лигнана ангелоилгомизина О

№	Лигнан	Rt _{254 нм} , мин (±0,2)	UV _{max} , нм (±2 нм)	m/z	Детектируемый ион
1	Схизандрин	17,0	216, 252, 280 плечо	415,21 433,22 450,24 471,18 887,43	[M - H ₂ O + H] ⁺ [M + H] ⁺ [M + NH ₄] ⁺ [M + K] ⁺ [2M + Na] ⁺
2	Гомизин J	18,6	215, 251, 280 плечо	389,19 411,18 427,15 799,37	[M + H] ⁺ [M + Na] ⁺ [M + K] ⁺ [2M + Na] ⁺
3	Гомизин А	19,4	218, 255, 284 плечо	399,27 417,19 434,22 439,17 455,14 855,36	[M - H ₂ O + H] ⁺ [M + H] ⁺ [M + NH ₄] ⁺ [M + Na] ⁺ [M + K] ⁺ [2M + Na] ⁺
4	Ангелоилгомизин Н	22,2	214, 252, 285 плечо	483,23 501,24 523,23 539,20 1023,47	[M - H ₂ O + H] ⁺ [M + H] ⁺ [M + Na] ⁺ [M + K] ⁺ [2M + Na] ⁺
5	Гомизин G	24,1	224, 256, 284 плечо	554,23 1090,42 1095,38 1111,36	[M + NH ₄] ⁺ [2M + NH ₄] ⁺ [2M + Na] ⁺ [2M + K] ⁺
6	Схизантерин А	26,2	222, 254, 285 плечо	554,23 1090,42 1095,38 1111,36	[M + NH ₄] ⁺ [2M + NH ₄] ⁺ [2M + Na] ⁺ [2M + K] ⁺
7	Схизантерин В	26,7	218, 254, 284 плечо	532,25 553,18 1051,43	[M + NH ₄] ⁺ [M + K] ⁺ [2M + Na] ⁺
8	Схизандрин А	34,5	216, 248, 280 плечо	417,37 434,25 439,21 455,18 855,43	[M + H] ⁺ [M + NH ₄] ⁺ [M + Na] ⁺ [M + K] ⁺ [2M + Na] ⁺
9	γ-Схизандрин	36,7	218, 254, 280 плечо	401,28 418,22 423,18 439,15 823,38	[M + H] ⁺ [M + NH ₄] ⁺ [M + Na] ⁺ [M + K] ⁺ [2M + Na] ⁺
10	Схизандрин В	37,6	216, 254, 280 плечо	401,28 418,22 423,18 439,15 823,38	[M + H] ⁺ [M + NH ₄] ⁺ [M + Na] ⁺ [M + K] ⁺ [2M + Na] ⁺
11	Схизандрин С	38,9	220, 258, 284 плечо	385,16 791,30	[M + H] ⁺ [2M + Na] ⁺
12	Ангелоилгомизин О	39,1	216, 254, 282 плечо	521,22 537,19 1019,43	[M + Na] ⁺ [M + K] ⁺ [2M + Na] ⁺

В сушеных плодах лимонника (образцы № 2–10) преобладал схизандрин (25,7–37,2% от суммы лигнанов), количество которого варьировало от 3,59 до 6,22 мг/г (см. табл. 3). В свежемороженых плодах лимонника в качестве основного лигнана был найден ангелоилгомизин О – 1,05 мг/г (24,7% от суммы лигнанов), а содержание схизандрина составило 0,99 мг/г (18,0% от суммы

лигнанов). Во всех образцах, кроме № 2 и 3, обнаружено относительно высокое содержание схизандрина В (14,8–24,2% от суммы лигнанов) – 1,05–3,34 мг/г. Все образцы, за исключением образца № 2, отличаются достаточно высоким количеством гомизина А – от 0,39 мг/г в свежих плодах до 0,79–1,98 мг/г в сушеных (4,7–12,9% от суммы лигнанов). К другим мажорным

Таблица 3. Содержание лигнанов в лимоннике (мг/г)

Основные лигнаны	Образец									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Схизандрин	0,99	5,20	5,21	4,29	5,05	6,22	4,61	5,39	4,03	3,59
Гомизин J	0,10	0,31	0,39	0,31	0,24	0,55	0,37	0,39	0,47	0,41
Гомизин А	0,39	0,84	0,79	1,01	1,05	0,90	0,93	1,42	1,98	1,77
Ангелоилгомизин Н	0,31	0,65	0,71	0,67	0,88	0,88	0,81	1,09	1,05	0,94
Гомизин G	0,23	0,17	0,14	0,17	0,13	0,14	0,19	0,28	0,30	0,29
Схизантерин А	0,05	0,16	0,23	0,15	0,18	0,17	0,11	0,20	0,24	0,21
Схизантерин В	0,18	0,48	0,54	0,41	0,64	0,72	0,52	0,53	0,47	0,43
Схизандрин А	0,26	0,92	1,18	0,71	1,00	1,76	0,99	1,02	0,77	0,68
γ-Схизандрин	0,24	0,76	0,59	0,52	0,45	0,77	0,60	0,58	0,77	0,73
Схизандрин В	1,05	0,58	0,54	3,03	2,09	3,34	2,60	2,46	2,41	2,14
Схизандрин С	0,04	0,67	1,18	0,33	0,21	0,50	0,50	1,11	1,11	1,20
Сумма лигнанов*	5,50	15,21	15,03	12,50	14,13	18,95	15,02	16,36	15,39	13,93

* – рассчитана по сумме всех пиков лигнанов на хроматограмме.

Таблица 4. Результаты высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным спектрометрическим и масс-спектрометрическим детектированием антоцианинов лимонника

Антоцианин	Rt _{520 нм} , мин (±0,1)	UV _{max} , нм (±2 нм)	m/z	Детектируемый ион
Цианидин-3-латириозид-5-глюкозид	8,4	280, 517	713,12 287,05	[M] ⁺ [M – латироза* – глюкоза] ⁺
Цианидин-3,5-диглюкозид	11,3	280, 518	743,14 287,05	[M] ⁺ [M – 2 глюкозы] ⁺
Цианидин-3-латириозид-5-ксилозид	14,0	280, 517	757,15 287,05	[M] ⁺ [M – латироза – ксилоза] ⁺
Цианидин-3-латириозид	15,9	280, 518	581,11 287,05	[M] ⁺ [M – латироза] ⁺
Цианидин-3-ксилозилрутинозид	16,2	280, 519	727,20 581,11 287,05	[M] ⁺ [M – рамноза] ⁺ [M – ксилозилрутиноза] ⁺
Цианидин-3-рутинозид	17,8	280, 518	595,11 449,10 287,05	[M] ⁺ [M – рамноза] ⁺ [M – рутиноза] ⁺
Пеларгонидин-3-рутинозид	22,0	280, 505	579,13 271,06	[M] ⁺ [M – рутиноза] ⁺

Примечание. * – здесь и ниже: масса сахара минус 18 а.е.м. (молекула воды, получающаяся при образовании гликозидной связи).

лигнанам относятся схизандрин А, схизандрин С и ангелоилгомизин Н. Схизандрин А был найден в исследованных образцах в количестве 0,26–1,76 мг/г (4,7–9,3% от суммы лигнанов). Относительно высокое содержание схизандрина С отмечено в образцах № 3 и 8–10 – 1,11–1,20 мг/г (6,8–8,6% от суммы лигнанов). Наиболее высоким содержанием ангелоилгомизина Н отличались образцы № 5–10 – 0,81–1,09 мг/г (4,6–6,8% от суммы лигнанов).

В умеренных количествах в образцах лимонника обнаружены γ-схизандрин, схизантерин В и гомизин J. В замороженных плодах выявлено 0,24 мг/г γ-схизандрина, в сушеных – 0,45–0,77 мг/г. Содержание схизантерина В варьировало от 0,18 мг/г в образце № 1 до 0,43–0,72 мг/г в образцах № 2–10. Количество гомизина J в образце № 1 составило 0,10 мг/г, в сушеных образцах – 0,24–0,55 мг/г.

Меньше других основных лигнанов в исследуемых образцах было схизантерина А и гомизина G – 0,05–0,24 и 0,14–0,30 мг/г соответственно.

Суммарное содержание лигнанов в свежих плодах составило 5,50 или 550 мг/100 г, в сушеных – 12,50–18,95 мг/г.

Антоцианины

Впервые был определен профиль индивидуальных антоцианинов плодов лимонника китайского, произрастающих в Московской области, Хабаровском и Приморском краях. Типичная хроматограмма антоцианинов лимонника изображена на рис. 4. Результаты ВЭЖХ-ДМД-МС антоцианинов лимонника представлены в табл. 4.

Профиль антоцианинов в образцах лимонника отражен в табл. 5. Исследуемые образцы имели одинаковый

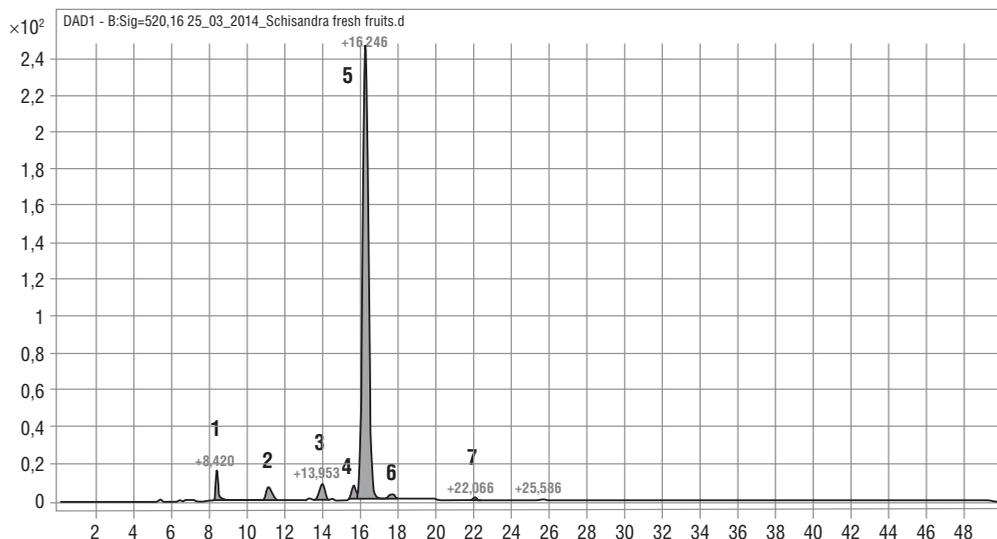


Рис. 4. Хроматограмма извлечения из замороженных плодов лимонника (образец № 1) при $\lambda=520$ нм. Порядок пиков антоцианов на хроматограмме соответствует их порядку в табл. 5

Таблица 5. Содержание и состав антоцианов в лимоннике

Образец	Содержание, % от суммы антоцианов							ΣАЦ, мг/г
	цианидин-3-латириозид-5-глюкозид	цианидин-3,5-диглюкозид	цианидин-3-латириозид-5-ксилозид	цианидин-3-латириозид	цианидин-3-ксилозил-рутинозид	цианидин-3-рутинозид	пеларгонидин-3-рутинозид	
1	2,6	2,8	3,3	2,6	86,5	1,3	0,5	0,21
2	3,2	0,8	1,2	1,2	87,5	2,1	2,7	0,58
3	9,2	0,6	1,5	1,3	78,5	2,3	3,3	0,42
4	1,8	1,0	2,0	1,4	83,5	2,9	1,6	0,65
5	9,7	0,7	1,3	1,2	79,6	2,8	4,7	0,35
6	2,1	2,7	3,5	1,5	87,4	1,9	0,9	0,48
7	3,6	1,0	1,4	1,3	86,7	2,7	3,3	0,72
8	3,0	0,9	1,1	1,2	87,2	2,9	3,7	0,55
9	1,6	1,2	2,4	1,5	86,9	3,1	3,3	0,60
10	4,8	4,2	2,2	1,1	84,0	2,6	1,5	0,45

профиль антоцианов с выраженным преобладанием цианидин-3-ксилозилрутинозида (78,5–87,5% от общего содержания антоциановых пигментов) и в замороженных, и в сушеных плодах. Среди минорных антоцианов идентифицированы 3-латириозид-5-глюкозиды, 3,5-диглюкозиды, 3-латириозид-5-ксилозиды, и 3-латириозиды цианидина, а также 3-рутинозиды цианидина и пеларгонидина.

Суммарное содержание антоцианов в свежемороженых плодах лимонника (образец № 1) составило 0,21 мг/г, что соответствует их содержанию в плодах лимонника китайского, заготовленного в Китае, – 0,15–0,23 мг/г [9, 10], в высушенных плодах – от 0,35 до 0,72 мг/г.

Сведения об авторах

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва):

Перова Ирина Борисовна – кандидат фармацевтических наук, научный сотрудник лаборатории метаболомного и протеомного анализа

E-mail: Erin.Feather@yandex.ru

Заключение

Полученные данные о количестве и профиле лигнанов и антоцианов могут быть использованы при хемотаксономической идентификации и стандартизации плодов лимонника китайского, а также для оценки биологической ценности лимонника в качестве сырья для производства специализированных пищевых продуктов и биологически активных добавок к пище.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14-36-00041).

Малинкин Алексей Дмитриевич – кандидат фармацевтических наук, научный сотрудник лаборатории химии пищевых продуктов

E-mail: sindar7@mail.ru, malinkin@ion.ru

Бессонов Владимир Владимирович – доктор биологических наук, заведующий лабораторией химии пищевых продуктов

E-mail: bessonov@ion.ru

Эллер Константин Исаакович – доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией метаболомного и протеомного анализа

E-mail: ellki42@mail.ru, eller@ion.ru

Литература

- Hwang D.Y. Chapter 20. Therapeutic effects of lignans and blend isolated from Schisandra chinensis on hepatic carcinoma // *Recent Advances in Theories and Practice of Chinese Medicine* / ed. H. Kuang. 2012. P. 389–402.
- Panossian A., Wikman G. Pharmacology of Schisandra chinensis Bail.: an overview of Russian research and uses in medicine // *J. Ethnopharmacol.* 2008. Vol. 118. P. 183–212.
- Szopa A., Ekiert R., Ekiert H. Current knowledge of Schisandra chinensis (Turcz.) Baill. (Chinese magnolia vine) as a medicinal plant species: a review on the bioactive components, pharmacological properties, analytical and biotechnological studies // *Phytochem. Rev.* 2017. Vol. 16. P. 195–218.
- Jo S.-H., Ha K.-S., Moon K.-S. et al. In vitro and in vivo anti-hyperglycemic effects of omija (Schisandra chinensis) fruit // *Int. J. Mol. Sci.* 2011. Vol. 12. P. 1359–1370.
- Перова И.Б., Жогова А.А., Черкашин А.В., Эллер К.И., Раменская Г.В., Самылина И.А. Биологически активные вещества плодов калины обыкновенной // *Хим.-фарм. журн.* 2014. Т. 48, № 5. С. 32–39.
- Перова И.Б., Жогова А.А., Полякова А.В., Эллер К.И., Раменская Г.В., Самылина И.А. Биологически активные вещества кизила (Cornus mas L.) // *Вопр. питания.* 2014. Т. 83, № 5. С. 86–93.
- American Herbal Pharmacopoeia. Schisandra Berry, Shisandra Chinensis. Analytical, Quality Control, and Therapeutic Monograph / ed. R. Upton. Santa Cruz, 1999. P. 1–23.
- Lu Y., Chen D.-F. Analysis of Schisandra chinensis and Schisandra sphenanthera // *J. Chromatogr. A.* 2009. Vol. 1216. P. 1980–1990.
- Ma C., Yang L., Yang F. et al. Content and color stability of anthocyanins isolated from Schisandra chinensis fruit // *Int. J. Mol. Sci.* 2012. Vol. 13. P. 14 294–14 310.
- Wu X., Yu X., Jing H. Optimization of phenolic antioxidant extraction from Wuweizi (Schisandra chinensis) pulp using random-centroid optimization methodology // *Int. J. Mol. Sci.* 2011. Vol. 12. P. 6255–6266.

References

- Hwang D.Y. Chapter 20. Therapeutic effects of lignans and blend isolated from Schisandra chinensis on hepatic carcinoma. Edited by H. Kuang. *Recent Advances in Theories and Practice of Chinese Medicine*. 2012: 389–402.
- Panossian A., Wikman G. Pharmacology of Schisandra chinensis Bail.: An overview of Russian research and uses in medicine. *J. Ethnopharmacol.* 2008; 118: 183–212.
- Szopa A., Ekiert R., Ekiert H. Current knowledge of Schisandra chinensis (Turcz.) Baill. (Chinese magnolia vine) as a medicinal plant species: a review on the bioactive components, pharmacological properties, analytical and biotechnological studies. *Phytochem Rev.* 2017; 16: 195–218.
- Jo S.-H., Ha K.-S., Moon K.-S., et al. In vitro and in vivo anti-hyperglycemic effects of omija (Schisandra chinensis) fruit. *Int J Mol Sci.* 2011; 12: 1359–70.
- Perova I.B., Zhogova A.A., Cherkashin A.V., Eller K.I., Ramenskaya G.V., Samylyina I.A. Biologically active substances of cranberry tree (Viburnum opulus) fruits. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal* [Chemical-Pharmaceutical Journal]. 2014; 48 (5): 32–9. (in Russian)
- Perova I.B., Zhogova A.A., Polyakova A.V., Eller K.I., Ramenskaya G.V., Samylyina I.A. Biologically active substances of cornelian cherry fruits (Cornus mas L.). *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition]. 2014; 83 (5): 86–93. (in Russian)
- American Herbal Pharmacopoeia. Schisandra Berry, Shisandra Chinensis. Analytical, Quality Control, and Therapeutic Monograph. Edited by R. Upton. Santa Cruz, 1999: 1–23.
- Lu Y., Chen D.-F. Analysis of Schisandra chinensis and Schisandra sphenanthera. *J. Chromatogr A.* 2009; 1216: 1980–990.
- Ma C., Yang L., Yang F., et al. Content and color stability of anthocyanins isolated from Schisandra chinensis fruit. *Int J Mol Sci.* 2012; 13: 14 294–310.
- Wu X., Yu X., Jing H. Optimization of phenolic antioxidant extraction from Wuweizi (Schisandra chinensis) pulp using random-centroid optimization methodology. *Int J Mol Sci.* 2011; 12: 6255–66.



Хайдерь Хамзярович Шарафетдинов (к 60-летию со дня рождения)

18 апреля 2018 г. исполнилось 60 лет доктору медицинских наук Хайдерю Хамзяровичу Шарафетдинову.

Жизненный и творческий путь Х.Х. Шарафетдинова неразрывно связан с Институтом питания РАМН (в настоящее время – ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»), где он начал свою работу в качестве клинического ординатора. Затем прошел все ступени профессионального, научно-педагогического и административного роста: от врача-терапевта до заведующего отделением болезней обмена веществ.

Х.Х. Шарафетдинов является высококвалифицированным врачом-клиницистом, терапевтом-диетологом с высоким уровнем клинического мышления и практического опыта. Как клинициста-исследователя его отличают вдумчивость, целеустремленность, инициативность в решении поставленных задач, исключительная ответственность и работоспособность, высокие деловые и человеческие качества.

Х.Х. Шарафетдинов успешно сочетает лечебную работу с научно-исследовательской деятельностью, которая тесно связана с проведением фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований, направленных на решение актуальных проблем медицинской науки и здравоохранения, изучением патогенетических механизмов развития болезней, связанных с нарушением питания, разработкой персонализированных подходов к профилактике и лечению алиментарно-зависимых заболеваний, организацией и оказанием на современном уровне высококвалифицированной специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом 2 типа, ожирением, метаболическим синдромом и др. При его непосредственном участии с целью реализации качества медицинской помощи по профилю «Диетология» разработана новая система организации лечебного питания в учреждениях здравоохранения РФ, внедрены в клиническую практику современные технологии диетического лечебного питания с использованием специализированных пищевых продуктов, основанные на принципах доказательной медицины.

Х.Х. Шарафетдинов совмещает интенсивную научную работу с многолетней научно-педагогической деятельностью. Он является профессором кафедры гигиены и токсикологии питания ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России, профессором кафедры диетологии и нутрициологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, где читает курсы лекций по вопросам организации лечебного питания и персонализации диетотерапии при наиболее распространенных хронических неинфекционных заболеваниях. Под его руководством выполнены, защищены и утверждены Высшей аттестационной комиссией Минобрнауки России 5 кандидатских диссертаций.

Х.Х. Шарафетдинов – заместитель главного редактора журнала «Вопросы диетологии», член редакционного совета журналов «Вопросы питания», «Практическая диетология», «Journal of Diabetes Mellitus and Metabolic Syndrome», член Диссертационного совета Д 001.002.01 при ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», эксперт РАН, заместитель председателя профильной комиссии по диетологии Экспертного совета в сфере здравоохранения Минздрава России, главный внештатный специалист-диетолог Центрального федерального округа РФ.

Х.Х. Шарафетдинов – автор более 300 научных работ, из них 10 монографий, 3 патента, 15 методических рекомендаций.

В 2009 г. за заслуги в области здравоохранения и многолетний добросовестный труд Х.Х. Шарафетдинов награжден почетной грамотой Минздравсоцразвития России.

Редакция журнала «Вопросы питания», сотрудники ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», коллеги сердечно поздравляют Хайдеря Хамзяровича со славным юбилеем и желают крепкого здоровья, долгих лет жизни, большого личного счастья и дальнейших успехов во всех начинаниях на благо практического здравоохранения и медицинской науки.